

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PETROLOGIA DAS ROCHAS METAULTRAMÁFICAS DA
REGIÃO ENTRE AS SERRAS DE CARRANCAS, BICAS
E MOLEQUE, SUL DE MINAS GERAIS**

Rafaela Machado Gengo

Orientador: Prof. Dr. Gergely Andrés Julio Szabó
Co-orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(TF-10/40)

TF
G329
RM.p

SÃO PAULO
2010

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PETROLOGIA DAS ROCHAS METAULTRAMÁFICAS DA REGIÃO ENTRE AS
SERRAS DE CARRANCAS, BICAS E MOLEQUE, SUL DE MINAS GERAIS**

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028389

Rafaela Machado Gengo



Orientador: Prof. Dr. Gergely Andrés Julio Szabó

Co-orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

Monografia de Trabalho de Formatura

(TF-10/40)

SÃO PAULO
2010

TF
G329
R.M.8

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PETROLOGIA DAS ROCHAS METAVULCANÍCAS DA REGIÃO ENTRE AS
SERRAS DE CARRANCAS, BICAS E MOLEQUE, SUL DE MINAS GERAIS



História Moderna Geologia

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Augusto de Almeida
Co-Orientador: Prof. Dr. Renato da Mota

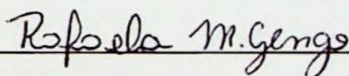
Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso

(TF-1040)

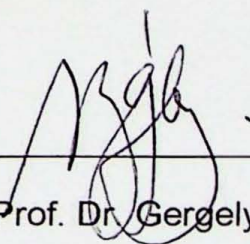
SÃO PAULO
2010

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PETROLOGIA DAS ROCHAS METAULTRAMÁFICAS DA REGIÃO ENTRE AS
SERRAS DE CARRANCAS, BICAS E MOLEQUE, SUL DE MINAS GERAIS**



Rafaela Machado Gengo



Orientador: Prof. Dr. Gergely Andrés Julio Szabó

Monografia de Trabalho de Formatura

(TF-10/40)

SÃO PAULO
2010

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer as pessoas que esta contribuindo para minha formação até aqui. A Jureia, minha mãe, que sempre me apoiou em todas as decisões mais difíceis, em especial durante essas duas anos de graduação, e ao senhor Tadeu Kano, que durante anos, com sua rigida educação, é responsável por grande parte das habilidades que possuo hoje em dia.

Ao Professor Gergely Árpád Sárosi, meu orientador, pelo apoio e dedicação ao me orientar durante esse ano, além da paciência e preocupação que leve consigo.

Ao Professor Renato de Moraes, por propor o tema para este Trabalho de Conclusão de Curso. Mais que um orientador, se tornou um bom amigo.

Agradecimentos especiais a Mariana, grande companheira e amiga desde o início (e ainda vou dividir uma sala durante o Mestrado?), a Sandra (paião), e ao Patrício, por estar sempre disposto a me ajudar em qualquer coisa. São óbvios, mas foram as melhores amigos que fiz durante a graduação.

A todos os pessoas dos laboratórios do UFRJ, pela hospitalidade ao me estudar as técnicas técnicas que aprendi ao longo desse trabalho.

Por fim, a todos os meus colegas, da minha turma e de outras turmas, por me fazer rir e me dar mais forças da minha vida.

Por fim, ao meu pai, com quem sempre vou voltar.

“Somente se aproxima da perfeição quem a procura com constância, sabedoria e, sobretudo humildade.”

(Mestre Jigoro Kano)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer as pessoas que mais contribuíram para que eu chegasse até aqui. A Julinha, minha mãe, que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis, em especial durante esses cinco anos da graduação, e ao sensei Tadashi Kimura, que durante anos, com sua rígida educação, é responsável por grande parte das características que possuo hoje em dia.

Ao Professor Gergely Andrés Julio Szabó, meu orientador, pelo apoio e dedicação ao me orientar durante esse ano, além da paciência e preocupação que teve comigo.

Ao Professor Renato de Moraes, por propor o tema para este Trabalho de Formatura e pela troca de idéias. Mais que um orientador, se tornou um bom amigo.

Agradecimentos especiais a Massa, grande companheira e amiga desde o início (e aí, vamos dividir uma sala durante o Mestrado?), a Sarinha (cabeçuda) e ao Pimpolho, por estar sempre disposto a me ajudar em qualquer coisa. Sem dúvida, esses foram os melhores amigos que fiz durante a graduação.

A todo o pessoal dos laboratórios do GMG, pela disposição ao me ensinar as diferentes técnicas que aprendi ao longo deste trabalho.

Enfim, a todos os meus colegas, da minha turma e de outras também, por dividirem comigo os anos mais felizes da minha vida.

Faria tudo de novo sem pensar duas vezes...

RESUMO

Rochas metaultramáficas da região entre Carrancas e Minduri, presentes em diferentes contextos tectono - metamórficos, são abordadas neste Trabalho de Formatura.

Entre os litotipos estudados foram reconhecidos dois grandes grupos: um representado por rochas com associações minerais indicativas de condições de alto grau metamórfico e outro representado por rochas com predomínio de paragêneses hidratadas.

Rochas do primeiro grupo exibem variações composicionais e relações texturais que sugerem diferentes etapas da evolução metamórfica, com metamorfismo progressivo de fácies anfibolito a granulito e, posteriormente, reequilíbrio novamente em fácies anfibolito. Apresentam condições compatíveis com as encaixantes, tanto com os gnaisses do embasamento, como também com os xistos e quartzitos do Grupo Carrancas.

Já para as rochas do segundo grupo predomina o metassomatismo, resultado da interação com as encaixantes, gerando associações minerais sob condição de fácies xisto verde.

O comportamento geoquímico desses grupos sugere origem co-genética para serpentinitos e para as rochas do primeiro grupo, exibindo relações de elementos incompatíveis preservadas dos protólitos. Os demais litotipos pertencentes ao segundo grupo apresentam apenas relações adquiridas durante o metassomatismo. Não guardam características dos protólitos, entretanto, mostram uma seqüência de transformações iniciadas pela serpentinização e progressivamente, com mudanças na composição da fase fluida, cloritização e talcificação.

Através do estudo do metamorfismo das rochas ultramáficas desses grupos, em conjunto com a química mineral e de rocha total, foi possível propor uma nova compartimentação tectônica para a área em questão:

a) Domínio do embasamento arqueano – paleoproterozóico com predomínio de gnaisses miloníticos e biotita gnaisses com intercalações de rochas metaultramáficas de alto grau;

b) Domínio da seqüência metassedimentar do Grupo Carrancas;

c) Domínio do gnaiss migmatítico com intercalações de rochas metaultramáficas, metabásicas e metapelitos subordinados, possivelmente correlacionáveis ao *greenstone belt* do Grupo Barbacena.

ABSTRACT

Metaultramafic rocks from the region between Carrancas and Minduri are present in different tectonic and metamorphic settings, and were the theme of this graduation work.

Among the studied rocks, two great groups could be recognized: one composed by a high metamorphic grade rock association; and the second represented mainly by rocks with hydrated parageneses.

The first group exhibits compositional variations and textural relations that suggest different steps for the metamorphic evolution, beginning with progressive metamorphism up to amphibolite and granulite facies and partial retrograde reequilibration in amphibolite facies conditions. These conditions are compatible with both basement gneisses from and schists and quartzites from the Carrancas Group.

The second group was dominated by metassomatism, due to interaction with host rocks, creating mineral associations in the greenschist facies.

The geochemical behavior of these groups exhibits some features preserved from the protoliths, suggesting a co-genetic origin for the serpentinites and rocks from the first group. Rocks from the second group present geochemical characteristics acquired through metamorphic processes that included serpentization and, with gradual change in the fluid's composition, chloritization and talcification.

Through the mineral and whole-rock chemistry of these rocks a new tectonic subdivision is proposed for the area:

- a) Archean – paleoproterozoic basement domain: predominance of mylonitic gneisses and biotite gneisses with high grade metaultramafic rocks included.
- b) Carrancas Group metasedimentary sequence domain;
- c) Migmatitic gneiss domain with intercalated metaultramafic, metabasic and metapelitic rocks, probably correlated with the Barbacena Group greenstone belt.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
Lista de Figuras.....	vi
Lista de tabelas.....	vi
1. Introdução	1
2. Objetivos.....	1
3. Localização da área.....	2
4. Materiais e métodos	2
4.1. Atividades preliminares.....	2
4.2. Trabalhos de campo	3
4.3. Estudo petrográfico.....	3
4.4. Análises químicas de minerais	4
4.7. Cronograma consolidado do desenvolvimento das atividades	5
5. Contexto Geológico Regional	5
5.1. Contexto Geotectônico	5
5.2. Contexto geológico regional	6
6. Contexto Geológico Local	8
6.1. Domínio do embasamento	9
6.2. Grupo Carrancas	9
Unidade do muscovita quartzito	9
Unidade do muscovita-quartzo xisto.....	10
Unidade do estauroлита – granada – grafita xisto	10
6.3. Domínio do gnaiss migmatítico com intercalações de corpos metaultramáficas	10
Corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa	11
Demais corpos contidos no embasamento	12
7. Petrografia.....	13
7.1. Corpo ultramáfico da Fazenda da Areia.....	13
Olivina - hornblenda- ortopiroxênio fels com espinélio	13
Antofilita – clorita - hornblenda fels.....	14
7.2. Corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa	15
7.3. Demais corpos contidos no Domínio do gnaiss migmatítico	16

Cummingtonita hornblendito.....	16
Serpentina - clorita – talco xistos e fels carbonáticos	17
Cloritito “Blackwall”	18
Talco fels e talco xisto com clorita.....	18
8. Análises químicas em minerais	19
Olivina.....	19
Ortopiroxênio	21
Anfibólio	22
Clorita	25
Espinélio	27
Serpentina	27
Carbonato	28
9. Análise Litoquímica	28
10. Metamorfismo	32
10.1. Metamorfismo de rochas ultramáficas.....	32
10.2. Fazenda da Areia.....	33
10.3. Fazenda Rui Barbosa e demais corpos ultramáficos.....	36
11. Discussão e conclusões	39
12. Referências bibliográficas.....	41

Anexos:

Mapa de pontos - I

Mapa Geológico - II

Análises químicas de rochas - III

Análises químicas em minerais (Microsonda Eletrônica) - IV

Análises por MEV - V

Dados de Termobarometria VI

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da área e suas principais vias de acesso. Extraído e modificado de Google Earth (http://maps.google.com.br/).	2
Figura 2: Mapa tectônico da Faixa Brasília ou Orógeno Tocantins Meridional com a área de estudo destacada pelo retângulo (extraído e modificado de Campos-Neto et al., 2007).	7
Corpos ultramáficos: manchinhas pretas no retângulo da área de estudo.	7
Figura 3: Diagrama de classificação para a olivina.	20
Figura 4: Diagramas Mg x Fe ²⁺ para a olivina das rochas da Fazenda da Areia. Em A, os dados foram plotados na mesma escala enquanto em B a escala foi modificada para melhor visualização das pequenas mudanças composicionais.	20
Figura 5: Diagrama En-Fs-Wo para os ortopiroxênios analisados.	21
Figura 6: Diagrama Al x Mg/Mg+Fe ²⁺ para os ortopiroxênios analisados. Análises indicadas por amostra de acordo com a legenda da figura anterior.	22
Figura 7: Quadro de diagramas para os anfibólios analisados. Legenda de acordo com as amostras: CM-IV-74 borda (◻), núcleo (■); RMG-08B borda (Δ), núcleo (▲); RMG- RMG-11b borda (▽), núcleo (▼); RMG-14b borda (◇), núcleo (◆); RMG-15 borda (○), núcleo (●).	24
Figura 8: Quadro de classificação das cloritas analisadas. Indicadas por amostra: RMG-02d, núcleo (■), borda (◻); RMG-08b (▲); RMG-11b (▼); RMG-14b (◆); RMG-15 (●).	25
Figura 9: Diagramas de variação composicional para clorita. Legendas indicadas por amostra, de acordo com a figura anterior.	26
Figura 10: Diagrama para Mg-Al espinélio e magnetita.	27
Figura 11: Diagrama NCMASH para rochas ultramáficas segundo Schmädicke (2000). Campo P-T para o espinélio – olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels da amostra RMG-15 indicado em verde.	35
Figura 12: Modelo esquemático do zoneamento mineral gerado por metassomatismo em rochas ultramáficas. Extraído de Karlsen & Olesen (1996).	37
Figura 13: Diagrama T (°C) x (X)CO ₂ para rochas ultramáficas com carbonato. Extraído de Bucher & Frey (1994).	38

Lista de tabelas

Tabela 1: Cronograma de atividades	5
Tabela 2: composição modal do olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels.	13
Tabela 3: composição modal estimada das amostras do cummingtonita hornblendito.	16
Tabela 4: composição modal para rochas com, serpentina, clorita, talco e carbonato.	17
Tabela 5: quadro de blastese para clorita - talco xistos.	38

1. Introdução

Na região entre Carrancas e Minduri, sul de Minas Gerais, são observados diversos corpos de rochas metaultramáficas que ocorrem em diferentes contextos tectônicos. Rochas de mais alto grau metamórfico são encontradas no contato entre o embasamento arqueano – paleoproterozóico e as seqüências metassedimentares do Grupo Carrancas (Trouw *et al.*, 1980). Já rochas metaultramáficas de baixo a médio grau metamórfico são encontradas encaixadas em gnaisses migmatíticos posicionados tectonicamente acima do Grupo Carrancas.

O contexto geotectônico da área engloba a borda sul do cráton do São Francisco, incluindo a porção autóctone representada pelo embasamento arqueano – paleoproterozóico e a Faixa Brasília, incluindo a porção alóctone, com as seqüências de *nappes* neoproterozóicas e, adicionalmente, sotopostos a essa seqüência, os gnaisses migmatíticos que correspondem a partes do *greenstone belts* do Grupo Barbacena (Pires, 1977).

Estudos relacionados a esses corpos, até o momento, são escassos (Bittar, 1989 e Almeida, 1998) e não esclarecem qual a relação existente entre o metamorfismo que atuou nesses corpos e em suas encaixantes.

2. Objetivos

O projeto proposto para esse Trabalho de Formatura consiste no estudo das rochas metaultramáficas que ocorrem na região de Carrancas. Os diferentes modos de ocorrência serão estudados através de petrografia e análise química mineral e de rocha total, na tentativa de estabelecer diferenças petrogenéticas.

Através da petrografia, serão feitos estudos das associações minerais e microestruturas presentes, que, compilados aos dados de química mineral e de rocha total, permitirão propor a evolução tectono-metamórfica para as rochas em questão. Também serão feitos estudos direcionados à investigação dos processos metassomáticos que atuaram nessas rochas.

O estudo do metamorfismo em rochas metaultramáficas nessa região pode contribuir para uma melhor compreensão sobre o metamorfismo que atuou no embasamento do Grupo Carrancas, verificando, ainda, se esse metamorfismo é o mesmo que atingiu as seqüências metassedimentares, ou se faz parte de outro ciclo, mais antigo. Outro importante objetivo refere-se à proposta de uma nova compartimentação tectônica da área, que ainda possui controvérsias na literatura.

3. Localização da área

A área de estudo localiza-se a sul da cidade de Carrancas, que está situada na porção sudeste do estado de Minas Gerais, distando cerca de 280 km de Belo Horizonte e 440 km de São Paulo. Partindo de São Paulo, o acesso se dá pela Rodovia Fernão Dias (BR-381) e depois pela rodovia Lavras – São João Del Rey (BR-265), entrando pelo município de Itutinga através de estradas pavimentadas.

A área de estudo esta inserida em um polígono com 112 km² (figura 1) e abrange toda a região interna entre as Serras de Carrancas e Serra das Bicas além de uma região abaixo da Serra das Bicas, a leste da mesma. A norte, a área é limitada pela Serra de Carrancas e ao sul pela Serra do Moleque, sendo esses extremos representados pelas coordenadas 7622000 e 7614000, respectivamente. Já os extremos E-W são representados pelas coordenadas 528000 e 546000. O acesso é feito a partir de Carrancas, somente por estradas vicinais.

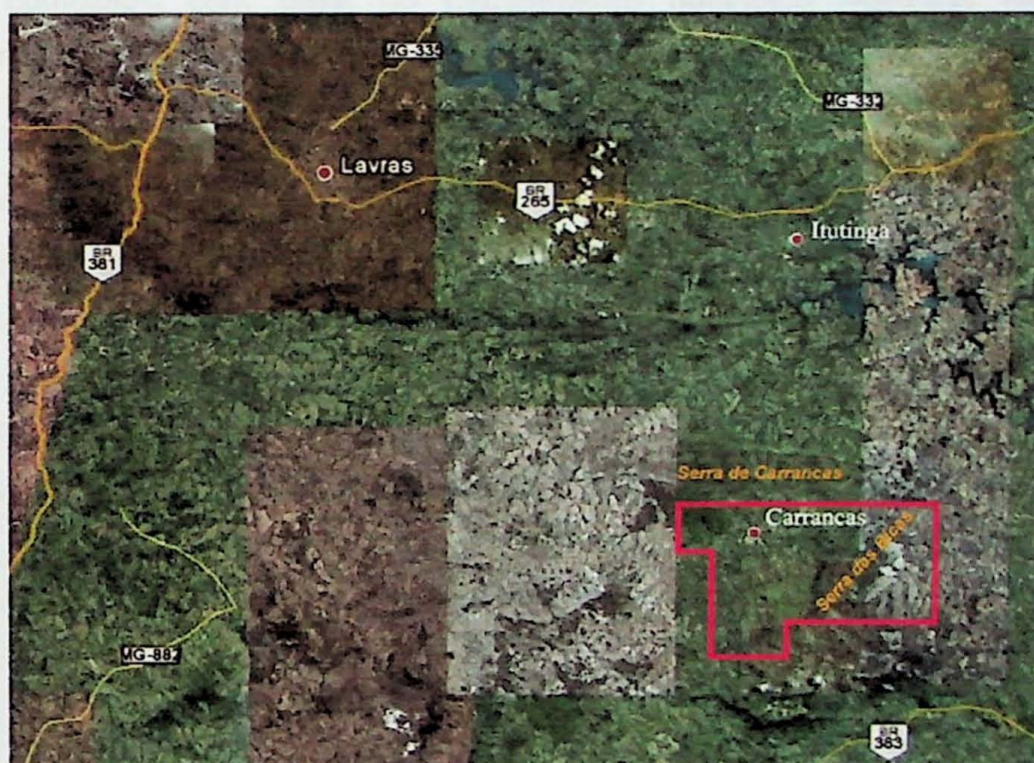


Figura 1: Localização da área e suas principais vias de acesso. Extraído e modificado de Google Earth (<http://maps.google.com.br/>).

4. Materiais e métodos

4.1. Atividades preliminares

As atividades preliminares deste trabalho consistiram na separação das amostras de rochas metaultramáficas coletadas durante os trabalhos de Mapeamento Geológico de

2009, além de um prévio estudo petrográfico das lâminas já existentes. Nessa etapa também foi feita a revisão bibliográfica da geologia regional e do metamorfismo de rochas ultramáficas.

4.2. Trabalhos de campo

Os corpos ultramáficos visitados foram previamente selecionados com base nos mapeamentos já realizados na área por Magalhães (1985), Bittar (1989), Almeida (1998) e pelos alunos da graduação da USP, durante os trabalhos de Mapeamento Geológico do ano de 2009. Os trabalhos de campo foram realizados em duas etapas, a primeira nos dias 18 e 19 de fevereiro de 2010 e a segunda entre os dias 18 e 20 de abril de 2010. Para orientação e localização dos afloramentos, foi utilizada a folha topográfica de Minduri (SF-23-X-C-IV-2) em escala 1:50.000 e, para maior detalhe das relações com as encaixantes, ampliações na escala 1:25.000. Nesses trabalhos de campo, o enfoque foi dado apenas às rochas ultramáficas. Não foram feitos mapeamentos de detalhe, e o contexto geológico local da área foi compilado com base no mapeamento geológico realizado pela disciplina Mapeamento Geológico em 2009, do qual a autora participou.

4.3. Estudo petrográfico

Devido à ampla variedade de litotipos presentes nos afloramentos visitados, foram selecionadas, dentre as amostras coletadas em ambas as etapas de campo, 40 para a confecção de seções delgadas, representativas dos principais litotipos descritos.

O estudo petrográfico foi realizado utilizando-se os microscópios do Laboratório de Microscopia Petrográfica do IGc-USP. Lâminas pertencentes aos trabalhos de Mapeamento Geológico de 2009 também foram utilizadas nessa etapa. Importante ressaltar aqui a numeração adotada para as amostras e afloramentos: as siglas CM-IV, V e VI pertencem ao projeto do Mapeamento Geológico e a sigla RMG pertence às amostras coletadas nas duas etapas de campo deste trabalho de formatura.

Feições mais significativas das associações minerais e diferentes texturas foram registradas através de fotomicrografias tiradas no Laboratório de Microscopia Petrográfica do Instituto, utilizando-se o microscópio Olympus BX-50, com câmera digital integrada, modelo Olympus C5050.

4.4. Análises químicas de minerais

No decorrer do estudo petrográfico foram selecionadas 6 amostras, sendo 4 delas pertencentes ao corpo ultramáfico da Fazenda da Areia, além de um hornblendito e um cloritito, ambos pertencentes aos corpos contidos no embasamento.

As análises de química mineral foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do IGc-USP, através da microsonda eletrônica JEOL, modelo JXA 8600, com 5 espectrômetros acoplados.

Foram realizadas 129 análises pontuais válidas em olivina, ortopiroxênio, espinélio, anfibólio e clorita, com erro analítico estimado em 3% para elementos maiores. O propósito dessas análises químicas foi verificar quais foram as variações composicionais que ocorreram nesses minerais e qual a sua implicação para a história metamórfica das rochas estudadas.

Os dados obtidos foram processados com o auxílio do software *Minpet 2.02* (Richard, 1995), através do qual foram feitos os cálculos de fórmula estrutural. Os dados, já processados, foram lançados em diagramas classificatórios e diagramas binários ilustrativos das variações composicionais.

4.5. Análise química de rocha total

A seleção das amostras para as análises químicas de rocha total procurou abranger os litotipos mais representativos e relevantes entre os corpos ultramáficos visitados, tomando os cuidados quanto à escolha de amostras mais preservadas do intemperismo.

As 10 amostras selecionadas foram preparadas no Laboratório de Tratamento de Amostras do IGc-USP, onde passaram por processos de fragmentação, britagem e pulverização. Após essas etapas, foi feita a micronização, destinada a preparação de pastilhas prensadas para a análise de elementos maiores e menores e, adicionalmente, pastilhas fundidas para análise sob perda ao fogo. Todas as análises foram feitas por Fluorescência de Raios X, no Laboratório de Química Analítica do IGc-USP.

4.6. MEV/EDS

Devido à dificuldade na identificação da serpentina por microsonda eletrônica, foram selecionadas 4 amostras para análise qualitativa através de EDS, apenas com o objetivo de confirmar se de fato há serpentina nas amostras. Também foram feitas algumas análises nos carbonatos presentes em algumas dessas mesmas amostras apenas para identificar se trata de calcita, dolomita ou magnesita. Adicionalmente foram selecionadas duas amostras

de cloritito, numa tentativa de através de análises semi-quantitativas, verificar se houve mudanças composicionais entre diferentes espécies dessa categoria.

As análises foram realizadas no Laboratório de Microscopia eletrônica de Varredura do IGc-USP, utilizando-se do Microscópio Eletrônico de Varredura LEO 4410 com espectrômetro de dispersão de energia de raios x acoplado, modelo Oxford. As condições durante a operação foram as seguintes: sistema de resolução igual a 75 eV e tensão de aceleração igual a 20 kV. Para as análises semi-quantitativas foram feitas 3 interações: análise dos elementos combinados com oxigênio, estequiometria e calculo com base em 6 ions ânions por fórmula.

4.7. Cronograma consolidado do desenvolvimento das atividades

Atividades	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X				
Trabalhos de campo	X		X							
Petrografia		X	X	X	X	X	X	X		
Relatório de progresso						X	X			
Microsonda								X		
FRX								X	X	
MEV									X	
Integração dos dados								X	X	
Elaboração da Monografia									X	X

Tabela 1: Cronograma de atividades

5. Contexto Geológico Regional

5.1. Contexto Geotectônico

A região está inserida na Faixa Brasília, junto à borda sul do Cráton do São Francisco. Sua origem está relacionada à colagem Brasileira no sudeste brasileiro, que inclui dois sistemas orogênicos maiores, Tocantins e Mantiqueira, ou Faixas Brasília e Ribeira, respectivamente (Brito Neves *et al.*, 1999; Campos Neto *et al.*, 2000). O Orógeno Brasília registra episódios de subducção e colisão decorrentes do fechamento do paleo-oceano Goianides, através da convergência entre as placas Sanfranciscana (margem passiva) e Paranapanema (margem ativa), no neoproterozóico (Marangoni, 1994, *apud* Campos Neto

et al., 2004). O Orógeno Mantiqueira reflete a interação diacrônica entre microplacas e terrenos, resultando no fechamento do paleo-oceano Adamastor (Heilbron *et al.*, 2004).

A fase colisional do Orógeno Brasília resultou em uma pilha de *nappes* organizadas em três ambientes tectônicos principais: domínio de arco magmático (*Nappe* Socorro-Guaxupé), domínio continental subductado (Sistema de *Nappes* Andrelândia) e domínios de margem continental passiva (Sistemas de *Nappes* Carrancas e *Nappe* Lima Duarte) (Campos Neto *et al.*, 2004, 2007), como representado na figura 2. Segundo Ribeiro *et al.* (1995), a Faixa Brasília foi gerada durante a colisão, de W para E, do maciço Guaxupé (*Nappe* Guaxupé) contra o proto-craton do São Francisco, a leste, enquanto que a Faixa Ribeira teria sido gerada a partir do encurtamento crustal subsequente. De acordo com Ribeiro *et al.* (1990), a região é dividida em três domínios tectônicos, um autóctone (I) e dois alóctones (II e III). No domínio autóctone as seqüências metassedimentares encontram-se em sua posição original, onde as discordâncias deposicionais são reconhecidas. O domínio II relaciona-se à colisão que produziu o transporte tectônico de W para E, gerando a sucessão de *nappes* e escamas empurradas, estruturadas numa sinformal suave com eixo de caimento para oeste. Já o domínio III resulta da interferência entre os empurrões gerados no domínio II e estruturas mais novas, como os empurrões para NNW e zonas transpressivas, relacionadas à Faixa Móvel Ribeira.

5.2. Contexto geológico regional

O embasamento da região é constituído por gnaisses bandados, de granulação grossa, às vezes migmatíticos, com intercalações de anfibolitos e hornblenda gnaisses, equivalentes ao Grupo Mantiqueira (Barbosa, 1954 *apud* Trouw *et al.*, 1986) e, em zona de transição, ainda com predomínio desses gnaisses, ocorrem também corpos de ortognaisses granodioríticos e estreitas faixas de seqüência vulcano-sedimentar. Vários corpos de rochas metaultramáficas, representadas por clorita e tremolita xistos, talco xistos e serpentinitos, estão encaixados no gnaiss bandado e nas faixas vulcano-sedimentares (Trouw *et al.*, 1986). Adicionalmente, Heilbron (1983) identifica um gnaiss fino, bandado, composto por plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda, além de epidoto, alanita e zircão como acessórios.

As faixas vulcano-sedimentares constituem o Grupo Barbacena e, segundo Pires *et al.*, (1990) pode ser dividido em partes basal, média e superior, todas intergradacionais. A base é composta por serpentinitos, esteatitos, saponitos, talco xistos, anfibólio xistos e clorita xistos. A parte média constitui-se de anfibolitos e metabasitos, além de actinolita-tremolita xistos com variáveis quantidades de biotita, clorita e talco. Por fim, a parte superior é constituída por formação manganesífera carbonatada e silicatada (queluzitos e gonditos), xistos grafitosos e metagrauvas.

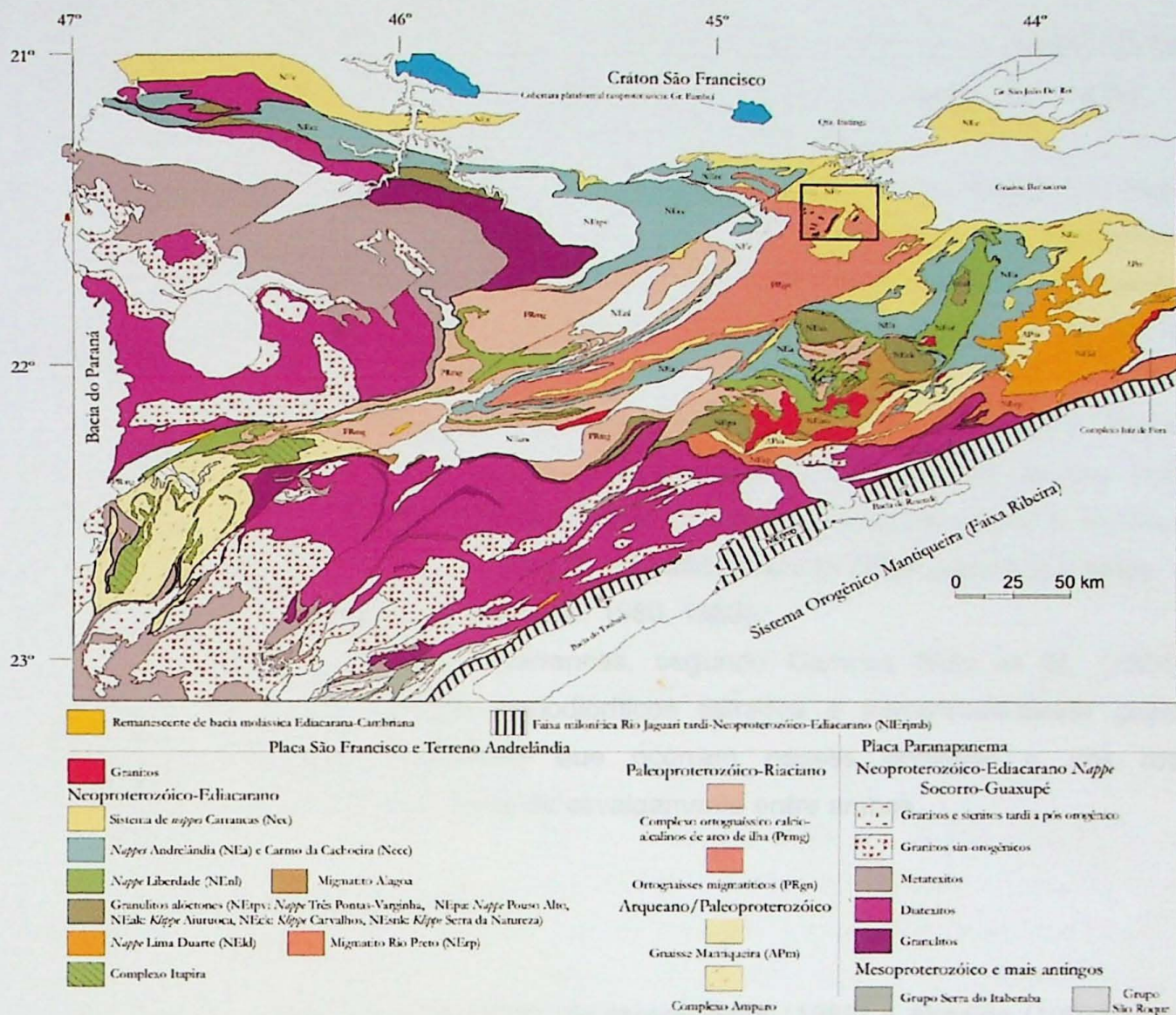


Figura 2: Mapa tectônico da Faixa Brasília ou Orógeno Tocantins Meridional com a área de estudo destacada pelo retângulo (extraído e modificado de Campos-Neto et al., 2007). Corpos ultramáficos: manchinhas pretas no retângulo da área de estudo.

Bittar (1989), no mapeamento das folhas Luminárias e Caxambu, divide o embasamento em três unidades:

- Unidade 1: Gnaiss bandado com lentes de rochas metaultramáficas;
- Unidade 2: Rochas metaultramáficas associadas a granodiorito gnaiss;
- Unidade 3: Xistos máficos e ultramáficos e rochas metassedimentares associadas.

Almeida (1998) reconhece que, na região a ser investigada nesse trabalho, essas unidades apresentam caráter fortemente transicional; assim, os gnaisses bandados, migmatíticos, fariam parte do Grupo Mantiqueira enquanto que gnaisses granodioríticos com faixas de seqüências vulcano-sedimentares seriam correlacionáveis ao Grupo Barbacena de Pires (1977).

As coberturas proterozóicas da área fazem parte do Sistema de *Nappes* Carrancas, sotoposta às *nappes* Aiuruoca-Andrelândia e Lima Duarte. O sistema compreende seqüência metassedimentar organizada em quatro escamas de cavalgamento com

infraestrutura gnáissica tectonicamente intercalada (Campos Neto *et al.*, 2004). O Grupo Carrancas é subdividido nas formações: Campestre e São Tomé das Letras, que, localmente podem aparecer interestratificadas (Trouw *et al.*, 1980).

Na base do grupo, a Formação São Tomé das Letras é constituída por quartzito micáceo, onde a muscovita é sempre verde. Há uma ampla variação na quantidade de muscovita, ocorrendo, assim, leitos de muscovita xistos intercalados aos quartzitos. Ocorrem, ainda, minerais metálicos geralmente dispersos, mas que podem formar leitos centimétricos (Trouw *et al.*, 1980, 1983).

Já a Formação Campestre é constituída por intercalação de quartzito com filito/xisto. As intercalações variam de centimétricas a métricas, porém, há predomínio do xisto sobre o quartzito. A unidade aflora predominantemente no alto das serras da região e, na área de Carrancas e Minduri, o grau metamórfico é mais alto, assim os filitos gradam pra xistos, com granada, estaurolita e cianita. (Trouw *et al.*, 1980, 1983).

A infraestrutura do Grupo Carrancas, segundo Campos Neto *et al.*, (2004), é constituída por biotita gnaisses granodioríticos listrados e hornblenda-biotita gnaisses bandados. Os corpos ultramáficos que ocorrem nesses gnaisses e nas rochas metassedimentares demarcam zonas de cavalgamento entre ambos.

6. Contexto Geológico Local

As rochas ultramáficas da região, de acordo Bittar (1989) e Almeida (1998) ocorrem em três contextos tectônicos distintos: a) corpos ultramáficos intercalados a unidades arqueanas, constituindo associação do tipo *greenstone belt*; b) corpos alóctones, encaixados no contato entre rochas arqueanas e proterozóicas; e c) corpos alóctones encaixados nas seqüências metassedimentares proterozóicas.

Entretanto, durante os trabalhos de campo foram reconhecidos na área de estudo três domínios que diferem um pouco dos domínios propostos por esses autores:

- Domínio do embasamento, com predomínio de gnaisses miloníticos e biotita gnaiss finos, correspondentes às unidades arqueanas;

- Domínio da seqüência metassedimentar correspondente ao Grupo Carrancas de Trouw *et al.* (1980) e;

- Domínio dos gnaisses migmatíticos bandados com intercalações de rochas metaultramáficas, e, subordinadamente, rochas metamáficas e metapelitos. Esse domínio corresponde à associação do tipo *greenstone belts* do Grupo Barbacena de Pires (1977) e encontram-se tectonicamente sobreposto a seqüência do Grupo Carrancas.

6.1. Domínio do embasamento

O domínio do embasamento é constituído predominantemente por gnaiss milonítico, leucocrático, onde a textura é definida por lentes de muscovita e pouca biotita em meio à matriz granoblástica de granulação média a grossa. Muitas vezes, ocorre associado biotita gnaiss fino de cor cinza, homogêneo, com bandamento milimétrico.

Também associado ao embasamento está o corpo ultramáfico da Fazenda da Areia, definido por Almeida (1998), que ocorre na porção leste da área estudada, junto à base da Serra das Bicas, próximo ao contato com a seqüência metassedimentar do Grupo Carrancas.

Esse corpo destaca-se na topografia na forma de blocos em um arranjo lenticular. O litotipo predominante é olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels de cor cinza escuro a preto esverdeado, quando fresco, maciço e com textura porfiroblástica grossa em matriz lepidonematoblástica fina (**prancha 1a**). Em alguns blocos, nota-se a presença de muitos veios, identificados macroscopicamente como serpentina, resultando em arranjo poligonal, típico de rochas ultramáficas (**prancha 1b**).

Outro tipo litológico é o anfibólio-clorita xisto e fels de cor cinza a cinza amarelado, quando alterado, e granulação fina a média. A foliação é de alto ângulo, porém, devido à presença de minerais magnéticos, não é possível adquirir medidas para um melhor controle estrutural. Nota-se, ainda, que essas rochas ocorrem preferencialmente nas bordas de diferentes núcleos de olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels, assim, observa-se que há uma disposição anastomosada da foliação em torno desses núcleos.

Os solos da região apresentam sempre cor marrom avermelhada, localmente, ainda, há concentrações de óxidos de manganês, o que dá uma coloração mais escura aos solos, próximo ao preto.

6.2. Grupo Carrancas

A seqüência metassedimentar que constitui o Grupo Carrancas pode ser dividida em três unidades:

Unidade do muscovita quartzito

Nessa unidade há duas variedades de quartzito, uma de granulação fina a média onde a muscovita ocorre de forma disseminada na rocha, dando a ela um caráter placoso, e outra de granulação fina, mais rica em muscovita, por vezes definindo leitos lepidoblásticos bastante crenulados. Em ambas variedades, a rocha possui cor branca a bege, entretanto a

cor verde da muscovita é característica da unidade, o que dá um tom esverdeado à rocha quando está presente em maiores proporções.

Unidade do muscovita-quartzo xisto

O muscovita-quartzo xisto está sempre associado à unidade do muscovita quartzito. Nessa rocha, a foliação é S_2 , regional, que ocorre sempre bastante crenulada pelas fases posteriores. A rocha possui cor verde dada pela muscovita e textura lepidoblástica de granulação fina com intercalações subordinadas de lentes granoblásticas dobradas, tendo como foliação plano axial a clivagem de crenulação S_3 . As camadas variam de milimétricas a centimétricas, quando associadas ao muscovita quartzito e métricas quando predominam sobre o muscovita quartzito. A rocha é composta por quartzo, muscovita e magnetita idioblástica.

Unidade do estauroлита – granada – grafita xisto

As rochas dessa unidade apresentam cores cinza claro a levemente rosado e têm como estrutura a xistosidade principal S_2 . Sua textura é definida em domínios granoblásticos intercalados com leitos lepidoblásticos, marcados por muscovita e grafita, esses contendo os porfiroblastos de granada, estauroлита e cianita.

Nota-se que os porfiroblastos variam em proporção e tamanhos, porém, granada e estauroлита estão sempre presentes, enquanto que cianita é raramente observada na rocha, ocorrendo geralmente em leitos mais aluminosos. A mineralogia essencial é constituída por granada, estauroлита, cianita, muscovita, biotita, clorita, quartzo e grafita, enquanto que a mineralogia acessória é constituída por zircão, titanita, turmalina, rutilo, apatita, monazita e minerais opacos.

6.3. Domínio do gnaiss migmatítico com intercalações de corpos metaultramáficas

Deve ser notado que, na área estudada, predomina epidoto – muscovita - biotita gnaiss migmatítico bandado, de granulação fina a média e cor cinza escuro. Apesar de bastante alterado, é possível observar a estrutura migmatítica preservada onde o mesossoma, de cor cinza, apresenta-se em bandas centimétricas a decimétricas e o leucossoma, de cor branca, em bandas milimétricas a centimétricas irregulares. Também ocorre biotita – hornblenda - plagioclásio gnaiss bandado com epidoto e clinozoisita.

Rochas calciossilicáticas ocorrem associadas a esses gnaisses na forma de lentes descontínuas. Consistem em epidoto-quartzo-hornblenda xisto calciossilicático, de cor verde e granulação muito fina e titanita-hornblenda-epidoto xisto calciossilicático.

Também associadas aos gnaisses, ocorrem anfibolitos com ou sem granada e granada-clorita-biotita xisto, ambos geralmente associados às rochas metaultramáficas.

As rochas metaultramáficas que ocorrem na área apresentam-se como corpos ovalados, na maioria das vezes alongados, com a foliação das encaixantes sempre concordantes a eles. Estão localizados na zona interna da estrutura sinformal formada pelas Serras de Carrancas e das Bicas, contidos no “embasamento” gnáissico - migmatítico.

A seguir será apresentada a descrição do corpo maior localizado na Fazenda Rui Barbosa, definido por Almeida (1998) e, em seguida, a descrição conjunta dos demais corpos ultramáficos.

Corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa

O corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa ocorre no extremo noroeste da área de estudo. Possui forma ovalada e, diferentemente das outras ocorrências, serpentinitos são os litotipos predominantes. Afloram geralmente no alto dos morros na forma de matacões e blocos de diversos tamanhos, alguns aparentemente *in situ*, mas a maioria deslocada da sua posição original, o que dificulta a reconstituição da estrutura do corpo.

Os serpentinitos possuem cor verde pálido a verde acinzentado, são maciços a levemente foliados, sempre com granulação muito fina. De acordo com Wicks & Whittaker (1977), nos estágios finais da serpentinização, a magnetita migra para fora das unidades da textura *mesh* ou em ampulheta, formando lentes e vênulas transversais e assim, a rocha geralmente adquire tom verde pálido.

Em alguns afloramentos, ocorre alternância de serpentinito maciço com níveis de serpentinito mais rico em clorita, esses, xistosos (**prancha 1c**). Em escala de amostra de mão é possível observar, às vezes, bandamento composicional dado por níveis de cor amarelada intercalados a níveis de cor verde claro. A mineralogia é constituída por serpentina, clorita, olivina, opacos e pouco talco.

Nas bordas do corpo, as rochas apresentam maior grau de metassomatismo, onde ocorrem talco-clorita xistos com porfiroblastos de carbonato, clorititos e talco xistos. Na **prancha 1d** é possível ver um desses núcleos serpentiniticos, maciços, envolvidos por serpentina – carbonato – talco – clorita xisto.

Nota-se, ainda, que nas porções mais baixas, junto às drenagens, ocorre brecha de rocha ultramáfica, onde aparecem diversos veios preenchidos por sílica e óxidos de Fe (pós-

cisalhamento). Portanto, o que pode ser constatado sobre esse corpo é que ocorrem núcleos constituídos por serpentinitos maciços separados por rochas xistosas, resultando também em um caráter anastomosado da foliação, e que sofreram maior atuação dos fluidos durante o cisalhamento.

Demais corpos contidos no embasamento

Todos os demais corpos, além do corpo maior localizado na Fazenda Rui Barbosa, estão contidos no gnaiss migmatítico presente na zona interna da estrutura sinformal formada pelas Serras de Carrancas e das Bicas.

As rochas que compõem esses corpos apresentam ampla variação quanto ao grau de metassomatismo pelo qual foram atingidas. São constituídas por serpentina-clorita-talco xistos e fels, talco-clorita xistos, sempre com quantidades variáveis de porfiroblastos de carbonato, talco xistos e fels, clorititos e cummingtonita-hornblenditos com quantidades variáveis de talco, clorita e serpentina.

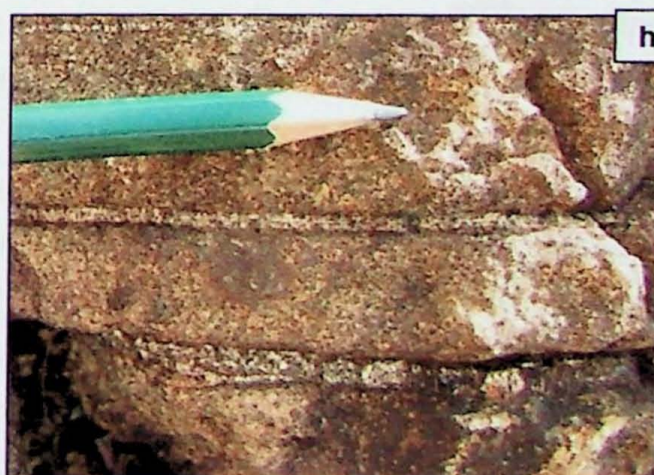
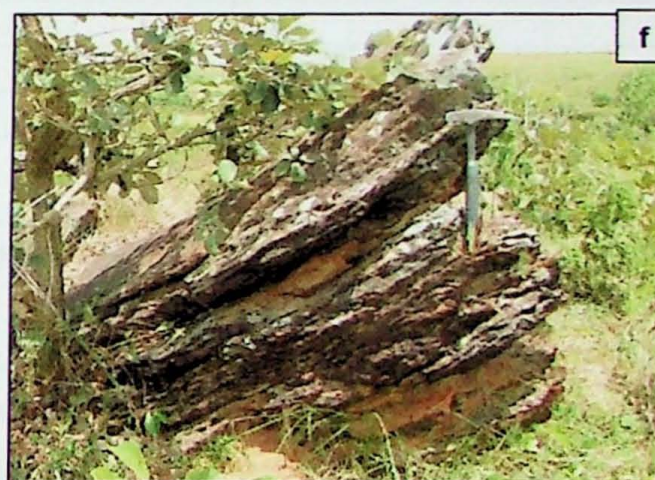
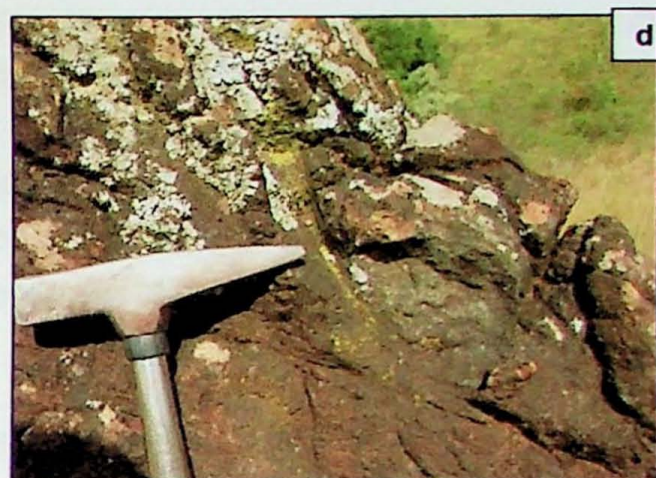
Todos os corpos mantêm a mesma estruturação, com núcleos maciços e bordas xistosas, constituídas principalmente por cloritito e talco xisto. Essa xistosidade tem a mesma direção da foliação principal, regional S_2 .

No cloritito a xistosidade é correspondente à S_2 regional, que às vezes apresenta a clivagem de crenulação S_3 . A rocha possui cor verde escuro e textura lepidoblástica de granulação fina a média, por vezes, com porfiroblastos de magnetita com até 0,7 cm. No talco xisto a xistosidade também é corresponde a xistosidade principal, são sempre brancos e com granulação variando de fina a grossa, constituindo talco fels, com talco cristalizado estaticamente, com cristais placóides atingindo até 3 cm. Por vezes é possível observar que ambas as rochas ocorrem interdigitadas (**prancha 1e**). Quando alterada, a rocha apresenta porções de cor avermelhada, dada pela oxidação dos porfiroblastos de magnetita, que chegam a ter 6 mm.

Serpentina-clorita-talco xistos e fels possuem cores variando sempre do verde claro ao verde acinzentado, a textura é decussada, localmente lepidoblástica e, por vezes, com porfiroblastos de carbonato que chegam a ter até 2 cm. A forma típica de afloramentos dessa rocha é mostrada na **prancha 1f**. Nessa rocha ocorrem também veios constituídos por talco cristalizado na direção de menos esforço (**prancha 1g** e **prancha 1h**).

Cummingtonita - hornblenditos são xistosos e tem textura desde nematoblástica, até nemato-lepidoblástica, quando são mais ricos em talco e clorita. Possuem cor verde acinzentado a verde amarelado, quando alterados.

Os solos apresentam cor marrom avermelhada ou marrom escuro, contrastando com as cores dos solos de suas encaixantes.



Prancha 1: *Fazenda da Areia*. a) olivina - hornblenda – ortopiroxênio fels, porfiroblástico. b) Arranjo poligonal no olivina – hornblenda - ortopiroxênio. *Fazendo Rui Barbosa e demais corpos*. c) Alternância de níveis de estrutura xistosa e níveis de estrutura maciça. d) Núcleos serpentiniticos, maciços, envolvidos por serpentina – carbonato – talco – clorita xisto. e) Cloritito interdigitado com talco xisto. f) Afloramento do ponto RMG-01, típico do serpentina-clorita-talco xistos. g e h) Veios preenchidos por talco, notar que a cristalização ocorreu na direção de menor esforço.

7. Petrografia

7.1. Corpo ultramáfico da Fazenda da Areia

Olivina - hornblenda- ortopiroxênio fels com espinélio

A textura dessa rocha é caracterizada por porfiroblastos de ortopiroxênio e microporfiroblastos de anfibólio idioblástico em longos prismas sobre uma matriz decussada, marcada predominantemente por anfibólio muito fino (0,1 a 0,5 mm) e, eventualmente, espinélio vermiforme e finas palhetas de clorita. Nas amostras onde há predomínio de ortopiroxênio, a textura é porfiroblástica, com ortopiroxênio atingindo até 3 cm.

O estudo petrográfico mostra que essas rochas apresentam pequenas variações na sua composição mineralógica. São constituídas por ortopiroxênio, hornblenda, olivina, espinélio, clorita, serpentina e minerais opacos. Como mineral acessório, foi identificada apenas flogopita. A composição modal, estimada visualmente a partir da descrição das lâminas, é apresentada na tabela 2.

amostra	ortopiroxênio	hornblenda	olivina	espinélio	clorita	serpentina	opacos	tremolita/actin.	carbonato
RMG-11B	70%	15%	-	2%	5%	-	8%	-	-
RMG-13	45%	30%	2%	<1%	13%	5%	5%	-	-
RMG-14a	40%	27%	6%	3%	6%	2%	3%	-	3%
RMG-14b	40%	30%	6%	3%	9%	2%	3%	3%	4%
RMG-15	66%	20%	7%	6%	1%	<1%	<1%	-	-
CM-V-109	49%	30%	5%	<1%	7%	3%	6%	-	-

Tabela 2: composição modal do olivina – hornblenda –ortopiroxênio fels.

Os porfiroblastos de ortopiroxênio possuem intenso pleocroísmo de incolor a rosa (**prancha 2a**), são também poiquiloblásticos, com inclusões de espinélio, olivina, hornblenda e minerais opacos. São desde irregulares, (**prancha 2b**), até subidioblásticos, constituindo prismas curtos com contatos lobados a incipientemente poligonizados entre si. Apresentam também extinção ondulante que, por vezes, quase gera sub-grãos, sendo esse o único registro de deformação da rocha.

O anfibólio, identificado quimicamente como hornblenda magnesiânica, apresenta um leve pleocroísmo incolor a verde pálido. Na matriz os cristais são subidioblásticos, enquanto que os cristais maiores são microporfiroblastos idioblásticos, constituindo prismas alongados, por vezes geminados, que cristalizaram sobre a matriz fina (**prancha 2c**) e também nos contatos entre porfiroblastos de ortopiroxênio. Nas lâminas RMG-13 e CM-V-109, alguns cristais de hornblenda apresentam bordas incolores, constituídas por cummingtonita.

A olivina ocorre de duas formas distintas. Quando inclusa no ortopiroxênio, ela é granular e, localmente, aparece poligonizada (**prancha 2d**). Já quando esta na matriz, junto com anfibólio, ela é xenoblástica. O espinélio, quando presente, apresenta boa distribuição na lâmina, ocorre tanto incluso no ortopiroxênio como também na matriz, como diminutos cristais vermiformes, localmente orientados. Quando inclusos no ortopiroxênio apresentam cor verde garrafa, já quando associados aos opacos, são mais escuros e, por vezes, possuem zoneamento, com bordas constituídas por titanita e opacos (**prancha 2e**). Dentre esses minerais opacos, que foram observados sob luz refletida com o auxílio das lâminas polidas preparadas para análise química mineral, foram identificados magnetita e pirita/calcopirita.

A clorita também ocorre de duas maneiras. Na matriz e nos interstícios, entre diferentes cristais de anfibólio, ela é placóide, idioblástica. Também ocorre sempre associada a magnetita, envolvendo-a e, nesse caso, possui granulação muito fina.

Processos de serpentinização nessas rochas são incipientes, com serpentina presente nas fraturas ou em direções de clivagem dos piroxênios. A serpentinização é mais evidente na olivina, onde a serpentina aparece como bolsões pseudomórficos (**prancha 2f**).

Nas amostras RMG-14a e 14b, é possível, ainda, identificar microscopicamente a mineralogia presente nos veios que foram identificados no campo como serpentina. São veios milimétricos constituídos por tremolita – actinolita de hábito acicular, carbonato granoblástico, clorita fibroradiada e minerais opacos (**prancha 3a**).

Antofilita – clorita - hornblenda fels

Rochas desse tipo foram descritas apenas a partir das lâminas RMG-08B e RMG-11A. São rochas levemente xistosas, com predomínio da textura decussada dada por prismas de anfibólio aleatoriamente distribuídos e, localmente lepidoblástica ou fibroradiada, dada por clorita, com granulação fina a média (0,1 – 2,75 mm). A mineralogia é composta por hornblenda – cummingtonita (40-45%), antofilita (15%), ortopiroxênio (5%), olivina (até 4%), clorita (15%), serpentina (<1%), carbonato (3%), talco (2%) e minerais opacos (5-10%).

Diferentemente do olivina - hornblenda- ortopiroxênio fels, nessa rocha, ortopiroxênio e olivina ocorrem como cristais relictos (**prancha 3b**) e espinélio é ausente.

A hornblenda apresenta leve pleocroísmo incolor a verde pálido, ocorre como prismas curtos, subidioblásticos. Apresenta zoneamento composicional, com inclusões de opacos e clorita no núcleo, e bordas de intercrescimentos com cummingtonita (**prancha 3c**). Essa é incolor e também ocorre como prismas longos, aciculares, caracteristicamente apresentando geminação polissintética. Antofilita é incolor e aparece tanto nas bordas dos demais

anfibólios, como também em prismas longos, de extinção reta.

Clorita, nessa rocha, possui birrefringência acastanhada, portanto, trata-se da clorita mais aluminosa, possivelmente resultante da substituição parcial da hornblenda e consumo total do espinélio. O carbonato é posterior e aparece apenas em alguns interstícios, localmente poligonizado, entre cristais de anfibólio.

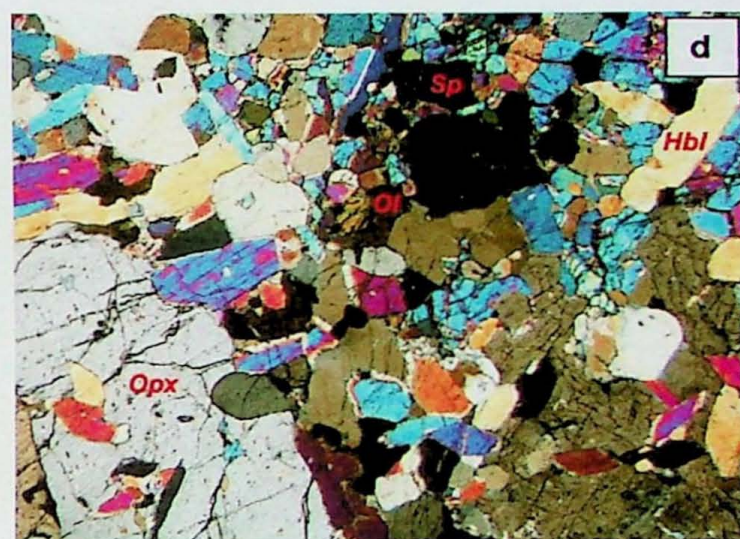
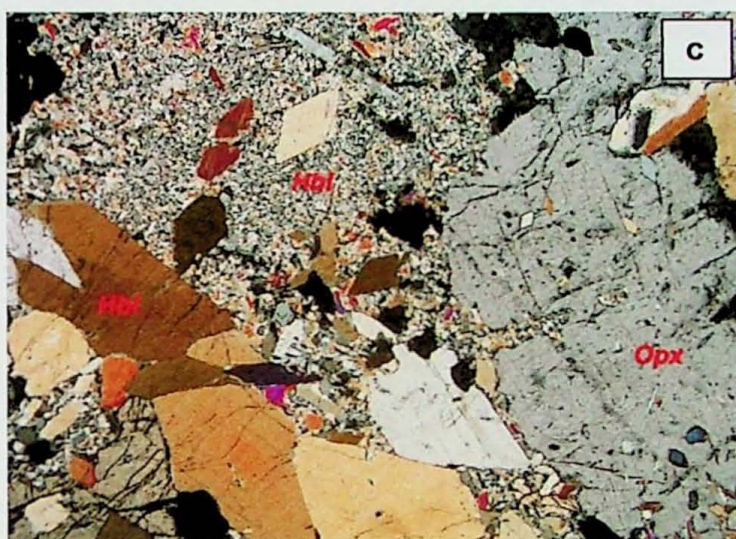
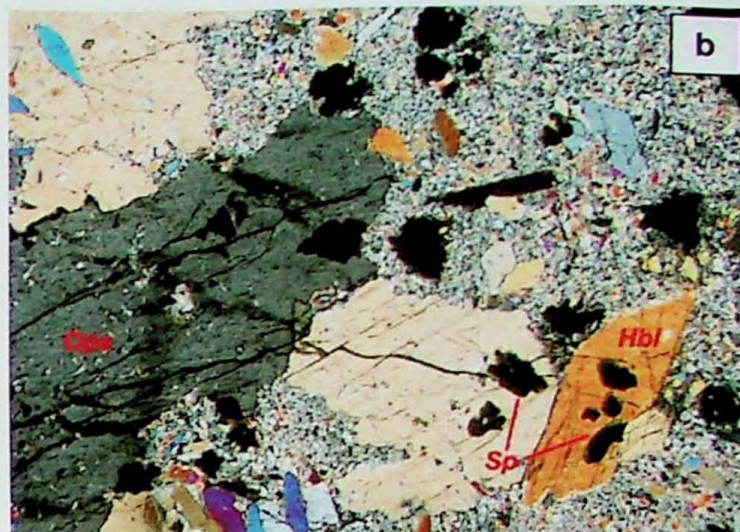
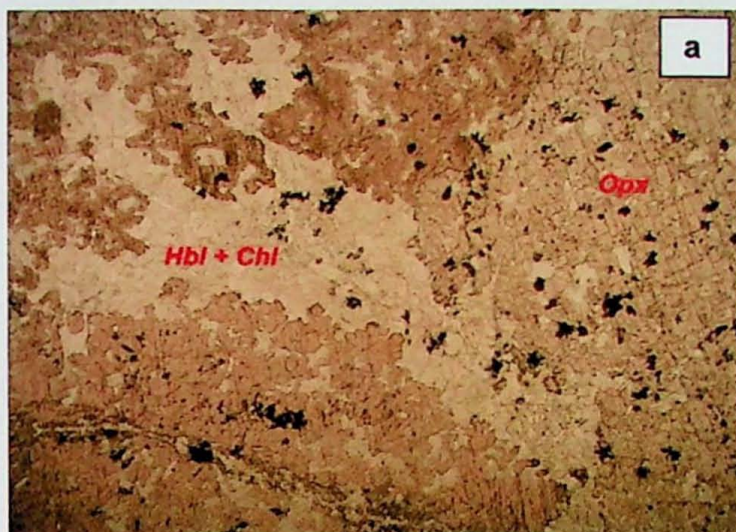
7.2. Corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa

Serpentinitos predominam no corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa. Entretanto verifica-se que também ocorrem as mesmas litologias observadas nos demais corpos ultramáficos. Entre eles, clorititos, serpentina - talco - clorita xisto/fels e talco – clorita xisto/fels com porfiroblastos de carbonato. É interessante notar que o modo como essas litologias se relacionam também é evidente microscopicamente, entretanto, nesse tópico serão tratados apenas os serpentinitos. As demais litologias serão discutidas em detalhe no próximo item e a discussão sobre as relações entre elas será apresentada no capítulo 10.

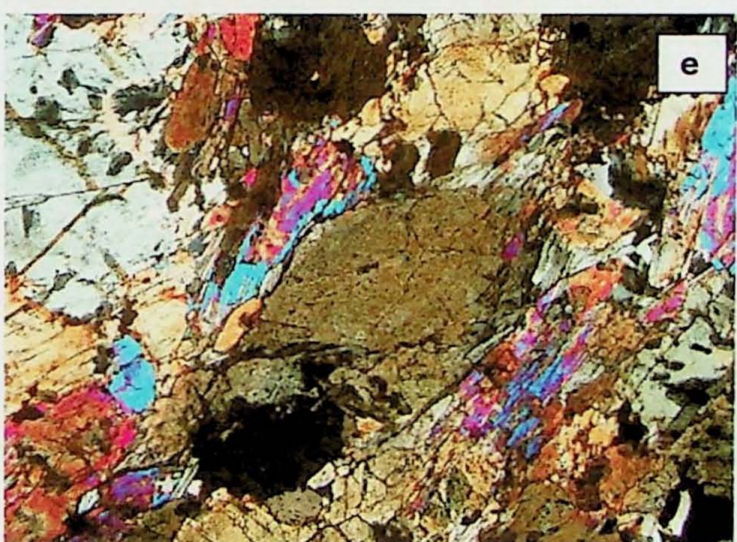
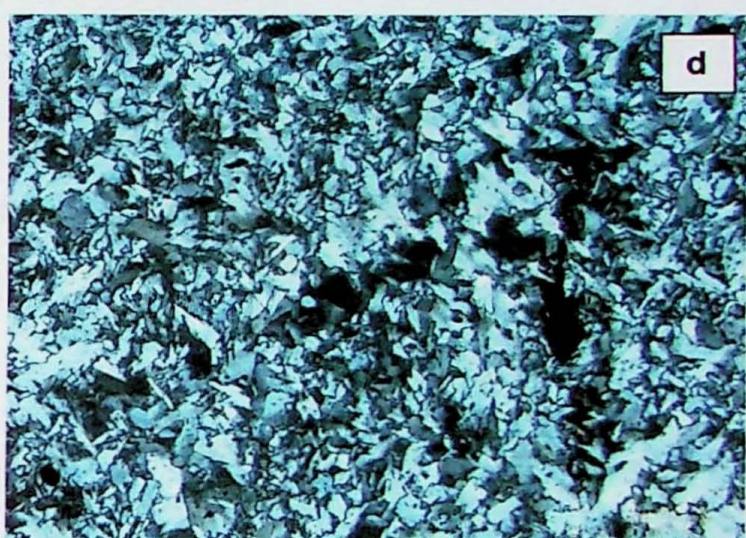
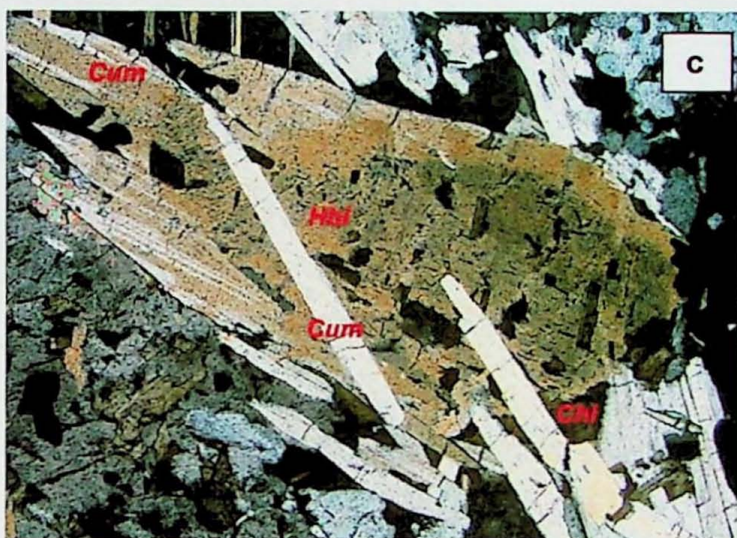
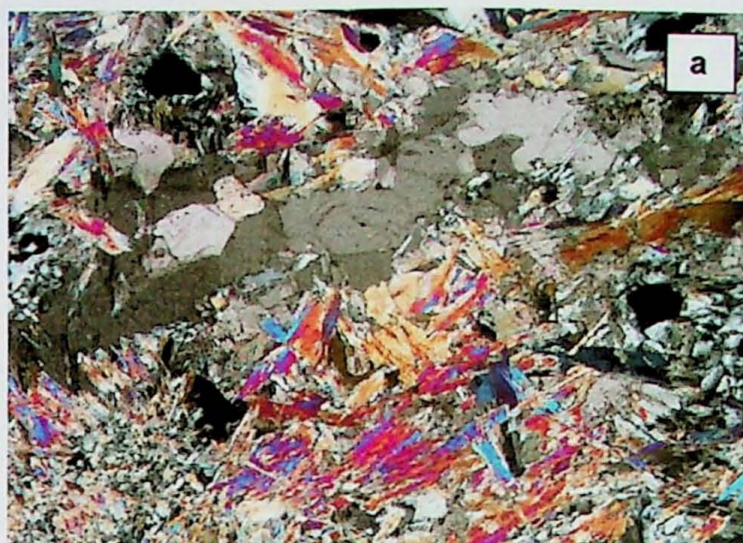
A textura desses serpentinitos é sempre não pseudomórfica muito fina, podendo ser interpenetrante, dada por finas palhetas de antigorita em arranjo randômico, *interlocking*, com diminutos cristais de antigorita/lizardita de hábito lamelar ou, ainda, uma mistura de ambas, com finas palhetas de antigorita destacando-se sobre a matriz muito fina, equigranular dada por antigorita/lizardita. Texturas não pseudomórficas, de acordo com Wicks & Wittaker (1977), podem ser geradas quando a serpentinização se dá concomitantemente com a deformação da rocha ou em situações onde o aumento de temperatura faz com que ocorra a recristalização de texturas pseudomórficas.

Além da serpentina, ocorrem quantidades variáveis, porém subordinadas, de clorita, talco, minerais opacos, e hornblenda. Essas pequenas variações na composição mineralógica conferem aos serpentinitos algumas diferenças texturais. Na amostra RMG-20C, por exemplo, a proporção de hornblenda chega à 10%, que aparece como bolsões reliquiais, localmente poligonizados, envoltos pela matriz serpentinitica. Alguns cristais de hornblenda, sempre subidioblástica, apresentam serpentina ao longo de fraturas e clivagens (**foto**). Essa feição evolui para pseudomorfos, entretanto é de ocorrência bastante restrita.

Macroscopicamente a textura serpentinitica é sempre muito evidente, entretanto, em algumas laminas, verifica-se que, devido a sua granulação ser mais grossa que a de um serpentinito habitual, é possível que exista clorita menos aluminosa associada a serpentina, como ocorre na amostra RMG-20B (**prancha 3d**), podendo corresponder à transição entre antigorita e penina, intervalo no qual esses minerais são de difícil distinção ao microscópio convencional. Em algumas amostras, como na RMG-22A, o que se tem, na verdade, é um



Prancha 2: a) Textura porfiroblástica com ortopiroxênio poiquiloblástico. Lâmina RMG-11A com polarizador II. Lado maior da foto: 10,40 mm. b e c) Porfiroblastos de ortopiroxênio e microporfiroblastos de hornblenda, ambos cristalizado sobre matriz nematoblástica fina, também de hornblenda. Notar em b, inclusões de espinélio na hornblenda. Lâmina RMG-15 com polarizador X. Lado maior da foto: 3,25 mm. d) Textura granular, com olivina e hornblenda poligonizadas, ambos também inclusos no ortopiroxênio. Lâmina RMG-15 com polarizador X. Lado maior da foto: 3,25 mm. e) Espinélio com bordas de rutilo e opacos. Lâmina RMG-14a com polarizador II. Lado maior da foto: 0,65 mm. f) olivina – hornblenda- ortopiroxênio fels mostrando serpentina na forma de bolsões pseudomórficos. Lâmina CM-V-109 com polarizador X. Lado maior da foto: 3,25 mm.



Prancha 3: a) veios milimétricos constituídos por tremolita – actinolita, carbonato, clorita e minerais opacos. Lâmina RMG-14b com polarizador X. Lado maior da foto: 1,63 mm. b) Cristais relictos de olivina em meio a anfibólios e clorita. Lâmina RMG-11A com polarizador X. Lado maior da foto: 3,25 mm. c) Detalhe para hornblenda mostrando zoneamento composicional e bordas com intercrescimentos de cummingtonita. Lâmina RMG-08B com polarizador X. Lado maior da foto: 1,3 mm. d) Hábito lamelar da serpentina/clorita. Lâmina RMG-20B com polarizador X. Lado maior da foto: 1,3 mm. e) Detalhe para hornblenda sigmoidal no cummingtonita hornblendito. Lâmina CM-IV-74 com polarizador X. Lado maior da foto: 3,25 mm. f) Cummingtonita - hornblenda xisto, variedade do cummingtonita hornblendito, onde os anfibólios foram substituídos por clorita, que marca a foliação da rocha. Lâmina CM-IV-68 com polarizador X. Lado maior da foto: 5,2 mm.

serpentina – clorita xisto, onde há domínios de textura serpentinitica não-pseudomórfica intercalados a domínios de textura decussada a localmente lepidoblástica, marcada por clorita de hábito placóide-fibrorradiado. Os minerais opacos foram identificados através de luz refletida e constituem predominantemente em magnetita, por vezes martitzada nas bordas, distribuindo-se na forma de grãos finos, orientados ou não em meio a serpentina.

A talcificação dos serpentinitos é incipiente e o talco não ultrapassa de 5% em proporção. Na amostra RMG-23B, é interessante notar que o talco ocorre em veios sub-milimétricos, evidenciando o caminho da sílica durante a talcificação.

7.3. Demais corpos contidos no Domínio do gnaiss migmatítico

Cummingtonita hornblendito

Através do estudo petrográfico foi observado que essa rocha apresenta variações para rochas mais hidratadas, ricas em talco, clorita e, às vezes, serpentina, como pode ser visto na tabela 3.

amostra	Hornblenda	cummingtonita	clorita	talco	serpentina	carbonato	opacos
CM-V-99	70%	8%	1%	3%	-	-	12%
CM-IV-74	67%	10%	5%	1%	-	-	4%
CM-IV-41	45%	5%	18%	14%	-	8%	10%
CM-IV-68	35%	10%	40%	15%	-	-	<1%
RMG-05	23%	3%	25%	44%	-	4%	1%
RMG-25c	45%	2%	5%	7%	25%	6%	10%

Tabela 3: composição modal estimada das amostras do cummingtonita hornblendito.

Nas amostras mais ricas em anfibólio, a textura é nematoblástica de granulação fina a média (até 2 mm) que, de acordo com o aumento na proporção de clorita e talco, torna-se lepidoblástica, com cristais de hornblenda, reliquiar, amoldados pela foliação.

A hornblenda apresenta-se como cristais subidioblásticos a idioblásticos e, por vezes, com formas sigmoidais (**prancha 3e**). Possui pleocroísmo variando de verde claro a verde amarelado e, em todas as amostras, verificou-se a presença de exsoluções e bordas incolores, ambas sem pleocroísmo, que foram identificadas como cummingtonita.

A clorita é sempre magnesiana (clinocloro), substitui o anfibólio e está sempre bem desenvolvida, com hábito placóide, marcando a foliação principal da rocha (**prancha 3f**). Localmente, onde predomina em relação aos anfibólios, a clorita aparece levemente crenulada. O talco aparece sempre associado à clorita e ocorre tanto na forma de um fino

agregado, quando em menor proporção, como em cristais placóides, bem desenvolvidos, também orientados segundo a foliação principal.

Em apenas uma das lâminas foi identificado a presença de serpentina, que se apresenta no mesmo contexto da clorita e do talco, definindo a foliação e substituindo a hornblenda. Nesse caso, a textura da rocha consiste em domínios nematoblásticos, localmente poligonizados, que foram preservados durante o processo de serpentinização, intercalados a domínios com textura serpentinitica não-pseudomórfica (**prancha 4a**).

Serpentina - clorita – talco xistos e fels carbonáticos

Em todos os demais corpos ultramáficos, à exceção dos que ocorrem na Fazenda da Areia e dos que possuem hornblenda e cummingtonita em sua composição, predominam associações minerais com variações entre serpentina, clorita, talco, carbonato e minerais opacos. A composição modal para essas rochas foi estimada visualmente é apresentada na tabela 4.

amostra	serpentina	clorita	talco	carbonato	minerais opacos
RMG-01A	-	35%	47%	8%	10%
RMG-01B	-	23%	45%	25%	7%
RMG-01C	15%	34%	38%	5%	8%
RMG-01D	-	45%	35%	17%	3%
RMG-01E	-	47%	15%	30%	8%
RMG-01G	13%	22%	8%	54%	3%
CM-IV-1A	12%	40%	-	35%	13%
CM-IV-1D	52%	13%	25%	-	10%

Tabela 4: composição modal para rochas com, serpentina, clorita, talco e carbonato.

Devido a essas variações na mineralogia, suas texturas também variam, entretanto, predominam texturas decussadas, de granulação muito fina a fina, por vezes, lepidoblástica com porfiroblastos de carbonato com até 7mm. O carbonato, quando predomina, define bandamento composicional, onde se intercalam níveis lepidoblásticos e níveis granoblásticos, com carbonato poligonizado (**prancha 4b**).

Textura serpentinitica é observada apenas em duas lâminas. Na lâmina RMG-01C, ocorrem vênulas constituídas por cristais irregulares e equidimensionais de serpentina muito fina, caracterizando a textura não pseudomórfica do tipo *interlocking*, que são envolvidas por talco e clorita (**prancha 4c**). Já na lâmina CM-IV-1D, essa textura predomina, sendo cortada por diversos veios de talco (**prancha 4d**).

A clorita nessas rochas ocorre como um fino agregado onde os cristais são predominantemente fibrorradiados. Em alguns casos, parece haver clorita junto com serpentina, como finas palhetas aciculares, que invadem carbonato e opacos (**prancha 4b e 4e**).

O talco sempre aparece substituindo a clorita, este ocorre como um fino agregado que, quando predomina, chega a formar cristais placóides com até 0,5 mm.

Cloritito "Blackwall"

Clorititos estão presentes nas bordas de praticamente todos os corpos ultramáficos contidos no gnaiss migmatítico e estão sempre acompanhados de talco xistos.

Nos clorititos, a xistosidade nem sempre é muito bem desenvolvida, predominando a xistosidade espaçada. À exceção da textura decussada observada nas amostras RMG-02B e C, a textura no cloritito é predominantemente lepidoblástica com granulação variando desde muito fina (<0,4mm) a grossa (até 2,0 cm). São rochas constituídas essencialmente por clorita (>90%) e tem como característica marcante a ampla variedade de minerais acessórios, dentre eles: rutilo, titanita, zircão, monazita, alanita, epidoto e apatita.

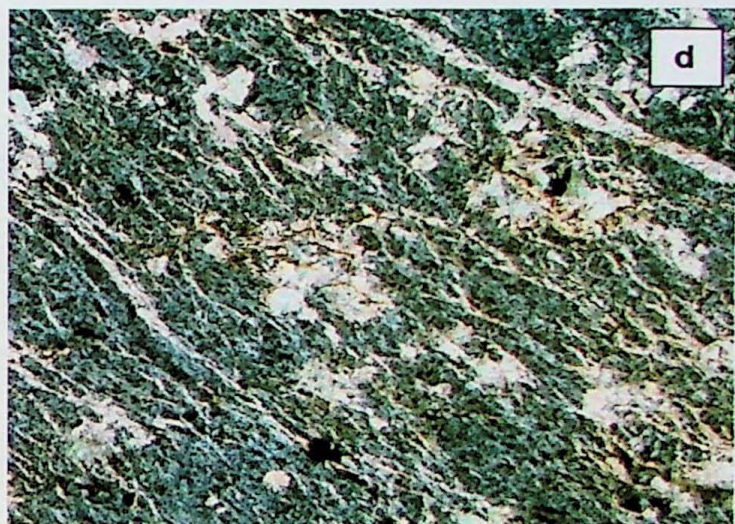
A clorita apresenta-se em diferentes hábitos, desde lamelar e placóide, até em grãos ovais irregulares. É levemente pleocróica em tons de verde pálido e possui cores de birrefringência desde cinza moderado até acastanhado. Nas amostras RMG-02B e C, observa-se que o núcleo de alguns cristais apresenta cor de birrefringência azul da Prússia (**prancha 4f**), possivelmente tratando-se de uma clorita menos aluminosa.

Magnetita está sempre presente e ocorre como porfiroblastos idioblásticos de até 0,7 cm e, em alguns casos, é possível visualizar sombras de pressão constituídas por talco. O talco, quando presente, não ultrapassa 10%, ocorre como um fino agregado substituindo a clorita, ou, quando o processo de talcificação foi mais avançado, aparece como cristais placóides bem desenvolvidos, orientados segundo possíveis veios onde se deu a percolação de fluidos ricos em sílica.

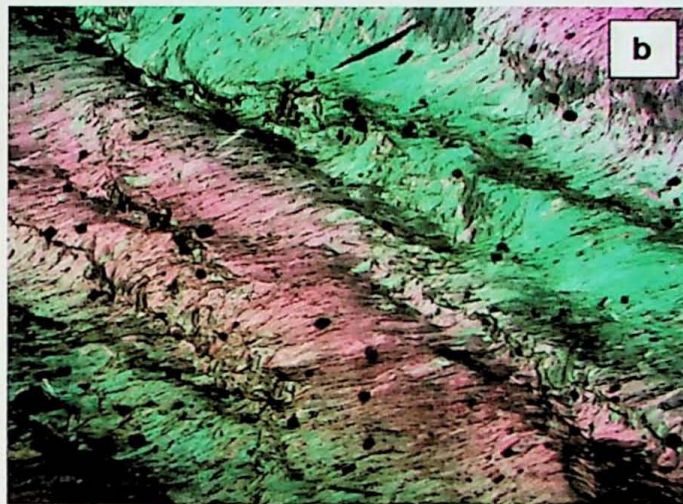
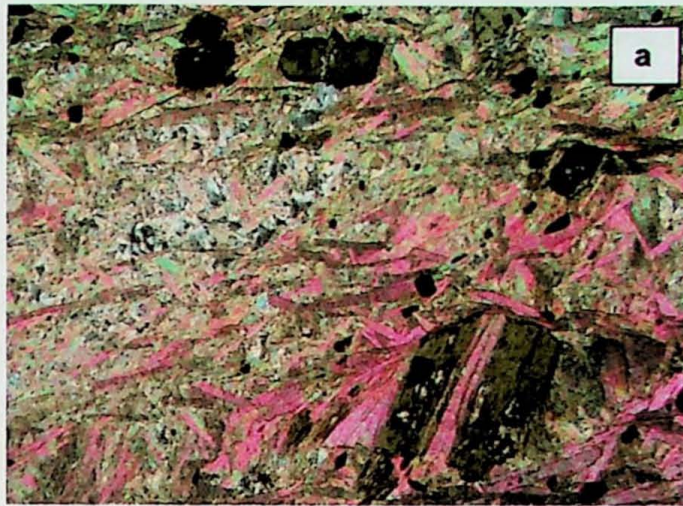
Talco fels e talco xisto com clorita

Essa rocha ocorre sempre associada aos clorititos, sendo possível observar tipos transicionais com os mesmos, representam o estágio mais avançado dos processos metassomáticos.

São rochas constituídas essencialmente por talco (>90%) e porfiroblastos de magnetita. A clorita, quando presente, ocorre em leitos sub-milimétricos, orientados segundo a foliação principal ou como microporfiroblastos placóides amoldados pela foliação (**prancha**



Prancha 4: a) Cumingtonita – hornblenda serpentinito, variedade serpentinitica do cumingtonita hornblendito, onde os anfibólios aparecem como lentes isoladas, preservadas, em meio à serpentina. Lâmina RMG-25c com polarizador X. Lado maior da foto: 6,5 mm. b) Bandamento composicional entre níveis lepidoblásticos com clorita+serpentina e níveis com carbonato granoblástico, notar palhetas de serpentina sobre o carbonato. Lâmina RMG-01G com polarizador X. Lado maior da foto: 3,25 mm. c) Vênula de serpentina com textura interlocking, envolvida por clorita e talco. Lâmina RMG-01C com polarizador X. Lado maior da foto: 8,32 mm. d) Serpentinito cortado por diversos veios de talco. Lâmina CM-IV-1D com polarizador x. Lado maior da foto: 6,5 mm. e) Microporfiroblastos de carbonato e minerais opacos, notar finas palhetas de clorita/serpentina nas bordas dos opacos. Lâmina CM-IV-148 com polarizador II. Lado maior da foto: 3,25 mm. f) Cloritito indicando sutil mudança composicional na clorita, dada pelas diferenças de birrefringência. Lâmina RMG-02C com polarizador X. Lado maior da foto: 10,40 mm.



Prancha 5: a) Microporfiroblastos placóides de clorita amoldados pela foliação. Lâmina CM-IV-22. com polarizador X. Lado maior da foto: 10,40 mm. b) Talco xisto crenulado, com magnetita idioblástica. Lâmina RMG-03A com polarizador X. Lado maior da foto: 10,40 mm.

5a). A foliação principal coincide com foliação regional S_2 , esta, por vezes, ocorre bastante crenulada, com desenvolvimento de uma S_3 (**prancha 5b**). Já em amostras pouco crenuladas, observam-se pares S-C, com talco recristalizado nos planos S, obliquamente aos planos C.

No talco fels, talco ocorre como cristais placóides de até 1 cm distribuídos em meio a uma matriz decussada constituída por talco na forma de um agregado muito fino. A magnetita, nesse caso, ocorre concentrada em níveis sem qualquer orientação.

Os microporfiroblastos de clorita amoldados pela foliação dada por talco e leitos sub-milimétricos de clorita sugerem que tanto a cloritização como a talcificação são sin- S_2 ; entretanto, de acordo com as relações entre talco e clorita, fica claro que o processo de cloritização iniciou-se antes da deformação principal, já que há cristais de clorita preservados e amoldados pela foliação. A cloritização dá lugar à talcificação durante o desenvolvimento da foliação S_2 , quando então o Al é totalmente mobilizado. A talcificação perdura até a o estágio pós-cinemático, fato evidenciado pela cristalização estática de grandes cristais de talco sobre a matriz decussada.

8. Análises químicas em minerais

Olivina

Olivina está presente apenas nas rochas do corpo ultramáfico da Fazenda da Areia. No olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels com espinélio, ela aparece como inclusões no ortopiroxênio ou dispersa na matriz de anfibólio, enquanto que no antofilita – hornblenda fels ela ocorre apenas como cristais relictos.

Ao todo, foram realizadas 18 análises pontuais em olivinas das amostras RMG-08b, RMG-14b e RMG-15, sendo feitas, sempre que possível, análises de núcleo e borda dos diferentes cristais. A composição das olivinas analisadas não varia muito, apresentando valores de Fo_{72} a Fo_{75} . O diagrama de classificação para a olivina é mostrado na figura 3.

As pequenas variações composicionais que ocorrem na olivina são apresentadas através de diagramas Mg x Fe^{2+} (figuras 4a e 4b). Nesses diagramas, é possível observar que o conteúdo em Fe^{2+} é crescente, tanto em direção as bordas de olivina da amostra RMG-15, como também para a olivina reliquiar da amostra RMG-08b.

Entre os elementos menores, Ni e Mn apresentam valores muito baixos, de 0,005 a 0,008 átomos p.f.u. Devido a esses valores muito baixos, não serão apresentados diagramas, entretanto, foi verificado que, para o Ni, há um aumento em relação à olivina da amostra RMG-15, mais forsterística.

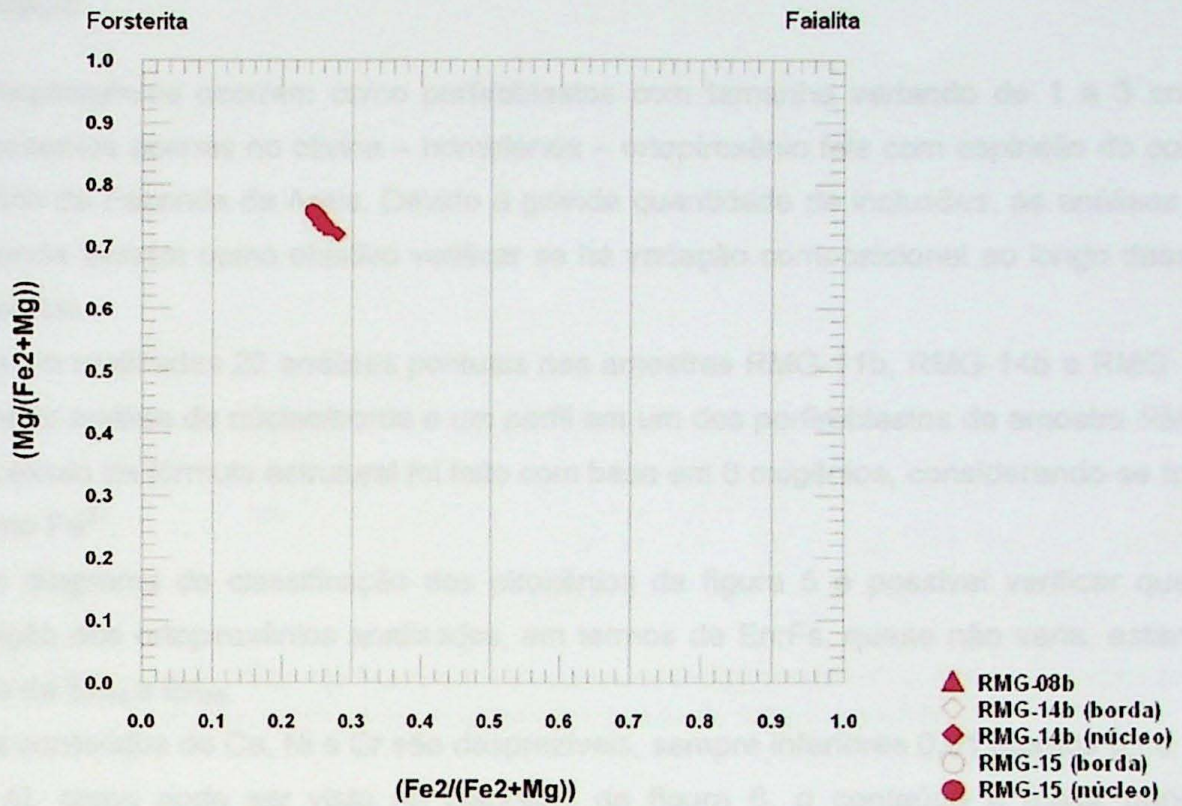


Figura 3: Diagrama de classificação para a olivina.

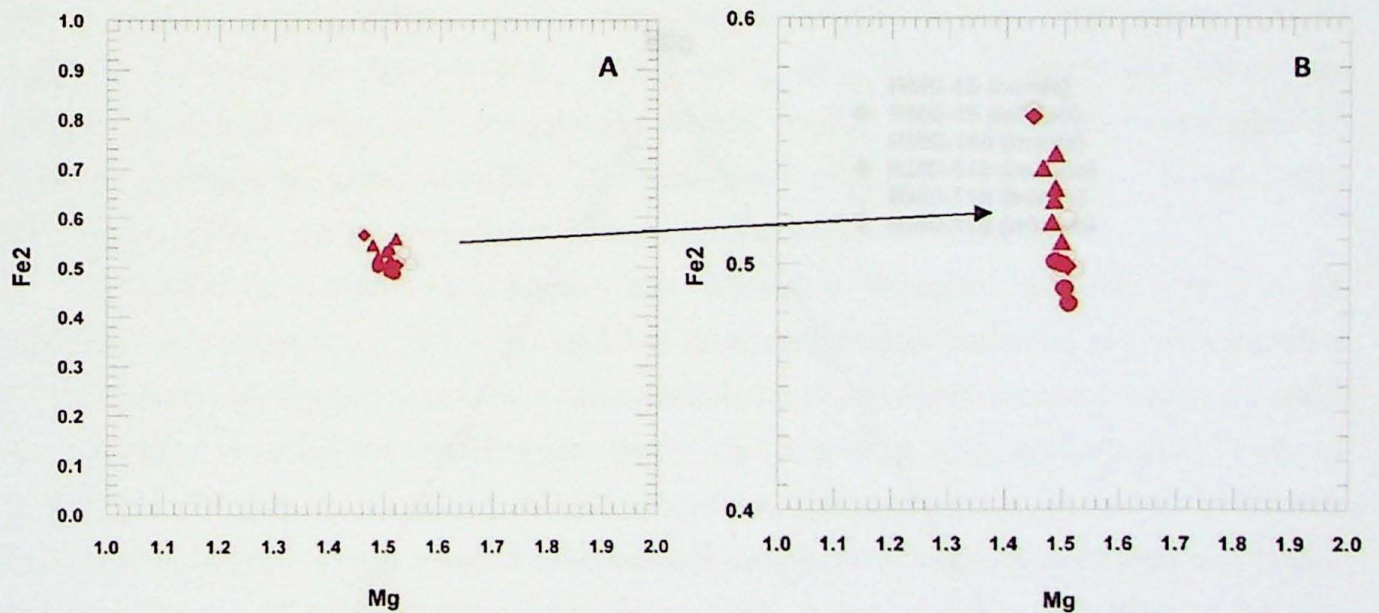


Figura 4: Diagramas Mg x Fe²⁺ para a olivina das rochas da Fazenda da Areia. Em A, os dados foram plotados na mesma escala enquanto em B a escala foi modificada para melhor visualização das pequenas mudanças composicionais.

Ortopiroxênio

Ortopiroxênios ocorrem como porfiroblastos com tamanho variando de 1 a 3 cm e estão presentes apenas no olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels com espinélio do corpo ultramáfico da Fazenda da Areia. Devido à grande quantidade de inclusões, as análises de microsonda tiveram como objetivo verificar se há variação composicional ao longo desses porfiroblastos.

Foram realizadas 22 análises pontuais nas amostras RMG-11b, RMG-14b e RMG-15, sendo feitas análise de núcleo/borda e um perfil em um dos porfiroblastos da amostra RMG-11b. O cálculo da fórmula estrutural foi feito com base em 6 oxigênios, considerando-se todo o Fe como Fe^{2+} .

No diagrama de classificação dos piroxênios da figura 5 é possível verificar que a composição dos ortopiroxênios analisados, em termos de En:Fs, quase não varia, estando em torno de En_{76} a En_{80} .

Os conteúdos de Ca, Ni e Cr são desprezíveis, sempre inferiores 0,01 átomos p.f.u. Já para o Al, como pode ser visto no diagrama da figura 6, o conteúdo é maior para o ortopiroxênio da amostra RMG-11b, como também nas bordas do ortopiroxênio das amostras RMG-14b e RMG-15.

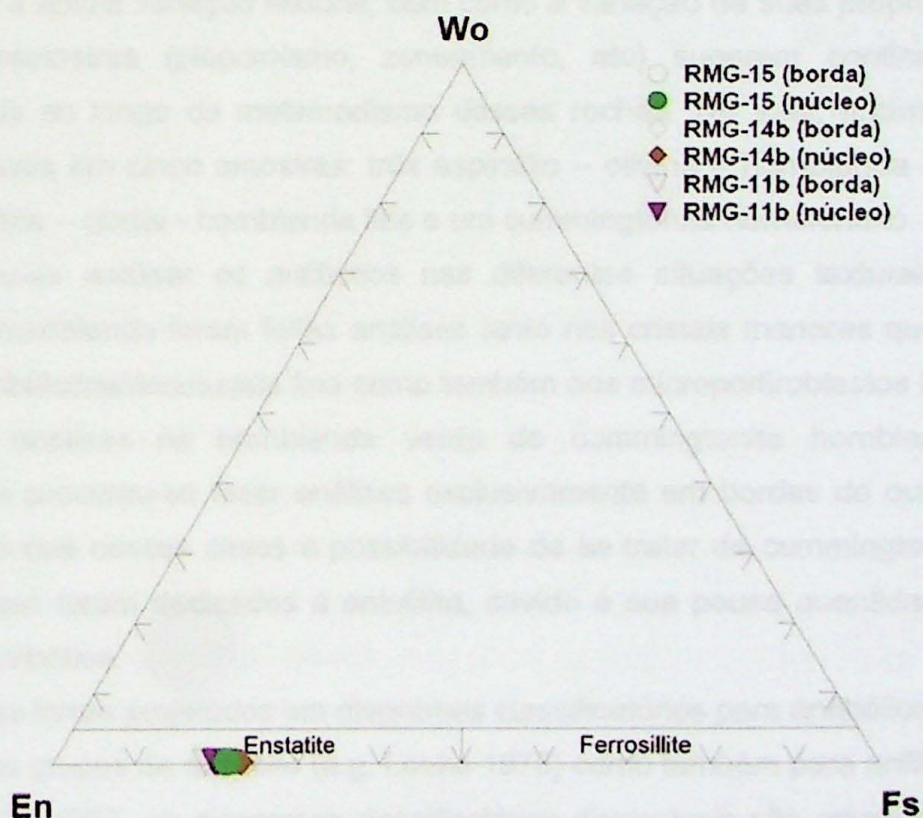


Figura 5: Diagrama En-Fs-Wo para os ortopiroxênios analisados.

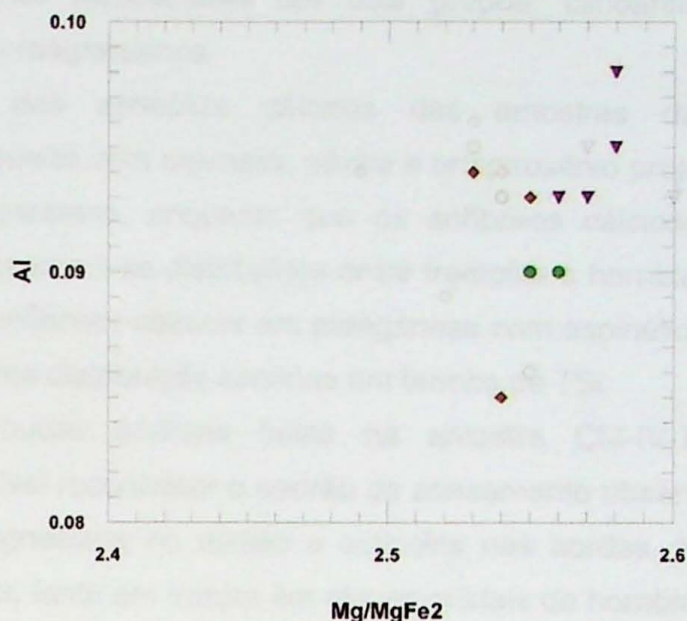


Figura 6: Diagrama Al x Mg/Mg+Fe²⁺ para os ortopiroxênios analisados. Análises indicadas por amostra de acordo com a legenda da figura anterior.

Anfibólio

O anfibólio representa a fase mineral mais importante nos litotipos estudados nesse trabalho, pois a ampla variação textural, bem como a variação de suas propriedades ópticas intra- e interamostras (pleocroísmo, zoneamento, etc) sugerem continuas mudanças composicionais ao longo do metamorfismo dessas rochas. No total, foram realizadas 60 análises pontuais em cinco amostras: três espinélio – olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels, um antofilita – clorita - hornblenda fels e um cummingtonita hornblendito.

Procurou-se analisar os anfibólios nas diferentes situações texturais em que ele aparece. Na hornblenda foram feitas análises tanto nos cristais menores que constituem a matriz nematoblástica/decussada fina como também nos microporfiroblastos incolores, além de algumas análises na hornblenda verde do cummingtonita hornblendito. Para a cummingtonita procurou-se fazer análises exclusivamente em bordas de outros cristais de hornblenda, já que nesses casos a possibilidade de se tratar de cummingtonita era maior. Poucas análises foram dedicadas à antofilita, devido à sua pouca quantidade em relação aos demais anfibólios.

Os dados foram projetados em diagramas classificatórios para anfibólios, tanto para os quatro grandes grupos de anfibólio (e.g. Leake 1978) como também para anfibólios cálcicos. No programa MINPET, os diagramas classificatórios disponíveis são aqueles apresentados por Leake (1978). No diagrama classificatório da figura 7 verifica-se, que os anfibólios

analisados dividem-se basicamente em dois grupos: clinoanfíbólios cálcicos e orto-clinoanfíbólios ferro - magnesianos.

As análises dos anfíbólios cálcicos das amostras da Fazenda da Areia, especificamente daquelas com espinélio, olivina e ortopiroxênio projetam-se todas no campo da hornblenda magnesianas, enquanto que os anfíbólios cálcicos do antofilita – clorita hornblenda fels apresentam-se distribuídos entre tremolita e hornblenda magnesianas. Notar ainda que, para os anfíbólios cálcicos em paragênese com espinélio, olivina e ortopiroxênio, aparentemente há uma distribuição contínua em termos de TSi.

Apesar de poucas análises feitas na amostra CM-IV-74, um cummingtonita hornblendito, é possível reconhecer o padrão de zoneamento observado petrograficamente, com hornblenda magnesianas no núcleo e actinolita nas bordas. Nesta amostra, também ocorre cummingtonita, tanto em franjas em alguns cristais de hornblenda-actinolita como em lamelas de exsolução nos núcleos de hornblenda.

As variações composicionais são melhor visualizadas quando as análises são plotadas em diagramas binários $Mg/Mg+Fe^{2+}$ x Al total, ou seja, a soma do alumínio das posições tetraédricas e octaédricas, ou em diagramas $(Na+K)^A$ x Al^{IV} . O que se observa nos diagramas da figura 7 é que, para os anfíbólios cálcicos que ocorrem associados a espinélio, olivina e ortopiroxênio, a razão $Mg/Mg+Fe^{2+}$ diminui ligeira e sistematicamente com o aumento do Al total; além disso, esses anfíbólios são os mais aluminosos, possuem até 1,8 a.p.f.u.. Enquanto isso, para os orto – e clinoanfíbólios ferro – magnesianos e para os anfíbólios cálcicos do antofilita – clorita hornblenda fels há uma boa variação, tanto em termos da razão $Mg/Mg+Fe^{2+}$ como também para o conteúdo de Al total (0,0 a 1,6 a.p.f.u.).

Da mesma forma que acontece com a clorita, o aumento no teor de Al dos anfíbólios pode indicar incremento nas condições metamórficas, assim, para anfíbólios cálcicos o uso de diagramas $(Na+K)^A$ x Al^{IV} é fundamental para mostrar variações em função das substituições edenítica ($\square^{IV}Si \rightarrow ^ANa^{IV}Al$) e tschermakítica ($Mg, Si \rightarrow Al^{VI}Al^{IV}$), já que ambas são substituições acopladas que resultam no aumento do teor de Al.

De acordo com a distribuição das análises observada nos diagramas da figura 7, verifica-se que, para o conjunto dos anfíbólios associados a espinélio, olivina e ortopiroxênio, predominam as substituições tschermakíticas com uma pequena participação de substituições edeníticas. Já para os anfíbólios do antofilita – clorita - hornblenda fels e do cummingtonita hornblendito a distribuição é próxima da razão $1 (Na,K)^A : 2Al^{IV}$, o que sugere participação equivalente para essas substituições (1 Ed : 1 Tsch).

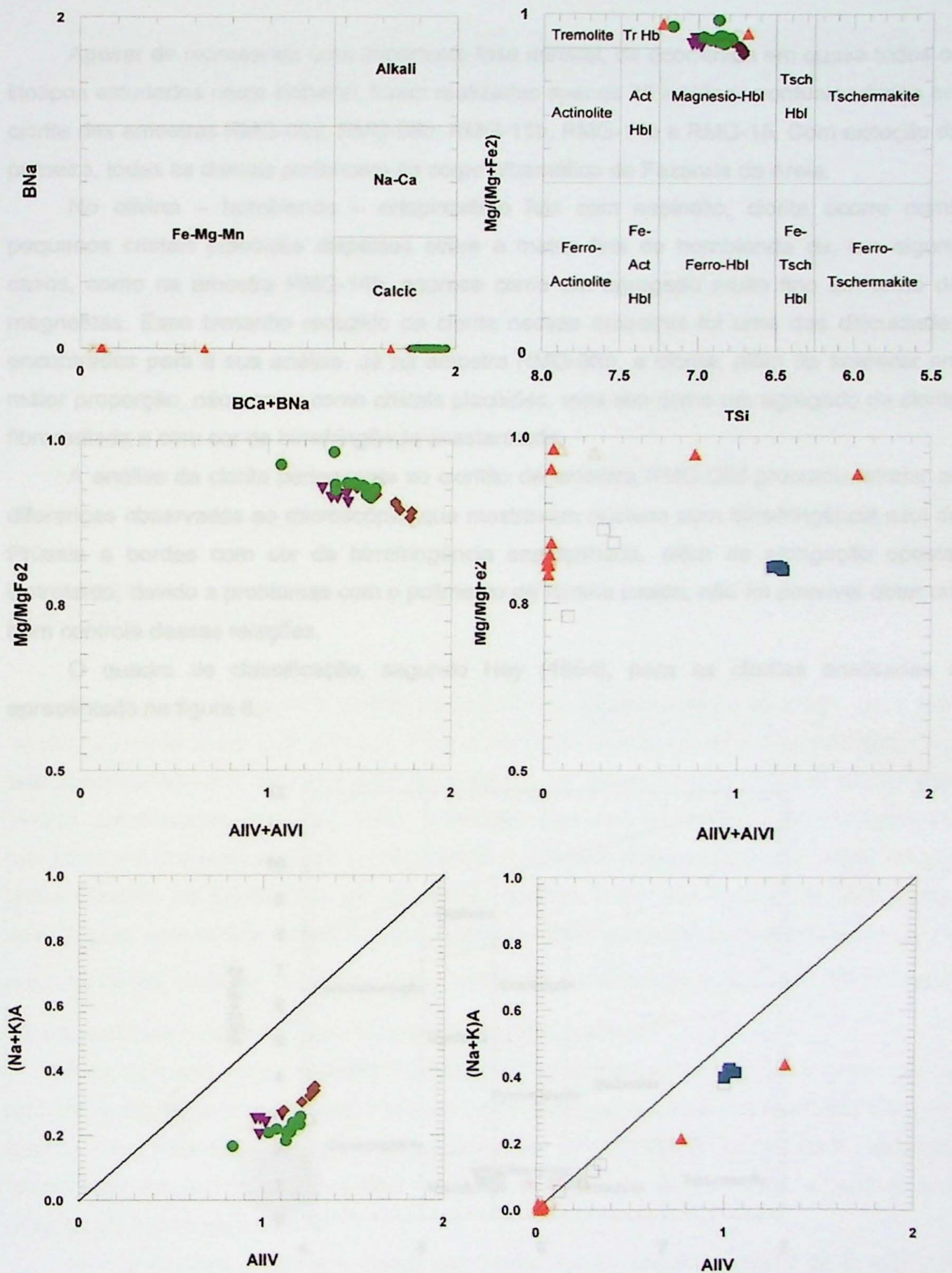


Figura 7: Quadro de diagramas para os anfíbios analisados. Legenda de acordo com as amostras: CM-IV-74 borda (□), núcleo (■); RMG-08B borda (□), núcleo (▲); RMG-11b borda (□), núcleo (▼); RMG-14b borda (□), núcleo (□); RMG-15 borda (○), núcleo (●).

Apesar de representar uma importante fase mineral, de ocorrência em quase todos os litotipos estudados neste trabalho, foram realizadas apenas 15 análises pontuais válidas em clorita das amostras RMG-02d, RMG-08b, RMG-11b, RMG-14b e RMG-15. Com exceção da primeira, todas as demais pertencem ao corpo ultramáfico da Fazenda da Areia.

No olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels com espinélio, clorita ocorre como pequenos cristais placóides dispersos sobre a matriz fina de hornblenda ou, em alguns casos, como na amostra RMG-14b, aparece como um agregado muito fino em torno de magnetitas. Esse tamanho reduzido da clorita nessas amostras foi uma das dificuldades encontradas para a sua análise. Já na amostra RMG-08b, a clorita, além de aparecer em maior proporção, não ocorre como cristais placóides, mas sim como um agregado de clorita fibrorradiada e com cor de birrefringência acastanhada.

A análise da clorita pertencente ao cloritito da amostra RMG-02d procurou retratar as diferenças observadas ao microscópio, que mostravam núcleos com birrefringência azul da Prússia e bordas com cor de birrefringência acastanhada, além de elongação oposta. Entretanto, devido a problemas com o polimento da lâmina usada, não foi possível obter um bom controle dessas relações.

O quadro de classificação, segundo Hey (1954), para as cloritas analisadas é apresentado na figura 8.

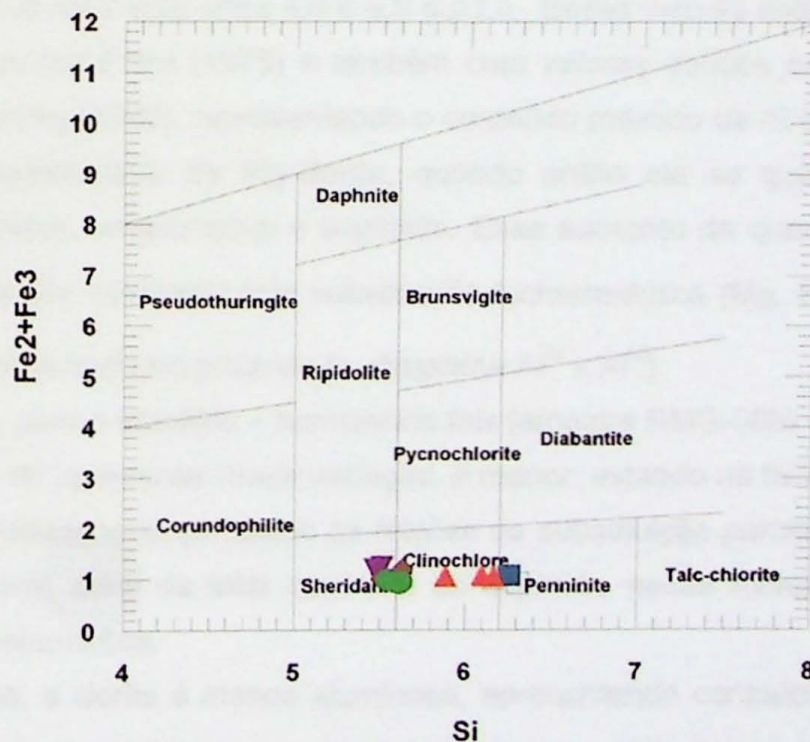


Figura 8: Quadro de classificação das cloritas analisadas. Indicadas por amostra: RMG-02d, núcleo (■), borda (□); RMG-08b (▲); RMG-11b (▼); RMG-14b (◆); RMG-15 (●).

Para retratar as variações composicionais que ocorreram na clorita, utilizou-se dos diagramas Al total ($Al^{IV} + Al^{VI}$) x $Mg / Mg+Fe^{2+}$ e Al^{IV} x Al^{VI} , figura 9 a e b, respectivamente.

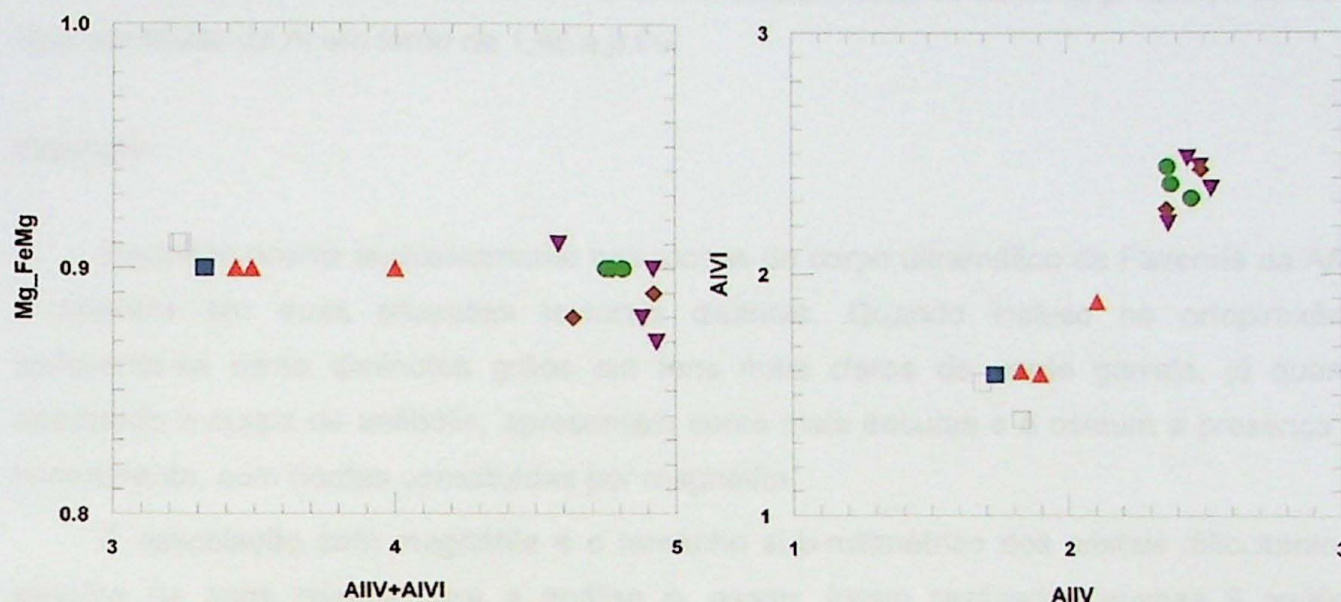


Figura 9: Diagramas de variação composicional para clorita. Legendas indicadas por amostra, de acordo com a figura anterior.

No diagrama da figura 9, verifica-se que há uma disparidade no conteúdo de Al total da clorita analisada em cada amostra. Para a clorita do olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels com espinélio, o Al total está entre 4,6 e 4,9 a.p.f.u.. Esses valores estão de acordo com valores apresentados por Frost (1975) e também com valores obtidos experimentalmente por Jenkins e Chernosky (1986), representando o conteúdo máximo de Al que é tido como o limite superior de estabilidade da Mg-clorita, quando então ela se quebra para formar associações com olivina, ortopiroxênio e espinélio. Esse aumento da quantidade de Al, no caso da clorita, pode ser explicado pela substituição tschermakítica ($Mg, Si \rightarrow Al^{VI}Al^{IV}$) que ocorre conforme o metamorfismo progride (v. diagrama Al^{IV} x Al^{VI}).

Enquanto isso, para o antofilita – hornblenda fels (amostra RMG-08b) o conteúdo de Al total da clorita, além de apresentar maior variação, é menor, estando na faixa entre 3,4 e 4,0 a.p.f.u.. Com base nesses valores, aliado às feições de substituição parcial de hornblenda, observadas em lâmina, além da total ausência de espinélio nessa rocha, admite-se que essa clorita é retrometamórfica.

Já nos clorititos, a clorita é menos aluminosa, apresentando conteúdo de Al total em torno de 3,2 a.p.f.u.

Adicionalmente foram feitas análises semi-quantitativas nas cloritas dos clorititos das amostras RMG-02D e RMG-03B. O conteúdo de Al praticamente não varia, estando entre

1,57 a 1,75 a.p.f.u., sendo o conteúdo mais elevado obtido para a clorita da amostra RMG-03B. Foram feitas análises de núcleo e borda em 3 cloritas da amostra RMG-02D, entretanto, não foram encontradas mudanças composicionais significativas.

Análises feitas na amostra RMG-20B, um serpentinito, indicaram a presença de clorita com conteúdo de Al em torno de 1,65 a.p.f.u.

Espinélio

Espinélio ocorre exclusivamente nas rochas do corpo ultramáfico da Fazenda da Areia e aparece em duas situações texturais distintas. Quando incluso no ortopiroxênio, apresenta-se como diminutos grãos em tons mais claros de verde garrafa, já quando associado à matriz de anfibólio, apresentam cores mais escuras e é comum a presença de zoneamento, com bordas constituídas por magnetita.

A associação com magnetita e o tamanho sub-milimétrico dos cristais dificultaram a escolha de bons cristais para a análise e, assim, foram realizadas apenas 9 análises pontuais em espinélio das amostras RMG-11b, RMG-14b e RMG-15. Devido ao escasso número de análises não será feita uma discussão mais abrangente acerca dos minerais do grupo do espinélio, sendo apresentado apenas o diagrama de classificação dos espinélios.

A proporção de Fe^{3+} foi obtida a partir do recálculo do Fe total, apresentado nas análises de Microsonda como Fe^{2+} obtido. Os dados recalculados encontram-se no anexo III e o diagrama classificatório na figura 10.

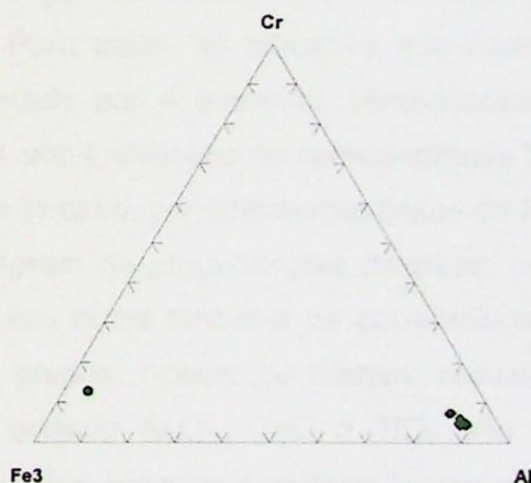


Figura 10: Diagrama para Mg-Al espinélio e magnetita.

Serpentina

Para as análises químicas em serpentina foram selecionadas 3 amostras de serpentina – clorita – talco xisto/fels carbonático e uma amostra de serpentinito da Fazenda Rui Barbosa. Essas análises tiveram por objetivo apenas em confirmar quais eram clorita e

quais serpentinas, isso devido a dificuldade na distinção entre serpentinas e cloritas pouco aluminosas. Do total de análises semi-quantitativas que foram realizadas, quatro são compatíveis com a estrutura da serpentina, cuja fórmula química é equivalente a $(\text{Mg}_{2,75}, \text{Fe}_{0,25}) [(\text{Al}_{0,05}, \text{Si}_{1,95})\text{O}_5](\text{OH})_4$. Outros elementos presentes são: Na, Ni e Cr, todos inferiores a 0,03 em a.p.f.u.

Carbonato

Carbonatos são de ocorrência bastante comum nas rochas com serpentina, talco, clorita e magnetita, podendo aparecer como porfiroblastos ou, quando em maior proporção, definir bandamento composicional. Foram realizadas 6 análises semi-quantitativas em amostras de serpentina – clorita – talco xisto/fels carbonático retiradas de três corpos ultramáficos distintos. A fórmula calculada para esses carbonatos é igual a $(\text{Mg}_{0,95}, \text{Fe}_{0,05})\text{CO}_3$, caracterizando, assim, magnesita com uma pequena quantidade de siderita em solução sólida. Como impurezas ocorrem Mn, Ca, Na e Si, todos inferiores a 0,01 a.p.f.u..

9. Análise Litoquímica

A análise química de rocha total, incluindo elementos maiores e menores, além dos principais elementos-traço (Ni, Cr, Sr, etc), teve como objetivo o estudo das variações composicionais pelas quais os protolitos passaram durante sua evolução metamórfica, incluindo modificações tardi a pós-deformacionais, nas quais processos metassomáticos tiveram grande importância. Para tanto, as amostras analisadas foram divididas em três grupos: o primeiro, representado por 4 amostras pertencentes ao corpo ultramáfico da Fazenda da Areia, o segundo, por 4 amostras de cummingtonita hornblenditos com variáveis graus de metassomatismo e o terceiro, por dois serpentinitos da Fazenda Rui Barbosa.

Apesar das amostras serem de procedências diversas, os resultados obtidos serão tratados nos mesmos diagramas numa tentativa de correlacionar variações entre óxidos e elementos desses diferentes grupos. Apesar do número reduzido de análises, é possível verificar, por exemplo, que quando Al_2O_3 , CaO e TiO_2 são lançados contra MgO , os diagramas apresentam correlações lineares negativas, como pode ser visto no quadro de diagramas 1. Outro ponto a ser notado é que essa correlação mostra duas tendências distintas, ambas negativas, uma para os cummingtonita hornblenditos e a outra para o conjunto formado pelos serpentinitos e espinélio – olivina – hornblenda - ortopiroxênio fels. Esses mesmos óxidos, quando lançados contra SiO_2 , não apresentam correlação pois os pontos são muito dispersos, mostrando que houve remobilização do SiO_2 em relação a estes constituintes.

No diagrama $\text{CaO} \times \text{MgO}$ a correlação é boa para ambos os conjuntos, isso provavelmente se deve ao comportamento antagônico de Ca e Mg nos processos metassomáticos, onde ocorre remoção de Ca e enriquecimento em Mg. Essa situação também é verificada no diagrama Álcalis $\times \text{MgO}$, serpentinitos são bastante enriquecidos em Mg e praticamente não apresentam álcalis.

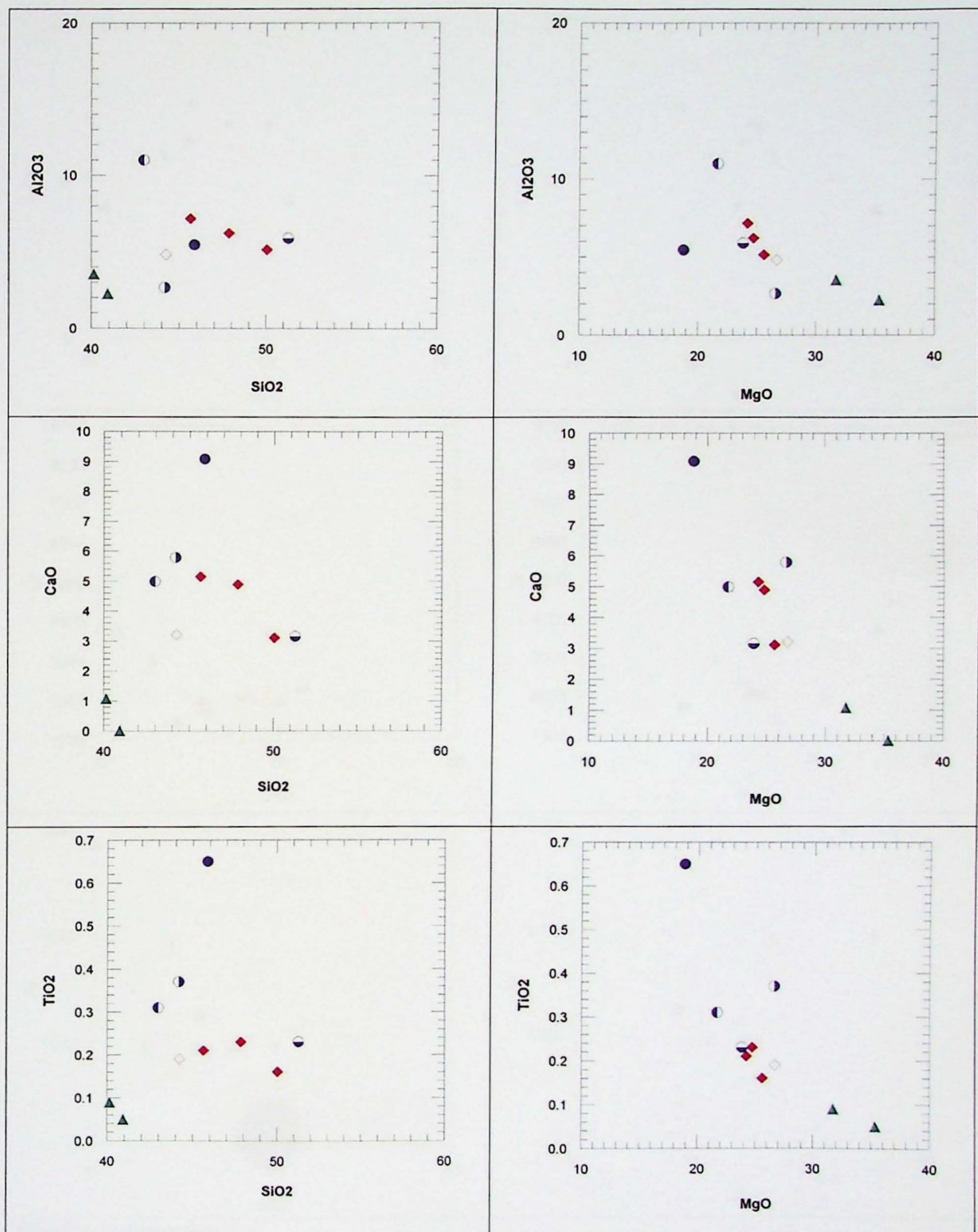
Todo o ferro foi calculado como Fe_2O_3 e, quando ele é lançado contra SiO_2 , apresenta uma fraca correlação positiva, que se inverte e é um pouco mais definida quando se considera o MgO . MnO , além de apresentar teores muito baixos, de 0,12 a 0,22% em peso, quando lançados em diagramas contra MgO ou SiO_2 , não apresentam qualquer correlação e, portanto, os diagramas correspondentes não serão apresentados.

Com relação aos elementos menores, com teores expressos em ppm, foram feitos diagramas de Cr e Ni contra SiO_2 e MgO (quadro de diagramas 2). Verifica-se que os teores de Cr e Ni, exceto para os serpentinitos, foram praticamente inalterados no decorrer da evolução tectono - metamórfica das rochas analisadas, apresentando valores relativamente constantes, de cerca de 2000 ppm para o Cr e 1000 ppm para o Ni, onde o espectro de variação do SiO_2 está em torno de 44 e 51% e o de MgO entre 19 e 27%. Já para os serpentinitos, esses teores são muito contrastantes, atingindo até 9000 ppm para o Cr e 2800 ppm para o Ni.

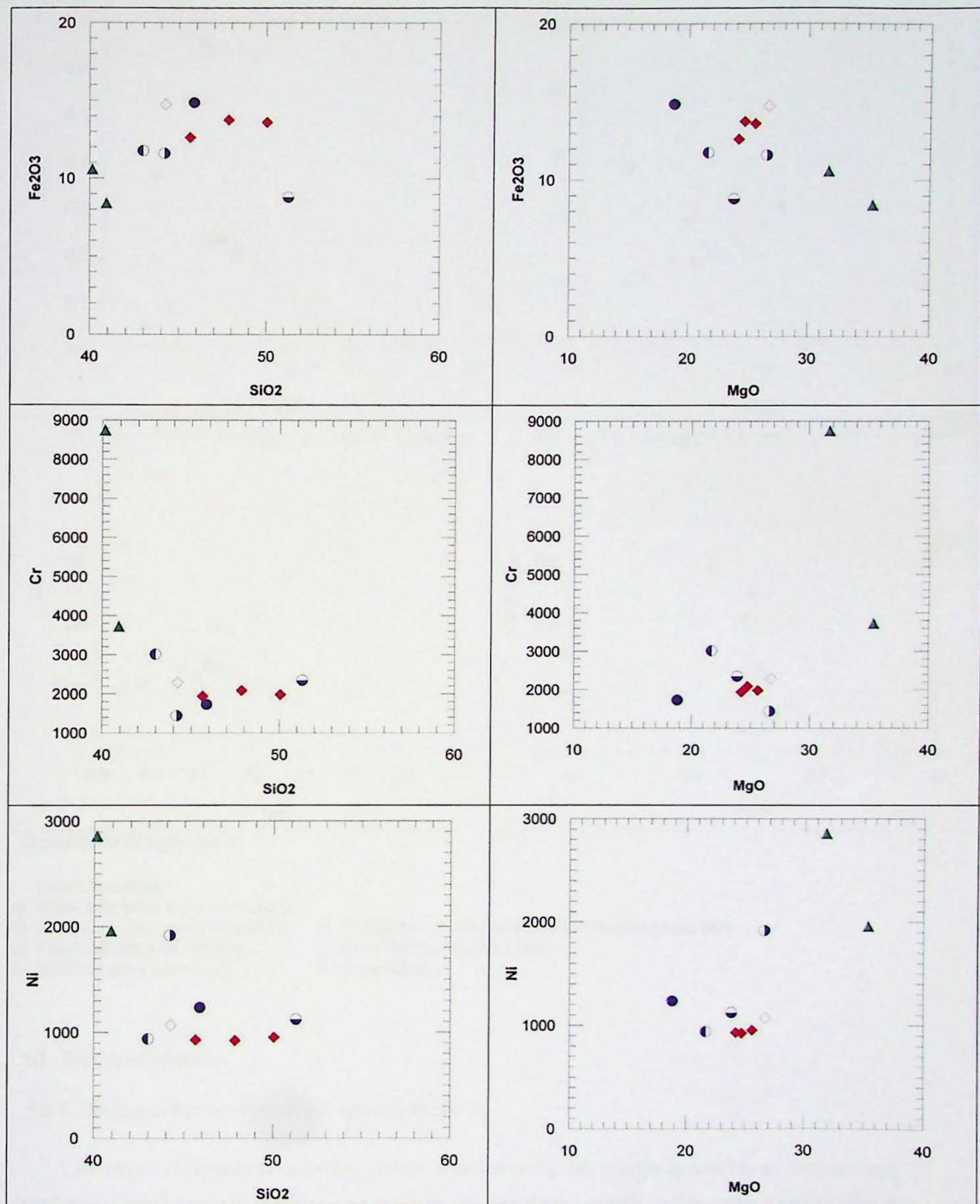
Enriquecimento de TiO_2 acompanhado por Zr é observado para os três conjuntos de rochas e o diagrama $\text{Zr} \times \text{TiO}_2$ mostra correlação linear positiva igual a 0,97. Esse padrão ocorre porque Ti e Zr são considerados elementos incompatíveis e, portanto, tendem a concentrar-se nos líquidos residuais, assim, a tendência mostrada nesse diagrama pode indicar características herdadas dos protólitos ígneos. Enquanto isso, o maior enriquecimento de Ti e Zr nos cummingtonita hornblenditos pode indicar maior grau de diferenciação durante o metamorfismo ou, como no caso desse conjunto de rochas, pela atuação de diferentes processos metassomáticos.

Em diagramas de TiO_2 e Zr contra Al_2O_3 (quadro de diagramas 3) verifica-se que há uma boa correlação linear positiva apenas entre o conjunto formado pelos serpentinitos da fazenda Rui Barbosa e pelos espinélio – olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels, o que pode indicar uma possível origem co-genética.

A partir análise desses diagramas é possível concluir que há dois conjuntos de rochas com comportamento geoquímico distinto: um conjunto formado pelas rochas da Fazenda da Areia e pelos serpentinitos da Fazenda Rui Barbosa que, em parte exibem relações preservadas dos protólitos, sendo provavelmente de origem co – genética; e um conjunto que apresenta relações adquiridas durante as modificações químicas, onde é bastante evidente a seguinte seqüência de modificações iniciadas com a serpentinização, passando progressivamente a cloritização e talcificação.



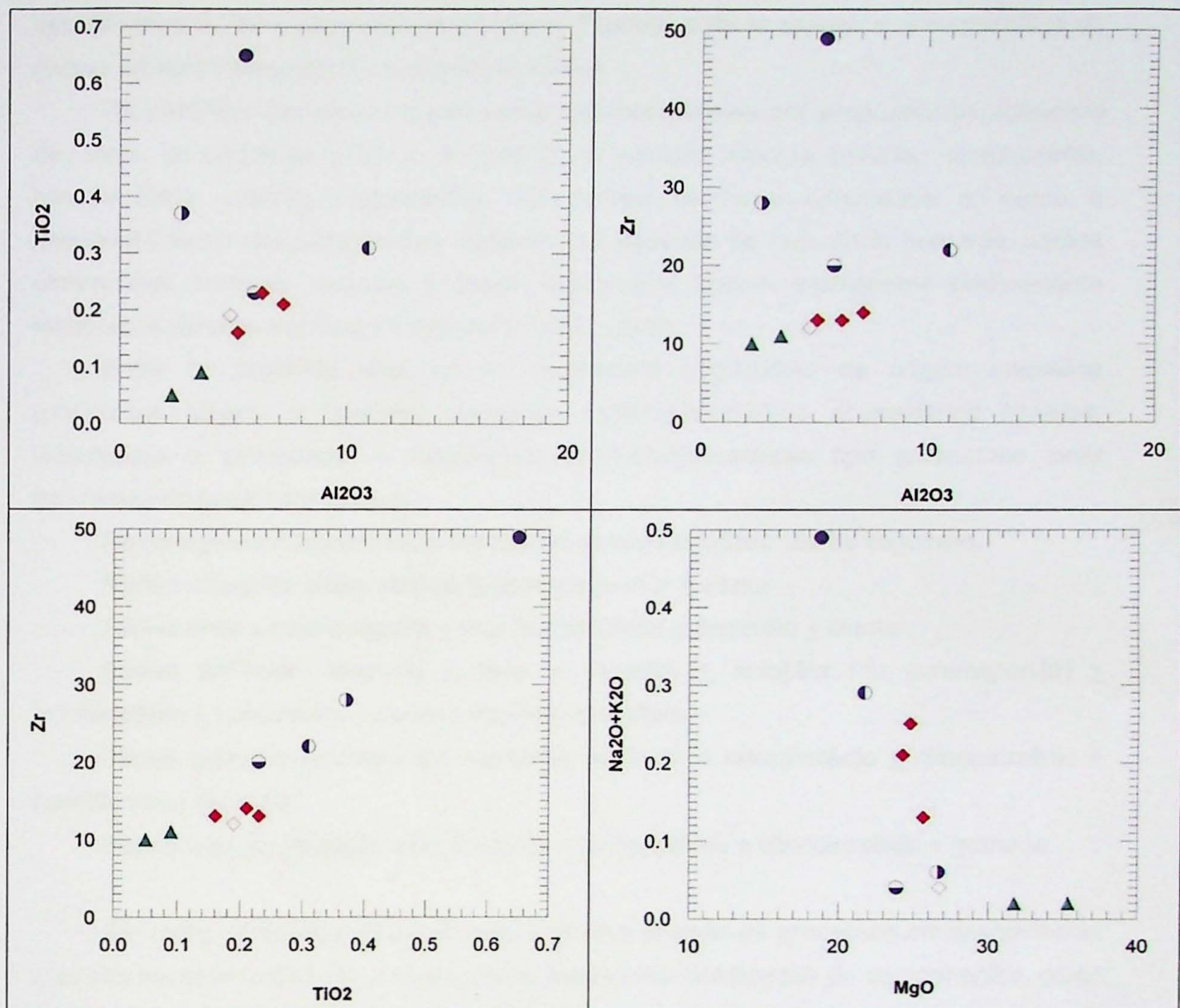
Quadro de diagramas 1



Quadro de diagramas 2.

Hornblenditos:

- RMG-25A (rico em hornblenda)
- ◐ RMG-25C (rico em serpentina)
- ◑ CM-IV-68 (rico em clorita)
- ◒ RMG-05 (rico em talco)
- ◆ Espinélio-olivina-hornblenda-ortopiroxênio fels
- ◇ Antofilita-hornblenda fels
- ▲ Serpentinitos



Quadro de diagramas 3

- Hornblenditos:**
- RMG-25A (rico em hornblenda)
 - ◐ RMG-25C (rico em serpentina)
 - ◑ CM-IV-68 (rico em clorita)
 - ◒ RMG-05 (rico em talco)
 - ◆ Espinélio-olivina-hornblenda-ortopiroxênio fels
 - ◇ Antofilita-hornblenda fels
 - ▲ Serpentinóis

10. Metamorfismo

10.1. Metamorfismo de rochas ultramáficas

Rochas ultramáficas ocorrem predominantemente no manto terrestre e, devido aos contínuos processos tectônicos que ocorrem na litosfera, essas rochas são submetidas a constante recristalização, causada por variações na pressão e na temperatura (Bucher & Frey, 1994). Além das rochas mantélicas, komatiitos e rochas cumuláticas de complexos

estratiformes também são possíveis protólitos. Portanto, é de se esperar que os protólitos de rochas ultramáficas sejam exclusivamente ígneos.

Os protólitos das rochas metaultramáficas destacam-se por possuírem paragêneses de altas temperaturas (700 a > 1000°C) e sempre anidras (olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio, cromita, plagioclásio). São rochas de baixa porosidade e, como o desenvolvimento das paragêneses metamórficas depende da fase fluida presente, corpos ultramáficos maiores, maciços e pouco deformados podem permanecer praticamente inalterados durante o metamorfismo (Juliani *et al*, 2002).

Entre os protólitos destacam-se: fragmentos obductados de origem mantélica (peridotitos alpinos e ofiolitos), complexos máfico-ultramáficos acamadados (dunitos, websteritos e piroxenitos) e seqüências vulcano-sedimentares tipo *greenstone belts* (derrames de lavas komatiíticas).

As paragêneses encontradas nas rochas metaultramáficas são as seguintes:

Fácies sub-xisto verde: crisotila ± talco ± tremolita ± clorita

Fácies xisto verde: antigorita ± brucita ± forsterita ± diopsídio ± clorita

Fácies anfibolito: forsterita ± talco ± tremolita ± antofilita (ou cummingtonita) ± ortopiroxênio ± hornblenda ± clorita ± espinélio cromífero

Fácies granulito (pressão intermediária): forsterita + ortopiroxênio ± clinopiroxênio + hornblenda ± espinélio

Fácies eclogito (pressão alta): forsterita + ortopiroxênio + clinopiroxênio + granada

Em rochas metaultramáficas é muito comum a atuação de processos metassomáticos, que são transformações em sistema aberto dadas pela mobilização de componentes, como Ca e Al, por exemplo. Os processos metassomáticos mais comuns são a serpentinização e a talcificação, além da cloritização ("blackwall") e biotitização.

10.2. Fazenda da Areia

Um trabalho clássico sobre o metamorfismo de rochas ultramáficas é o de Evans (1977), no qual é apresentado o metamorfismo progressivo de peridotitos alpinos serpentinizados. Nesse trabalho, as paragêneses são apresentadas em diagramas de compatibilidade (ou quimiográficos) CaO – MgO – SiO₂, com todo o Al₂O₃ considerado como uma fase à parte, representada por clorita ou espinélio. As rochas abordadas neste item incluem minerais que apresentam ampla variação composicional em termos de Al₂O₃, além de possuírem quantidades subordinadas de Na₂O. Sendo assim, o tratamento do metamorfismo dessas rochas não pode seguir o exemplo de Evans (op.cit.), já que

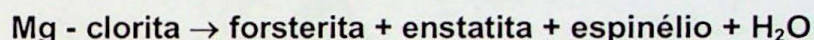
substituições tschermakíticas e edeníticas são de grande importância na avaliação do metamorfismo destas rochas.

As texturas e associações minerais das rochas presentes no corpo ultramáfico da Fazenda da Areia registram diferentes etapas de sua evolução metamórfica. O metamorfismo será tratado em termos das diferenças observadas a partir dos estudos petrográficos, complementadas pelos resultados de química mineral.

Observações de campo sugerem que o espinélio – olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels ocorre geralmente em núcleos das diversas lentes que compõem o corpo ultramáfico; assim, admitiu-se que essa rocha seria a que apresentaria registros de condições de mais alto grau metamórfico.

Nessa rocha, a matriz decussada/nematoblástica fina marca o registro mais antigo do metamorfismo da rocha, onde a paragênese olivina- Mg-hornblenda - clorita indica condições em fácies xisto verde a anfibolito inferior.

O progresso do metamorfismo é marcado por variações composicionais nos minerais através de substituições tschermakíticas, em anfibólio e clorita e, em parte, edeníticas nos anfibólios. O Mg e o Si que sobram dessas substituições resulta na formação de olivina sobre a matriz fina de anfibólio e clorita. Na clorita, o aumento do conteúdo de Al atinge o valor limite de estabilidade e assim, a clorita quebra para formar a seguinte paragênese:



Essa reação marca o início da fácies granulito para as rochas ultramáficas. Foram feitos cálculos termo-barométricos no programa Thermocalc de Powell & Holland (1998) para isso foi selecionada a amostra RMG-15 que, de acordo com as características observadas tanto na petrografia como nas análises químicas, parece ser a amostra que guarda as condições metamórficas de mais alto grau. Foram selecionados os dados de Microsonda Eletrônica dos seguintes minerais: olivina, espinélio, ortopiroxênio, Mg-hornblenda e clorita.

A partir dos cálculos foi obtida a temperatura em torno de 805°C. O programa não conseguiu calcular a pressão, entretanto, a partir desse dado, somado à paragênese observada nessa rocha, é possível delimitar no diagrama da figura 11 um campo P-T com pressões de 6 e 9 kbar, dentro do qual a referida paragênese seria estável. O resultado detalhado desse cálculo pode ser visto no anexo VI.

O retrometamorfismo nessa rocha é marcado pela reconstituição da Mg-clorita em palhetas maiores sobre a matriz fina de Mg-hornblenda e em torno de Cr-magnetitas que, em condições de baixo grau, substituem o espinélio verde-castanho. Também é marcado

pela serpentinização incipiente na olivina, gerando bolsões pseudomórficos, e nas fraturas e clivagens do ortopiroxênio.

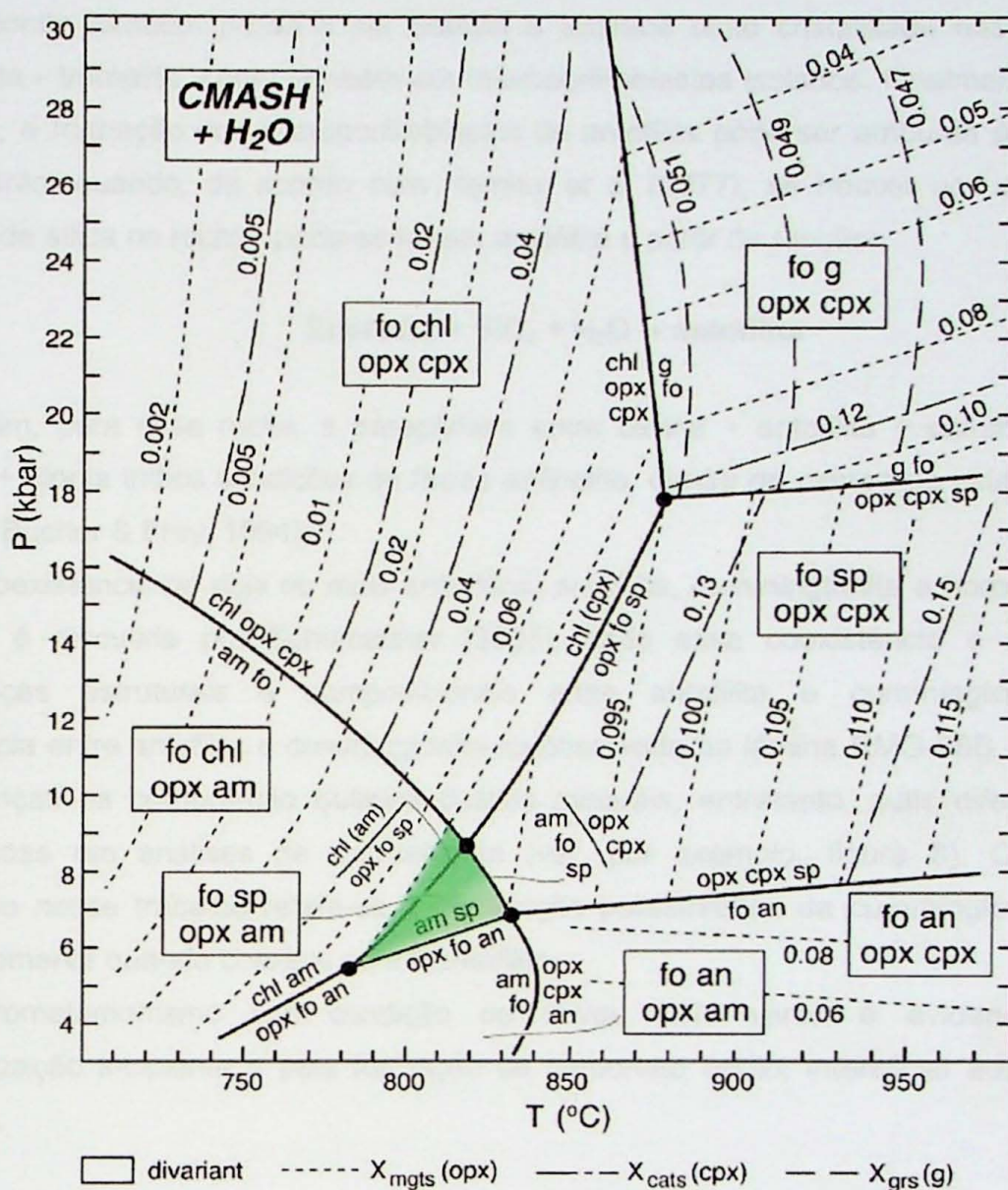
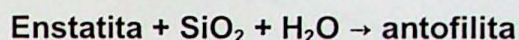


Figura 11: Diagrama NCMASH para rochas ultramáficas segundo Schmädicke (2000). Campo P-T para o espinelho – olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels da amostra RMG-15 indicado em verde.

As transformações retrometamórficas dessa rocha são mais bem avaliadas quando se observam as relações texturais entre os minerais presentes no antofilita – cummingtonita – clorita - tremolita fels. Nessa rocha, espinelho e ortopiroxênio são totalmente ausentes e a Mg – hornblenda da matriz fina foi totalmente substituída por clorita de birrefringência acastanhada e por tremolita. O Ca que sobra dessa substituição cristaliza como carbonato tardio, intersticial aos anfibólios presentes.

O zoneamento composicional verificado a partir das análises de microsonda mostra núcleos constituídos por Mg-hornblenda que, progressivamente, durante o retrometamorfismo da rocha, passa a composições mais tremolíticas. Nesse contexto, cummingtonita também passa a ser estável e aparece tanto cristalizada nas bordas da hornblenda - tremolita, como também em microporfiroblastos isolados. Finalmente, para os anfibólios, a formação dos microporfiroblastos de antofilita pode ser atribuída à quebra do ortopiroxênio, quando, de acordo com Hemley et al (1977), se houver um aumento da atividade de sílica na rocha, pode-se formar antofilita a partir da reação:



Assim, para essa rocha, a paragênese entre olivina + antofilita + cummingtonita + tremolita + clorita indica condições de fácies anfibolito, dentro do campo de estabilidade da antofilita (Bucher & Frey, 1994).

A coexistência de dois ou mais anfibólios, antofilita, cummingtonita e hornblenda, por exemplo, é discutida por Schumacher (2007), onde essa coexistência é atribuída a semelhanças estruturais e composicionais entre antofilita e cummingtonita. Essa coexistência entre antofilita e cummingtonita foi observada na lâmina RMG-08B. Quase não há diferenças na composição química desses minerais, entretanto, sutis diferenças são reconhecidas em análises de microsonda (ver, por exemplo, figura 8). Outro ponto comentado nesse trabalho refere-se à geminação polissintética da cummingtonita, que é comum somente quando coexiste com a antofilita.

Retrometamorfismo sob condição de fácies xisto verde é evidenciado pela serpentinização incipiente e pela formação de carbonato tardio, intersticial aos anfibólios presentes.

10.3. Fazenda Rui Barbosa e demais corpos ultramáficos

Para as rochas do corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa, a partir das relações vistas em campo entre as diferentes rochas presentes, verifica-se que há um zoneamento mineral onde serpentinitos maciços ocorrem no núcleo do corpo e, gradativamente, através de mudanças metassomáticas, passam a talco – clorita xistos carbonáticos, clorititos e talco xistos. Esse padrão está de acordo com o modelo proposto por Karlsen & Olesen (1996) que admite núcleos constituídos por relíquias de dunitos, piroxenitos e rodingitos em meio a serpentinitos que, através do metassomatismo, associado a deformação, desenvolvem zonas constituídas por rochas ricas em talco, carbonato e traços de clorita e magnetita,

seguidas por zonas onde predominam rochas monomineralicas, i.e. talco xisto e clorititos. O modelo esquemático de Karlsen & Olesen (1996) é mostrado a seguir, na figura 12.

Nos demais corpos ultramáficos essa estruturação não é observada e isso se deve a diferentes fatores: as dimensões dos corpos, que, quando em pequenas dimensões, facilitam a modificação pervasiva para clorititos e talco xistos ou a sua intensa deformação, que os desmembra e preserva apenas partes de sua estruturação.

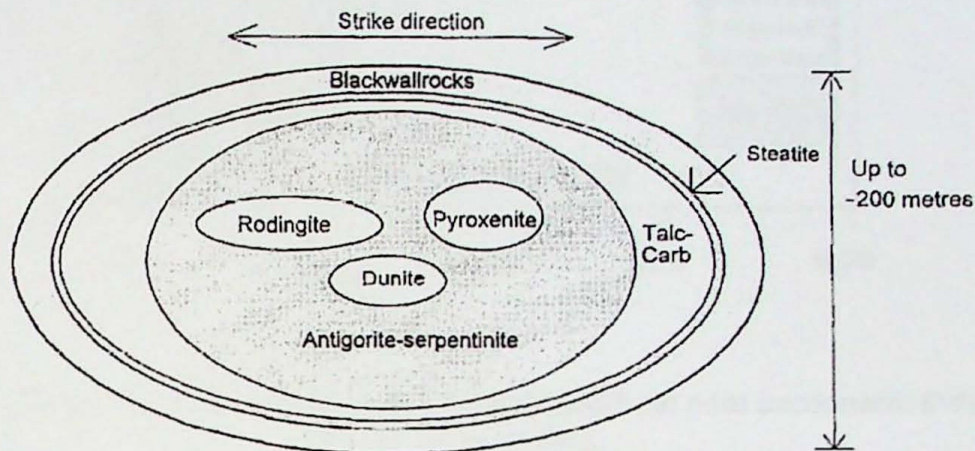
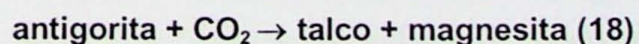


Figura 12: Modelo esquemático do zoneamento mineral gerado por metassomatismo em rochas ultramáficas. Extraído de Karlsen & Olesen (1996).

Essas relações também podem ser reconstituídas através da petrografia. As mudanças iniciam-se com a serpentinização dos protolitos, com hidratação simples originando serpentina e magnetita concomitantemente à deformação, evidenciado pela textura não - pseudomórfica nos serpentinitos. Durante esse processo, há também enriquecimento de Al na serpentina, resultado da desestabilização da hornblenda, localmente preservada. Esse enriquecimento em alumínio na serpentina é responsável pela coexistência de uma clorita pouco aluminosa, que corresponde à transição entre antigorita e penina. De acordo com Bailey *et al.* (1995), acima de 450 °C a serpentina é lentamente convertida para clorita mais rica em Al. Nesse trabalho, o autor também descreve a dozyita, um mineral com composição correspondente a essa transição.

Após a serpentinização, a entrada de fase fluída mais rica em CO₂ resulta na reação 18, de acordo com a figura 13:



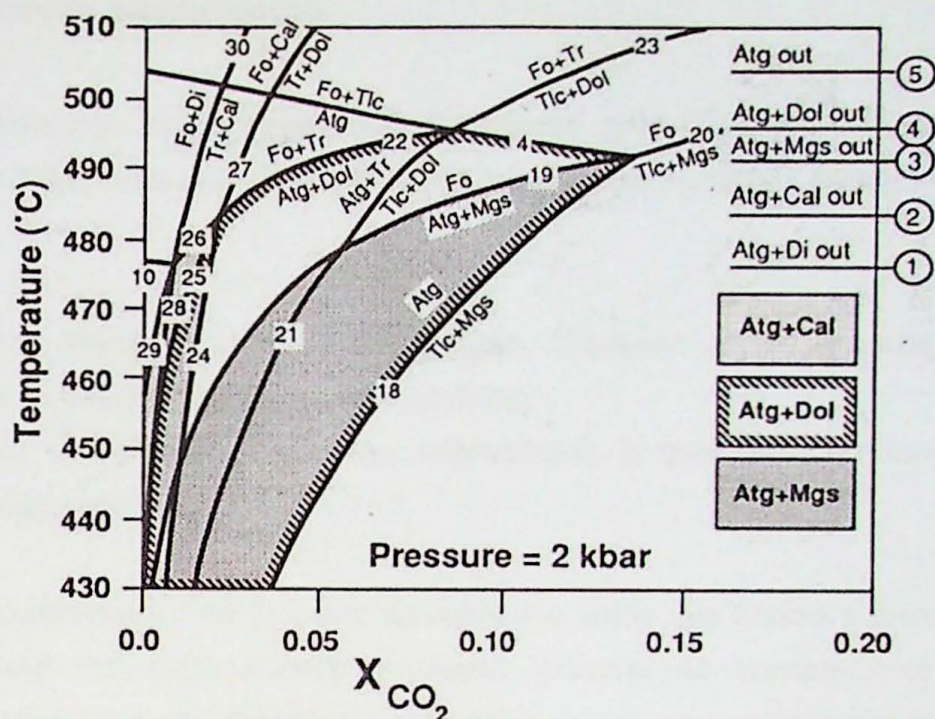


Figura 13: Diagrama T (°C) x (X)CO₂ para rochas ultramáficas com carbonato. Extraído de Bucher & Frey (1994).

No decorrer dos processos metassomáticos cloritização e talcificação ocorrem simultâneas e concomitantes à deformação, de maneira generalizada, sendo a cloritização caracterizada pela concentração da clorita que é cristalizada quando é cessado o transporte de Al e a talcificação pela porção onde o Al foi totalmente mobilizado.

As relações entre esses processos podem ser visualizadas na tabela 5.

mineral	S1	S2	Pós-S2	S3	Pós-S3
Clorita	-----	-----	-----		
Talco	--	-----	-----	-----	-----
Magnetita		-----	-----	-----	

Tabela 5: quadro de blastese para clorita - talco xistos.

Cummingtonita hornblenditos, devido à menor intensidade das modificação química diferenciada pelas quais passaram, são as únicas rochas que preservam paragêneses que podem indicar as condições de pico metamórfico. Essa paragênese é representada pela coexistência de Mg - hornblenda e cummingtonita, através do zoneamento composicional, com bordas cummingtoníticas e por lamelas de exsolução, também de cummingtonita que ocorrem geralmente em condições de fácies anfibolito.

11. Discussão e conclusões

Com base nos dados apresentados ao longo deste trabalho, é possível inserir as rochas metaultramáficas da região de Carrancas em dois contextos tectono - metamórficos distintos:

- Rochas associadas ao embasamento arqueano com associações minerais indicativas de condições de alto grau metamórfico;
- Rochas associadas a gnaisses migmatíticos e que sofreram forte atuação de processos metassomáticos.

O corpo ultramáfico da Fazenda da Areia é o único que ocorre a leste da Serra das Bicas, embutido no embasamento arqueano, próximo ao contato com a seqüência metassedimentar do Grupo Carrancas. As rochas presentes praticamente não apresentam evidências de deformação e também quase não há modificações por metassomatismo, sendo registrado apenas serpentinização incipiente em olivina e ortopiroxênio.

As relações texturais observadas nas rochas deste corpo metaultramáfico, em conjunto com as análises de química mineral, sugerem diferentes etapas da evolução metamórfica, com contínuas mudanças composicionais nos minerais constituintes.

No olivina – hornblenda - ortopiroxênio fels com espinélio há registros de um estágio pré-pico metamórfico, representado pela matriz fina constituída por anfibólio cálcico e clorita, estáveis sob condições de fácies xisto verde até anfibolito. A formação dos porfiroblastos de ortopiroxênio sobre essa matriz é resultado da reação de quebra da Mg-clorita, gerando a paragênese espinélio + ortopiroxênio + olivina + Mg-hornblenda, representando o pico metamórfico sob condições de fácies anfibolito superior a granulito. Já o antofilita – clorita – hornblenda fels, localizado nas bordas do corpo, exibe relações de reequilíbrio retrometamórfico sob condições de fácies anfibolito.

Quando se compara o metamorfismo das rochas do corpo ultramáfico da Fazenda da Areia com suas encaixantes, verifica-se que esse reequilíbrio é compatível com as condições determinadas tanto para os gnaisses do Domínio do embasamento, como também para os xistos do Grupo Carrancas.

Enquanto isso, para os corpos ultramáficos intercalados ao Domínio do gnaiss migmatítico, verifica-se que as rochas presentes nesse contexto apresentam associações minerais hidratadas, onde prevalece a atuação de processos metassomáticos dados em condições de fácies xisto verde. Esses processos afetam as rochas de modo diferencial, e,

apenas no corpo ultramáfico da Fazenda Rui Barbosa as relações texturais indicam a seqüência completa:

Serpentinização → carbonatação + talcificação → cloritização + talcificação

Com relação ao contexto geológico local, a atuação desses processos metassomáticos pode ser atribuída às superfícies de cisalhamento tardias, provavelmente associadas à colocação do gnaiss migmatítico sobre a seqüência metassedimentar do Grupo Carrancas. A maioria desses corpos apresenta núcleos maciços e bordas xistosas, onde a xistosidade coincide com a foliação S_2 , regional.

Quanto ao quimismo entre as rochas estudadas neste trabalho, verifica-se que as rochas da Fazenda da Areia e os serpentinitos da Fazenda Rui Barbosa preservam características dos protólitos, sendo provavelmente co-genéticas. Já para o cummingtonita hornblendito, não há características que indiquem relações com o protólito, entretanto, nessas rochas é muito evidente a seqüência de modificações químicas, causadas por metassomatismo.

Com base nesses diferentes contextos em que as rochas metaultramáficas se inserem foi possível dividir a área estudada em três domínios tectônicos, como pode ser visto no mapa geológico (anexo 1).

- Domínio do embasamento, com predomínio de gnaisses miloníticos e biotita gnaiss fino, correspondentes às unidades arqueanas onde se insere o corpo ultramáfico da Fazenda da Areia, com predomínio de rochas em alto grau metamórfico;

- Domínio da seqüência metassedimentar correspondente ao Grupo Carrancas de Trouw *et al.* (1980) e;

- Domínio dos gnaisses migmatíticos bandados com intercalações de rochas metaultramáficas, e, subordinadamente, rochas metamáficas e metapelitos. Esse domínio corresponde à uma porção da associação tipo *greenstone belts* do Grupo Barbacena de Pires (1977).

12. 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 doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 194 p.
- Bailey, S. W., Banfield, J. F., Barker, W. W. 1995. Dozyite, a 1:1 regular interstratification of serpentine and chlorite. *American Mineralogist*. **80**: 65-77.
- Bittar, S.M.B. 1989. *Mapeamento geológico estrutural da Folha Caxambú e da parte sul da Folha Luminárias*. Dissertação de Mestrado, UFRJ. 255 p.
- Brito Neves, 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.
- Bucher, K. & Frey, M. 1994. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag, Berlin. 318p.
- Campos Neto, M.C., Janasi, V.A., Basei, M.A.S., Siga Jr, O. 2007. Sistema de nappes Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências* **37**(4): 47-60.
- 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 São Francisco, SE – Brasil. *Geologia USP Série Científica* **4**(1): 13-40.
- Campos Neto, M.C., Caby, R. 2000. Lower crust extrusion and terrane accretion in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil. *Tectonics*, **19**, 669-687.
- Carmo, S.S., Mora, C.A.S., Yamamoto, M.T., 2009, Mapeamento Geológico – Relatório Final, Área VI, Carrancas, Minas Gerais. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 30p.
- Evans, B. W. 1977. Metamorphism of Alpine Peridotite and Serpentinite. *Ann. Rev. Earth Planet. Science*. **5**: 397-447.
- Frost, B. R. 1975. Contact Metamorphism os Serpentinite, Chloritie Blackwall and Rodingite at Paddy-Go-Easy Pass, Central Cascades, Washington. *Journal of Petrology* **16**(2):272-313.
- GOOGLE EARTH. 2010. Disponível em: <http://maps.google.com.br/>. Acessado em 15/03/2010.
- Heilbron, M. 2004. Província Mantiqueira. Capítulo XIII. In: Mantesso- Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. *Geologia do continente sul-americano evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Editora Beca, p. 203-234
- Heilbron, M. 1983. Dados preliminares sobre a geologia e o metamorfismo da área entre

Itutinga e Madre de Deus (MG). In: II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, *Anais*, p. 387 – 401.

Hemley, J. J., Montoya, J. W., Shaw, D. R., Luce, R. W. 1977. Mineral equilibria in the MgO-SiO₂-H₂O system: II Talc-antigorite-forsterite-anthophyllite-enstatite stability relations and some geologic applications in the system. *American Journal of Science*, **277**: 353-383.

Hey, M.H. 1954. A new review of chlorites. *Mineral Magazine*. **30**: 277-292.

Jenkins, D.M., Chernosky Jr., J.V. 1986. Phase equilibria and crystallochemical properties of Mg-chlorite. *American Mineralogy*. **71**:924-936.

Juliani, C. e colaboradores. 2002. Apostila para o curso de Petrologia Metamórfica – GMG 332 – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 171p.

Karlsen, T. A. e Olesen, O. 1996. Airborne geophysical prospecting for ultramafite associated talc, Altermark, northern Norway. *Journal of Applied Geophysics*, **35**: 215-236.

Magalhães, A.C. 1985. *Geologia de corpos ultramáficos da região entre São João Del Rei e Liberdade, com ênfase especial na área de Carrancas, MG*. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro.

Nakamura, C.M.S., Silva, A.P.C., Vogado, F.P. 2009. Mapeamento Geológico – Relatório Final, Área V, Carrancas, Minas Gerais. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 48p.

Pires, F.R.M., Ribeiro, A., Barbosa, M.I.M. 1990. Distribuição do “Greenstone Belt” Barbacena na região de São João Del Rey, Minas Gerais...

Pires, F.R.M. 1977. *Geologia do Distrito Manganífero de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRJ. 344p.

Powell, R., Holland, T., Worley, B. 1998. Calculating phase diagrams involving solid solutions via non-linear equations, with examples using THERMOCALC. *Journal of Metamorphic Petrology*. **16**: 577-588.

Ribeiro A., Paciullo F.V.P., Andreis R.R., Trouw R.A.J., Heilbron M. 1990. Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton do São Francisco: análise da região de São João del Rei e Andrelândia, MG. In: SBG, Congr. Bras. Geol, 36, *Anais*, 6: 2605-2614.

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

Richard, L. R. 1995. Minpet for Windows. Version 2.02. Reference Manual. Minpet Geological Software, Québec, Canada.

Schmädicke, E. 2000. Phase Relations in Peridotite and Pyroxenitic Rocks in the Model Systems CMASH and NCMASH. *Journal of Petrology*, **41**(1): 69-86.

Schumacher, J. C. 2007. Metamorphic Amphiboles: Composition and Coexistence. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, **67**: 359-416.

- Trouw, R.A.J., Ribeiro A. e Paciullo F.V.P. 1986. Contribuição a Geologia da Folha Barbacena – 1:250000. *In: Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, Goiânia, Goiás, **2**: 974 – 985.
- Trouw, R.A.J., Ribeiro A. e Paciullo F.V.P. 1983. Geologia estrutural dos Grupos São João Del Rei, Carrancas e Andrelândia, Sul de Minas Gerais. *In: Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **55** (1): 71-85.
- Trouw, R.A.J., Ribeiro A. e Paciullo F.V.P. 1980. Evolução estrutural e metamórfica de uma área a SE de lavras, Minas Gerais. *In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia*, Balneário Camboriú, Santa Catarina, **5**: p 2773 – 2784.
- Wicks, F. J. e Whittaker, E. J. W. 1977. Serpentine Textures and Serpentinization. *Canadian Mineralogist*. **15**: 459-488.

Anexo III - Análises químicas de rochas

Amostra	CM IV-68	RMG-05	RMG-08B	RMG-11B	RMG-13		RMG-15		RMG-20B	RMG-20C	RMG-25A	RMG-25C	
	Análise nº	10/716	10/717	10/718	10/719	10/720a	10/720b	10/721	10/722	10/723	10/724	10/725a	10/725b
SiO2		42,96	51,29	44,23	50,04	45,62	45,66	47,83	40,92	40,14	45,85	44,17	44,28
TiO2		0,313	0,229	0,185	0,156	0,212	0,210	0,228	0,056	0,091	0,645	0,371	0,374
Al2O3		10,99	5,88	4,81	5,14	7,17	7,18	6,22	2,25	3,54	5,46	2,66	2,66
Fe2O3		11,76	8,81	14,74	13,61	12,63	12,63	13,75	8,42	10,59	14,85	11,60	11,63
MnO		0,167	0,116	0,214	0,220	0,164	0,165	0,215	0,131	0,133	0,223	0,180	0,182
MgO		21,67	23,85	26,70	25,58	24,21	24,13	24,70	35,36	31,73	18,79	26,59	26,43
CaO		4,99	3,15	3,21	3,11	5,15	5,14	4,89	0,01	1,08	9,08	5,79	5,79
Na2O		0,26	< 0,02	0,02	0,10	0,17	0,18	0,17	< 0,02	< 0,02	0,43	0,05	0,05
K2O		0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,08	0,00	0,00	0,06	0,01	0,02
P2O5		0,032	0,020	0,023	0,018	0,021	0,021	0,020	0,014	0,013	0,050	0,032	0,030
PF		5,95	5,52	4,87	0,86	3,46	3,46	0,62	11,43	10,39	3,10	7,64	7,67
Total		99,12	98,89	99,02	98,86	98,85	98,82	98,72	98,59	97,71	98,54	99,09	99,12
Ce		38	< 35	69	< 35	66	< 35	45	39	< 35	< 35	57	39
Co		108	70	110	106	97	97	102	81	80	99	95	94
Cr		3011	2342	2286	1978	1933	1931	2080	3732	8753	1726	1438	1444
Cu		23	62	18	35	60	59	63	< 5	8	81	48	47
Nd		42	36	29	115	34	29	30	23	52	55	20	30
Ni		938	1121	1069	952	928	927	922	1961	2860	1234	1917	1916
Sc		28	16	22	19	22	22	23	< 14	14	26	16	15
Sr		10	7	35	17	35	36	103	< 2	9	24	52	51
V		168	120	89	62	106	91	85	53	92	143	85	93
Y		9	11	3	10	4	4	4	3	7	23	8	9
Zn		130	76	109	158	60	60	78	181	231	90	85	86
Zr		22	20	12	13	14	13	13	10	11	49	28	28

Anexo IV - Análises químicas em minerais
(Microsonda Eletrônica)

Olivina

Sample	08b	08b	08b	08b	08b	08b	14b	14b	14b
Analysis	86	87	88	89	90	91	09	10	11
Location	borda	nucleo					nucleo	borda	nucleo
Mineral	oli	oli	oli	oli	oli	oli	Oli	Oli	Oli
SiO2	37.63	37.84	37.90	38.09	37.35	37.73	38.01	37.96	37.96
TiO2	0.00	0.06	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Al2O3	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03
FeO	24.26	24.66	23.28	23.66	24.91	24.00	25.69	25.84	22.89
MnO	0.25	0.32	0.30	0.25	0.26	0.33	0.29	0.27	0.23
MgO	38.07	37.53	38.40	38.00	38.11	38.01	37.27	37.18	38.81
CaO	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03
NiO	0.26	0.30	0.25	0.23	0.28	0.30	0.29	0.30	0.30
Total	100.50	100.75	100.13	100.27	100.98	100.40	101.59	101.58	100.25
Si	0.985	0.990	0.991	0.995	0.977	0.986	0.990	0.989	0.990
Al	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Ti	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.531	0.539	0.509	0.517	0.545	0.526	0.560	0.563	0.499
Mn	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.007	0.006	0.006	0.005
Mg	1.486	1.464	1.497	1.480	1.486	1.484	1.447	1.445	1.508
Ca	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Ni	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
Cations	3.014	3.009	3.009	3.004	3.022	3.012	3.010	3.010	3.010
Fe_FeMg	0.26	0.27	0.25	0.26	0.27	0.26	0.28	0.28	0.25
Mg_FeMg	0.74	0.73	0.75	0.74	0.73	0.74	0.72	0.72	0.75

Sample	14b	15	15	15	15	15	15	15	15
Analysis	12	01	02	03	04	05	06	07	08
Location	borda	nucleo	borda	nucleo	borda	nucleo	borda	borda	nucleo
Mineral	Oli	oli	oli	oli	oli	oli	oli	oli	oli
SiO2	38.54	38.23	38.33	38.48	37.63	38.35	37.70	38.15	38.39
TiO2	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00
Al2O3	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01
FeO	22.84	22.47	23.32	23.07	23.75	23.14	22.85	22.87	22.35
MnO	0.28	0.29	0.32	0.30	0.32	0.30	0.30	0.32	0.32
MgO	38.64	38.70	39.19	38.40	38.78	38.90	39.11	38.58	39.10
CaO	0.00	0.04	0.00	0.03	0.03	0.04	0.00	0.01	0.03
NiO	0.29	0.31	0.37	0.35	0.31	0.31	0.30	0.30	0.36
Total	100.62	100.08	101.53	100.64	100.82	101.11	100.30	100.26	100.56
Si	0.999	0.996	0.988	0.999	0.981	0.992	0.983	0.994	0.995
Al	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.495	0.490	0.503	0.501	0.518	0.500	0.498	0.498	0.484
Mn	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Mg	1.493	1.503	1.506	1.486	1.507	1.499	1.521	1.499	1.510
Ca	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Ni	0.006	0.007	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.008
Cations	3.000	3.004	3.012	3.001	3.021	3.007	3.016	3.005	3.005
Fe_FeMg	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24
Mg_FeMg	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74	0.75	0.75	0.75	0.76

Ortopiroxênio

Sample	14b	14b	14b	14b	14b	14b	15	15
Analysis	30	31	32	33	34	35	20	21
Location	borda	nucleo	borda	borda	nucleo	borda	borda	nucleo
Mineral	pyr	pyr	pyr	pyr	pyr	pyr	pyr	pyr
SiO2	53.93	53.64	53.35	53.19	53.14	53.31	54.41	54.19
TiO2	0.04	0.06	0.08	0.02	0.09	0.05	0.12	0.02
Al2O3	2.23	2.20	2.26	2.20	2.20	2.09	2.02	2.13
FeO	14.22	13.56	14.35	13.75	14.17	14.85	13.34	13.65
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.09	0.07	0.09	0.09	0.01	0.09	0.02	0.00
MnO	0.27	0.28	0.27	0.24	0.28	0.30	0.31	0.29
NiO	0.05	0.07	0.02	0.03	0.07	0.05	0.03	0.07
MgO	29.14	28.97	28.46	28.12	28.17	28.24	28.71	28.94
CaO	0.17	0.17	0.19	0.20	0.21	0.12	0.16	0.15
Total	100.14	99.02	99.07	97.84	98.25	99.10	99.12	99.44
TSi	1.919	1.927	1.922	1.939	1.931	1.924	1.955	1.940
TAl	0.081	0.073	0.078	0.061	0.069	0.076	0.045	0.060
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.012	0.020	0.018	0.033	0.025	0.013	0.041	0.030
M1Ti	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.001
M1Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Fe2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Cr	0.003	0.002	0.003	0.003	0.000	0.003	0.001	0.000
M1Mg	0.983	0.974	0.977	0.963	0.973	0.982	0.955	0.968
M1Ni	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002
M2Mg	0.562	0.578	0.552	0.566	0.553	0.538	0.583	0.577
M2Fe2	0.423	0.407	0.432	0.419	0.431	0.448	0.401	0.409
M2Mn	0.008	0.009	0.008	0.007	0.009	0.009	0.009	0.009
M2Ca	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008	0.005	0.006	0.006
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Mg_MgFe2	2.54	2.55	2.53	2.54	2.53	2.52	2.55	2.55
Fe_MgFe2	1.42	1.40	1.43	1.42	1.43	1.44	1.40	1.41
Ca	0.327	0.331	0.371	0.398	0.414	0.234	0.315	0.292
Mg	77.929	78.599	77.337	77.865	77.328	76.682	78.691	78.492
Fe2_Mn	21.744	21.070	22.292	21.737	22.258	23.084	20.994	21.216
CFTS1	0.127	0.100	0.129	0.131	0.014	0.129	0.029	0.000
CTTS1	0.054	0.082	0.109	0.028	0.000	0.068	0.164	0.027
CATS1	0.601	1.021	0.911	1.684	1.246	0.656	2.055	1.500
WO1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
EN1	77.894	78.250	77.055	77.028	77.009	76.561	77.541	77.869
FS1	21.324	20.547	21.795	21.129	21.731	22.585	20.212	20.604
WO	0.327	0.331	0.371	0.398	0.414	0.234	0.315	0.292
EN	77.929	78.599	77.337	77.865	77.328	76.682	78.691	78.492
FS	21.744	21.070	22.292	21.737	22.258	23.084	20.994	21.216
WEF	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

Ortopiroxênio

Sample	15	15	15	15	15	15
Analysis	22	23	24	25	26	27
Location	nucleo	borda	borda	nucleo	borda	nucleo
Mineral	pyr	pyr	pyr	pyr	pyr	pyr
SiO2	54.59	54.34	54.11	53.72	53.98	53.91
TiO2	0.00	0.13	0.00	0.11	0.06	0.04
Al2O3	2.13	2.14	2.21	2.13	2.25	2.13
FeO	13.50	13.49	13.98	13.66	14.25	13.69
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.09	0.04	0.06	0.05	0.09	0.09
MnO	0.27	0.26	0.26	0.26	0.31	0.22
NiO	0.08	0.06	0.08	0.05	0.04	0.09
MgO	28.78	29.14	28.77	29.21	29.01	29.20
CaO	0.14	0.18	0.18	0.21	0.22	0.17
Total	99.58	99.78	99.65	99.40	100.21	99.54
TSi	1.953	1.938	1.936	1.922	1.920	1.926
TAI	0.047	0.062	0.064	0.078	0.080	0.074
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.043	0.028	0.029	0.012	0.015	0.016
M1Ti	0.000	0.003	0.000	0.003	0.002	0.001
M1Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Fe2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Cr	0.003	0.001	0.002	0.001	0.003	0.003
M1Mg	0.952	0.966	0.967	0.983	0.980	0.978
M1Ni	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003
M2Mg	0.583	0.583	0.567	0.575	0.558	0.578
M2Fe2	0.404	0.402	0.418	0.409	0.424	0.409
M2Mn	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.007
M2Ca	0.005	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Mg_MgFe2	2.55	2.55	2.54	2.55	2.53	2.56
Fe_MgFe2	1.41	1.40	1.42	1.40	1.41	1.41
Ca	0.275	0.350	0.351	0.406	0.423	0.329
Mg	78.618	78.789	77.989	78.581	77.695	78.649
Fe2_Mn	21.107	20.861	21.660	21.013	21.881	21.022
CFTS1	0.128	0.057	0.085	0.071	0.128	0.128
CTTS1	0.000	0.176	0.000	0.149	0.081	0.054
CATS1	2.155	1.390	1.449	0.588	0.735	0.808
WO1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
EN1	77.360	78.096	77.373	78.577	77.657	78.392
FS1	20.357	20.281	21.092	20.614	21.399	20.618
WO	0.275	0.350	0.351	0.406	0.423	0.329
EN	78.618	78.789	77.989	78.581	77.695	78.649
FS	21.107	20.861	21.660	21.013	21.881	21.022
WEF	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

Anfibólio

Sample	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15
Analysis	36	37	38	39	40	41	42	43
Location	matriz	borda	nucleo	matriz	matriz	borda	nucleo	borda
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	49.94	48.60	48.48	49.29	51.59	48.61	48.96	48.05
TiO2	0.50	0.49	0.49	0.35	0.22	0.48	0.48	0.51
Al2O3	8.32	9.34	9.26	8.27	6.54	9.49	9.30	9.66
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	5.86	6.90	7.30	6.20	4.75	7.22	6.66	7.11
MnO	0.10	0.11	0.10	0.10	0.08	0.10	0.11	0.09
MgO	19.28	18.81	18.88	20.32	20.45	18.62	18.68	18.65
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	12.81	12.24	12.10	11.91	13.10	12.20	12.37	12.37
Na2O	0.63	0.69	0.69	0.54	0.49	0.66	0.61	0.73
K2O	0.21	0.22	0.26	0.20	0.19	0.21	0.25	0.27
Total	97.65	97.40	97.56	97.18	97.41	97.59	97.42	97.44
TSi	6.964	6.814	6.793	6.870	7.164	6.808	6.861	6.743
TAI	1.036	1.186	1.207	1.130	0.836	1.192	1.139	1.257
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.330	0.356	0.321	0.228	0.234	0.373	0.396	0.339
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.393	0.500	0.549	0.647	0.391	0.500	0.431	0.563
CTi	0.052	0.052	0.052	0.037	0.023	0.051	0.051	0.054
CMg	4.008	3.932	3.944	4.089	4.233	3.888	3.903	3.902
CFe2	0.216	0.161	0.135	0.000	0.119	0.188	0.220	0.142
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.134	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.074	0.148	0.172	0.076	0.042	0.157	0.139	0.129
BMn	0.012	0.013	0.012	0.012	0.009	0.012	0.013	0.011
BCa	1.914	1.839	1.817	1.779	1.949	1.831	1.857	1.860
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.170	0.188	0.187	0.146	0.132	0.179	0.166	0.199
AK	0.037	0.038	0.046	0.036	0.034	0.038	0.045	0.048
Sum_A	0.208	0.227	0.234	0.182	0.166	0.217	0.210	0.247
Sum_cat	15.208	15.227	15.234	15.182	15.166	15.217	15.210	15.247
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.933	0.927	0.928	0.982	0.963	0.918	0.918	0.935
Fe2_MgFe2	0.067	0.073	0.072	0.018	0.037	0.082	0.082	0.065
Mg_Fe	13.821	12.725	12.847	55.566	26.292	11.270	11.151	14.399
Fe_Mg	0.072	0.079	0.078	0.018	0.038	0.089	0.090	0.069

Anfibólio

Sample	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15	RMG15
Analysis	44	45	46	47	48	49	50
Location	nucleo	incl	incl	incl	matriz	matriz	matriz
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	49.08	48.19	49.78	49.02	48.92	48.73	49.03
TiO2	0.39	0.52	0.46	0.44	0.37	0.42	0.51
Al2O3	8.89	9.54	8.36	8.99	8.91	9.15	9.48
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	7.09	6.62	6.97	6.98	7.06	6.56	6.97
MnO	0.13	0.10	0.08	0.11	0.09	0.09	0.12
MgO	19.06	18.53	19.42	18.96	18.99	18.85	18.83
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	12.32	12.52	12.22	12.50	12.32	12.33	12.19
Na2O	0.63	0.75	0.65	0.68	0.61	0.62	0.72
K2O	0.21	0.29	0.24	0.21	0.24	0.26	0.24
Total	97.60	97.06	98.18	97.89	97.51	97.01	98.09
TSi	6.864	6.789	6.920	6.838	6.846	6.851	6.832
TAI	1.136	1.211	1.080	1.162	1.154	1.149	1.168
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.295	0.372	0.288	0.315	0.315	0.366	0.388
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.551	0.472	0.478	0.533	0.553	0.479	0.435
CTi	0.041	0.055	0.048	0.046	0.039	0.044	0.053
CMg	3.974	3.892	4.024	3.943	3.962	3.951	3.912
CFe2	0.139	0.209	0.161	0.163	0.132	0.160	0.211
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.139	0.098	0.171	0.119	0.142	0.132	0.166
BMn	0.015	0.012	0.009	0.013	0.011	0.011	0.014
BCa	1.846	1.890	1.820	1.868	1.847	1.857	1.820
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.171	0.205	0.175	0.164	0.166	0.169	0.195
AK	0.037	0.052	0.043	0.037	0.043	0.047	0.043
Sum_A	0.208	0.257	0.218	0.221	0.208	0.216	0.237
Sum_cat	15.208	15.257	15.218	15.221	15.208	15.216	15.237
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.935	0.927	0.924	0.933	0.935	0.931	0.912
Fe2_MgFe2	0.065	0.073	0.076	0.067	0.065	0.069	0.088
Mg_Fe	14.295	12.678	12.120	13.982	14.460	13.531	10.377
Fe_Mg	0.070	0.079	0.083	0.072	0.069	0.074	0.096

Anfibólio

Sample	RMG14b	RMG14b	RMG14b	RMG14b	RMG14b	RMG14b	RMG14b	RMG14b	RMG14b
Analysis	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Location	matriz	matriz	matriz	borda	nucleo	matriz	nucleo	borda	incl
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	48.95	47.68	47.77	48.21	47.84	48.47	47.69	47.88	48.01
TiO2	0.35	0.47	0.50	0.46	0.50	0.34	0.39	0.42	0.39
Al2O3	8.96	10.16	10.21	10.58	10.37	9.64	10.69	10.81	10.82
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	6.07	6.91	6.98	7.25	7.31	7.12	7.63	7.28	7.10
MnO	0.11	0.14	0.09	0.12	0.14	0.11	0.12	0.13	0.15
MgO	19.20	18.38	18.41	18.52	18.39	19.09	18.17	18.12	18.41
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	12.25	11.99	12.13	11.92	11.84	11.78	11.62	11.52	11.90
Na2O	0.94	1.07	1.15	1.13	1.14	1.02	1.15	1.05	1.21
K2O	0.11	0.15	0.15	0.15	0.13	0.14	0.13	0.12	0.13
Total	96.94	96.95	97.39	98.34	97.66	97.71	97.59	97.33	98.12
TSi	6.683	6.738	6.727	6.723	6.722	6.782	6.711	6.745	6.711
TAI	1.117	1.262	1.273	1.277	1.278	1.216	1.289	1.255	1.289
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.366	0.429	0.420	0.461	0.437	0.370	0.483	0.538	0.492
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.401	0.413	0.407	0.387	0.402	0.475	0.387	0.319	0.363
CTi	0.037	0.050	0.053	0.048	0.053	0.036	0.041	0.045	0.041
CMg	4.024	3.872	3.865	3.850	3.852	3.982	3.812	3.805	3.836
CFe2	0.171	0.236	0.256	0.253	0.256	0.137	0.278	0.292	0.267
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.141	0.168	0.159	0.205	0.201	0.221	0.234	0.246	0.200
BMn	0.013	0.017	0.011	0.014	0.017	0.013	0.014	0.016	0.018
BCa	1.845	1.815	1.830	1.781	1.782	1.766	1.752	1.739	1.782
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.256	0.293	0.314	0.306	0.311	0.277	0.314	0.287	0.328
AK	0.020	0.027	0.027	0.027	0.023	0.025	0.023	0.022	0.023
Sum_A	0.276	0.320	0.341	0.332	0.334	0.302	0.337	0.308	0.351
Sum_cat	15.276	15.320	15.341	15.332	15.334	15.302	15.337	15.308	15.351
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.928	0.906	0.903	0.894	0.894	0.918	0.882	0.876	0.891
Fe2_MgFe2	0.072	0.094	0.097	0.106	0.106	0.082	0.118	0.124	0.109
Mg_Fe	12.897	9.584	9.313	8.406	8.429	11.123	7.445	7.072	8.214
Fe_Mg	0.078	0.104	0.107	0.119	0.119	0.090	0.134	0.141	0.122

Anfibólio

Sample	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b
Analysis	104	105	106	107	108	109	110
Location	borda	nucleo	borda	nucleo	borda	borda	nucleo
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	56.31	51.52	56.09	56.78	56.07	56.36	56.96
TiO2	0.06	0.19	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00
Al2O3	0.11	4.69	0.07	0.20	0.45	0.15	0.21
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	12.71	5.47	12.77	5.45	3.41	13.40	10.95
MnO	0.31	0.07	0.36	0.16	0.10	0.44	0.31
MgO	26.78	21.28	27.00	23.90	23.24	26.15	25.24
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.46	12.49	0.36	11.23	12.85	0.85	4.42
Na2O	0.03	0.62	0.01	0.05	0.06	0.03	0.02
K2O	0.00	0.25	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00
Total	96.77	96.58	96.67	97.79	96.28	97.38	96.11
TSi	7.836	7.227	7.805	7.787	7.788	7.827	7.839
TAI	0.018	0.773	0.011	0.032	0.074	0.025	0.034
TFe3	0.146	0.000	0.184	0.180	0.139	0.148	0.127
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.143	0.517	0.191	0.196	0.176	0.165	0.155
CTi	0.006	0.020	0.001	0.000	0.006	0.000	0.000
CMg	4.850	4.450	4.808	4.804	4.812	4.835	4.845
CFe2	0.000	0.011	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.705	0.000	0.792	0.082	0.000	0.579	0.334
BFe2	1.190	0.114	1.112	0.249	0.076	1.243	0.978
BMn	0.037	0.008	0.042	0.019	0.012	0.052	0.036
BCa	0.069	1.677	0.054	1.650	1.912	0.126	0.652
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.006	0.169	0.003	0.013	0.016	0.008	0.005
AK	0.000	0.045	0.000	0.003	0.007	0.000	0.000
Sum_A	0.008	0.213	0.003	0.017	0.023	0.008	0.005
Sum_cal	15.006	15.213	15.003	15.017	15.023	15.008	15.005
Sum_ox	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.824	0.973	0.834	0.952	0.983	0.813	0.841
Fe2_MgFe2	0.176	0.027	0.166	0.048	0.017	0.187	0.159
Mg_Fe	4.666	35.600	5.036	19.622	59.407	4.356	5.296
Fe_Mg	0.214	0.028	0.199	0.051	0.017	0.230	0.189

Anfibólio

Sample	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b
Analysis	111	112	113	114	115	116	117
Location	nucleo	borda	borda	nucleo	nucleo	borda	nucleo
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	47.21	55.28	56.22	56.16	56.51	56.26	56.17
TiO2	0.34	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.00
Al2O3	9.71	1.57	0.19	0.14	0.10	0.12	0.07
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	6.31	4.52	14.00	13.88	13.15	12.69	13.36
MnO	0.10	0.07	0.41	0.41	0.40	0.35	0.45
MgO	19.06	23.04	26.15	25.88	26.12	26.04	25.95
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	12.41	12.51	0.87	0.78	0.75	0.80	0.74
Na2O	1.38	0.27	0.02	0.00	0.02	0.00	0.05
K2O	0.32	0.07	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02
Total	96.84	97.36	97.89	97.28	97.10	96.31	96.81
TSi	6.682	7.625	7.777	7.820	7.858	7.885	7.853
TAI	1.318	0.255	0.031	0.023	0.016	0.020	0.012
TFe3	0.000	0.120	0.192	0.157	0.115	0.095	0.135
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.301	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.508	0.284	0.211	0.173	0.116	0.104	0.129
CTi	0.036	0.003	0.002	0.003	0.003	0.005	0.000
CMg	4.022	4.713	4.787	4.823	4.880	4.890	4.871
CFe2	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.025	0.606	0.549	0.541	0.550	0.538
BFe2	0.106	0.118	1.217	1.286	1.300	1.288	1.298
BMn	0.012	0.008	0.048	0.048	0.047	0.042	0.053
BCa	1.882	1.849	0.129	0.116	0.112	0.120	0.111
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.379	0.072	0.005	0.000	0.005	0.000	0.014
AK	0.058	0.012	0.002	0.000	0.004	0.000	0.004
Sum_A	0.437	0.085	0.007	0.000	0.009	0.000	0.017
Sum_cat	15.437	15.085	15.007	15.000	15.009	15.000	15.017
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.944	0.976	0.816	0.807	0.807	0.809	0.806
Fe2_MgFe2	0.056	0.024	0.184	0.193	0.193	0.191	0.194
Mg_Fe	16.828	40.153	4.431	4.177	4.170	4.224	4.167
Fe_Mg	0.059	0.025	0.226	0.239	0.240	0.237	0.240

Anfibólio

Sample	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b	RMG-08b
Analysis	118	119	120	121	122	123	124
Location	nucleo	borda	nucleo	borda	nucleo	nucleo	nucleo
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	55.82	55.79	56.44	56.79	56.19	56.61	56.00
TiO2	0.03	0.04	0.04	0.04	0.00	0.03	0.02
Al2O3	0.13	0.52	0.12	0.17	0.08	0.27	0.17
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	13.40	3.78	13.04	12.77	13.77	3.72	13.74
MnO	0.34	0.15	0.42	0.31	0.42	0.07	0.39
MgO	25.90	23.05	25.63	26.63	26.22	23.36	26.34
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.71	12.72	0.75	0.49	0.71	12.99	0.79
Na2O	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03
K2O	0.00	0.06	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
Total	96.33	96.17	96.44	97.20	97.42	97.10	97.48
TSi	7.835	7.769	7.921	7.874	7.804	7.800	7.767
TAI	0.021	0.085	0.020	0.028	0.013	0.044	0.028
TFe3	0.143	0.145	0.059	0.098	0.183	0.156	0.205
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.158	0.195	0.071	0.118	0.190	0.182	0.221
CTi	0.003	0.004	0.004	0.004	0.000	0.003	0.002
CMg	4.839	4.785	4.925	4.878	4.810	4.798	4.777
CFe2	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.581	0.000	0.437	0.626	0.619	0.000	0.669
BFe2	1.272	0.084	1.400	1.265	1.226	0.074	1.168
BMn	0.040	0.018	0.050	0.036	0.049	0.008	0.046
BCa	0.107	1.898	0.113	0.073	0.106	1.918	0.117
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.016	0.000	0.000	0.003	0.008	0.009
AK	0.000	0.011	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000
Sum_A	0.000	0.027	0.000	0.000	0.006	0.012	0.008
Sum_cat	15.000	15.027	15.000	15.000	15.006	15.012	15.008
Sum_ox	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.810	0.980	0.793	0.813	0.816	0.982	0.823
Fe2_MgFe2	0.190	0.020	0.207	0.187	0.184	0.018	0.177
Mg_Fe	4.261	48.333	3.830	4.351	4.428	53.311	4.663
Fe_Mg	0.235	0.021	0.261	0.230	0.226	0.019	0.214

Anfibólio

Sample	CMIV74	CMIV74	CMIV74	CMIV74	CMIV74	CMIV74	CMIV74
Analysis	100	101	102	103	125	126	98
Location	borda	nucleo	nucleo	borda	borda	nucleo	nucleo
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	54.03	47.79	48.29	48.46	54.82	48.72	48.71
TiO2	0.11	0.60	0.47	0.51	0.03	0.71	0.47
Al2O3	0.73	7.14	7.04	6.87	2.18	7.31	6.99
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	16.51	10.27	9.84	10.24	8.44	9.79	10.41
MnO	0.47	0.16	0.08	0.09	0.15	0.10	0.08
MgO	21.29	16.93	17.04	16.92	20.03	17.16	17.25
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	3.40	11.80	11.99	12.12	12.09	12.23	12.08
Na2O	0.19	1.27	1.23	1.17	0.46	1.30	1.29
K2O	0.01	0.29	0.27	0.26	0.06	0.34	0.32
Total	96.74	96.25	96.25	96.64	98.26	97.66	97.50
TSi	7.751	6.942	7.000	7.004	7.656	6.972	6.977
TAI	0.123	1.058	1.000	0.996	0.344	1.028	1.023
TFe3	0.126	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.000	0.164	0.202	0.173	0.014	0.204	0.156
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.170	0.351	0.300	0.336	0.188	0.249	0.350
CTi	0.012	0.066	0.051	0.055	0.003	0.076	0.051
CMg	4.553	3.666	3.682	3.646	4.170	3.681	3.683
CFe2	0.264	0.753	0.765	0.790	0.624	0.810	0.781
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	1.420	0.144	0.128	0.112	0.173	0.113	0.137
BMn	0.057	0.020	0.010	0.011	0.018	0.012	0.010
BCa	0.523	1.837	1.862	1.877	1.809	1.875	1.854
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.053	0.358	0.346	0.328	0.125	0.361	0.358
AK	0.002	0.054	0.050	0.048	0.011	0.062	0.058
Sum_A	0.055	0.411	0.396	0.376	0.135	0.423	0.417
Sum_cat	15.055	15.411	15.396	15.376	15.135	15.423	15.417
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.730	0.803	0.805	0.802	0.840	0.799	0.804
Fe2_MgFe2	0.270	0.197	0.195	0.198	0.160	0.201	0.196
Mg_Fe	2.704	4.087	4.123	4.042	5.232	3.966	4.101
Fe_Mg	0.370	0.245	0.243	0.247	0.191	0.252	0.244

Anfibólio

Sample	CMIV74	RMG11b	RMG11b	RMG11b	RMG11b	RMG11b	RMG11b
Analysis	99	66	67	68	69	70	70
Location	borda	matriz	matriz	matriz	incl	incl	incl
Mineral	amp	amp	amp	amp	amp	amp	amp
SiO2	55.18	50.16	49.85	49.83	50.88	50.93	50.93
TiO2	0.10	0.33	0.26	0.31	0.30	0.42	0.42
Al2O3	1.86	8.33	8.69	8.76	7.97	8.28	8.28
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	7.98	5.26	6.20	7.14	6.35	5.97	5.97
MnO	0.14	0.14	0.07	0.10	0.09	0.06	0.06
MgO	20.40	19.34	19.10	19.46	19.82	19.72	19.72
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	12.50	12.45	12.22	12.17	12.47	12.63	12.63
Na2O	0.40	0.81	0.77	0.85	0.66	0.84	0.84
K2O	0.04	0.17	0.16	0.18	0.14	0.15	0.15
Total	98.60	96.99	97.32	98.80	98.66	99.00	99.00
TSi	7.661	7.038	6.982	6.890	7.016	7.011	7.011
TAI	0.304	0.962	1.018	1.110	0.984	0.989	0.989
TFe3	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.000	0.414	0.416	0.316	0.310	0.353	0.353
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.203	0.227	0.309	0.470	0.411	0.299	0.299
CTi	0.010	0.035	0.027	0.032	0.031	0.043	0.043
CMg	4.222	4.045	3.988	4.011	4.074	4.047	4.047
CFe2	0.564	0.278	0.259	0.171	0.174	0.258	0.258
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.124	0.112	0.158	0.185	0.147	0.130	0.130
BMn	0.016	0.017	0.008	0.012	0.011	0.007	0.007
BCa	1.859	1.872	1.834	1.803	1.842	1.863	1.863
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.108	0.220	0.209	0.228	0.176	0.224	0.224
AK	0.007	0.030	0.029	0.032	0.025	0.026	0.026
Sum_A	0.115	0.251	0.238	0.260	0.201	0.251	0.251
Sum_cat	15.115	15.251	15.238	15.260	15.201	15.251	15.251
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
Mg_MgFe2	0.860	0.912	0.905	0.918	0.927	0.913	0.913
Fe2_MgFe2	0.140	0.088	0.095	0.082	0.073	0.087	0.087
Mg_Fe	6.137	10.372	9.564	11.267	12.692	10.430	10.430
Fe_Mg	0.163	0.096	0.105	0.089	0.079	0.096	0.096

Clorita

Sample	RMG-02D	RMG-02D	RMG-02D	RMG-06b	RMG-06b	RMG-06b	RMG-11b	RMG-11b
Analysis	95	96	97	92	93	94	71	72
Location	borda	nucleo	borda	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
Mineral	chl	chl	chl	chl	chl	chl	chl	chl
SiO2	32.81	33.35	32.92	31.83	31.12	29.77	28.27	28.32
TiO2	0.00	0.00	0.03	0.01	0.09	0.12	0.00	0.10
Al2O3	14.31	15.03	14.63	15.04	15.12	17.17	21.41	21.51
FeO	5.77	6.84	6.44	6.61	6.63	6.46	7.40	7.63
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.03	0.04	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
MgO	33.40	33.53	35.04	32.65	32.33	30.89	29.49	28.53
CaO	0.00	0.03	0.01	0.00	0.04	0.02	0.03	0.02
Na2O	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
K2O	0.03	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Total	86.37	88.96	89.14	86.16	85.33	84.45	86.63	86.14
Si	6.309	6.261	6.168	6.168	6.098	5.888	5.474	5.515
AlIV	1.691	1.739	1.832	1.832	1.902	2.112	2.526	2.485
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
AlVI	1.550	1.584	1.396	1.600	1.587	1.887	2.356	2.448
Ti	0.000	0.000	0.004	0.001	0.013	0.018	0.000	0.015
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.926	1.074	1.009	1.071	1.086	1.068	1.198	1.243
Mn	0.005	0.006	0.006	0.003	0.000	0.000	0.003	0.000
Mg	9.575	9.384	9.787	9.432	9.444	9.108	8.513	8.283
Ca	0.000	0.006	0.002	0.000	0.008	0.004	0.006	0.004
Na	0.007	0.004	0.004	0.000	0.000	0.008	0.000	0.004
K	0.007	0.036	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005
Cations	20.072	20.094	20.213	20.107	20.138	20.093	20.078	20.002
Fe_FeMg	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13
Mg_FeMg	0.91	0.90	0.91	0.90	0.90	0.90	0.88	0.87

Sample	RMG-11b	RMG-11b	RMG-14b	RMG-14b	RMG-15	RMG-15	RMG-15
Analysis	73	74	75	76	51	52	53
Location	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz
Mineral	chl	chl	chl	chl	chl	chl	chl
SiO2	28.89	28.84	28.64	29.23	29.16	29.01	29.32
TiO2	0.01	0.09	0.09	0.04	0.11	0.02	0.03
Al2O3	21.72	19.94	21.73	20.41	20.95	21.20	21.27
FeO	6.16	5.89	6.28	7.47	5.71	6.13	5.89
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.01	0.03
MgO	29.57	30.55	29.72	29.63	29.94	30.69	29.51
CaO	0.03	0.03	0.07	0.10	0.06	0.07	0.08
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
K2O	0.00	0.03	0.01	0.02	0.41	0.00	0.63
Total	86.42	85.21	86.58	86.97	86.37	87.13	86.77
Si	5.560	5.629	5.511	5.636	5.620	5.545	5.633
AlIV	2.440	2.371	2.489	2.364	2.380	2.455	2.367
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
AlVI	2.482	2.212	2.435	2.271	2.375	2.317	2.446
Ti	0.001	0.013	0.013	0.006	0.016	0.003	0.004
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.991	0.929	1.011	1.205	0.920	0.980	0.946
Mn	0.007	0.007	0.007	0.008	0.005	0.002	0.005
Mg	8.483	8.889	8.525	8.517	8.602	8.744	8.452
Ca	0.006	0.006	0.014	0.021	0.012	0.014	0.016
Na	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.004
K	0.000	0.007	0.002	0.005	0.101	0.000	0.154
Cations	19.970	20.063	20.007	20.040	20.031	20.060	20.027
Fe_FeMg	0.10	0.09	0.11	0.12	0.10	0.10	0.10
Mg_FeMg	0.90	0.91	0.89	0.88	0.90	0.90	0.90

Espinélio

Sample	RMG-11b	RMG-11b	RMG-11b	RMG-14b	RMG-14b	RMG-14b	RMG-15	RMG-15	RMG-15
Analysis	83	84	85	80	81	82	77	78	79
Location	incl	incl	incl	matriz	matriz	matriz			
Mineral	Spl	Spl	Spl	Spl	Spl	Spl	Spl	Mgt	Spl
SiO2	0.04	0.05	0.03	0.03	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00
TiO2	0.03	0.03	0.04	0.05	0.00	0.03	0.00	1.91	0.05
Al2O3	50.62	50.42	51.95	53.87	54.06	53.38	54.10	2.29	53.54
Cr2O3	6.69	6.62	5.55	4.50	4.13	4.59	3.98	8.57	3.95
FeO	20.65	19.85	21.59	20.36	19.75	20.57	18.48	33.22	18.99
Fe2O3	7.98	8.52	6.92	6.39	6.92	7.98	7.98	57.49	6.39
MnO	0.17	0.10	0.14	0.09	0.12	0.08	0.14	0.15	0.11
MgO	11.12	11.09	10.89	12.55	12.81	11.68	13.69	0.88	13.24
CaO	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00
NiO	0.63	0.70	0.69	0.41	0.44	0.43	0.47	0.31	0.55
ZnO	0.97	1.31	1.15	0.32	0.31	0.42	0.35	0.01	0.29
Total	98.90	98.69	98.95	98.63	98.65	99.16	99.20	104.86	97.11
FeOt	27.83	27.52	27.82	26.11	25.98	27.75	25.66	84.96	24.74
Si	0.009	0.011	0.007	0.007	0.013	0.000	0.000	0.009	0.000
Al	13.454	13.427	13.769	14.061	14.072	13.948	13.962	0.774	14.108
Ti	0.005	0.005	0.007	0.008	0.000	0.005	0.000	0.412	0.008
Cr	1.192	1.182	0.986	0.788	0.721	0.804	0.689	1.942	0.698
Fe2	3.898	3.754	4.064	3.774	3.651	3.817	3.387	7.972	3.554
Fe3	1.354	1.448	1.171	1.065	1.150	1.331	1.315	12.402	1.075
Mn	0.032	0.019	0.027	0.017	0.022	0.015	0.026	0.036	0.021
Mg	3.741	3.738	3.654	4.147	4.221	3.853	4.473	0.376	4.416
Ca	0.000	0.000	0.000	0.014	0.012	0.000	0.002	0.000	0.000
Ni	0.11	0.13	0.13	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.10
Zn	0.16	0.22	0.19	0.05	0.05	0.07	0.06	0.00	0.05
Cations	23.955	23.934	24.005	24.001	23.992	23.933	23.994	23.993	24.030
O	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
Fe3_trival	0.08	0.09	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.82	0.07
Al_trival	0.84	0.84	0.86	0.88	0.88	0.87	0.87	0.05	0.89
Cr_trival	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.13	0.04
XFe	0.51	0.50	0.53	0.48	0.46	0.50	0.43	0.95	0.45
XMg	0.49	0.50	0.47	0.52	0.54	0.50	0.57	0.05	0.55
PMSiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMTiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
PMAI2O3	0.50	0.49	0.51	0.53	0.53	0.52	0.53	0.02	0.53
PMCr2O3	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03
PMFeOt	0.39	0.38	0.39	0.36	0.36	0.39	0.36	1.18	0.34
PMFeO	0.29	0.28	0.30	0.28	0.27	0.29	0.26	0.46	0.26
PMFe2O3	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.36	0.04
PM MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PM MgO	0.28	0.28	0.27	0.31	0.32	0.29	0.34	0.02	0.33
PM CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PM NiO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
PM ZnO	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
SUM1	0.54	0.53	0.55	0.56	0.56	0.55	0.56	0.12	0.56
DIFFEO	0.15	0.16	0.13	0.12	0.13	0.15	0.15	1.08	0.12

Anexo V - Análises por MEV

Spectrum label: RMG1G002-1

Spectrum label: RMG1G002-2

Spectrum label: RMG1G002-3

Spectrum label: RMG1G002-4

Spectrum label: RMG20B001-1

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound	Nos. of ions	
Mg K	ED	0.878	0.97	19.17	0.16	20.35	MgO	31.79	2.07
Al K	ED	0.704	0.97	1.20	0.10	1.15	Al2O3	2.27	0.12
Si K	ED	0.786	1.04	18.67	0.16	17.16	SiO2	39.94	1.75
Cr K	ED	0.854	1.00	0.39	0.09	0.20	Cr2O3	0.58	0.02
Fe K	ED	0.838	1.00	4.82	0.20	2.23	FeO	6.21	0.23
O				36.52	0.27	58.92			6.00
Total				80.78		100.00		80.78	
							Cation sum		4.18

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions	
Mg K	ED	0.878	0.97	19.37	0.16	20.46	MgO	32.12	2.09
Al K	ED	0.703	0.97	1.23	0.10	1.17	Al ₂ O ₃	2.32	0.12
Si K	ED	0.785	1.04	18.65	0.17	17.05	SiO ₂	39.90	1.74
Cr K	ED	0.854	1.00	0.38	0.09	0.19	Cr ₂ O ₃	0.55	0.02
Fe K	ED	0.838	1.00	4.92	0.20	2.26	FeO	6.33	0.23
O				36.67	0.27	58.87			6.00
Total				81.22		100.00		81.22	
								Cation sum	4.19

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions	
Mg K	ED	0.892	0.97	17.73	0.16	18.88	MgO	29.40	1.93
Al K	ED	0.724	0.97	7.03	0.14	6.74	Al ₂ O ₃	13.28	0.69
Si K	ED	0.746	1.04	14.89	0.16	13.73	SiO ₂	31.86	1.41
Fe K	ED	0.840	1.00	4.54	0.20	2.11	FeO	5.84	0.22
O				36.19	0.27	58.55			6.00
Total				80.38		100.00		80.38	
								Cation sum	4.25

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions	
Mg K	ED	0.886	0.97	15.32	0.15	17.00	MgO	25.41	1.73
Al K	ED	0.740	0.97	7.45	0.14	7.45	Al2O3	14.08	0.76
Si K	ED	0.752	1.04	14.90	0.16	14.31	SiO2	31.88	1.45
Fe K	ED	0.840	1.00	4.59	0.20	2.22	FeO	5.90	0.23
O				35.00	0.27	59.02			6.00
Total				77.27		100.00		77.27	
								Cation sum	4.17

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound	Nos. of ions	
Mg K	ED	0.889	0.97	18.01	0.16	18.90	MgO	29.86	1.94
Al K	ED	0.722	0.97	6.86	0.14	6.49	Al ₂ O ₃	12.97	0.67
Si K	ED	0.748	1.04	15.26	0.16	13.86	SiO ₂	32.65	1.42
Fe K	ED	0.840	1.00	4.81	0.20	2.20	FeO	6.19	0.23
O				36.72	0.28	58.55			6.00
Total				81.66		100.00		81.66	
								Cation sum	4.25

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound	Nos. of ions	
Mg K	ED	0.889	0.97	17.02	0.16	18.30	MgO	28.22	1.87
Al K	ED	0.729	0.97	7.02	0.14	6.80	Al2O3	13.26	0.70
Si K	ED	0.750	1.04	15.02	0.16	13.98	SiO2	32.13	1.43
K K	ED	1.000	1.00	0.18	0.06	0.12	K2O	0.21	0.01
Fe K	ED	0.840	1.00	4.57	0.19	2.14	FeO	5.88	0.22
O				35.90	0.27	58.66			6.00
Total				79.70		100.00		79.70	
							Cation sum		4.23

Spectrum label: RMG2D002-3

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Mg K	ED	0.890	0.97	17.82	0.16	18.94	MgO	1.94
Al K	ED	0.722	0.97	6.98	0.14	6.69	Al ₂ O ₃	0.69
Si K	ED	0.746	1.04	14.93	0.16	13.74	SiO ₂	1.41
Fe K	ED	0.842	1.00	4.10	0.19	1.90	FeO	0.19
Ni K	ED	0.844	1.00	0.43	0.13	0.19	NiO	0.02
O				36.24	0.28	58.54		6.00
Total				80.51		100.00	80.51	
							Cation sum	4.25

Spectrum label: RMG2D002-4

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Mg K	ED	0.887	0.97	17.54	0.16	18.35	MgO	1.88
Al K	ED	0.727	0.97	7.39	0.15	6.96	Al ₂ O ₃	0.71
Si K	ED	0.747	1.04	15.25	0.16	13.81	SiO ₂	1.41
Fe K	ED	0.840	1.00	4.92	0.20	2.24	FeO	0.23
O				36.90	0.28	58.64		6.00
Total				82.00		100.00	82.00	
							Cation sum	4.23

Spectrum label: RMG3B001-1

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	1.011	0.94	0.32	0.07	0.41	Na ₂ O	0.06
Mg K	ED	0.899	0.97	15.80	0.15	19.06	MgO	2.61
Al K	ED	0.725	0.97	6.27	0.13	6.82	Al ₂ O ₃	0.93
Si K	ED	0.746	1.04	12.96	0.15	13.53	SiO ₂	1.85
Cl K	ED	0.728	1.02	0.34	0.06	0.28		0.04
Fe K	ED	0.838	1.00	3.21	0.17	1.68	FeO	0.23
O				31.77	0.25	58.22		7.96
Total				70.67		100.00	70.33	
							Cation sum	5.67

Spectrum label: RMG3B001-2

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	1.012	0.94	0.30	0.07	0.37	Na ₂ O	0.05
Mg K	ED	0.901	0.97	16.27	0.15	19.08	MgO	2.61
Al K	ED	0.725	0.97	6.80	0.14	7.18	Al ₂ O ₃	0.98
Si K	ED	0.743	1.04	13.04	0.15	13.24	SiO ₂	1.81
Cl K	ED	0.729	1.02	0.38	0.06	0.30		0.04
Fe K	ED	0.839	1.00	3.25	0.17	1.66	FeO	0.23
O				32.65	0.26	58.17		7.96
Total				72.68		100.00	72.31	
							Cation sum	5.68

Spectrum label: CMIV148002-1

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	1.013	0.94	0.39	0.07	0.90	Na ₂ O	0.14
Mg K	ED	0.885	0.97	20.63	0.16	45.31	MgO	7.28
Ca K	ED	0.984	1.00	0.17	0.05	0.23	CaO	0.04
Mn K	ED	0.829	1.00	0.30	0.10	0.29	MnO	0.05
Fe K	ED	0.844	1.00	3.65	0.18	3.49	FeO	0.56
O				14.91	0.17	49.78		8.00
Total				40.05		100.00	40.05	

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %		Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	0.997	0.94	0.29	0.07	0.66	Na2O	0.39	0.11
Mg K	ED	0.878	0.97	20.90	0.16	44.59	MgO	34.65	7.13
Si K	ED	0.640	1.04	0.19	0.05	0.35	SiO2	0.41	0.06
Ca K	ED	0.985	1.00	0.20	0.05	0.27	CaO	0.29	0.04
Mn K	ED	0.830	1.00	0.41	0.09	0.39	MnO	0.53	0.06
Fe K	ED	0.845	1.00	4.01	0.18	3.73	FeO	5.16	0.60
O				15.43	0.18	50.01			8.00
Total				41.44		100.00		41.44	
								Cation sum	8.00

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound	Nos. of ions
Na K	ED	0.978	0.94	0.20	0.09	0.23	Na2O	0.03
Mg K	ED	0.878	0.97	19.51	0.16	21.21	MgO	2.89
Si K	ED	0.790	1.04	18.72	0.16	17.61	SiO2	2.40
Cr K	ED	0.851	1.00	0.22	0.08	0.11	Cr2O3	0.02
Fe K	ED	0.840	1.00	3.85	0.18	1.82	FeO	0.25
Ni K	ED	0.843	1.00	0.53	0.15	0.24	NiO	0.03
O				35.59	0.26	58.78		8.00
Total				78.62		100.00	78.62	
							Cation sum	5.61

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions	
Na K	ED	0.998	0.94	0.36	0.08	0.41	Na2O	0.48	0.06
Mg K	ED	0.889	0.97	20.09	0.16	21.76	MgO	33.32	2.97
Si K	ED	0.789	1.04	18.60	0.16	17.43	SiO2	39.79	2.38
Fe K	ED	0.837	1.00	3.79	0.18	1.79	FeO	4.87	0.24
O				35.62	0.24	58.61			8.00
Total				78.46		100.00		78.46	
							Cation sum		5.65

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions	
Na K	ED	1.055	0.94	0.28	0.07	0.64	Na2O	0.38	0.10
Mg K	ED	0.916	0.97	21.64	0.16	45.93	MgO	35.88	7.35
Si K	ED	0.637	1.04	0.19	0.05	0.36	SiO2	0.42	0.06
Ca K	ED	0.979	1.00	0.19	0.05	0.24	CaO	0.26	0.04
Mn K	ED	0.825	1.00	0.64	0.10	0.60	MnO	0.83	0.10
Fe K	ED	0.841	1.00	2.39	0.15	2.21	FeO	3.08	0.35
O				15.51	0.18	50.02			8.00
Total				40.85		100.00		40.85	
							Cation sum		7.99

Elmt	Spect. Type	Inten. Corr.	Std Corr.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	1.073	0.94	0.34	0.07	0.73	Na ₂ O	0.12
Mg K	ED	0.926	0.97	22.98	0.16	46.77	MgO	7.51
Ca K	ED	0.977	1.00	0.15	0.05	0.19	CaO	0.03
Mn K	ED	0.824	1.00	0.53	0.10	0.48	MnO	0.08
Fe K	ED	0.840	1.00	2.27	0.15	2.01	FeO	0.32
O				16.11	0.17	49.82		8.00
Total				42.38		100.00	42.38	
							Cation sum	8.06

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn.	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions	
Na K	ED	1.006	0.94	0.42	0.08	0.45	Na2O	0.56	0.06
Mg K	ED	0.895	0.97	20.73	0.16	21.07	MgO	34.37	2.87
Al K	ED	0.702	0.97	1.33	0.10	1.22	Al2O3	2.51	0.17
Si K	ED	0.783	1.04	19.31	0.16	16.99	SiO2	41.32	2.32
Fe K	ED	0.836	1.00	3.60	0.17	1.59	FeO	4.63	0.22
O				38.01	0.26	58.69			8.00
Total				83.40		100.00		83.40	
							Cation sum		5.63

Elmt	Spect. Type	Inten. Corrn.	Std Corrn	Element %	Sigma %	Atomic %	Compound %	Nos.of ions	
Mg K	ED	0.889	0.97	18.72	0.15	28.23	MgO	31.03	4.01
Al K	ED	0.640	0.97	0.60	0.08	0.82	Al2O3	1.14	0.12
Si K	ED	0.734	1.04	9.25	0.12	12.08	SiO2	19.79	1.72
Cl K	ED	0.732	1.02	0.13	0.05	0.13		0.00	0.02
Mn K	ED	0.825	1.00	0.35	0.10	0.24	MnO	0.46	0.03
Fe K	ED	0.841	1.00	3.28	0.17	2.16	Feo	4.22	0.31
Ni K	ED	0.843	1.00	0.27	0.13	0.17	NiO	0.35	0.02
O				24.51	0.23	56.18			7.98
Total				57.11		100.00		56.98	
								Cation sum	6.21

Anexo VI - Dados de Termobarometria VI

THERMOCALC v3.1, (c) Roger Powell and Tim Holland running at
 11.54 on Tue 26 Oct,2010 with thermodynamic dataset
 produced at

Activities and their uncertainties

	fo	fa	en	fs	mgts	tr	ts
a	0.600	0.0980	0.590	0.0440	0.0340	0.438	0.00350
sd(a)/a	0.10000	0.28314	0.05085	0.37469	0.32353	0.12489	0.94286

	clin	sp	herc	H2O
a	0.470	0.510	0.410	1.00
sd(a)/a	0.10000	0.07529	0.10443	

Independent set of reactions

- 1) $en + sp = fo + mgts$
- 2) $mgts + clin = 2en + 2sp + 4H_2O$
- 3) $2en + 2herc = fo + fa + 2mgts$
- 4) $ts + 2clin = 2en + tr + 4sp + 8H_2O$
- 5) $3en + 2herc = 2fo + fs + 2mgts$

Calculations for the independent set of reactions

at P = 13.5 kbar(for x(H₂O) = 1.0)

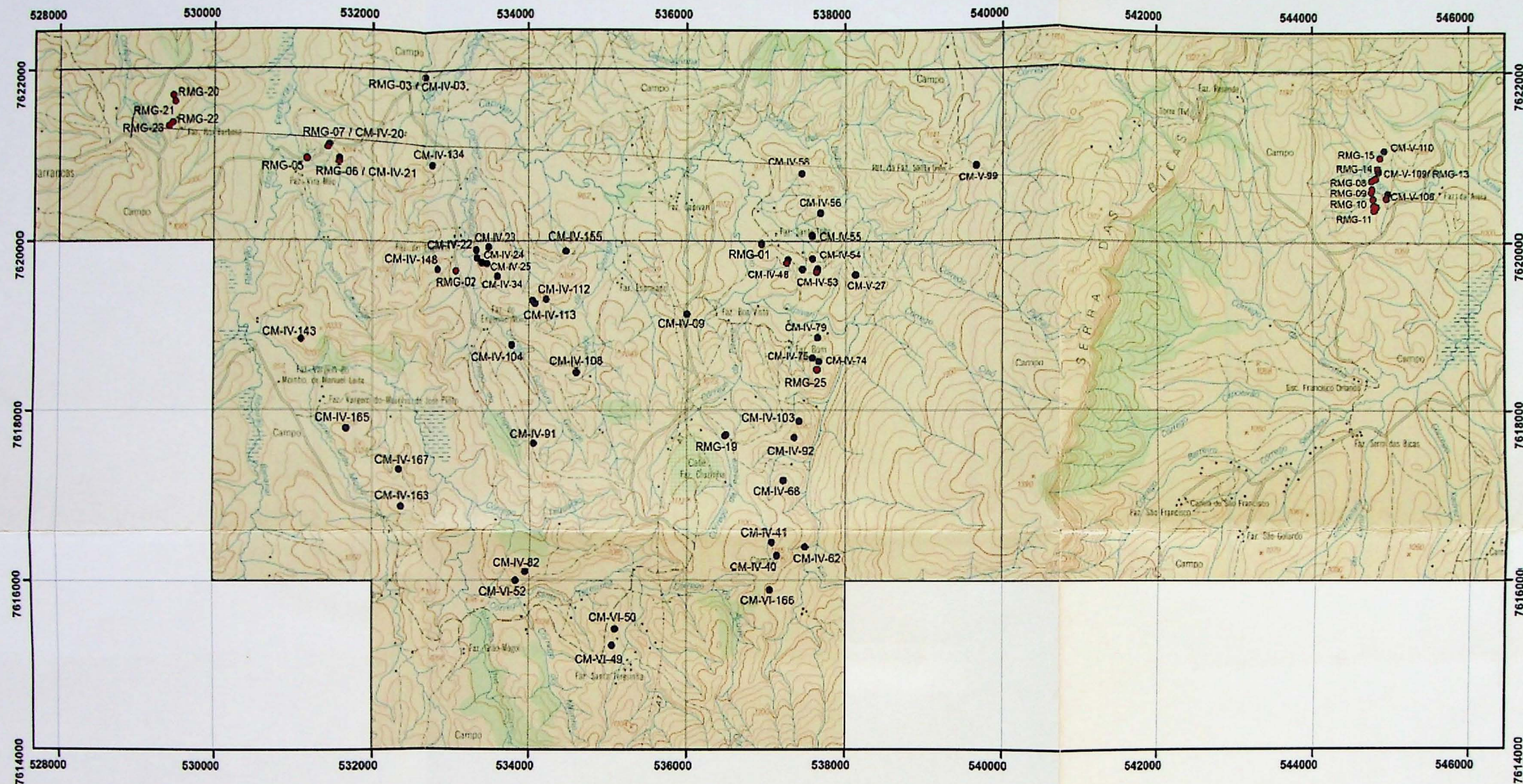
	T(P)	sd(T)	a	sd(a)	b	c	ln_K	sd(ln_K)
1	704	997	24.44	0.12	-0.00329	0.044	-2.691	0.351
2	820	18	185.56	0.51	-0.19750	1.075	1.734	0.384
3	676	1360	55.97	0.70	-0.00518	0.149	-6.758	0.750
4	873	25	403.81	2.34	-0.39614	1.884	2.591	1.023
5	714	2796	60.83	0.74	-0.00274	0.270	-7.542	0.816

Average temperatures (for x(H₂O) = 1.0)

	av	sd	fit
lsq	805	12	1.50

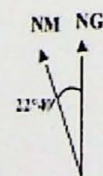
DOAÇÃO _____
<i>TGC-USP</i>
Data: <i>21/02/11</i>

Mapa de localização dos pontos na região de Carrancas, MG



Legenda

- Pontos realizados durante os campos do Mapeamento Geológico de 2009
- Pontos realizados durante as duas etapas do campo do Trabalho de Formatura
- Contornos aproximados dos corpos ultramáficos



Folha Minduri
Bases planoaltimétricas IBGE 1:50.000

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

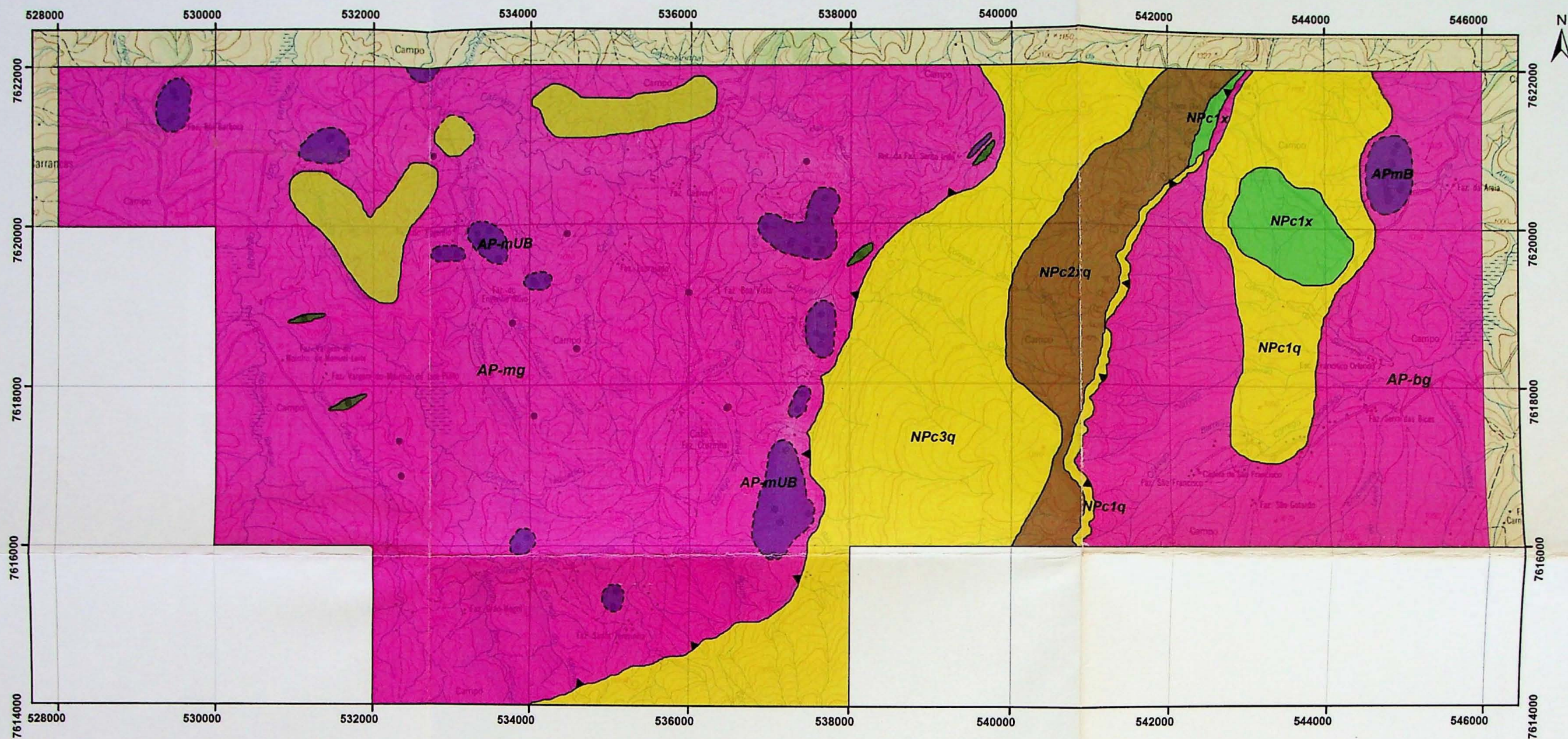
Projeto: TF – 10/40

PETROLOGIA DAS ROCHAS METAUSTRAMÁFICAS DA
REGIÃO ENTRE AS SERRAS DE CARRANCAS, BICAS E
MOLEQUE, SUL DE MINAS GERAIS

Autora: Rafaela Machado Gengo
Orientador: Prof. Dr. Gergely Andrés Julio Szabó
Co-orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes



Mapa Geológico simplificado da região de Carrancas, Minas Gerais



Legenda

- | | | |
|--|---------------|--|
| Domínio do gnaiss migmatítico com faixas vulcano – sedimentares | AP-mg | Biotita gnaiss migmatítico, com intercalações de rochas metaultramáficas, metamáficas, quartzitos e xistos. |
| | AP-mUB | Corpos metaultramáficos representados por hornblenditos, serpentinitos, serpentina – clorita – talco xisto e fels carbonáticos, talco xistos e fels, e clorititos "blackwalls". |
| Domínio da sequência metassedimentar neoproterozóica do Grupo Carrancas; | NPc3q | Muscovita quartzito bege, foliado e com finos leitos lepidoblásticos intercalados. |
| | NPc2q | Granada-estaurolita-grafita-muscovita xisto porfiroblástico, cinza claro a levemente rosado, crenulado e com intercalações de muscovita quartzito placoso. Grafita-muscovita xisto cinza escuro, de granulação muito fina. |
| | NPc1q | Muscovita quartzito com ou sem cianita, de cor bege, foliado e com finos leitos lepidoblásticos intercalados. |
| Domínio do embasamento arqueano – paleoproterozóico | NPc1x | Muscovita (mica verde) xisto de cor verde, bastante crenulado, lepidoblástico fino e com intercalações de vênulas de quartzo. |
| | AP-bg | Epidoto-biotita gnaiss tonalítico a granodiorítico fino, homogêneo, finamente bandado. Muscovita gnaiss milonítico de médio, leucocrático. |
| | AP-mUB | Corpos metaultramáficos representados por olivina – hornblenda – ortopiroxênio fels com ou sem espinélio e antofilita – clorita xisto e fels. Ambas maciças e de cor cinza. |

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

Projeto: TF – 10/40

**PETROLOGIA DAS ROCHAS METAUSTRAMÁFICAS
DA REGIÃO ENTRE AS SERRAS DE CARRANCAS,
BICAS E MOLEQUE, SUL DE MINAS GERAIS**

Autora: Rafaela Machado Gengo
Orientador: Prof. Dr. Gergely Andrés Julio Szabó
Co-orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

Folha Minduri
Bases planoaltim tricas IBGE 1:50.000



