

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**METAMORFISMO E FUSÃO EM CONDIÇÕES DE ALTA PRESSÃO: AS  
ROCHAS PELÍTICAS DA SEQUÊNCIA ANDRELÂNDIA NA REGIÃO DE  
TRÊS PONTAS - MG**

Samuel Furquim Júnior

Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2011/46)

SÃO PAULO  
2011

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900030331

**METAMORFISMO E FUSÃO EM CONDIÇÕES DE ALTA PRESSÃO: AS ROCHAS  
PELÍTICAS DA SEQUÊNCIA ANDRELÂNDIA NA REGIÃO DE TRÊS PONTAS - MG**

Samuel Furquim Júnior



Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(TF-2011/46)

De acordo:

Renato de Moraes

Samuel Furquim Júnior

SÃO PAULO

2011

TF  
F 989  
S. m

INSTITUTO DE PESQUISAS  
AGROPECUARIAS

RELAÇÃO DE PESQUISA  
E TUBO EM CONDIÇÕES DE ALTA PRESSÃO DE VIBRAÇÃO



Dr. [Name]

Dr. [Name]

MONOGRAFIA DE TRAJAHO DE FORMAS

[Text]

[Text]

[Signature]

[Signature]

[Text]

[Text]



## AGRADECIMENTOS

Não era para caber nesta página as pessoas que fizeram parte desses anos de nova vida e desse novo Samuel. Sinto que não sou mais eu, mas um pedaço de cada pessoa que eu agradeço aqui. Não só agradeço, dedico.

Obviamente, dedico essa tese ao meu pai (Samuel), a minha mãe (Perolice) e as minhas irmãs (Lenita e Lenice) pelo apoio integral mais do que necessário. Sei que não foi fácil, por isso agradeço e me orgulho muito por tê-los.

Agradeço eternamente meu orientador Renato de Moraes pela compreensão, paciência e orientação acadêmica e psicológica.

Dedico essa tese a minha irmã siamesa não de sangue, Pig, por fazer dos meus últimos anos os melhores, mais engraçados, mais intensos e mais queridos da minha vida. Agradeço aos meus amigos de faculdade que me deram oportunidade de ser eu mesmo. Pessoas com quem chorei, ri e chorei de rir. Pessoas que me acompanharam desde os dias frios da noite na USP, para as diversões baratas, até as tardes fritas de sol das aulas de campo. Obrigado Pacotão (de turbante), Clô, Obelix (e a kombi), Emília (pela boa música), Beiça, Iskenta, Lolita (pelas imitações), Fofona, Sinistro (do Brasil), pelas piadas online do Merenda e Pixirica, Mihangue (pela feira), a las chicas (Chava, Male e Ist), as bixetes mais legais e aos veteranos mais legais.

Agradeço meus irmãos de república que me agüentaram durante os 5 anos, com as mesmas piadas e crises e tudo mais. Muito obrigado Diego (mandando um miojão), Lucas (calango), Pedra Bela (tirolesa), Fernando (EACHÊE), Placenta (Adinei) e as meninas vizinhas de república que me receberam como se eu fosse da casa (e eu era mesmo): Saravá (e o bom humor), Déia, Ana e Fran (Beach).

Agradeço aos novos amigos que me ensinaram, dividiram vida e muito mais. Obrigado Rafa e as pessoas que me acompanharam de dia e de noite, no sucesso e na derrota: Sofia (minha Cecily), Aninha, Gabi, Kleber (Klebanizer) e Milena.

Um agradecimento especial a Lua (Luana) que me serviu de inspiração geológica para caminhar e tomar rumos. Obrigado Lua, por ter me dado aquele conselho: "Bah.. Seja descritivo!". Tomei para mim, e hoje agradeço as pessoas que apenas me descrevem sem a preocupação de me interpretar ou julgar. Samuel curtiu isso!

Agradecimento a FAPESP pelo apoio financeiro, pelos processos 04/09682-8 e 10/11152-8 e ao Dr. Rodrigo Peternel pelas amostras fornecidas.

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi estabelecer a relação entre condições de metamorfismo e formação das rochas das *Nappes* Carmo da Cachoeira e Três Pontas-Varginha que fazem parte do Sistema de *Nappes* Andrelândia – conjunto de nappes Neoproterozóicas que cavalgam sobre a porção sul do Cráton São Francisco. Nesta área ocorrem justapostos pacotes com composição semelhante metamorfizados em condições distintas: *Nappe* Carmo da Cachoeira (basal) em fácies anfíbolito e a *Nappe* Três Pontas- Varginha (superior), em fácies granulito de alta pressão.

A área de estudo está localizada entre as cidades de Três Pontas, Varginha e Carmo da Cachoeira. As atividades programadas para o trabalho (trabalho de campo, amostragem, petrografia, química mineral e termobarometria) foram essenciais na investigação das condições *P-T* do metamorfismo que afetou as rochas.

A *Nappe* Carmo da Cachoeira é constituída de rochas de composição variada, mica-xisto, xisto feldspático e gnaisses com cianita, granada, muscovita e feldspatos em proporções variadas. A paragênese mineral dada por cianita + granada + biotita indica condições *P-T* da fácies anfíbolito superior transição para fácies granulito. Cálculos obtidos pelo programa THERMOCALC forneceram valores de 820 °C e 8,7 kbar para o pico metamórfico, coerentes com o campo de estabilidade da paragênese. Na porção nordeste da *nappe* ocorrem rochas submetidas a condições algo mais elevadas que resultaram na fusão parcial das mesmas por quebra da muscovita e entrada na zona do feldspato potássico + cianita.

A pedreira de Três Pontas é ótima exposição das rochas de fácies granulito da *Nappe* Três Pontas-Varginha, na qual ocorrem bolsões de leucossoma quartzo-feldspático associado à granulito de composição aluminosa rica em cianita, granada, feldspato potássico e rutilo. O granulito representa resíduo sólido da fusão após extração do fundido. O programa THERMOCALC mostra condições *P-T* de aproximadamente 14,7 kbar e 957 °C. Os resultados obtidos são concordantes com as condições de metamorfismo inferidas pela paragênese cianita + granada + feldspato potássico + rutilo da fácies granulito.

## ABSTRACT

The subject of the present monograph is the establishment of the relationship between conditions of metamorphism and formation of Carmo da Cachoeira and Três Pontas-Varginha Nappe rocks. These rocks are part of the Andrelândia Nappe System, a neoproterozoic structure that thrusts the southern border of the São Francisco Craton. In this region, metasedimentary rocks with similar composition, but different metamorphic conditions are juxtaposed: Carmo da Cachoeira Nappe (basal) affected by amphibolite facies and Três Pontas-Varginha (superior) Nappe, which underwent high-pressure granulite facies.

The area is located among the towns of Três Pontas, Varginha and Carmo da Cachoeira. The activities scheduled for this, field-work, sampling, petrography, mineral chemistry and thermobarometry, were essential in the investigation of the *P-T* conditions.

The Carmo da Cachoeira Nappe encompasses rocks of different bulk compositions, mica-schist, feldspathic schist and gneiss with kyanite, garnet, muscovite, and feldspars, with various proportions. The metamorphic paragenesis given by kyanite + garnet + biotite indicates *P-T* transition conditions of upper amphibolite facies to granulite facies. Calculations of *P-T* conditions were taken by the THERMOCALC software, which yielded 820° C and 8.7 kbar, considered as the metamorphic peak. The results are in accordance with the stability field indicated by the mineral paragenesis. In the northeastern part of the nappe, occur rocks underwent higher metamorphic conditions, with associated partial melting, due to muscovite breakdown and production of potash feldspar.

The Três Pontas quarry is an excellent exposure of the granulite facies rocks of Três Pontas-Varginha Nappe, in which there is quartz-feldspathic leucosome associated with aluminous-rich granulite residue formed by potash feldspar, kyanite, garnet, quartz and rutile. The granulite represents solid residue after extraction of the formed liquid. *P-T* conditions calculated with the THERMOCALC software produced 14.7 kbar and 957 °C for the granulite. The results are consistent with the conditions of metamorphism inferred by the paragenesis garnet + kyanite + potash feldspar + quartz + rutile, typical of high-pressure granulite facies.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Objetivos.....	9
1.2 Localização da área.....	9
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>3. GEOLOGIA REGIONAL.....</b>	<b>10</b>
<b>4. GEOLOGIA LOCAL.....</b>	<b>13</b>
4.1 Embasamento.....	14
4.1.1 Gnaisse migmatítico.....	14
4.1.2 Rocha Metraultramáfica.....	15
4.1.3 Anfibolito.....	15
4.2 Unidades Metapelíticas: Nappe Três Pontas-Varginha e Nappe Carmo da Cachoeira.....	15
4.2.1 Nappe Três Pontas-Varginha: Pedreira Três Pontas.....	16
4.2.2 Nappe Carmo da Cachoeira.....	24
<b>5. QUÍMICA MINERAL.....</b>	<b>28</b>
5.1 Granada.....	28
5.1.1 Granada na Nappe Três Pontas-Varginha.....	28
5.1.2 Granada na Nappe Carmo da Cachoeira.....	30
5.2 Biotita.....	34
5.2.1 Biotita na Nappe Carmo da Cachoeira.....	34
5.2.2 Biotita na Nappe Três Pontas-Varginha.....	36
5.3 Muscovita.....	38
5.4 Feldspato.....	40
5.4.1 Plagioclásio.....	40
5.4.2 Feldspato potássico.....	41



## 1 INTRODUÇÃO

Os granulitos são rochas metamórficas formadas em condições de altas temperaturas, acima de 800 °C, em intervalo significativo de pressão, entre 3 a 16 kbar (Pattison *et al.*, 2003) e são muito importantes no estudo e compreensão da formação e evolução da crosta inferior. São rochas em que o ortopiroxênio é o mineral índice característico e são formadas por associações anidras com orto ou clinopiroxênio, feldspatos e granada; a presença de minerais aluminosos é comum em rochas félsicas ou aluminosas, tais como espinélio, cordierita, sillimanita ou cianita e óxidos de Fe e Ti, magnetita, hematita, ilmenita ou rutilo; quartzo pode estar presente ou não.

Um dos primeiros trabalhos a relacionar a gênese de granulitos à fusão foi o de Fyfe (1973) e hoje é comum a interpretação de que alguns granulitos félsicos, máficos e aluminosos representam o resíduo sólido da fusão, após extração do fundido, os quais são gerados pelo cruzamento de reações de fusão (Powell & Downes, 1990; Moraes *et al.*, 2002; White & Powell, 2002). A maioria dos granulitos é formada pelo cruzamento das reações de fusão no campo de estabilidade da sillimanita, porém, o cruzamento destas reações pode se dar no campo de estabilidade da cianita, em condições de pressões mais elevadas. Neste caso, o resíduo sólido formado normalmente não apresenta ortopiroxênio, mas sim a associação de cianita, granada, rutilo e ortoclásio, sendo que algumas dessas rochas acabam atingindo o pico metamórfico na fácies eclogito. As rochas de alta temperatura da Sequência Andrelândia na região de Três Pontas, MG, são ótimas exposições de granulitos caracterizados por tais condições de formação, apresentando cianita + granada + rutilo + ortoclásio + quartzo ± plagioclásio e leucossoma granítico.

Em muitos cinturões metamórficos as rochas de fácies granulito não ocorrem próximas as suas equivalentes formadas em condições de temperatura e pressão mais baixas, o que dificulta o estabelecimento da evolução dos processos de fusão entre os dois conjuntos. No entanto, na região de Três Pontas ocorrem, em *nappes* adjacentes, rochas com composições semelhantes e metamorfizadas em condições *P-T* distintas. Sendo assim, serão investigadas as rochas das *nappes* Carmo da Cachoeira, da fácies anfíbolito, e Três Pontas-Varginha, da fácies granulito de alta pressão, com o objetivo de estabelecer as condições metamórficas de formação das rochas de alta *T* e das unidades subjacentes. Por imprevistos no cumprimento do cronograma proposto no projeto inicial, os dados de microsonda eletrônica não serão apresentados neste trabalho.

## 1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo estabelecer relação entre condições de formação das rochas das *nappes* Carmo da Cachoeira e Três Pontas-Varginha (Trouw *et al.*, 2000a, Campos Neto *et al.*, 2004, Campos Neto *et al.*, 2010). Para isso, serão investigadas condições de *P-T* nos dois pacotes de rochas, a fim de definir as relações entre deformação, pico metamórfico e fusão desses pacotes.

## 1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área a ser investigada abrange as cidades de Três Pontas, Varginha e Carmo da Cachoeira, no sul do estado de Minas Gerais. O levantamento preliminar da área foi realizado com base nos mapas geológico, estrutural e metamórfico apresentado por Peternel (2000) que abrange a área entre essas três cidades. O acesso, de São Paulo até Carmo da Cachoeira, é dado pela Rodovia Fernão Dias (BR-381), no sentido São Paulo – Belo Horizonte, e pela Rodovia Estadual MG-167 que liga Três Pontas e Varginha. A Fig. 1 apresenta a localização das principais cidades da área e vias de acesso.

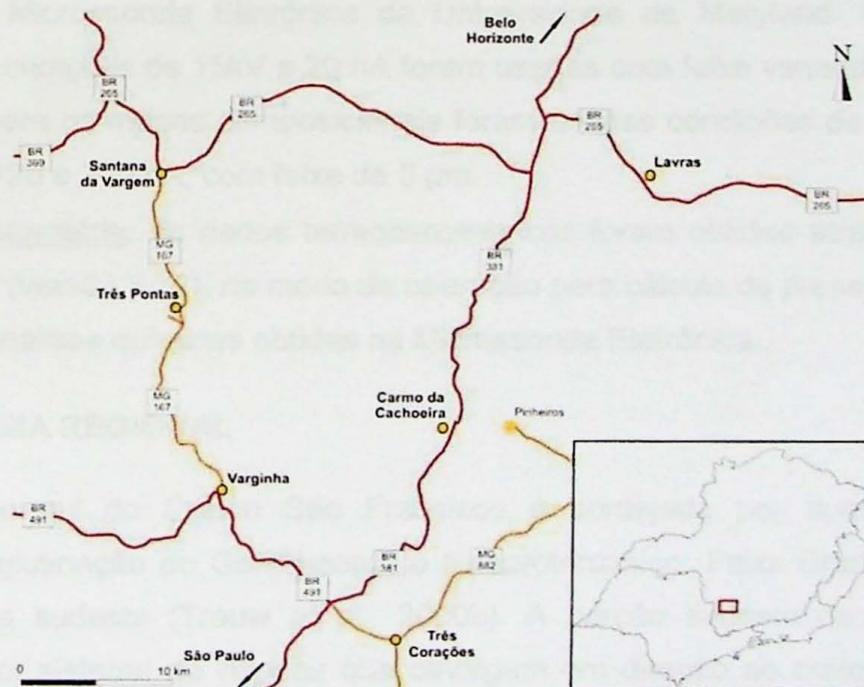


Figura 1: Localização das principais cidades da área e rodovias de acesso.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho contou com as seguintes etapas:

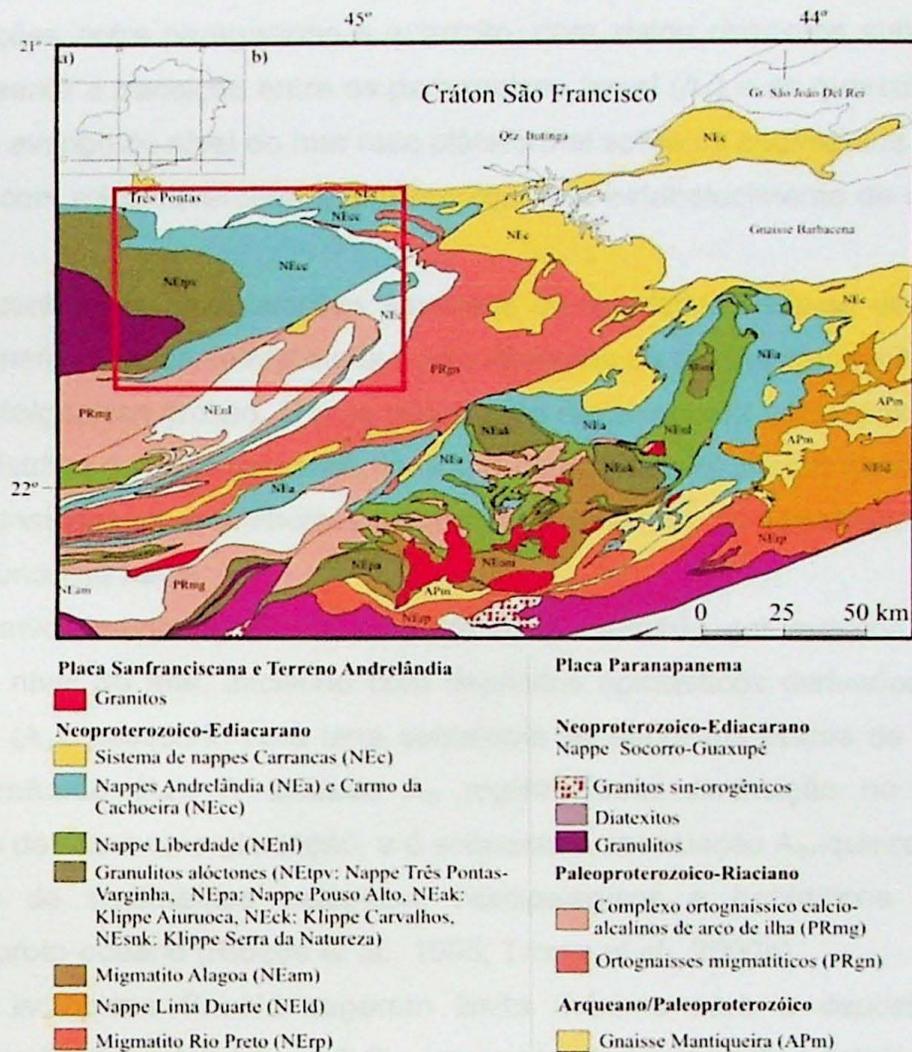
- Levantamento bibliográfico: referente à geologia regional da margem sul do Cráton São Francisco, envolvendo a geologia da Sequência Andrelândia, da Faixa Brasília;

posteriormente aos trabalhos já realizados nos terrenos de fácies granulito na Sequência Andrelândia; e também relativo a termos conceituais sobre granulitos, migmatitos, termobarometria e fusão.

- Trabalhos de campo: os trabalhos de campo foram divididos em duas etapas. Na primeira, foram realizados trabalhos descritivos e de amostragem na pedreira de Três Pontas, além de perfis regionais de reconhecimento da geologia em torno da pedreira. Na segunda etapa foram feitos perfis regionais entre Varginha e Palmital, estes para reconhecimento das rochas mais comuns da região de estudo e observação e descrição de afloramentos das amostras coletadas em trabalhos de campo prévios feitos pelo orientador e pelo Dr. Rodrigo Peternel, que gentilmente cedeu algumas das amostras para o presente estudo.
- Petrografia: a petrografia consistiu na descrição de 8 lâminas de metapelitos e metawackes pertencentes às *Nappe* Carmo da Cachoeira e 13 lâminas de granada-cianita-feldspato potássico granulito da *Nappe* Três Pontas-Varginha.
- Química Mineral: os dados de microsonda eletrônica incluem análises químicas de granada, feldspatos, muscovita e biotita. Os dados foram levantados pelo orientador no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Maryland. Para as análises convencionais condições de 15kV e 20 nA foram usadas com feixe variando entre 1 e 5  $\mu\text{m}$ , enquanto que para os mapas composicionais foram usadas condições de 15 kV e corrente variando entre 120 e 200 nA, com feixe de 5  $\mu\text{m}$ .
- Termobarometria: os dados termobarométricos foram obtidos através do programa THERMOCALC (versão 3.32), no modo de operação para cálculo de pressão e temperatura, com base nas análises químicas obtidas na Microsonda Eletrônica.

### 3 GEOLOGIA REGIONAL

A porção sul do Cráton São Francisco é bordejada por duas faixas móveis, associadas à aglutinação do Gondwana, o Neoproterozóico: Faixa Brasília, a oeste; e a Faixa Ribeira, a sudeste (Trouw *et al.*, 2000b). A porção sudeste da Faixa Brasília é caracterizada por sistema de *nappes* que cavalgam em direção ao cráton (Fig. 2) e com grau metamórfico crescente de principalmente de leste para oeste e de norte para sul, de xisto-verde a granulito e padrão invertido de metamorfismo (Trouw *et al.*, 2000b).



**Figura 2:** Mapa Geológico da porção sul do cráton São Francisco com a área de estudo indicada em vermelho. (Modificado de Campos Neto *et al.*, 2007).

Sobre infra estrutura constituída de gnaisses tipo TTG do Grupo Mantiqueira, com intercalações de corpos de anfibolito e rochas ultramáficas, representantes de *greenstone belts* (Ribeiro *et al.*, 1995; Trouw *et al.*, 2000b), desenvolveram-se nas margens da Placa São Franciscana três bacias proterozóicas (1,8 – 0,6 Ga), hoje representadas pelos: Grupos Carandaí, São João del Rei e, pela re-denominada Mega-Sequência Andrelândia (Ribeiro *et al.*, 1995; Trouw *et al.*, 2000b).

As Bacias Carandaí e São João del Rei são intracontinentais e de idade mesoproterozóica, enquanto a Bacia Andrelândia é de margem continental passiva e neoproterozóica. Esta pode ser subdividida em seis unidades ou associações (A<sub>1</sub>-A<sub>6</sub>) (Ribeiro *et al.*, 1995; Trouw *et al.*, 2000b), da base para o topo, constituídas de:

A<sub>1</sub> – Paragnaisse basal: biotita-gnaiss fino bandado, com corpos lenticulares de ortoanfibolito associados, que representa depósitos epiclásticos areníticos, derivados da erosão do embasamento;

A<sub>2</sub> – Intercalações entre paragnaisse e quartzito, com xistos cinzentos subordinados. Esta unidade representa a transição entre os paragnaisse basal (A<sub>1</sub>) e os quartzitos sobrepostos (A<sub>3</sub>) e marca o avanço do nível do mar raso plataformar sobre os sedimentos fluviais;

A<sub>3</sub> – quartzito com mica esverdeada, que representa o estabelecimento de um mar raso na plataforma;

A<sub>4</sub> – xisto cinzento, com intercalações escassas de quartzito. Trata-se de uma sucessão predominantemente pelítica, interpretada como resultado de brusca inundação marinha.

A<sub>5</sub> – biotita-xisto/gnaiss grosso. É uma associação representada por depósitos turbidíticos, com fluxo de detritos e seixos pingados, indicando uma possível origem glacial.

A<sub>6</sub> – xistos e gnaisses, com anfibolitos toleíticos provenientes de intrusões e derrames nos depósitos de fundo da bacia.

O desenvolvimento da Bacia Andrelândia é marcado por eventos de aumento e diminuição do nível do mar, iniciando com depósitos epiclásticos derivados da erosão do embasamento (A<sub>1</sub>), passando para uma sequência de depósitos típicos de mar raso (A<sub>2</sub> e A<sub>3</sub>) e mar profundo (A<sub>4</sub>). A unidade A<sub>5</sub> registra uma diminuição no nível do mar, provavelmente devido a uma glaciação, e é sobposta a associação A<sub>6</sub>, que registra o retorno da deposição de sedimentos pelágicos, hemipelágicos e turbidíticos formados pela deposição do proto-oceano (Ribeiro *et al.*, 1995; Trouw *et al.*, 2000b).

Dados isotópicos Sm-Nd sugerem limite máximo para a deposição da Mega-Sequência Andrelândia entre 1,2 e 1,0 Ga, enquanto idades de grãos detríticos de zircão de quartzitos pertencentes ao Grupo Carrancas, equivalente às associações A<sub>2</sub> e A<sub>3</sub>, indicam fonte predominante paleoproterozóica (Heilbron *et al.*, 2004). O metamorfismo tem idades de 630-580 Ma, para a Faixa Brasília, e de 605-560 Ma, para a Faixa Ribeira restringindo a idade de formação da bacia ao Neoproterozóico (Heilbron *et al.*, 2004).

Campos Neto *et al.* (2004), em contrapartida, caracterizam o terreno Andrelândia dividindo-o em sistemas de *nappes* de alta pressão estiradas e transportadas para ENE e NE. As *nappes* superiores apresentam rochas de alta temperatura e pressão (*Nappes* Três-Pontas Varginha, Pouso Alto e *Klippen* Carvalhos, Aiuruoca e Serra da Natureza). O conjunto é seguido pela *Nappe* Liberdade e pelas *Nappes* Carmo da Cachoeira e Aiuruoca-Andrelândia, na base (Campos Neto *et al.*, 2004). Grãos detríticos de zircão do xisto Santo Antônio, uma das unidades mais importantes do Terreno Andrelândia, fornecem idades entre  $962 \pm 12$  Ma e  $632 \pm 25$  Ma, com maior concentração há  $673 \pm 25$  Ma, mostrando que a fonte dessas rochas é neoproterozóica e que representam depósitos orogênicos do tipo *flysch* (Campos Neto *et al.*, 2004). Comparando os dados isotópicos de deposição de unidades diferentes atribuídas à Sequência Andrelândia, pode-se concluir que fontes diferentes estiveram envolvidas na formação dessas rochas.

As rochas do Sistema de *Nappes* Andrelândia apresentam aumento das condições do metamorfismo de leste para oeste e de norte para sul. A passagem da fácies xisto-verde para a fácies anfíbolito é marcada pela isógrada da estauroлита + cianita, seguida da isógrada da sillimanita. A isógrada da sillimanita desaparece a sudoeste de Andrelândia e reaparece mais ao sul. O desaparecimento da isógrada da sillimanita evidencia o início da anatexia na região de Andrelândia e Arantina e está associada à segunda fase deformacional (Trouw *et al.*, 1986, 2000; Heilbron *et al.*, 1989; Ribeiro *et al.*, 1990, 1995; Campos Neto & Caby, 1999, 2000). Na região de Pouso Alto, Varginha e Três Pontas ocorre a *Nappe* Pouso Alto e em Carvalhos, Aiuruoca e na Serra da Natureza três *klippen* homônimas e rochas da fácies granulito de alta pressão são observadas (Trouw *et al.*, 2000; Campos Neto & Caby, 1999, 2000; Cioffi, 2009; Motta, 2009). Para Campos Neto *et al.* (2007), a área apresenta complexo arranjo metamórfico segmentado em ambientes com padrões metamórficos distintos delimitados por contatos rúpteis de empurrão.

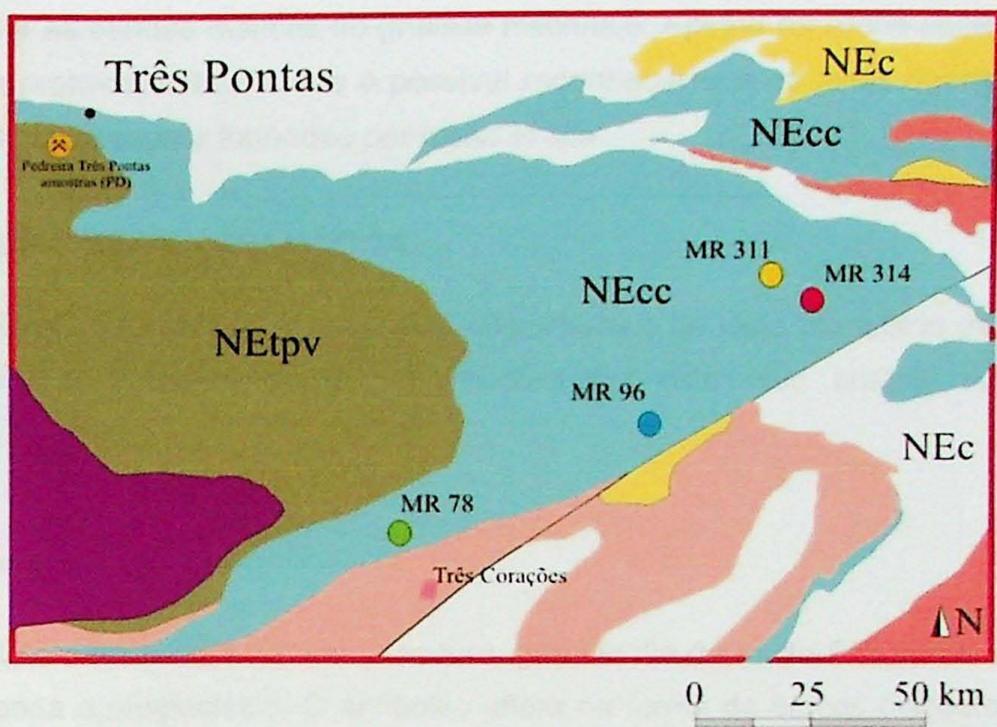
No Sistema de *Nappes* Andrelândia, os dados geoquímicos e isotópicos indicam que as rochas que o compõem foram formadas em diversos ambientes deposicionais e envolvendo várias áreas-fontes, o padrão metamórfico sugere evolução complexa em ambiente colisional, o que justifica o melhor uso de termos como Terreno Andrelândia ou Sistema de *Nappes* Andrelândia (Campos Neto *et al.* 2004, 2007, 2010) ao invés de Grupo Andrelândia, ou Sequência Andrelândia, ou ainda Mega-Sequência Andrelândia (Ribeiro *et al.* 1995; Trouw *et al.* 2000b).

#### **4 GEOLOGIA LOCAL**

Na primeira etapa de campo, nos arredores da cidade de Três Pontas e ao longo da estrada que liga Três Pontas a Santana da Vargem, puderam ser descritos quatro principais litotipos. Três deles fazem parte da infraestrutura arqueana-paleoproterozóica das sucessões de *nappes* e correspondem a ortognaisses associados a corpos de anfíbolito e de rochas ultramáficas. O quarto é o granulito de alta pressão descrito na pedreira Três Pontas, com corpos de anfíbolito associados.

Na segunda etapa de campo, foram feitos perfis regionais ao redor das cidades de Varginha e Palmital para reconhecimento e descrição de afloramentos amostrados previamente pelo orientador e pelo Dr. Rodrigo Peternel, correspondentes às rochas mais comuns que ocorrem a *Nappe* Carmo da Cachoeira.

A Fig. 3 apresenta o mapa geológico esquemático da região, modificado de Campos Neto *et al.* (2007), com os pontos amostrados em trabalhos de campo anteriores e mencionados em todo trabalho.



- |   |  |
|---|--|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Sistema de nappes Carrancas (NEc)   | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Granulitos   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightblue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Nappes Andrelândia (NEa) e Carmo da Cachoeira (NEcc)   | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Complexo ortognaissico calcio-alcalinos de arco de ilha (PRmg) |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: brown; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Granulitos alóctones (NEtpv: Nappe Três Pontas-Varginha, NEpa: Nappe Pouso Alto, NEak: Klippe Aiuruoca, NEck: Klippe Carvalhos, NESnk: Klippe Serra da Natureza) | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ortognaisses migmatíticos (PRgn)                                |

**Fig. 3** – Mapa geológico esquemático da área em estudo com indicação dos pontos amostrados nas Nappes Carmo da Cachoeira (NEcc) e Nappe Três Pontas-Varginha.

#### 4.1 Embasamento

O embasamento pré-Cambriano na região de Três Pontas aflora no trecho que liga as cidades de Três Pontas e Santana da Vargem.

##### 4.1.1 GNAISSE MIGMATÍTICO

Ao longo da estrada que liga a cidade de Três Pontas a Santana da Vargem, aflora em corte de estrada e em matacões, rocha de cor branca-cinza, com bandamento composicional decimétrico, diferenciando bandas quartzo-feldspáticas e bandas ricas em biotita.

As bandas quartzo-feldspáticas são leucocráticas, apresentam matriz inequigranular média, com porfiroclastos centimétricos de feldspato, alongados segundo a foliação milonítica e leitos finos, milimétricos, de quartzo recristalizado. As bandas são afetadas por dobras intrafoliais. A foliação milonítica mergulha com altos ângulos para sul. Em alguns afloramentos descreve-se rocha de cor de alteração vermelha rica em biotita e que deve

corresponder às bandas máficas do gnaiss milonítico. Apesar da rocha apresentar foliação milonítica a proto-milonítica, ainda é possível reconhecer que os leitos quartzo-feldspáticos são veios de leucossoma formados por fusão *in situ*.

#### **4.1.2 ROCHA METAULTRAMÁFICA**

Ao longo da estrada observam-se afloramentos de xisto crenulado de cor branca e granulação fina. Trata-se de tremolita-talco-clorita xisto com cristais milimétricos de magnetita.

#### **4.1.3 ANFIBOLITO**

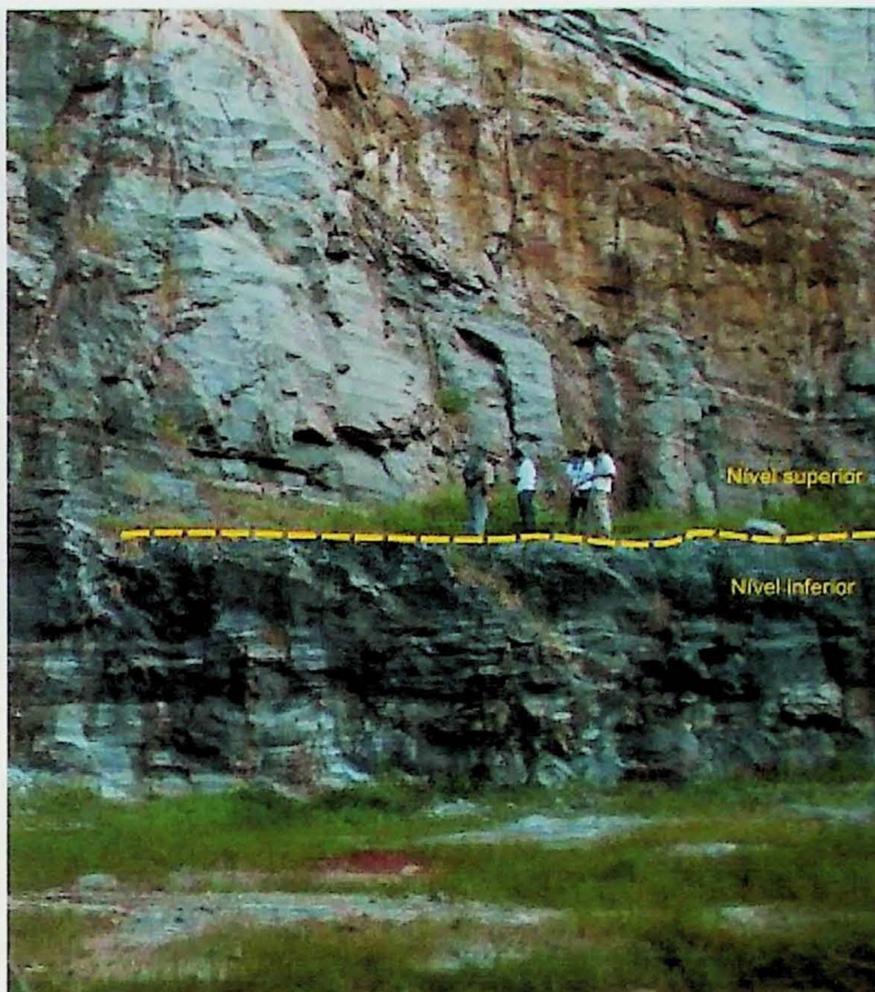
O litotipo apresenta cor verde escura, granulação de muito-fina a fina, e é composto por hornblenda e plagioclásio. O anfibolito aflora na forma de blocos dispostos em regiões dominadas pelo gnaiss. A deformação ocorre em graus variados, desde foliação incipiente, com textura blasto porfirítica, com plagioclásio de até 5mm, até foliação bem desenvolvida com textura nematoblástica e recristalização de toda a rocha.

#### **4.2 Unidades metapelíticas: Nappe Três Pontas-Varginha e Nappe Carmo da Cachoeira**

As *Nappes* Três Pontas-Varginha e a Nappe Carmo da Cachoeira são unidades que compõem o Terreno Andrelândia, formado por sistema de *nappes* que cavalgam em direção ao cráton. A primeira, superior, apresenta rochas de alta pressão e temperatura e a segunda, é constituída de rochas metamorizadas em fácies anfibolito.

##### **4.2.1 Nappe Três Pontas-Varginha – Pedreira Três Pontas**

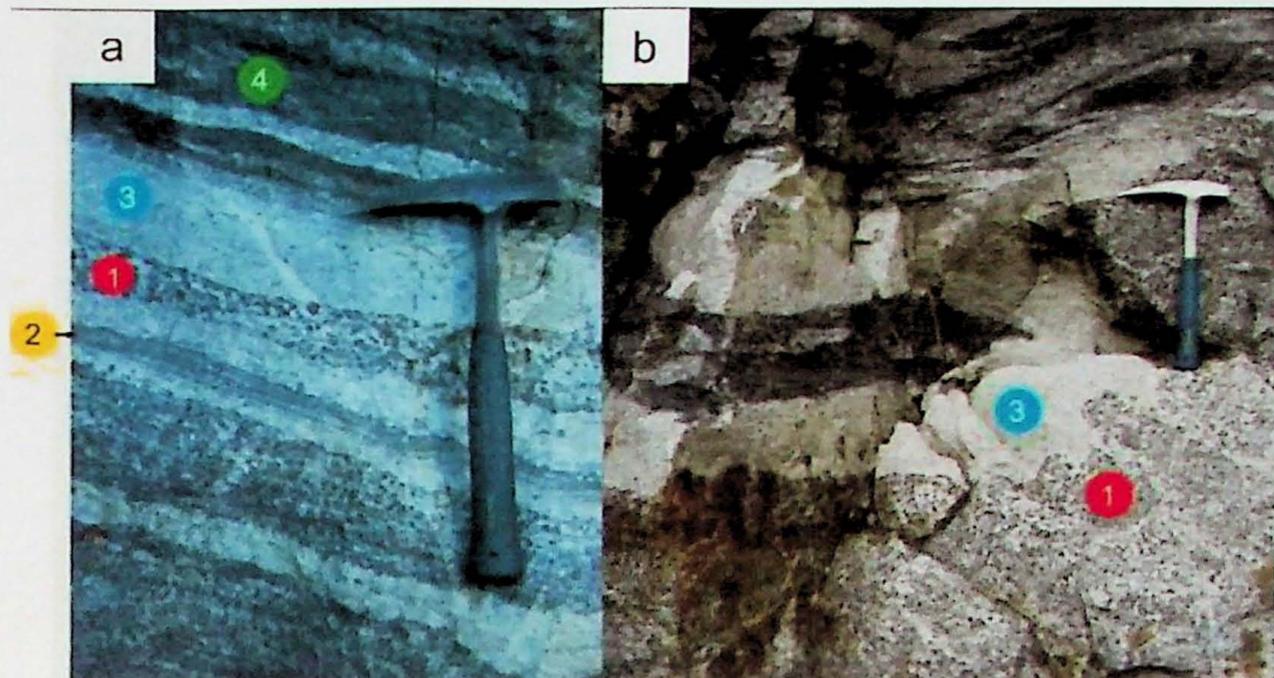
A pedreira Três Pontas é ótima exposição das rochas de fácies granulito da *Nappe* Três Pontas-Varginha, portanto, para melhor descrevê-la, é feita a divisão em dois níveis da pedreira, superior e inferior (Fig. 4).



**Figura 4:** Pedreira Três Pontas com a indicação dos níveis superior e inferior.

O nível inferior tem aproximadamente 4 metros de altura e nele aflora granulito bandado, com leucossoma, paleossoma e granulito (resíduo), relacionados entre si na forma de intercalações de lentes decimétricas concordantes com a foliação do granulito e do paleossoma (Fig. 5a). O neossoma ocorre também na forma de bolsões e veios irregulares que cortam de forma aleatória o paleossoma (Fig. 5b).

No neossoma ocorrem intercalados leitos de leucossoma (indicado pelo número 3), granulito (resíduo) (indicado pelo número 1) e leitos centimétricos ricos em biotita (número 2). A diferenciação desses leitos está relacionada à composição inicial das bandas, que fundem em graus diferentes de acordo com a quantidade de muscovita, biotita e proporção original entre quartzo e feldspatos.



**Figura 5:** (a) Intercalações decimétricas entre leucossoma (3), granulito (1 - resíduo), camadas ricas em biotita (2) e anfibolito (4). Nesse caso, o contato entre essas porções é transicional e retilíneo; (b) Bolsões irregulares de leucossoma (3) em contato transicional com o granulito (1).

O granulito é caracterizado por rocha de cor cinza, homogênea e foliada ou por rocha com sem foliação (Fig. 4 destacado com número 1); granada, cianita e rutilo definem a foliação da rocha. Contém porfiroblastos de até 2 cm de granada e cianita, que juntos perfazem até 35% da mineralogia da rocha. Atenta-se à ocorrência, em todo o afloramento, de lentes centimétricas compostas quase que essencialmente de granada. O resto da mineralogia é composta por quartzo e feldspato potássico.

O contato entre o granulito e o leucossoma é disforme nos veios e bolsões de leucossoma (Fig. 6), ou retilíneo e abrupto quando estas fases se intercalam paralelamente ao bandamento do granulito. Neste caso observa-se a formação de pequenos leitos finos de concentração de biotita, provavelmente, correspondente à biotita retrógrada.

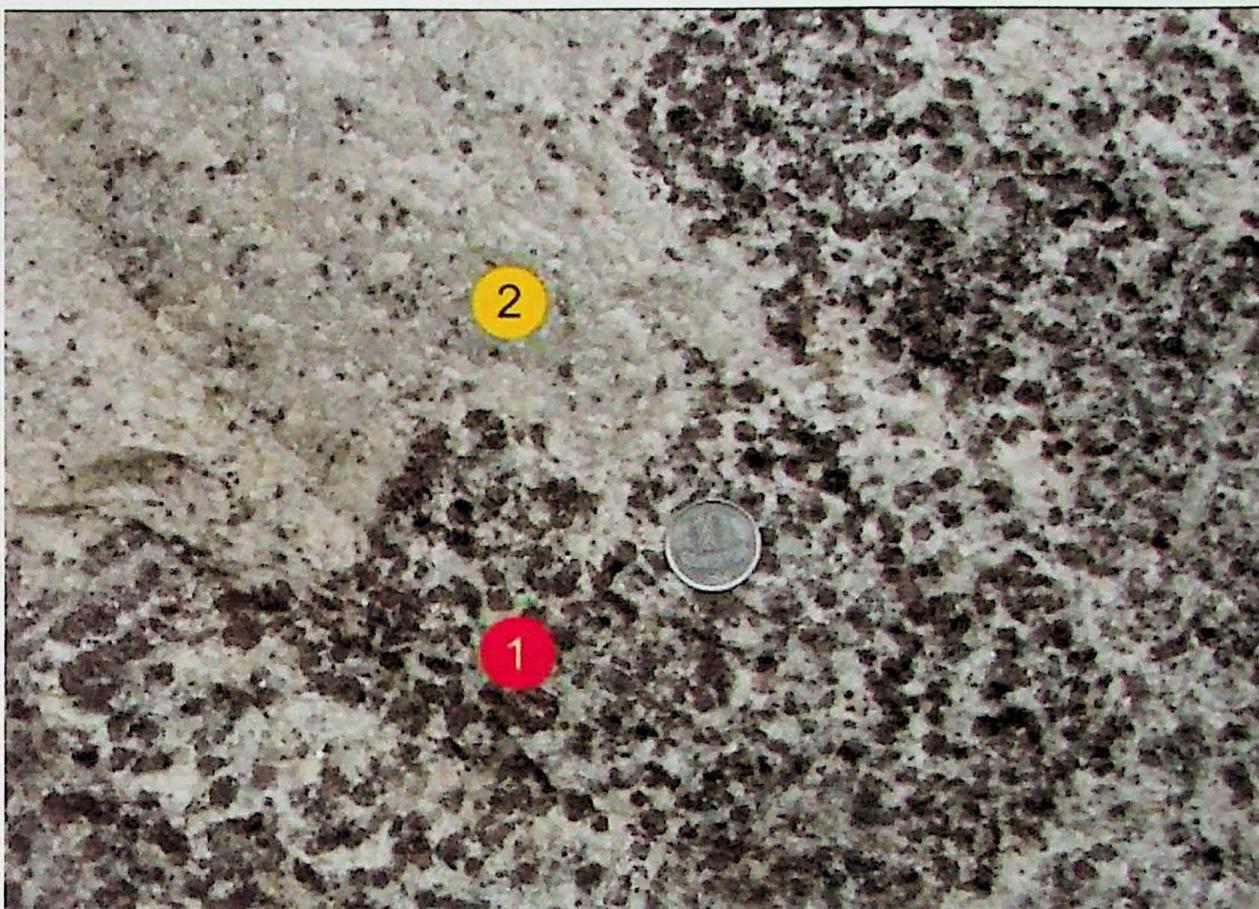


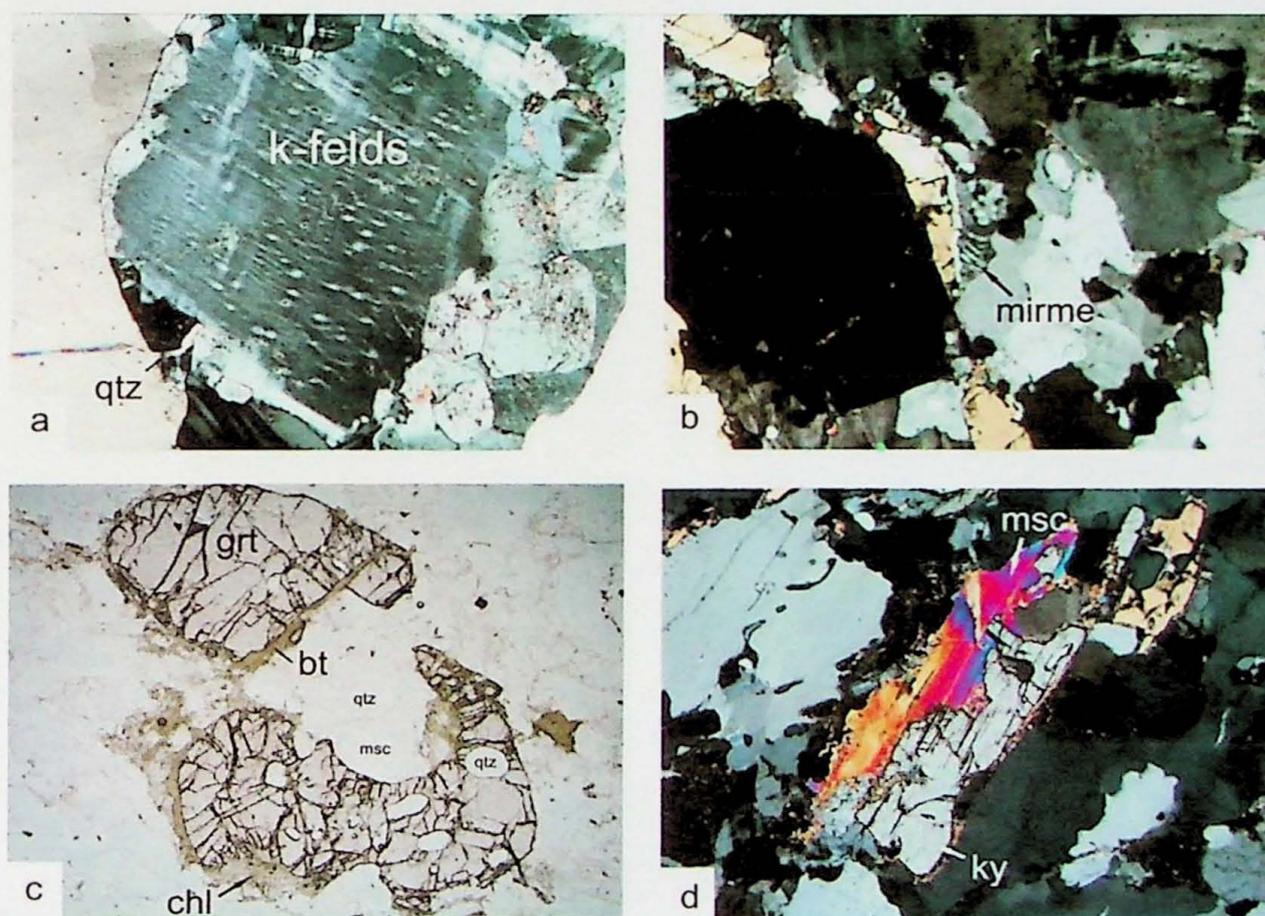
Figura 6: Contato transicional entre granulito (1) e leucossoma (2).

O leucossoma tem cor branca, granulação média, foliação incipiente definida pela orientação de quartzo e feldspatos. A rocha é composta basicamente por matriz quartzo-feldspática granoblástica em que quartzo e feldspato perfazem mais de 85% em volume, com adição de granada, cianita, monazita, zircão, apatita e rutilo. Os porfiroblastos de cianita e granada apresentam, em média, 3 a 6 mm, mas localmente podem atingir entre 1 e 2 cm.

O feldspato potássico, juntamente com quartzo, é um dos principais minerais componentes da matriz, representando de 30% a 40% da composição modal em lâmina. Apresenta-se na forma de grãos com geminação cruzada e contatos retos, formando junções triplíceis, a irregulares, com contatos levemente lobados. Pertita e sobre-crescimento nas bordas de feldspato potássico são comuns (Fig. 7a). O quartzo ocorre na forma de cristais com granulação fina-média, com contatos retos e alongados segundo orientação preferencial conferindo a rocha foliação incipiente. A composição do plagioclásio é oligoclásio, compõe menos de 10% da matriz e forma, quando em contato com feldspato potássico, textura mirmequítica (Fig. 7b). Na matriz quartzo-feldspática são frequentes texturas tipicamente associadas à presença de fundido, como grãos com terminações cúspide permeando cristais maiores da matriz e sobre-crescimento de feldspato potássico em grãos maiores do mesmo mineral. A granada, juntamente com a cianita, compõe de 10-

15% da rocha, como principais minerais máficos. A granada ocorre na forma de grãos de até 1 cm, subidioblásticos a idioblásticos, frequentemente fraturados e com inclusões abundantes de quartzo, biotita e rutilo. Localmente, se observa grãos sendo bordejados por biotita e clorita, resultado de retrometamorfismo (Fig. 7c). A cianita, na forma de porfiroblastos milimétricos dispostos segundo a foliação da rocha, aparece com inclusões de quartzo e, em alguns grãos, é parcialmente substituída por muscovita (Fig. 7d). Cristais de muscovita e biotita são raros e aparecem isolados na matriz. Monazita, zircão rutilo e ilmenita são os principais minerais acessórios.

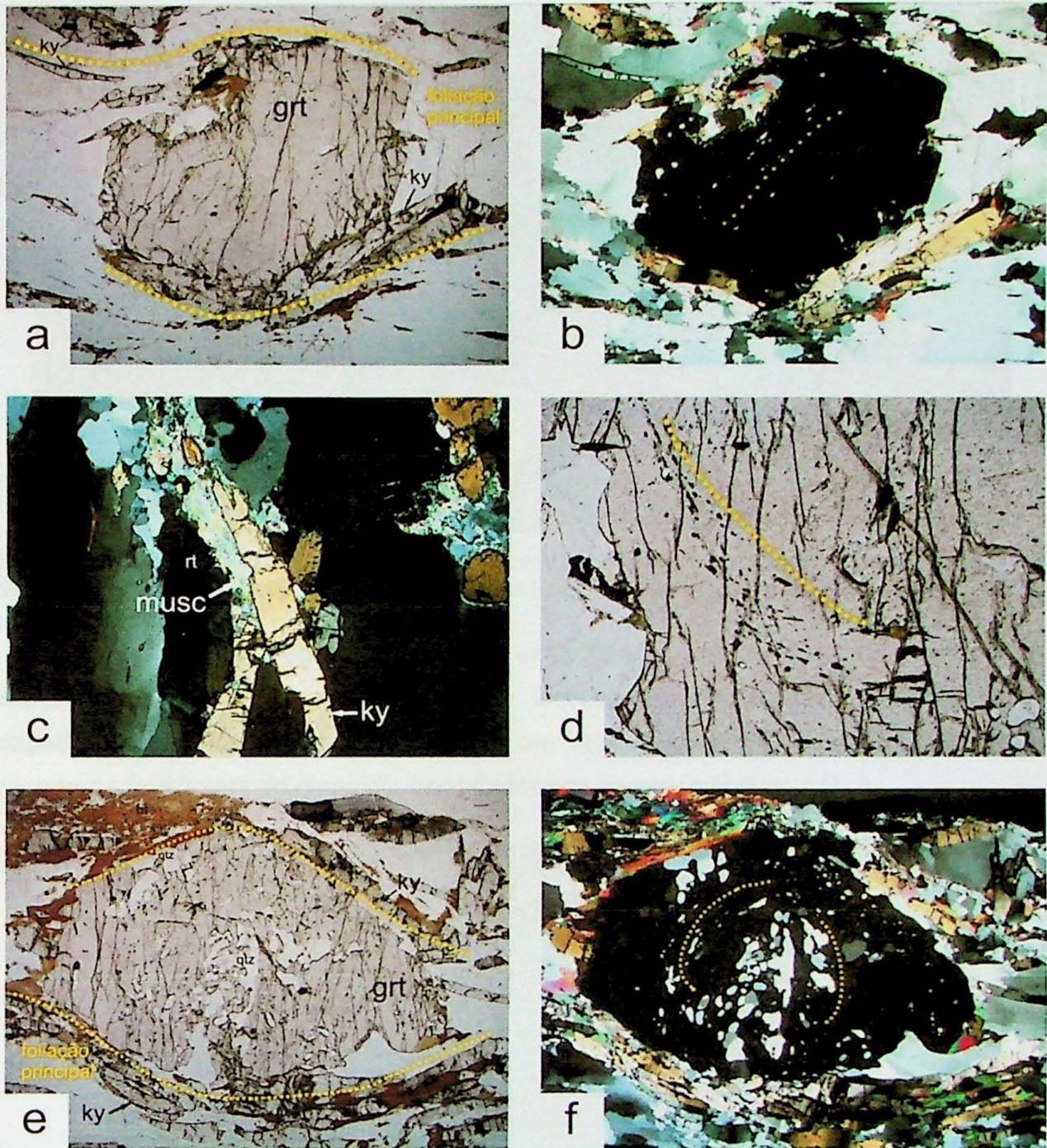
Na lâmina PD6B ocorre o contato abrupto entre o leucossoma e o granulito, caracterizado por leitos milimétricos de granulação fina ricos em biotita, marcando forte foliação. Cristais de muscovita, rutilo e monazita são comuns.



**Figura 7** – (a) Feldspato potássico com lamelas de exsolução e bordas de sobre-crescimento; (b) Mirmequita (mirme); (c) Porfiroblasto de granada (grt) com fraturas preenchidas por biotita (bt) e clorita (chl) ; (d) Porfiroblasto de cianita (ky) parcialmente substituído por muscovita (msc). Largura das fotos: a, c e d – 3,25 mm; b – 1,63 mm.

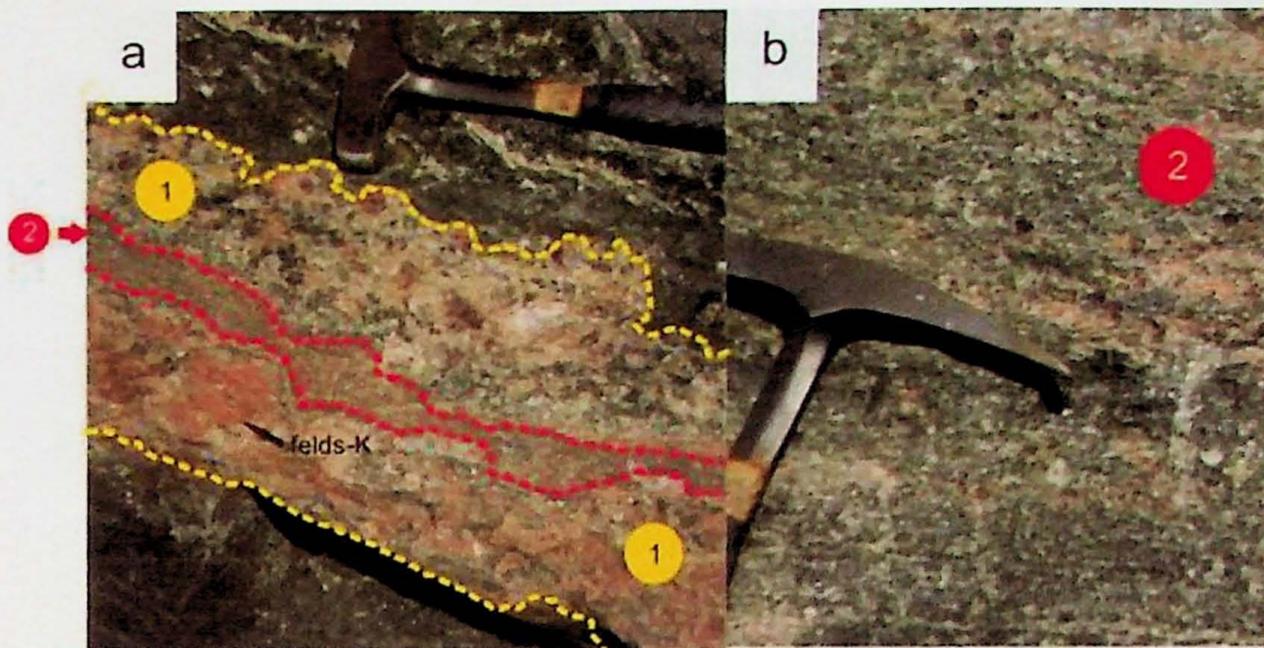
O granulito de cor cinza é rico em porfiroblastos de granada e cianita e apresenta foliação incipiente definida por leitos milimétricos quartzo-feldspáticos e leitos ricos em biotita. A granulação é média-grossa e o contato com o leucossoma é transicional.

Em lâmina, o granulito é composto por cianita, biotita, rutilo e granada. A cianita representa cerca de 25% da composição modal, são cristais milimétricos orientados que definem, juntamente com a biotita, foliação anastomosada que amolda porfiroblastos idioblásticos e subdioblásticos de granada (Fig. 8a e 8e). Alguns cristais estão parcialmente substituídos por muscovita (Fig. 8c). Os porfiroblastos de granada são pré a sin-cinemáticos, com abundantes inclusões de quartzo, biotita e monazita, além de rutilo formando trilhas de inclusões orientadas (Fig. 8b, 8d e 8f); raramente são observadas inclusões de estaurolita. A biotita é abundante perfazendo cerca de 15-20% da composição e pode estar parcialmente substituída por clorita. Ainda ocorrem *ribbons* de quartzo dentro do granulito, com grãos de contatos irregulares serrilhados a levemente lobados, extinção ondulante, localmente com desenvolvimento de sub-grãos.



**Figura 8** – (a) Porfiroblasto de granada (grt) sendo amoldada pela foliação principal (sn); (b) Trilha de inclusões finas de quartzo; (c) Cianita (ky) parcialmente substituída por muscovita (musc); (d) Trilha de inclusões de rutilo; (e) Foliação anastomosada definida por cianita (ky) e biotita (bt) amoldando porfiroblasto de granada (grt) intercinemática; (f) Trilha circular de inclusões de quartzo. Largura das fotos: a, b, e, f – 10,40 mm; c – 3,25 mm; d – 5,20 mm.

No nível superior da pedreira, ocorrem camadas decimétricas de granito rosa, ricas em feldspato potássico. Trata-se de rocha com aspecto pegmatóide, deformado, com cristais centimétricos de quartzo, hornblenda e feldspato potássico (Fig. 9a). Essas camadas se intercalam com leitos também rosados, de granulação média-grossa, com foliação incipiente e compostos por feldspato potássico, quartzo, cianita, granada, muscovita e biotita (Fig. 9b).



**Figura 9:** (a) Granito róseo maciço e pegmatóide (1), com megacristais de feldspato potássico de até 4 cm. (b) Nível rosados com foliação incipiente (2), composto por cianita, granada e biotita definindo a foliação.

No nível inferior, ocorrem leitos de anfibolito de granulação média composta de hornblenda, plagioclásio, granada e diopsídio. O anfibolito apresenta lentes e veios quartzo-feldspáticos centimétricos e conectados, que ora seguem e ora truncam a foliação (Fig. 10), contendo porfiroblastos de diopsídio bordejados por hornblenda (Fig. 11).

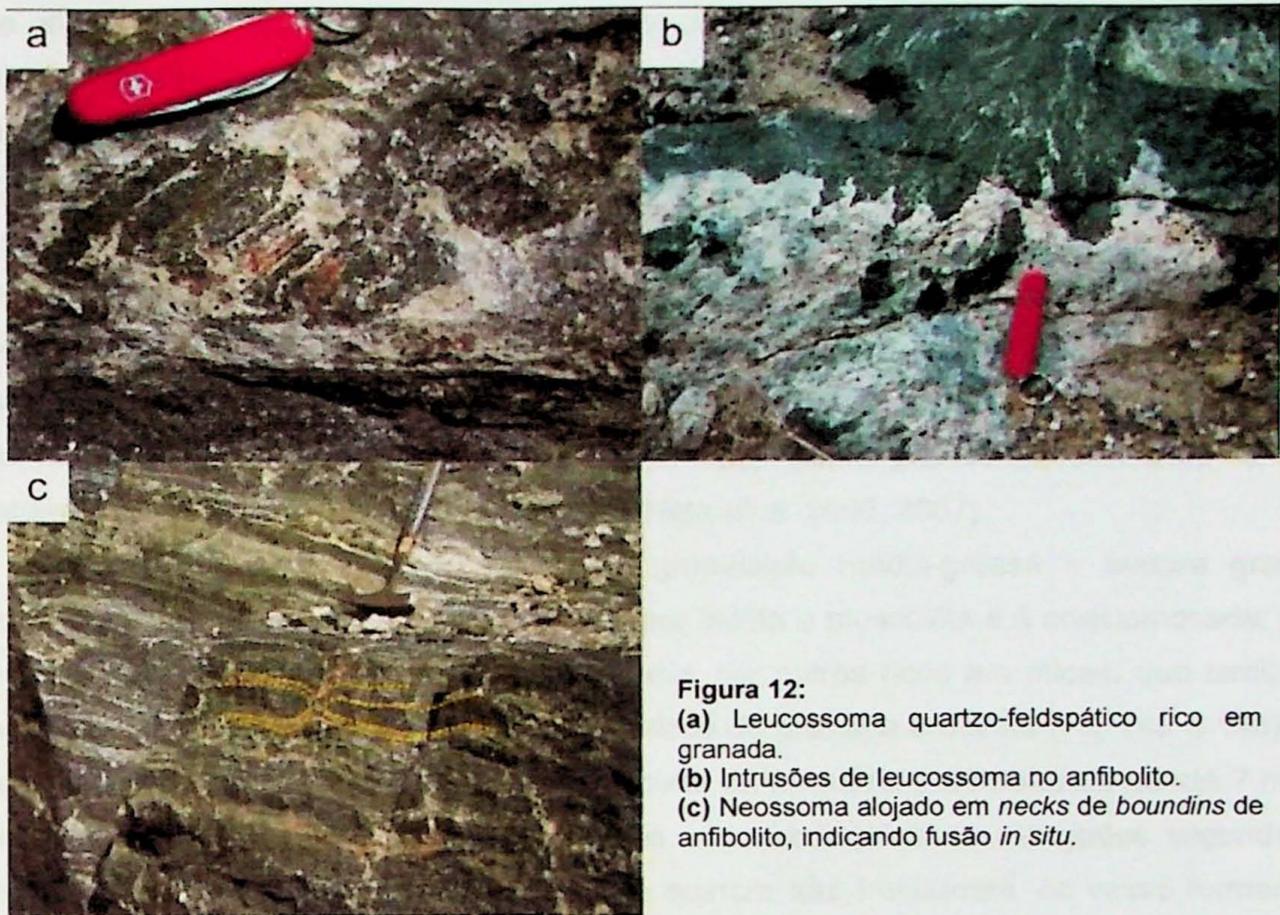


**Fig. 10** – Contato regular entre anfibolito e granulito migmatítico. O anfibolito apresenta veios e lentes decimétricas disformes de composição quartzo-feldspática e coloração branca.

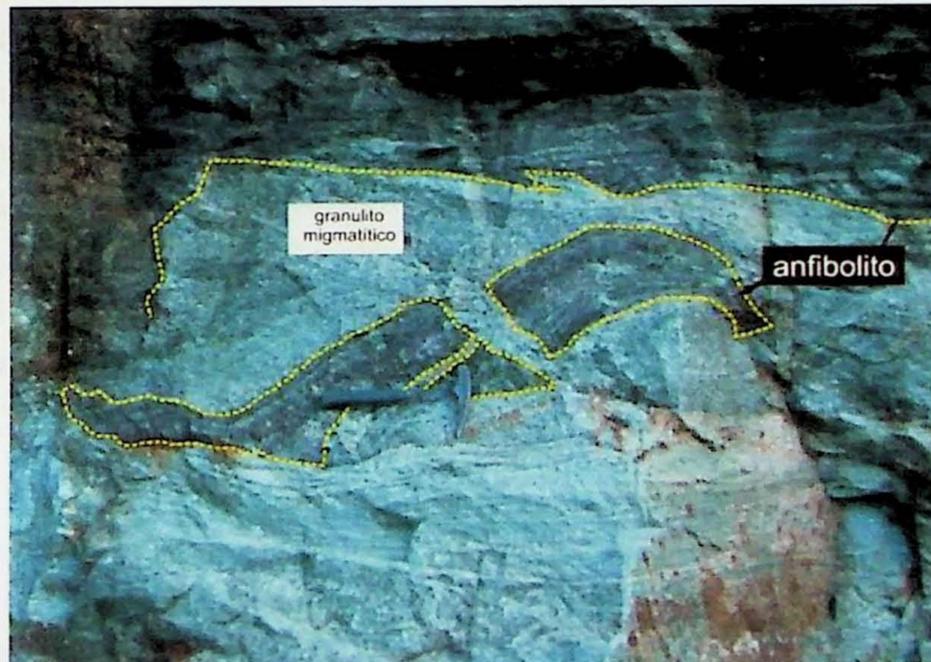


Figura 11 – Porfiroblastos de diopsídio bordejado por cristais de hornblenda.

O leucossoma quartzo-feldspático contém granada (Fig. 12a) ou diopsídio, apresenta contatos bruscos e intrusivos (Fig. 12b) ou transicionais com o anfibolito, mas se alojando na forma de bolsões disformes e em *necks* de pequenos *boundins*, indicando ter sido formado por anatexia *in situ* do anfibolito (Fig. 12c). Alguns blocos de granulito máfico estão envoltos por grande volume de leucossoma, fundido proveniente do granulito félsico, e formam camadas desmembradas próximo ao contato das duas rochas (Fig. 13). O leucossoma produzido pela fusão do granulito máfico apresenta granada e diopsídio, sendo raro, apresentar os dois minerais nos mesmos domínios.



**Figura 12:**  
**(a)** Leucossoma quartzo-feldspático rico em granada.  
**(b)** Intrusões de leucossoma no anfibolito.  
**(c)** Neossoma alojado em *necks* de *boundins* de anfibolito, indicando fusão *in situ*.



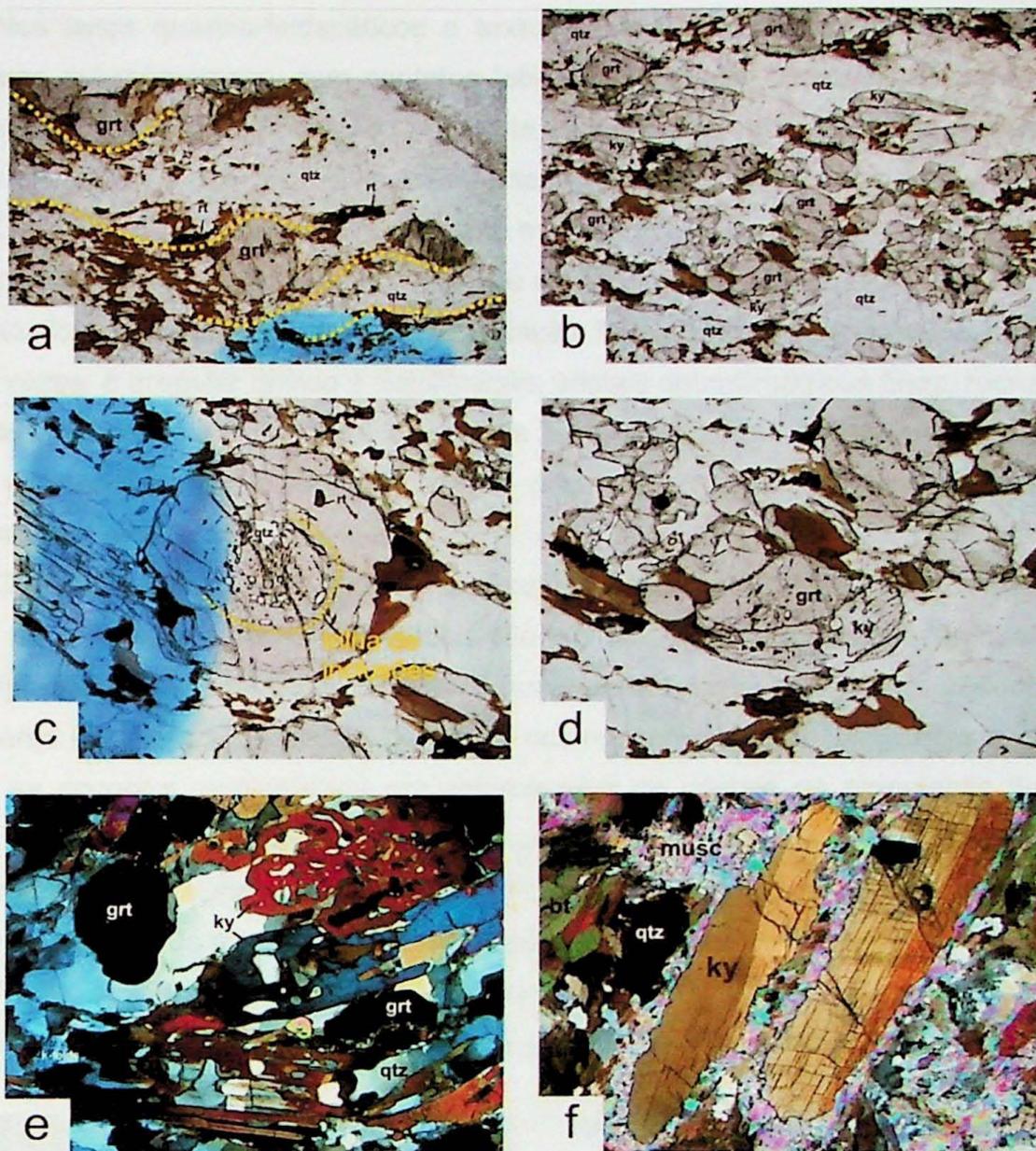
**Figura 13** – Xenólito de anfibolito rompido por veio de neossoma do granulito migmatítico.

#### 4.2.2 *Nappe* Carmo da Cachoeira

A *Nappe* Carmo da Cachoeira apresenta variedade de litotipos observada tanto em afloramento como na petrografia. Estes litotipos foram amostrados na região entre Varginha, Carmo da Cachoeira e Palmital. No mapa de pontos da Fig. 3 são indicadas a localização

dos afloramentos. Estas amostras fazem parte da coleção do orientador, foram coletadas pelo Dr. Rodrigo Peternel e gentilmente cedidas para o presente estudo. A maior parte é da *Nappe Carmo da Cachoeira* e correspondem a granada-biotita-quartzo xisto ou gnaiss, localmente, com cianita e muscovita e ampla variação na quantidade de feldspato potássico e plagioclásio. A *Nappe Carmo da Cachoeira* é constituída de rochas metapelíticas e metawackes metamorizadas em fácies anfíbolito que, assim como as rochas da pedreira, pertencem à associação de litofácies  $A_6$ , definida por Ribeiro *et al.* 1995 e Trouw *et al.* 2000b, porém foram formadas em condições de temperatura e pressão da fácies anfíbolito. Os metassedimentos pelíticos correspondem ao cianita-granada-biotita xisto e os metawackes ao Xisto Santo Antônio (Campos Neto *et al.* 2005, 2007).

Os xistos descritos têm cor cinza, granulação média-grossa e textura grano-lepidoblástica. A foliação principal é marcada por biotita e muscovita e é anastomosada, em que domínios ricos em quartzo são contornados por outros ricos em micas, que também abrigam porfiroblastos subdioblásticos milimétricos de granada e cianita (Fig 14a e 14b). A granada é presente em todas as lâminas e ocorre na forma de porfiroblastos de até 7 mm, concentrados nos leitos micáceos. Os cristais são subdioblásticos alongados segundo a foliação. Inclusões de biotita, rutilo, opacos e quartzo são frequentes, às vezes formando trilhas de inclusões orientadas (Fig 14c). A granada pode ocorrer fraturada, com preenchimento de clorita e biotita. Em algumas lâminas chega a representar 15% da rocha. A cianita apresenta-se como prismas alongados segundo a foliação ou oblíquos a ela. A cianita é abundante na lâmina MR311, na qual perfaz cerca de 25% da proporção modal. Nesta lâmina, apresenta granulação média, com cristais de até 5 mm e pode estar geminada ou dobrada, acompanhando a foliação anastomosada (Fig 14d). Inclusões de quartzo, rutilo e muscovita são comuns (Fig 14e). Na lâmina MR322, cristais de cianita ocorrem parcialmente substituídos e pseudomorfizados por muscovita retrometamórfica (Fig 14f).



**Fig 14 – (a)** Foliação localmente crenulada definida por biotita (bt) amoldando porfiroblastos de granada (grt); **(b)** Diferenciação de leitos ricos em máficos, cianita (ky) e granada (grt), associados a biotita (bt) e rutilo (rt), como acessório; **(c)** Porfiroblasto de granada (grt) com trilha circular de inclusões de quartzo (qtz) e rutilo (rt); **(d)** Cristais de cianita (ky) definindo a foliação anastomosada; **(e)** Cianita poiquiloblástica com inclusões de quartzo; **(f)** Muscovita (musc) substituindo e pseudomorfisando cianita (ky). Largura das fotos: a, b – 10,40 mm; c, d, e, f – 3,25 mm.

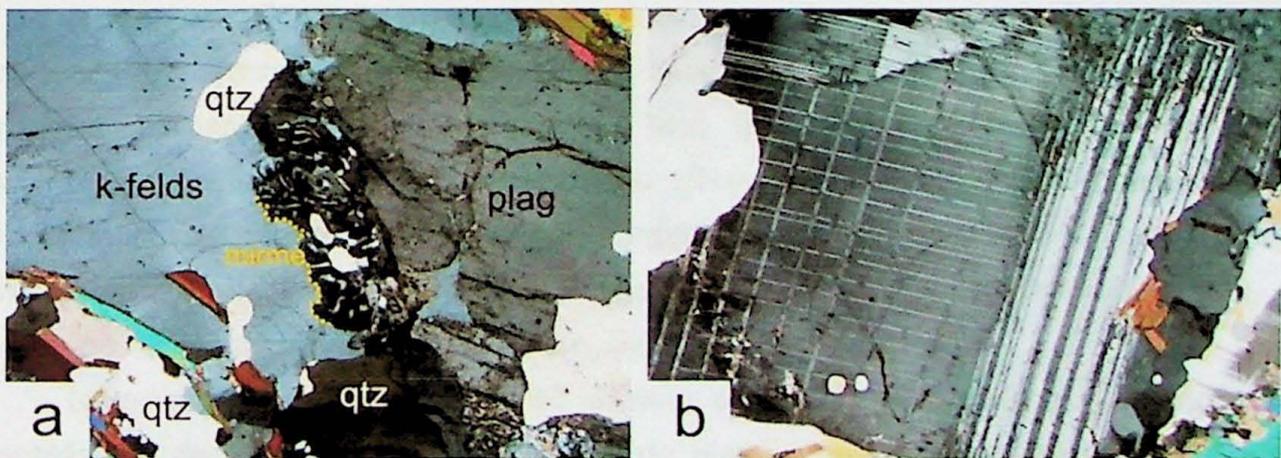
A muscovita e a biotita ocorrem como cristais subdioblásticos de granulação fina a média e definem a foliação principal ( $S_n$ ) da rocha, podendo haver o crescimento de muscovita perpendicular a foliação. Ambas ocorrem associadas a opacos. A biotita tem pleocroísmo de marrom escuro a laranja e é frequentemente bordejada por clorita, fase retrometamórfica. A muscovita eventualmente está dobrada, com extinção ondulante. Nas lâminas MR311 a muscovita é ausente, mas pode chegar a significar mais de 35% da composição modal das rochas em outras amostras. A proporção de biotita varia de 10% a 20%.

Nos leitos quartzo-feldspáticos a textura é granoblástica, com quartzo em faixas lenticulares submilimétricas, com contatos lobados, indicando migração de borda de grão, até contatos serrilhados; extinção ondulante, bandas de deformação e sub-grãos são comuns. O quartzo é o mineral mais abundante nas lâminas, chegando a 40%.

O plagioclásio é comum e ocorre com maior proporção nas lâminas MR 314 e MR78, podendo representar até 25% da composição modal da lâmina. Ocorre na forma de cristais subdioblásticos a xenoblásticos, com granulação fina a média e geminação polissintética que, às vezes, é irregular devido à deformação; cristais submilimétricos finos, recristalizados ou cristais maiores com contatos irregulares também ocorrem. Neste caso, é comum a textura mirmequítica na borda dos cristais (Fig 15a). A composição do plagioclásio é andesina, com teor de anortita de  $An_{30}$ .

O feldspato potássico é abundante apenas na lâmina MR-311A, representando cerca de 25% da composição modal. Os cristais são subdioblásticos de granulação fina a média, com geminação em grade predominante, alguns cristais maiores podem apresentar sobre-crescimento (Fig 15b). O feldspato potássico ocorrer com contatos irregulares a retos, este quando se encontra recristalizado em aglomerados de cristais de granulação fina. Nesta lâmina a muscovita é ausente, sugerindo seu consumo para a formação de feldspato potássico, inferindo temperaturas de metamorfismo de pelo menos da fácies anfibolito superior, mais altas do que as de fácies anfibolito como sugerido por Peternel (2000).

Rutilo, apatita, monazita, zircão e minerais opacos são os principais acessórios. Eles ocorrem geralmente inclusos ou associados a granada, cianita, biotita e muscovita.



**Figura 15 – (a)** Textura mirmequítica no contato entre plagioclásio (plag) e feldspato potássico (k-felds); **(b)** Feldspato potássico com geminação cruzada e sobre-crescimento. Largura da foto: 3,25 mm.

## 5 QUÍMICA MINERAL

Foram realizadas análises químicas com a microsonda eletrônica nas amostras coletadas na *Nappe Carmo da Cachoeira e Três Pontas-Varginha*. As análises foram dos seguintes minerais: granada, biotita, muscovita, plagioclásio e feldspato potássico.

### 5.1 Granada

As análises consistem em perfis composicionais realizados em porfiroblastos de granada das amostras MR96, MR311, PD3B e PD6B. As amostras com sigla MR correspondem aos xistos, xistos feldspáticos e gnaisses da *Nappe Carmo da Cachoeira* e as amostras com sigla PD correspondem à porções do granulito félsico da pedreira de Três Pontas da *Nappe Três Pontas-Varginha*.

#### 5.1.1 Granada na *Nappe Três Pontas-Varginha*

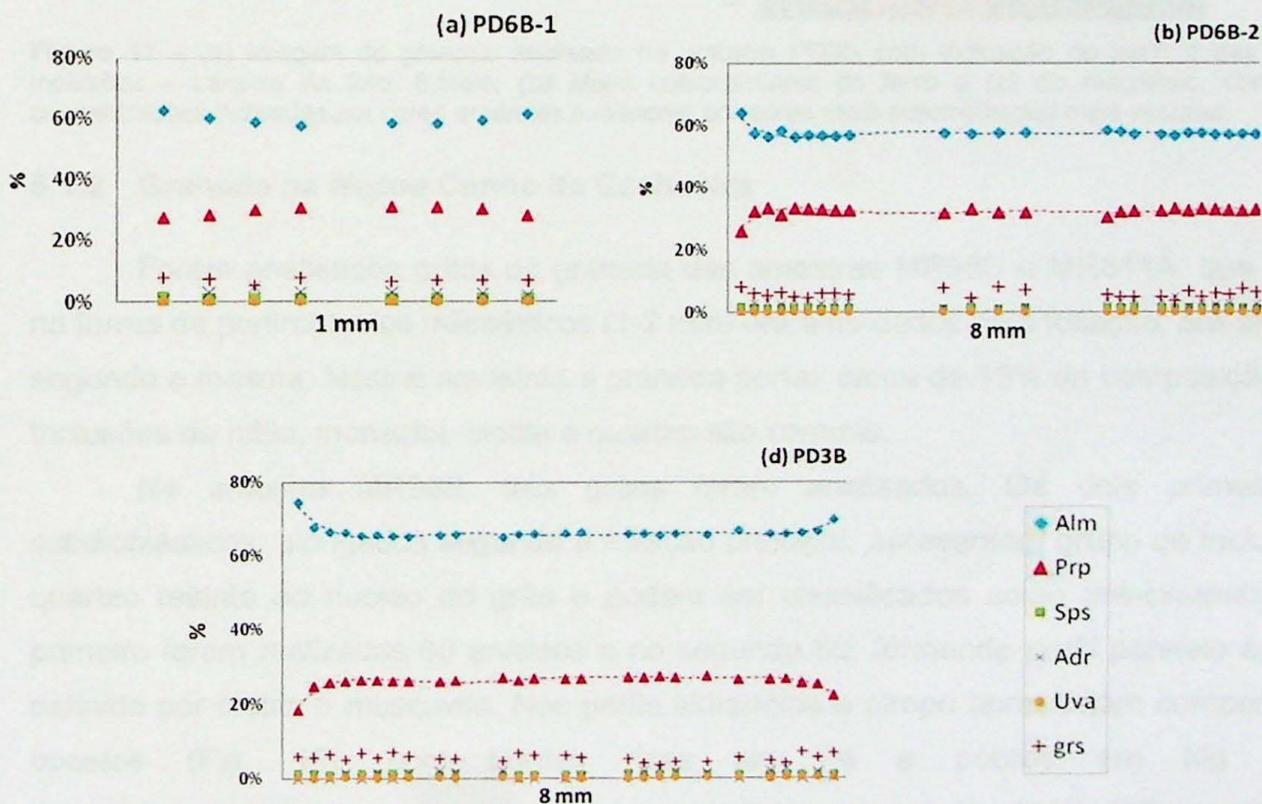
Na pedreira de Três Pontas foram analisados grãos de granada nas amostras PD6B e PD3B, que correspondem respectivamente ao leucossoma e melanossoma do granulito migmatítico descrito. Nestas amostras a granada representa de 5-10% da composição modal e são porfiroblastos, até centimétricos, classificados como pré a sin-Sn. Inclusões de rutilo, monazita, biotita e, principalmente, quartzo são abundantes. Em alguns grãos, as inclusões de quartzo formam trilhas orientadas discordantes da foliação principal (Sn) da rocha.

Na amostra PD6B foram analisados dois grãos. O primeiro é subdioblástico, com 1 mm e não apresenta inclusões. Neste grão foram feitos 10 análises ao longo de perfil paralelo a foliação principal da rocha. Nos gráficos de composição observa-se predominância dos membros almandina e piropo, que apresentam comportamento complementares. Observa-se que as bordas ( $\text{alm}_{64,13}\text{prp}_{24,75}\text{grs}_{7,42}\text{adr}_{2,02}\text{sps}_{1,68}\text{uva}_{0,00}$ ) apresentam enriquecimento gradativo homogêneo de Fe e empobrecimento de Mg, em relação ao núcleo ( $\text{alm}_{57,65}\text{prp}_{30,75}\text{grs}_{7,66}\text{adr}_{3,02}\text{sps}_{0,84}\text{uva}_{0,08}$ ) (Fig 16a).

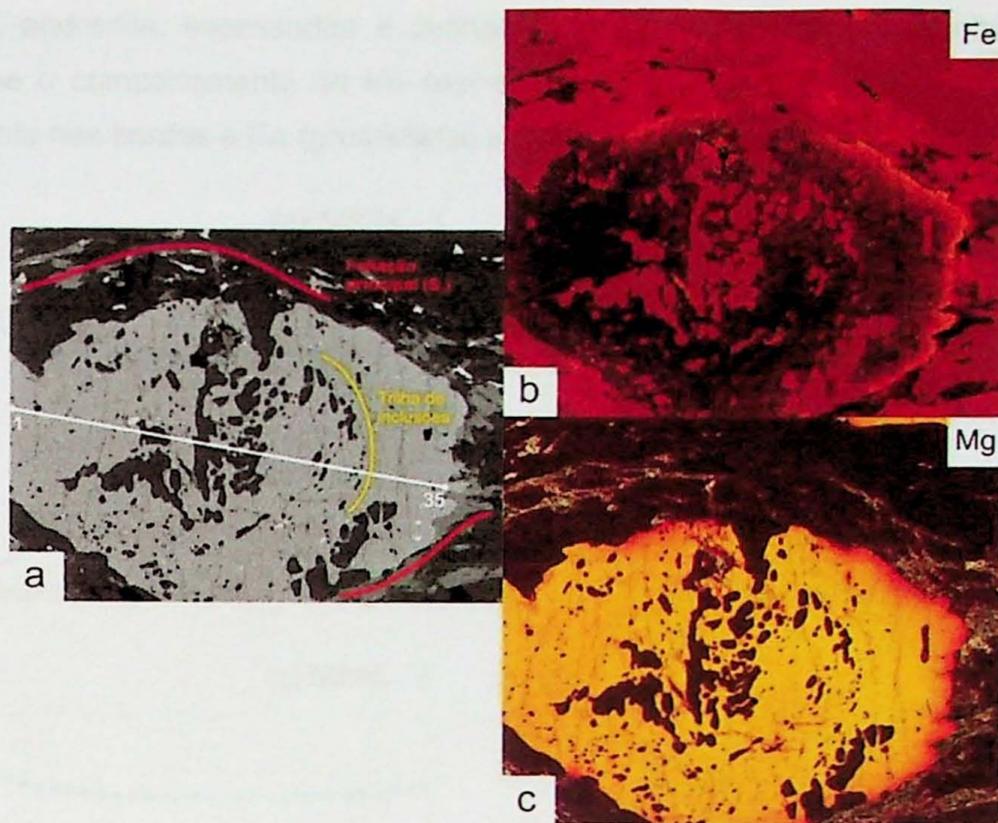
No segundo grão foram feitas 40 análises em perfil linear ao longo do grão, que é xenoblástico, de 1 cm e rico em inclusões de quartzo com distribuição caótica. O grão apresenta contatos arredondados e está levemente alongado segundo a foliação principal da rocha. As análises indicam borda enriquecida em Fe e empobrecida em Mg ( $\text{alm}_{63,84}\text{pip}_{26,05}\text{grs}_{8,21}\text{sps}_{1,90}\text{adr}_{0,00}\text{uva}_{0,00}$ ), seguido de zona com distribuição homogênea constante dos membros almandina e piropo ao longo da maior parte do perfil ( $\text{alm}_{57,53}\text{pip}_{32,07}\text{grs}_{7,31}\text{adr}_{1,72}\text{sps}_{1,38}\text{uva}_{0,00}$ ). Nos dois grãos espessartita, andradita e uvaruvita

são subordinados e se observa, em detalhe, o membro espessartita seguindo o comportamento da almandina. (Fig 16b).

Na amostra PD3B foi analisado grão idioblástico de granada, de 8 mm, amoldada pela foliação principal ( $S_n$ ) e que apresenta trilha de inclusões de quartzo com forma circular que separa núcleo antigo e borda sem inclusões. Neste grão foi feito perfil com 35 análises em linha paralela à  $S_n$  e ortogonal a foliação anterior dada pela trilha de inclusões (Fig. 17a). O perfil composicional da Fig. 16c indica distribuição homogênea dos principais elementos no núcleo, com predomínio de almandina, seguida de piropo e grossulária, enquanto espessartita, andradita e uvaruvita são subordinados ( $alm_{65,99}prp_{26,81}sp_{1,14}and_{0,00}uva_{0,05}grs_{6,02}$ ). No perfil composicional as bordas apresentam composição diferenciada ( $alm_{75,42}prp_{16,15}sp_{1,58}and_{0,00}uva_{0,05}grs_{6,02}$ ), com enriquecimento de Fe em detrimento de Mg, mesmo padrão encontrado nos grãos do leucossoma. O mesmo padrão de zonação composicional também ocorre nos mapas composicionais para os elementos Fe e Mg (Fig. 17b e c).



**Figura 16** – Perfis composicionais para granadas analisadas no granulito félsico da nappe Três-Pontas – Varginha: **(a)** grão 1 da amostra PD6B, do leucossoma; **(b)** grão 2 da amostra PD6B, do leucossoma **(c)** grão de granada da amostra PD3B, do melanossoma.



**Figura 17** – (a) Imagem da granada analisada na amostra PD3B com indicação do perfil e das trilhas de inclusões – Largura da foto: 8,5mm; (b) Mapa composicional do ferro e (c) do magnésio, com maiores concentrações indicadas por cores amarelas e menores por cores mais avermelhadas mais escuras.

### 5.1.2 Granada na *Nappe Carmo da Cachoeira*

Foram analisados grãos de granada das amostras MR96B e MR311A, que ocorrem na forma de porfiroblastos milimétricos (1-2 mm) ora amoldados pela foliação, ora alongados segundo a mesma. Nestas amostras a granada perfaz cerca de 15% da composição modal. Inclusões de rutilo, monazita, biotita e quartzo são comuns.

Na amostra MR96B, três grãos foram analisados. Os dois primeiros são subdioblásticos, alongados segundo a foliação principal, apresentam grupo de inclusões de quartzo restrito ao núcleo do grão e podem ser classificados como pré-cinemáticos. No primeiro foram realizadas 60 análises e no segundo 50, formando perfil paralelo à foliação definida por biotita e muscovita. Nos perfis almandina e piropo apresentam comportamento opostos (Fig. 18), com bordas ricas em Fe e pobres em Mg ( $\text{alm}_{79,18}\text{prp}_{9,72}\text{sps}_{5,162}\text{grs}_{4,95}\text{adr}_{0,93}\text{uva}_{0,04}$ ), enquanto o núcleo apresenta distribuição praticamente linear dos membros finais, mas mais rico em Mg e pobre em Fe ( $\text{alm}_{71,38}\text{prp}_{21,28}\text{adr}_{4,16}\text{sps}_{1,63}\text{grs}_{1,50}\text{uva}_{0,05}$ ). O terceiro grão é subdioblástico, em que foram feitas 30 análises em perfil paralelo a foliação. O padrão observado nos outros grãos para os membros finais não muda, borda levemente enriquecida em Fe e empobrecida em Mg ( $\text{alm}_{63,84}\text{pip}_{26,05}\text{grs}_{8,21}\text{sps}_{1,90}\text{adr}_{0,00}\text{uva}_{0,00}$ ), seguido de núcleo com distribuição homogênea dos membros almandina e piropo ( $\text{alm}_{57,53}\text{pip}_{32,07}\text{grs}_{7,31}\text{adr}_{1,72}\text{sps}_{1,38}\text{uva}_{0,00}$ ). Nos três grãos,

grossulária, andradita, espessartita e uvaruvita são subordinados. Ainda observa-se, em detalhe, que o comportamento do Mn (espessartita) é proporcional ao do Fe e aumenta discretamente nas bordas e Ca (grossulária) tem distribuição caótica. (Fig. 19).

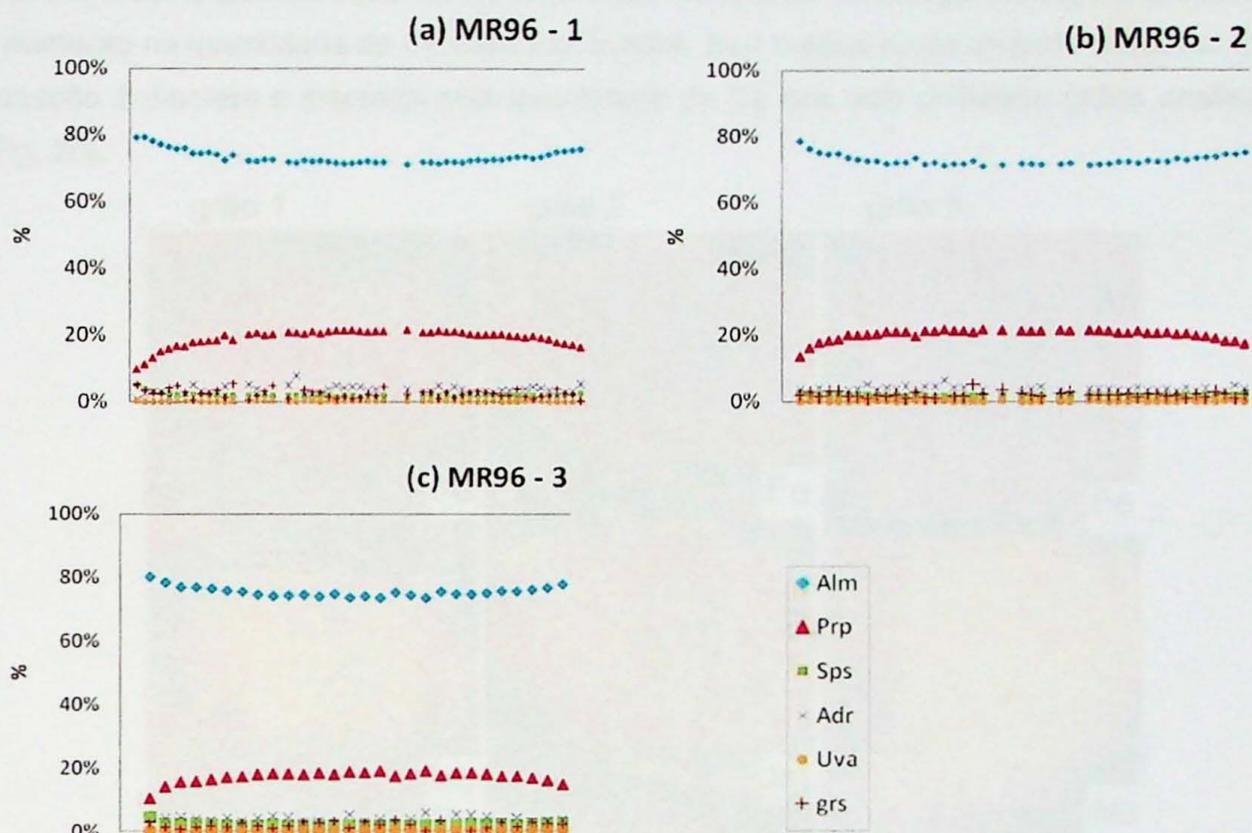
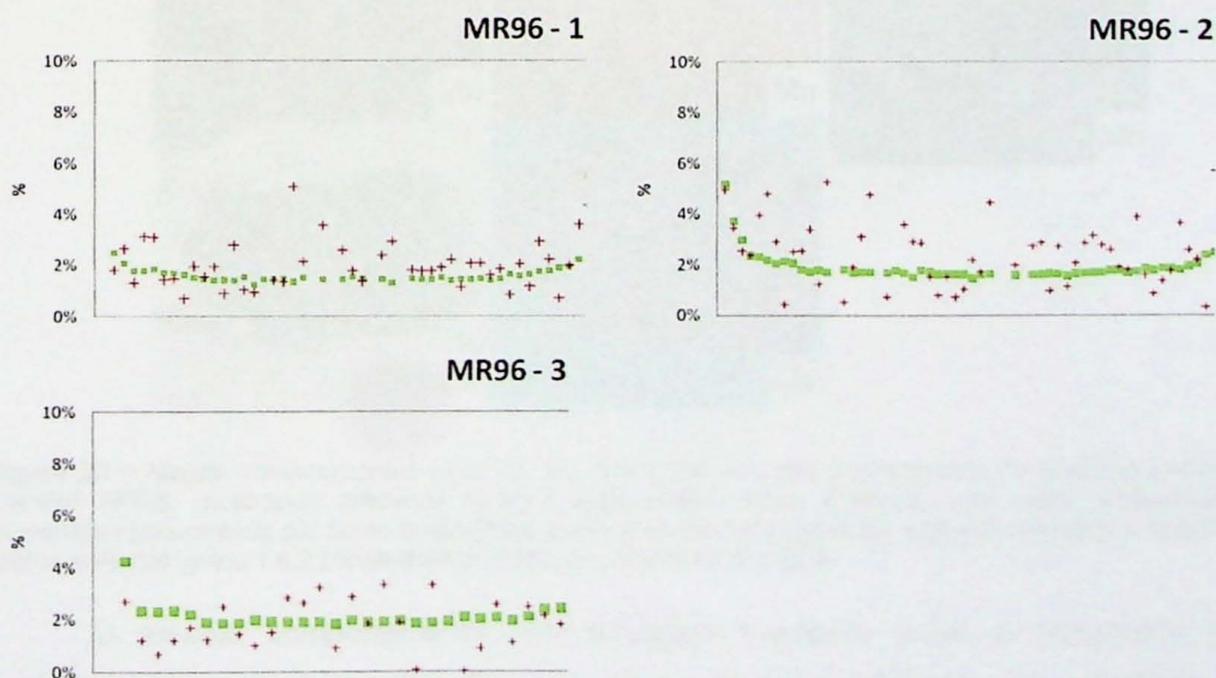
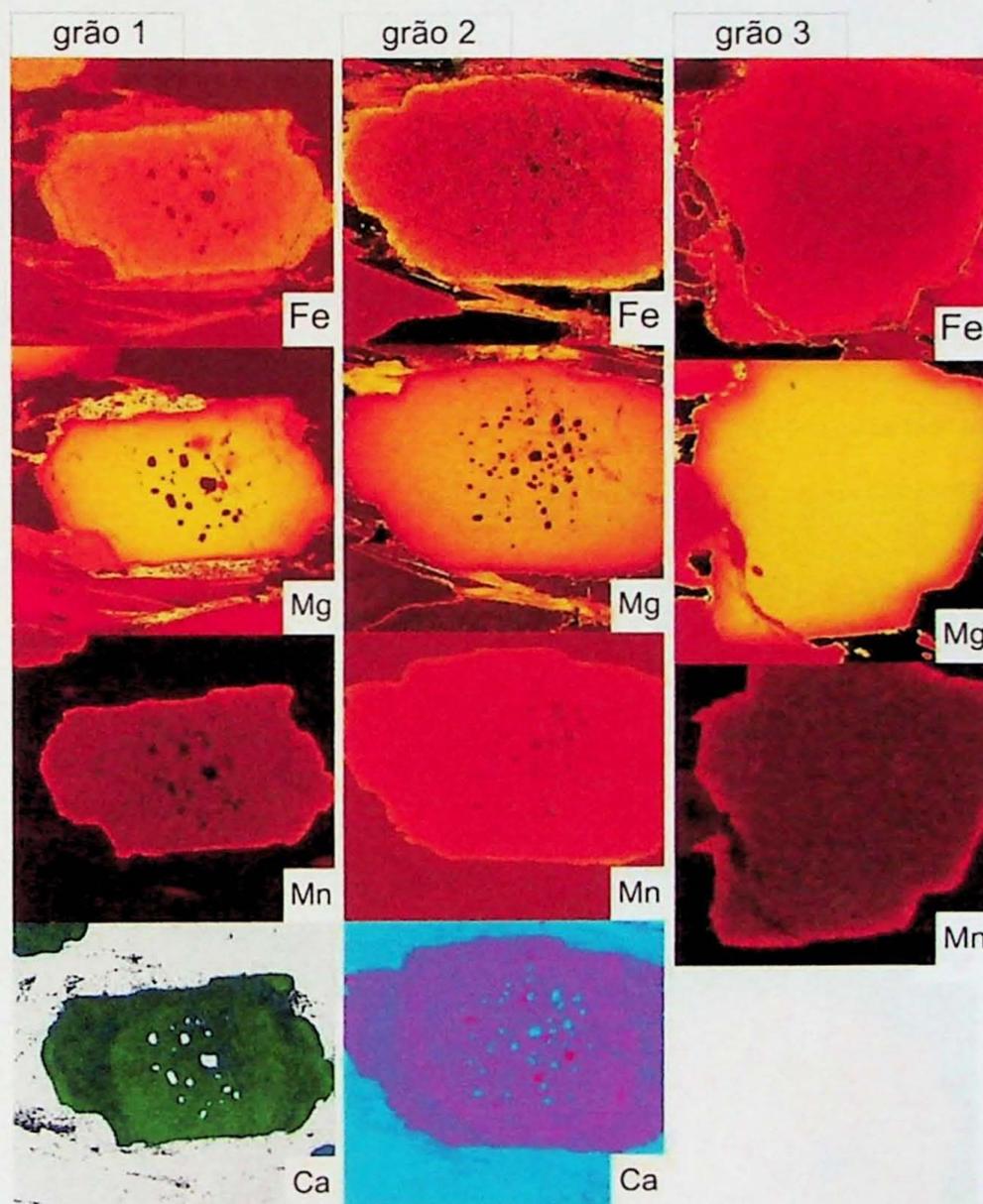


Figura 18 – Perfis composicionais dos três grãos de granada analisados na amostra MR96B



**Figura 19**– Detalhe dos perfis composicionais de grossulária (Ca) e espessartita (Mn), mostrando aumento de Mn nas bordas do grão e distribuição caótica de Ca ao longo do perfil.

A análise dos mapas composicionais dos principais elementos, Fe, Mg, Mn e Ca, indica o mesmo padrão observado nos gráficos dos perfis: diminuição na quantidade de Mg e aumento na quantidade de Fe e Mn nas bordas. Nos mapas ainda se pode perceber que a zonação é discreta e marcada pela quantidade de Ca nos dois primeiros grãos analisados (Fig. 20).



**Figura 20** – Mapas composicionais para Fe, Mg, Mn e Ca nos três porfiroblastos de granada analisados na amostra MR96, mostrando diferença composicional entre núcleo e borda, com maior concentração dos elementos representada por cores amareladas e menores concentrações em cores alaranjadas e avermelhadas. Observa-se nos grãos 1 e 2 zonamento discreto na concentração de Ca.

O mesmo comportamento dos principais membros finais é observado nas 50 análises feitas em dois grãos de granada na amostra MR311A. Nos perfis e mapas composicionais observa-se aumento suave na quantidade de Fe e diminuição na quantidade

de Mg nas bordas, além de grande parte do núcleo com composição homogênea (Fig. 21 e 22), como ocorre em todos grãos de granada analisados, tanto na pedreira quanto na *Nappe Carmo da Cachoeira*. Espessartita e grossulária são menos abundantes, a primeira acompanha sutilmente o crescimento de Fe nas bordas, a segunda não apresenta padrão na distribuição ao longo do perfil. Os dois grãos analisados têm cerca de 1 mm, são subdioblásticos, alongados segundo a foliação e têm poucas e finas inclusões de quartzo. Os perfis realizados estão na Fig. 22.

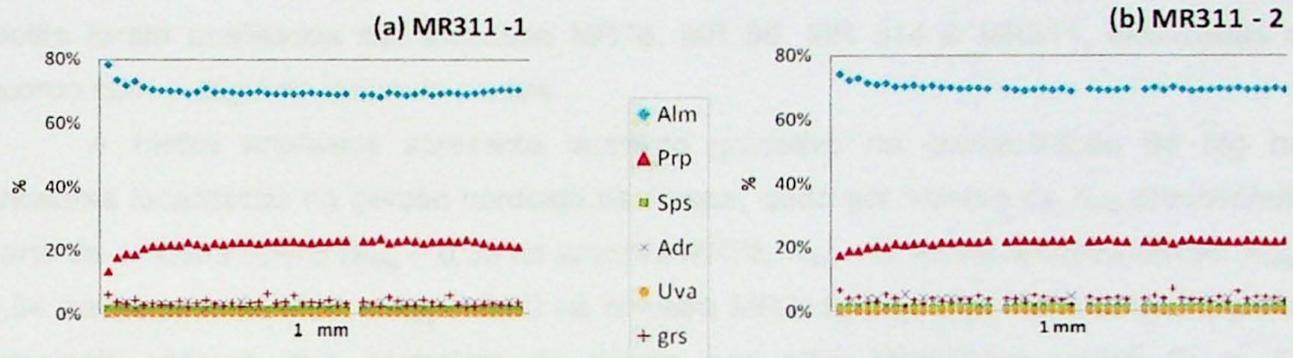


Figura 21 – Perfis composicionais dos grãos de granada da amostra MR311A.

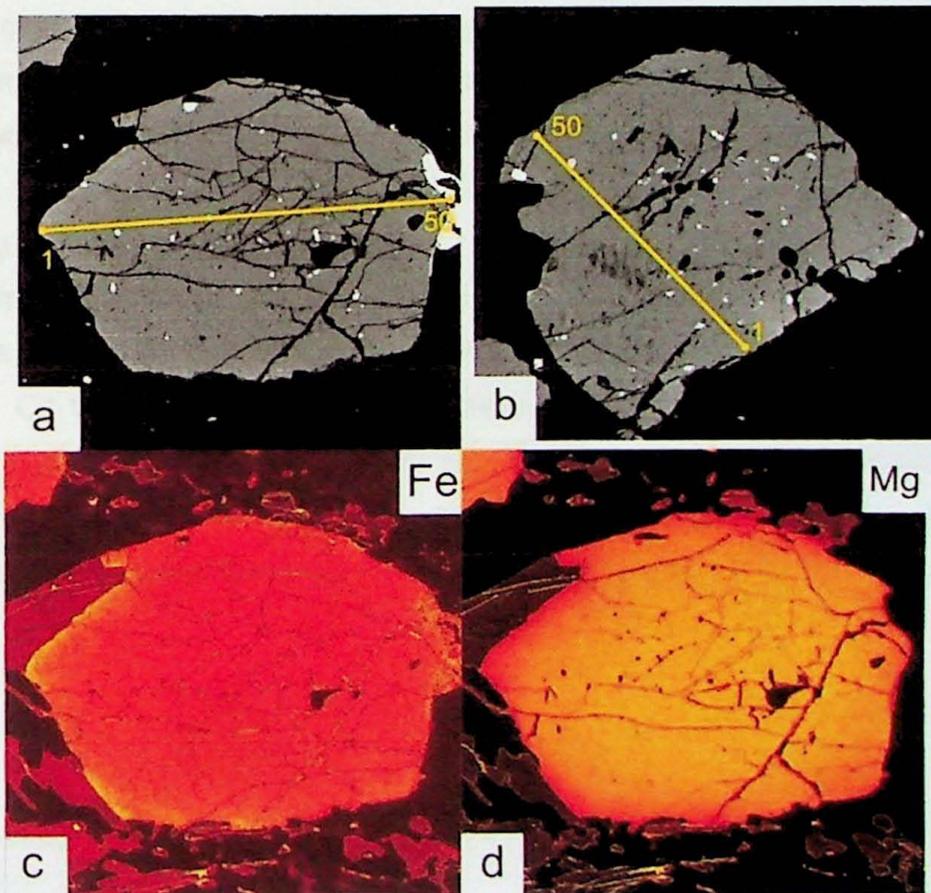


Figura 22 – Imagens com indicação do perfil de análises (a) do grão 1 e (b) do grão 2; Mapas composicionais para Fe (c) e Mg (d) do grão 1, mostrando maiores concentrações do elemento em cor amarelo e menores concentrações em vermelho.

## 5.2 Biotita

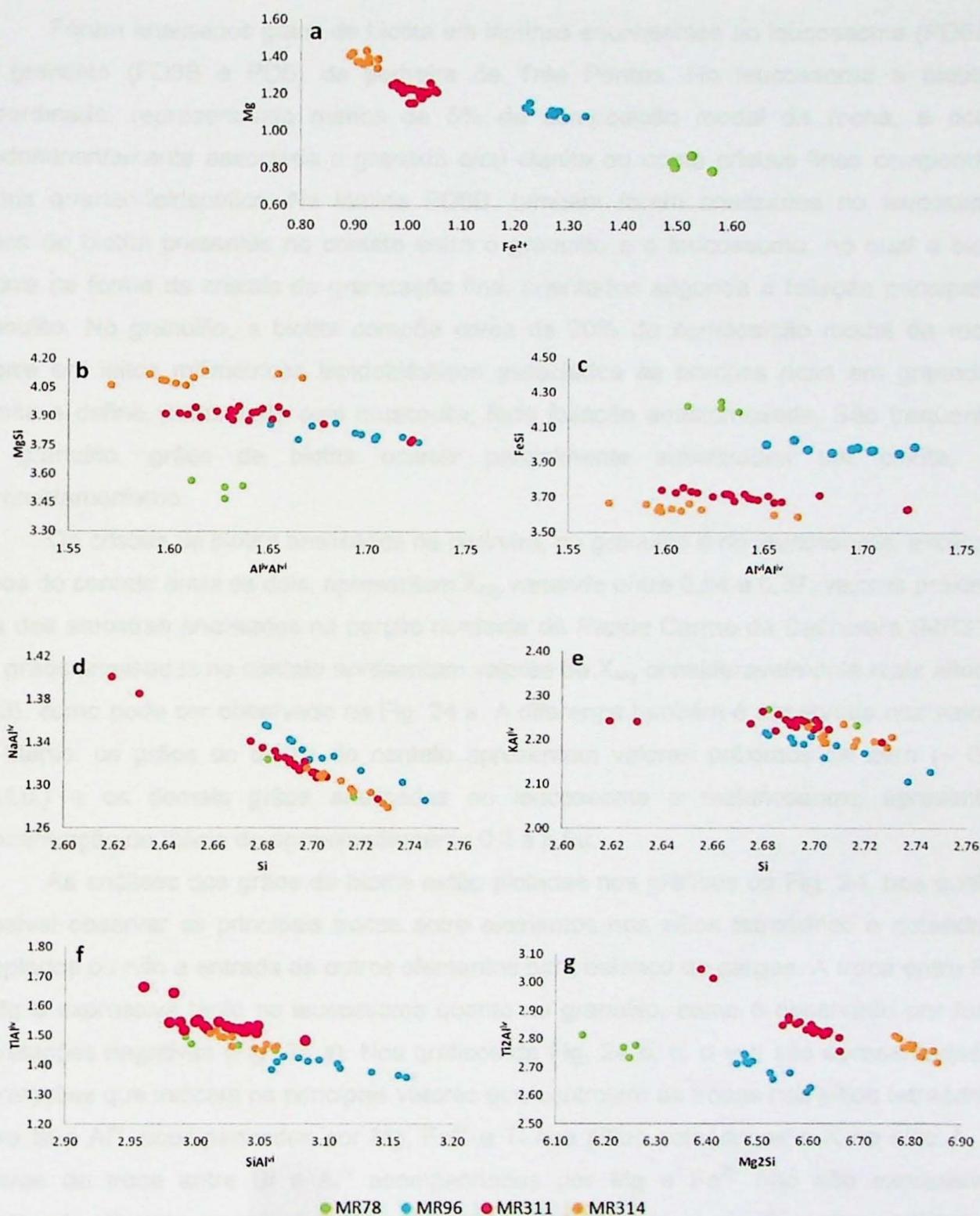
Foram analisados grãos de biotita nas amostras MR78, MR96, MR311 e MR314, na Nappe Carmo da Cachoeira e PD6B, PD3B e PD5, do leucossoma e do granulito da pedreira de Três-Pontas.

### 5.2.1 Biotita na Nappe Carmo da Cachoeira

A biotita nas amostras da *Nappe* Carmo da Cachoeira está presente em leitos milimétricos lepidoblásticos que definem a foliação principal da rocha, esta levemente anastomosada e que, na maioria das rochas, amolda porfiroblastos de granada. Grãos de biotita foram analisados nas amostras MR78, MR 96, MR 314 e MR311, localizadas de acordo com o seguinte mapa de pontos.

A biotita analisada apresenta aumento gradativo na concentração de Mg nas amostras localizadas na porção nordeste da *Nappe*, dado por valores de  $X_{Mg}$  crescentes a partir da amostra MR78 ( $X_{Mg} \sim 0,35$  na amostra MR78,  $X_{Mg} \sim 0,46$  na amostra MR96,  $X_{Mg} \sim 0,54$  na amostra MR314 e  $X_{Mg} \sim 0,60$  na amostra MR311), Fig. 23a. Para esta *Nappe*, os principais vetores que controlam as trocas nos sítio tetraédrico, entre Si e  $Al^{IV}$ , acompanhados por Mg,  $Fe^{2+}$  e Ti nos sítios octaédricos e K e Na no sítio A, são indicados pelas correlações observadas nos gráficos da Fig. 23. As substituições entre Si e  $Al^{IV}$ , quando acompanhadas por Mg e  $Fe^{2+}$ , não são bem pronunciadas em nenhuma das amostras, mostrando baixa correlação nos gráficos (Fig 23b e c). O contrário ocorre quando a troca está relacionada com a entrada de Na, K ou Ti, que apresentam correlações negativas (Fig. 23 d, e, f e g).

A segmentação de grupos distintos nos gráficos é determinada principalmente pelas variações composicionais das amostras, marcadas pela concentração de  $Fe^{2+}$  e Mg e nos teores de Ti. Os teores de Ti são altos, variando entre 0,170 a.p.f.u na amostra MR78, equivalente á porção sul da *Nappe*, e 0,227 a.p.f.u. na amostra MR311, localizada na porção nordeste. Observa-se, também, que os grãos de biotita analisados na amostra MR78 apresentam discreto enriquecimento em Na e empobrecimento K, em relação às demais amostras.



**Figura 23** – Diagramas mostrando os principais vetores de troca e elementos envolvidos para a biotita da Nappe Carmo da Cachoeira (nas amostras MR78, MR96, MR311 e MR314); a. substituição  $Fe^{2+} \leftrightarrow Mg$ ; b. substituição *tschermak*; c. substituição *Fe-tschermak*; d. substituição *edenítica*; e. substituição *K-edenítica*; f. substituição  $TiAl^{IV} \leftrightarrow SiAl^{VI}$ ; g. substituição *Ti-tschermak*.

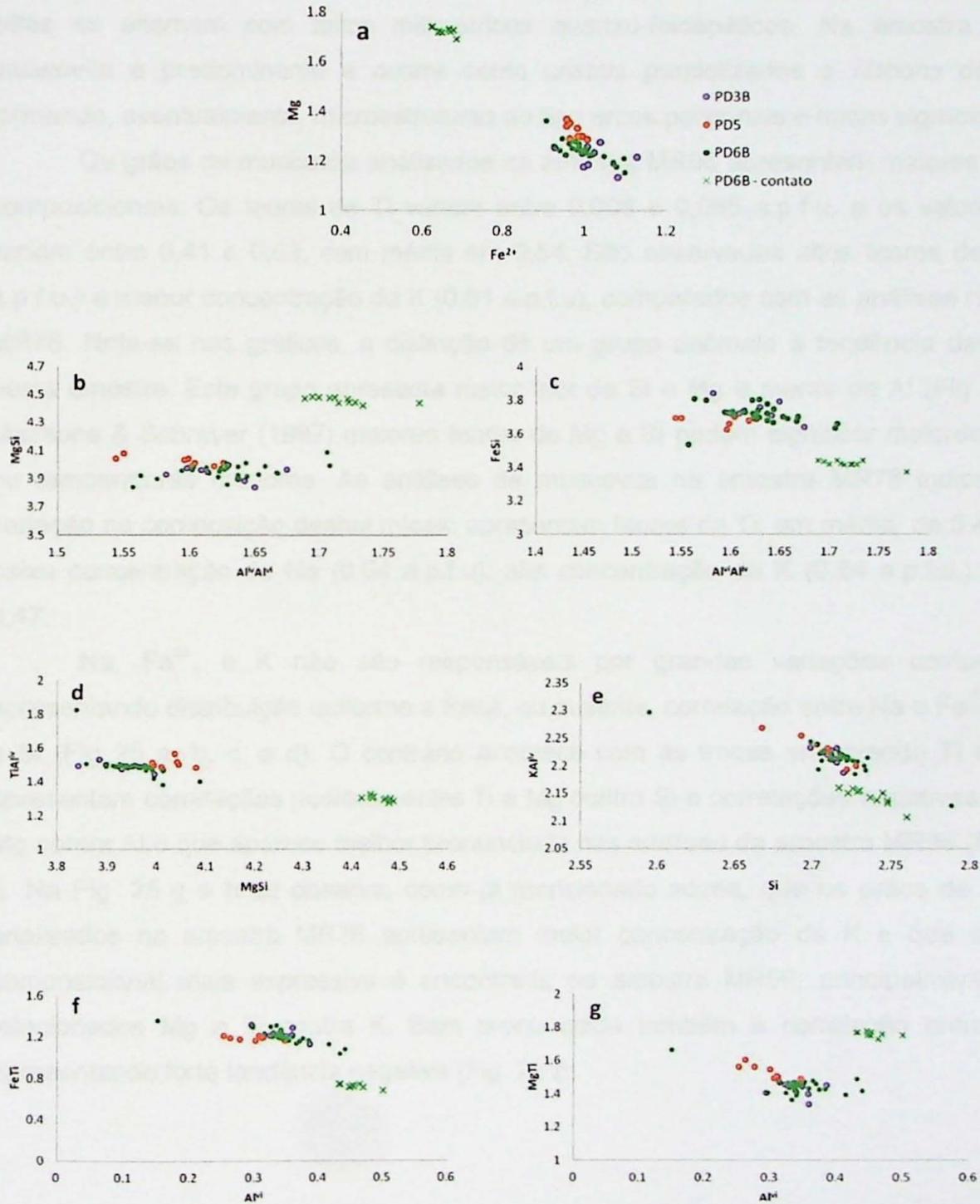
### 5.2.2 Biotita na Nappe Três Pontas-Varginha

Foram analisados grãos de biotita em lâminas equivalentes ao leucossoma (PD6B) e ao granulito (PD3B e PD5) da pedreira de Três Pontas. No leucossoma a biotita é subordinada, representando menos de 5% da composição modal da rocha, e ocorre predominantemente associada a granada e/ou cianita ou como cristais finos compondo a matriz quartzo-feldspática. Na lâmina PD6B, também foram analisados no leucossoma grãos de biotita presentes no contato entre o granulito e o leucossoma, no qual a biotita ocorre na forma de cristais de granulação fina, orientados segunda a foliação principal do granulito. No granulito, a biotita compõe cerca de 20% da composição modal da rocha, ocorre em leitos milimétricos lepidoblásticos associados às porções ricas em granada e cianita e define, juntamente com muscovita, forte foliação anastomosada. São freqüentes, no granulito, grãos de biotita ocorrer parcialmente substituídos por clorita, por retrometamorfismo.

Os cristais de biotita analisados na pedreira, no granulito e no leucossoma, exceto os grãos do contato entre os dois, apresentam  $X_{Mg}$  variando entre 0,54 e 0,57, valores próximos aos das amostras analisadas na porção nordeste da *Nappe Carmo da Cachoeira* (MR311). Os grãos analisados no contato apresentam valores de  $X_{Mg}$  consideravelmente mais altos (~ 0,73), como pode ser observado na Fig. 24 a. A diferença também é observada nos valores de titânio: os grãos de biotita do contato apresentam valores próximos de zero (~ 0,04 a.p.f.u.) e os demais grãos analisados no leucossoma e melanossoma apresentam concentração de titânio de aproximadamente 0,2 a.p.f.u.

As análises dos grãos de biotita estão plotadas nos gráficos da Fig. 24, nos quais é possível observar as principais trocas entre elementos nos sítios tetraédrico e octaédrico, acoplados ou não a entrada de outros elementos para balanço de cargas. A troca entre  $Fe^{2+}$  e Mg é expressiva tanto no leucossoma quanto no granulito, como é observado por fortes correlações negativas (Fig. 24 a). Nos gráficos da Fig. 24 b, c, d e e são apresentadas as correlações que indicam os principais vetores que controlam as trocas nos sítios tetraédrico, entre Si e  $Al^{IV}$ , acompanhados por Mg,  $Fe^{2+}$  e Ti nos sítios octaédricos e K no sítio A. Os vetores de troca entre Si e  $Al^{IV}$  acompanhados por Mg e  $Fe^{2+}$  não são expressivos, mostrando discreta correlação nos gráficos, correlação esta: negativa nas análises do melanossoma e positiva nas análises do leucossoma, para a substituição *tschermack*; e positiva nas duas análises, para a substituição *Fe-tschermak* (Fig. 24 b e c). As trocas que envolvem a entrada de titânio na estrutura também não são bem pronunciadas, o que é indicado por baixas correlações negativas (Fig. 24 d). Bem pronunciada é a entrada de Al no lugar do Si, no sítio tetraédrico, acoplada de K, que apresenta forte correlação negativa (Fig. 24 e). Os vetores de troca entre Al octaédrico e Fe e Mg, acoplada com Ti, também são

expressivos sempre apresentando tendência negativa. Esta troca é mais evidente nos grãos do leucossoma, no vetor de troca  $\text{FeTi} \leftrightarrow \text{Al}^{\text{vi}}$ ; e no granulito, no vetor  $\text{MgTi} \leftrightarrow \text{Al}^{\text{vi}}$  (Fig. 24 f e g).



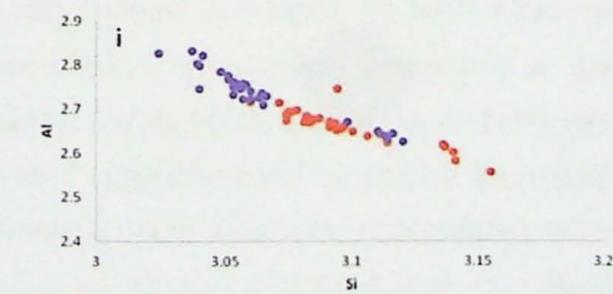
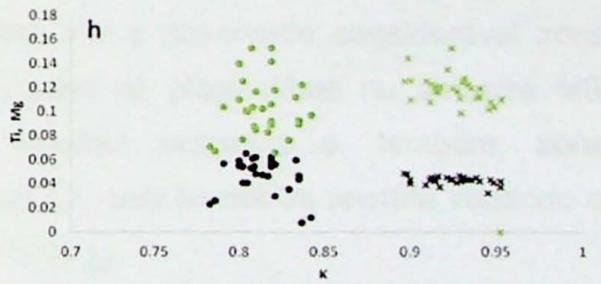
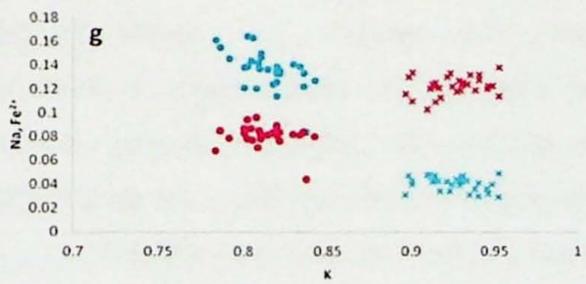
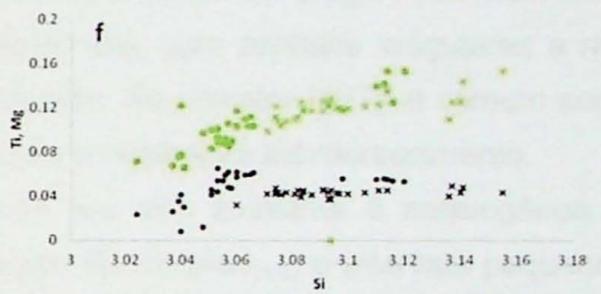
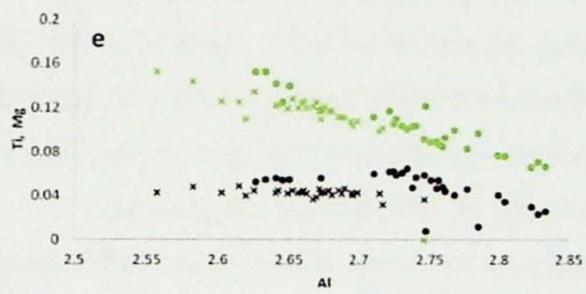
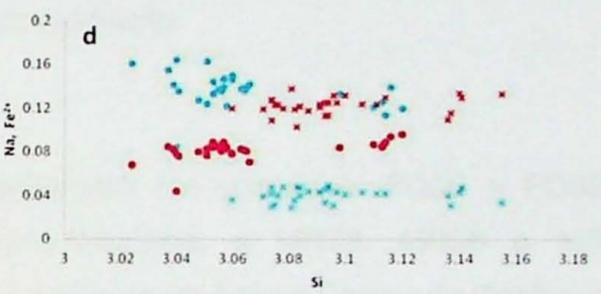
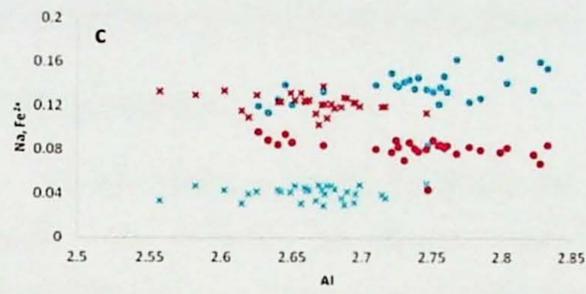
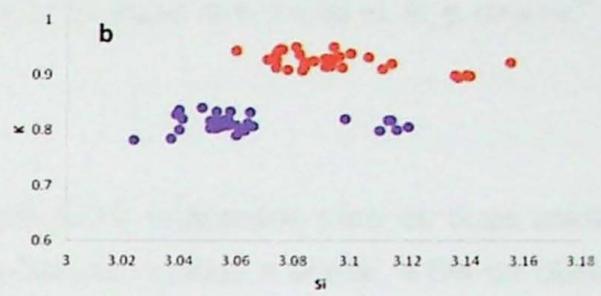
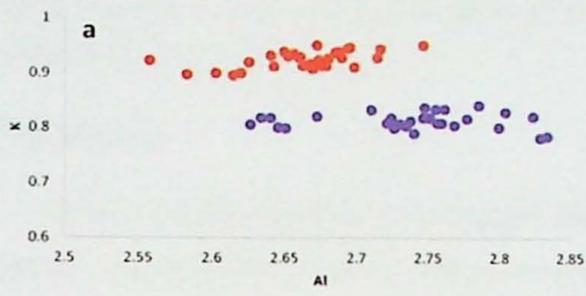
**Figura 24** – Diagramas mostrando os principais vetores de troca e elementos envolvidos para a biotita do granulito félsico da Nappe Três Pontas – Varginha (nas amostras PD3B e PD5 – equivalentes ao melanossoma; e PD6B – equivalente ao leucossoma); a. substituição  $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}$ ; b. substituição *tschermak*; c. substituição *Fe-tschermak*; d. substituição  $\text{TiAl}^{\text{IV}} \leftrightarrow \text{MgSi}$ ; e. substituição *K-edenítica*; f. substituição  $\text{FeTi} \leftrightarrow \text{Al}^{\text{VI}}$ ; g. substituição  $\text{MgTi} \leftrightarrow \text{Al}^{\text{VI}}$ .

### 5.3 Muscovita

Foram analisados grãos de muscovita apenas na *Nappe Carmo* da Cachoeira, das amostras MR78 e MR96. Nestas rochas, a muscovita compõe leitos submilimétricos lepidoblásticos, nos quais juntamente com biotita define a foliação principal da rocha. Estes leitos se alternam com leitos milimétricos quartzo-feldspáticos. Na amostra MR96, a muscovita é predominante e ocorre como cristais paralelizados a *ribbons* de quartzo, formando, eventualmente, microestruturas do tipo arcos poligonais e micas sigmoidais.

Os grãos de muscovita analisados na amostra MR96 apresentam maiores variações composicionais. Os teores de Ti variam entre 0,008 e 0,065 a.p.f.u. e os valores de  $X_{Mg}$  variam entre 0,41 e 0,63, com média em 0,54. São observados altos teores de Na (0,16 a.p.f.u.) e menor concentração de K (0,81 a.p.f.u), comparados com as análises na amostra MR78. Nota-se nos gráficos, a distinção de um grupo anômalo à tendência das análises nesta amostra. Este grupo apresenta maior teor de Si e Mg e menor de Al (Fig. 25). Para Massone & Schreyer (1987) maiores teores de Mg e Si podem significar maiores pressões ou temperaturas menores. As análises de muscovita na amostra MR78 indicam menor variação na composição destas micas: apresentam teores de Ti, em média, de 0,42 a.p.f.u.; baixa concentração de Na (0,04 a.p.f.u); alta concentração de K (0,84 a.p.f.u.); e  $X_{Mg}$  de 0,47.

Na,  $Fe^{2+}$ , e K não são responsáveis por grandes variações composicionais, apresentando distribuição uniforme e fraca, ou ausente, correlação entre Na e  $Fe^{2+}$  contra Al e Si (Fig 25 a, b, c, e d). O contrário acontece com as trocas envolvendo Ti e Mg, que apresentam correlações positivas entre Ti e Mg contra Si e correlações negativas entre Ti e Mg contra Al, o que aparece melhor pronunciado nas análises da amostra MR96 (Fig. 25 e e f). Na Fig. 25 g e h se observa, como já mencionado acima, que os grãos de muscovita analisados na amostra MR78 apresentam maior concentração de K e que a variação composicional mais expressiva é encontrada na amostra MR96, principalmente quando relacionados Mg e Ti contra K. Bem pronunciada também é correlação entre Al e Si, apresentando forte tendência negativa (Fig. 25 i).



Legenda

Gráficos

- |          |          |          |
|----------|----------|----------|
| a, b, i  | c, d, g  | e, f, h  |
| ● MR78   | ● MR78Na | × MR78Ti |
| ● MR96   | ● MR96Na | ● MR96Ti |
| × MR78Fe | ● MR78Mg |          |
| ● MR96Fe | ● MR96Mg |          |

**Figura 25** – Diagramas binários para muscovita da *Nappe Carmo* da Cachoeira, nas amostras MR78 e MR96; **a.** K vs. Al; **b.** K vs. Si; **c.** Na e Fe<sup>2+</sup> vs. Al; **d.** Na e Fe<sup>2+</sup> vs. Si; **e.** Ti e Mg vs. Al; **f.** Ti e Mg vs. Si; **g.** Na e Fe<sup>2+</sup> vs. K; **h.** Ti e Mg vs. K; **i.** Al vs. Si.

## 5.4 Feldspatos

Grãos de plagioclásio e feldspato alcalino foram analisados para as duas unidades de estudo. As análises foram pontuais e separadas em núcleo e borda, a fim de observar possível zonação nestes grãos. Algumas análises foram tomadas em feições particulares como em grãos com textura mirmequítica ou com exsolução.

### 5.4.1 Plagioclásio

Foram feitas análises de grãos de plagioclásio das amostras: PD5B e PD6B da pedreira Três Pontas, na *Nappe* Três Pontas-Varginha; e MR78, MR96 e MR314 correspondentes aos xistos, xistos feldspáticos e gnaisses da *Nappe Carmo* da Cachoeira.

Nas amostras da *Nappe Carmo* da Cachoeira, grãos de plagioclásio ocorrem na matriz, como cristais subdiomórficos de granulação fina, com contatos irregulares a retos, localmente recristalizados bordejando cristais maiores. Na amostra MR78 é comum ocorrer grãos com borda apresentando textura mirmequítica e feições de sobrecrecimento.

A composição dos grãos de plagioclásio nas três amostras é heterogênea. Na amostra MR96, observa-se menores concentrações de Ca (An<sub>~18,8</sub>) e intervalo pequeno de variação nos teores de anortita (An<sub>17,2-20,0</sub>). Para a amostra MR78 observa-se, também, baixa variação na composição dos grãos analisados, com concentração média de aproximadamente An<sub>~27,3</sub>. Nestas duas amostras não é observado considerável zonação composicional núcleo-borda. As análises dos grãos de plagioclásio na amostra MR314 apresenta grande variação nos teores de anortita avaliados e, também, zonação composicional marcada por borda enriquecida em Ca, com teores de anortita variando entre An<sub>28,2-32,8</sub>, e núcleo com teor de anortita próximo a An<sub>26,8</sub>.

Na amostra do leucossoma do granulito da *Nappe* Três Pontas-Varginha (PD6B), além das bordas e núcleos, também foram feitas análises pontuais em grãos com textura mirmequítica e exsoluções associada a grãos de feldspato potássico. O leucossoma apresenta composição praticamente homogênea, com teor de anortita médio de An<sub>23,6</sub>, e não indica distinção entre os grupos de análises citados acima. As concentrações de Ca em plagioclásio mais altas são encontradas no granulito, com ampla variação composicional (An<sub>30,59-53,03</sub>), na qual a borda é mais rica em Ca (An<sub>médio 42,61</sub>) em comparação com o núcleo (An<sub>médio 37,35</sub>).

As análises plotadas nos diagramas ternários dos feldspatos fornecem a classificação para o plagioclásio de acordo com seu teor de anortita. O plagioclásio das análises das amostras MR78, MR96 e do leucossoma do granulito é o oligoclásio ( $An_{10-30}$ ), compatível com a classificação petrográfica. Na amostra MR314, a borda é enriquecida em Ca, sendo assim, as análises plotam no campo da andesina ( $An_{30-50}$ ).

#### 5.4.2 Feldspato alcalino

Foram analisados grãos de feldspato alcalino presentes nas amostras de xistos feldspáticos e gnaisses da *Nappe* Carmo da Cachoeira (amostras MR78 e MR311) e também do leucossoma (PD6B) e granulito (PD5B e PD3B) do granulito félsico da *Nappe* Três Pontas-Varginha. Estes ocorrem na matriz destas rochas, geralmente na forma de aglomerados de cristais finos, localmente recristalizados, ou como porfiroclastos ou porfiroblastos, até centimétricos, com exsoluções e bordas recristalizadas.

As análises dos grãos de feldspato alcalino mostram composições semelhantes entre as rochas da *Nappe* Carmo da Cachoeira e as rochas da pedreira, não apresentando grande variação nos teores de K e nem zonação relevante entre borda e núcleo. A amostra MR78 apresenta composição média de  $Or_{95}$ , que representa composições pouco mais ricas em K comparadas com as observadas na amostra MR311 ( $Or_{91}$ ). No leucossoma e granulito da pedreira Três Pontas, a composição do feldspato apresenta variação de cerca de 10% na concentração de ortoclásio ( $Or_{87-97}$ ). Os menores valores de ortoclásio são observados na PD5B ( $Or_{médio \sim 90}$ ), na qual, assim como nas análises do leucossoma, é observado sutil acréscimo de K nas bordas. Na amostra PD3B a variação composicional é de  $Or_{\sim 92-97}$  e não há aparente diferenciação pela posição da análise, se é do núcleo ou da borda.

## 6 TERMOBAROMETRIA E METAMORFISMO

Para estabelecer a relação entre as condições *P-T* de formação das *Nappes* Carmo da Cachoeira e Três Pontas-Varginha foram utilizadas diversas ferramentas, tais como descrições de afloramentos em trabalhos de campo, petrografia das amostras coletadas, química mineral e termobarometria, que auxiliam na caracterização metamórfica do terreno em estudo.

Os dados de termobarometria foram calculados com o programa THERMOCALC, versão 3.32, para cálculo de pressão e temperatura (estimativa *P-T*). O cálculo é feito pela determinação de um grupo de reações linearmente independentes que envolvam todos os membros-finais da paragênese utilizada. As condições *P-T* são determinadas pelo cruzamento destas reações linearmente independentes, na região em que elas se cruzam,

dentro de suas barras de erro, produzindo a menor elipse dentro do espaço *P-T* (Powell & Holland, 1994).

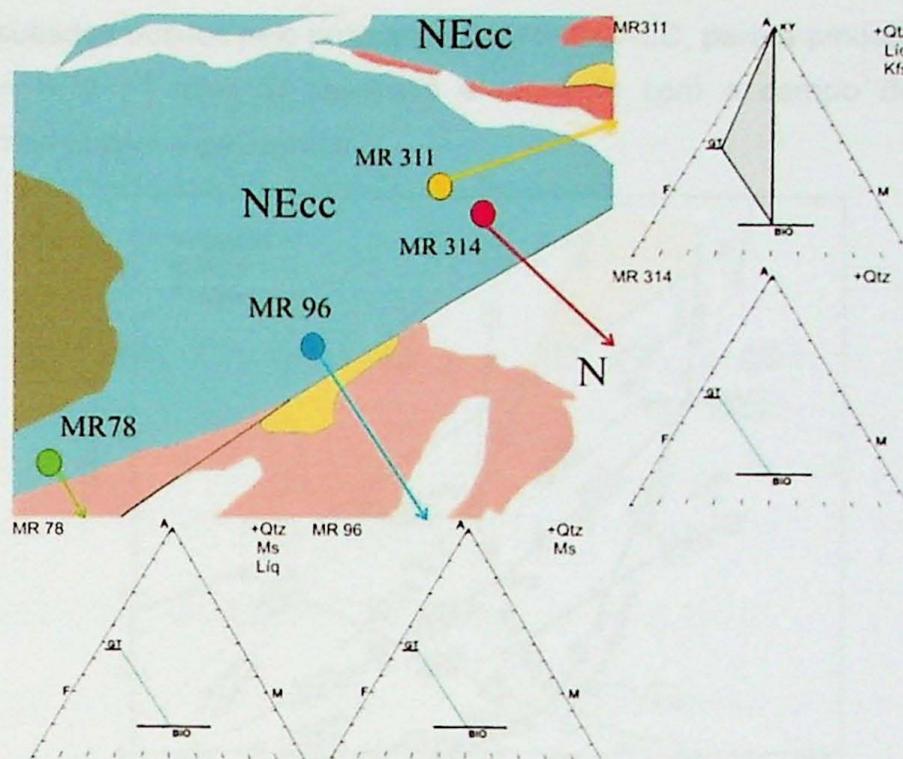
## 6.1 METAMORFISMO NA *NAPPE* CARMO DA CACHOEIRA

Como já mencionado, a *Nappe* Carmo da Cachoeira é constituída de rochas com ampla variação composicional marcada por diferenças na proporção modal entre quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita, muscovita, cianita e rutilo. As rochas variam de biotita-quartzo-xisto/gnaiss com granada e/ou cianita-muscovita quartzito, localmente com feldspato. Geralmente as rochas apresentam bandamento sub-milimétrico a milimétrico diferenciando lentes quartzo-feldspáticas, com textura granoblástica de lentes ricas em micas, de textura grano-lepidoblástica, que definem a foliação principal das rochas.

A paragênese metamórfica das rochas depende da composição do protólito. Sendo assim, em unidades que apresentam grande variação composicional, o que provavelmente é reflexo da alternância no acamamento sedimentar, pode ocorrer do metamorfismo produzir paragêneses distintas para o mesmo grupo de rochas. Na *Nappe* Carmo da Cachoeira isso é observado. Na tabela 1 é apresentada a proporção modal entre os minerais constituintes das amostras MR78, MR96, MR314 e MR311 e a Fig. 26 apresenta as paragêneses metamórficas das mesmas.

**Tabela 1** – Proporção modal dos principais minerais constituintes das rochas analisadas na *Nappe* Carmo da Cachoeira. Opacos, monazita, rutilo e zircão são os principais acessórios.

	quartzo	granada	cianita	biotita	muscovita	feldspato potássico	plagioclásio
<b>MR78</b>	38%	5%	-	15%	23%	4%	13%
<b>MR96</b>	35%	20%	-	12%	32%	-	-
<b>MR314</b>	38%	7%	-	20%	-	-	34%
<b>MR311</b>	35%	15%	17%	12%	-	20%	1%

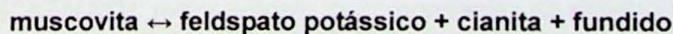


**Figura 26** – Diagramas AFM para a *Nappe Carmo da Cachoeira* – mostram a paragênese observada na associação mineral que define a foliação principal da rocha.

Como observado na tabela 1 e na descrição petrográfica, as rochas da unidade apresentam associações minerais variadas, caracterizadas pela presença ou ausência de minerais como muscovita, feldspato potássico e cianita – minerais importantes para a caracterização metamórfica da área de estudo.

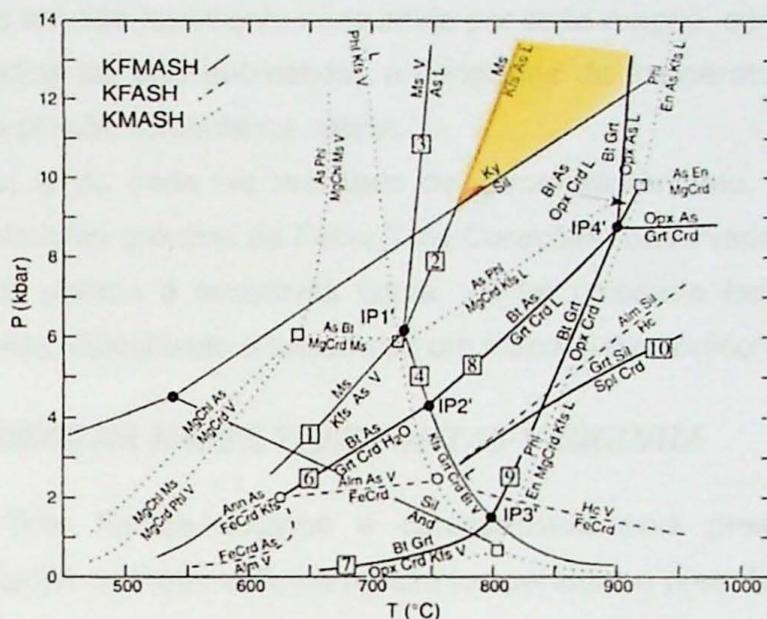
A paragênese granada + biotita + muscovita + quartzo + plagioclásio ± feldspato potássico ± rutilo, para as amostras MR78, MR96 e MR314, e cianita + granada + biotita + quartzo + feldspato potássico ± plagioclásio ± rutilo, para a amostra MR311, é definida por estes minerais que se encontram em equilíbrio, definindo a foliação principal observada na amostra. Estas paragêneses são indicativas de fácies anfífolito superior transição para fácies granulito, em pressão elevada, zona da cianita + feldspato potássico + granada + rutilo.

A amostra MR311 é rica em feldspato potássico e não apresenta muscovita, o que pode sugerir que esta tenha sido consumida para a formação de feldspato potássico pela reação de quebra da muscovita via reação:

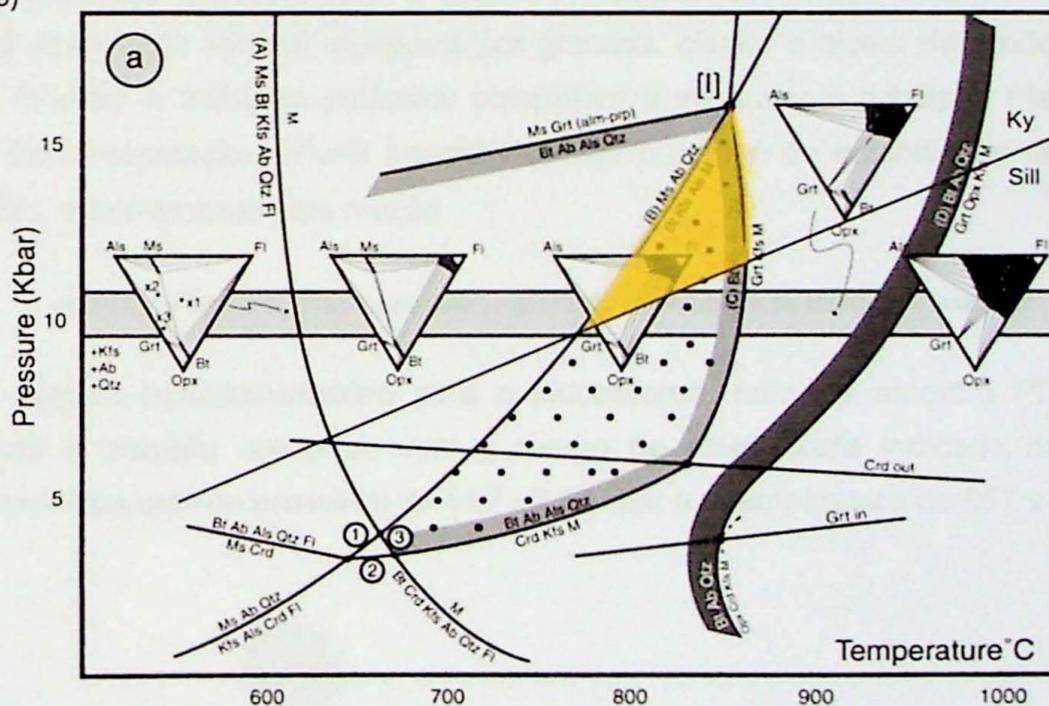


A reação ocorre em condições mínimas de 730 °C e pressões maiores que 9 kbar (Spear *et al.*, 1999) – a figura 28 indica o campo de estabilidade da associação mineral na amostra MR311, delimitada pela reação de quebra da muscovita, no sistema KFMASH. A mesma paragênese delimita o campo de estabilidade semelhante no diagrama NKFMAH (Fig. 29), que é indicador de altas condições de temperatura e pressão para a formação das

rochas. Os resultados obtidos pelo programa THERMOCALC, para a amostra MR96, são de  $820 \pm 40$  °C e  $8,72 \pm 1$  kbar. O resultado é coerente com o campo de provável pico metamórfico inferido com a petrografia.



**Fig. 28** – Grade petrogenética KFMASH mostrando campo de estabilidade para a paragenese feldspato potássico + cianita + fundido, delimitado pela reação de quebra da muscovita. O campo em vermelho são os valores obtidos no THERMOCALC plotados com suas barras de erro sobre o campo de estabilidade. (retirado de Spear, 1999)



**Fig. 29** – Grade petrogenética NCKFMASH: maior número de componentes no sistema pode alterar o campo de estabilidade das amostras. O campo de estabilidade indicado aqui também é coerente com os resultados obtidos pelo THERMOCALC. Retirado de Vielzeuf & Schmidt, 2001.

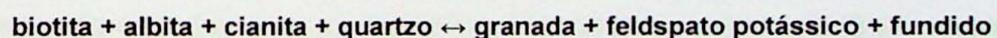
Todos os dados levam a interpretação que as rochas da *Nappe Carmo da Cachoeira* foram afetadas por metamorfismo de fácies anfibolito superior, com temperaturas superiores a 800 °C e pressão maior que 8,0 kbar. Estas condições resultariam na fusão parcial das

rochas, pela reação de quebra da muscovita gerando feldspato potássico. Isso é comprovado no campo, pela presença de leucossoma em vários afloramentos visitados. A presença de muscovita restrita à porção sul da *nappe*, (amostras MR78 e MR96) indica que a mesma não deve ter sido totalmente consumida por essa reação, sendo assim, as rochas com muscovita podem ter sido submetidas a condições de temperatura algo mais baixas comparadas com a porção nordeste da *nappe*.

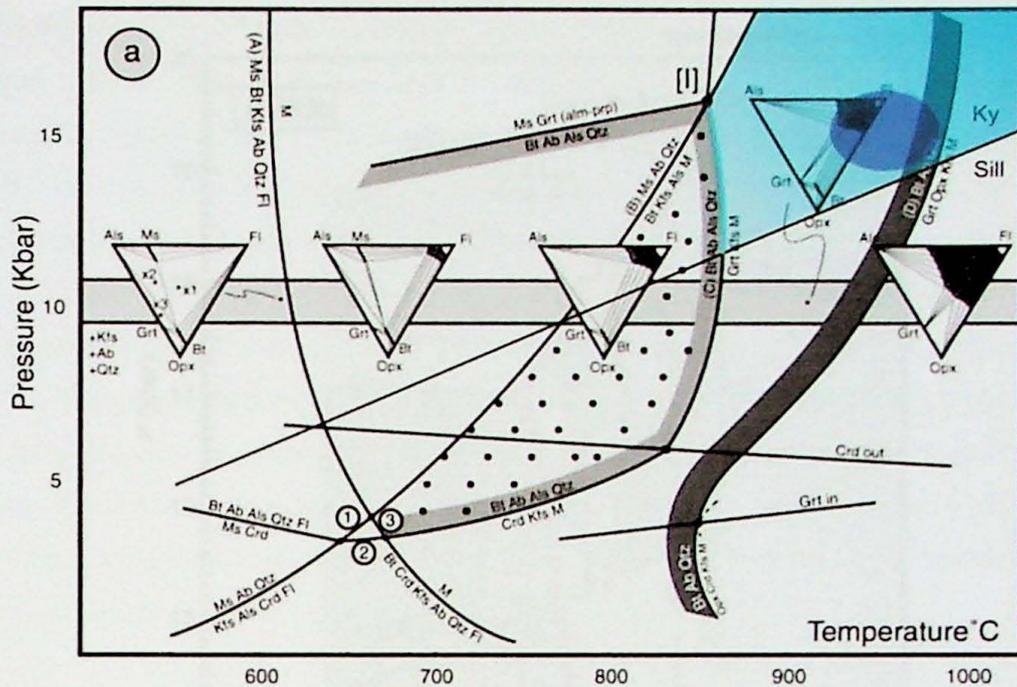
A muscovita ainda pode ser resultado de retrometamorfismo, já que algumas das amostras foram coletadas próximo da Falha Três Corações, observada no mapa geológico local, que pode ter gerado a muscovita tardia, ou ter colocado lado a lado rochas de temperaturas distintas, dificultando o traçado de um mapa metamórfico/fusão na *nappe*.

## **6.2 METAMORFISMO NA NAPPE TRÊS PONTAS-VARGINHA**

A *Nappe* Três Pontas-Varginha é caracterizada pela presença de granulitos migmatíticos resultados de metamorfismo de alta temperatura e pressão. O metamorfismo é responsável por fusão parcial das rochas pelíticas, gerando bolsões de leucossoma de composição predominantemente quartzo-feldspática, com granada, cianita, rutilo, zircão, apatita e monazita subordinados. O granulito, resíduo sólido da extração do fundido, apresenta associação mineral composta por granada, cianita e biotita definindo a foliação principal. Quartzo e feldspato potássico completam a mineralogia principal. Plagioclásio é ausente. Esta associação mineral permite delimitar o campo de estabilidade no diagrama NKFMASH, que é limitado pela reação:

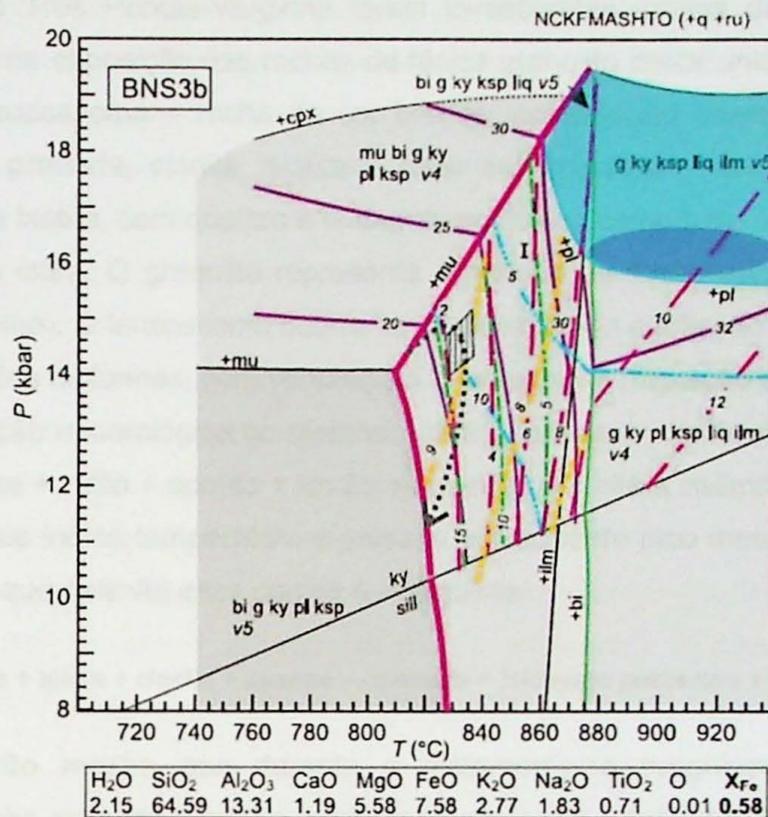


O cálculo termobarométrico para o leucossoma, feito na amostra PD6B, indica temperatura e pressão coerentes com o campo de estabilidade indicado na figura. A pressão fornecida pelo programa foi de  $14,7 \pm 2,06$  kbar e a temperatura de  $957 \pm 85$  °C.



**Figura 30** – Diagrama NCKFMASH com indicação do campo de estabilidade da associação mineralógica que compõe o leucossoma (granada + feldspato potássico + fundido) – em azul claro. Em azul escuro é indicado campo de plotagem do resultado do THERMOCALC, com suas barras de erro. Os resultados do THERMOCALC são coerentes com os determinados na petrografia. Retirado de Vielzeuf & Schmidt, 2001.

O campo de estabilidade também pode ser delimitado em pseudo-seções construídas para determinadas composições do protólito da rocha metamorfizada. Neste trabalho não foi realizada química de rocha, uma vez que, em terrenos onde há fusão, é difícil determinar a composição inicial considerando a perda do fundido. A Fig. 31 apresenta uma pseudo-seção construída a partir da composição indicada abaixo para rochas do Canadá, com mineralogia muito semelhante às da Nappe Três Pontas-Varginha. Apesar de não ser construída com base na geoquímica das amostras em questão, as pseudo-seções delimitam campo de estabilidade mais restrito, refinando os resultados, quando comparada à grade petrogenética KFMASH.



**Figura 31** – Pseudo-seção construída a partir da composição indicada na tabela (Indaires *et al.*, 2008). A área em azul-claro representa o campo de estabilidade da paragênese do leucossoma na nappe Três Pontas-Varginha. Em azul escuro é indicado campo de plotagem do resultado de P-T obtidos no THERMOCALC, com suas barras de erro. Retirado de Indaires *et al.* 2008

O retrometamorfismo nestas rochas é observado pela presença de leitos finos de concentração de biotita no contato entre o leucossoma e o granulito. É comum ocorrer cristais de biotita também bordejando e substituindo porfiroblastos de granada. Esses fatos são explicados pelo inverso da reação apresentada acima, no qual fundido reage com granada formando biotita.

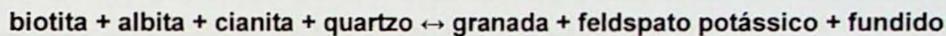
## 7 Conclusões

Com o objetivo de estabelecer relação entre as condições de formação das *Nappes* Carmo da Cachoeira e Três Pontas-Varginha, o presente trabalho utilizou de ferramentas como de campo, petrografia, química mineral e termobarometria para caracterizar o metamorfismo nas duas unidades e entender a evolução do processo de fusão entre os dois conjuntos.

A área em estudo localiza-se na borda sul do Cráton São Francisco e faz parte do sistema de nappes de alta pressão que constituem o Terreno Andrelândia, definido por Campos Neto *et al.* (2004). A *Nappe* Três Pontas-Varginha faz parte do conjunto superior e a *Nappe* Carmo da Cachoeira é basal.

Na *Nappe* Três Pontas-Varginha foram investigadas rochas da pedreira de Três Pontas, que é ótima exposição das rochas de fácies granulito desta unidade. Na pedreira a distinção entre leucossoma – rocha de cor branca, composição essencialmente quartzo-feldspática, com granada, cianita, biotita e rutilo subordinados – e granulito – rico em granada, cianita e biotita, com quartzo e feldspato potássico compondo os principais félsicos da rocha é muito clara. O granulito representa o resíduo da fusão depois da extração do fundido (leucossoma). O leucossoma ocorre tanto paralelizado a foliação no granulito quanto na forma de bolsões disformes, com venulações que sugerem migração de fundido.

A associação mineralógica do melanossoma (granada + cianita + biotita + quartzo + feldspato potássico + rutilo + apatita + zircão + ilmenita) permite a delimitação de um campo de estabilidade que indica temperatura e pressão elevadas do pico metamórfico para estas rochas. A reação que delimita esse campo é a seguinte:



Esta reação mostra que durante o metamorfismo progressivo, plagioclásio é consumido da rocha gerando granada + feldspato potássico + fundido (leucossoma). Sendo assim, o granulito não apresenta plagioclásio em sua composição.

A termobarometria foi calculada para o leucossoma na amostra PD6B e resulta em valores aproximados de  $14,7 \pm 2,06$  kbar e  $957 \pm 85$  °C. Estes valores são coerentes com os campos de estabilidade plotados em grade petrogenética do sistema NKFMASH e em pseudo-seções. Cristais de granada ocorrem frequentemente bordejados por biotita, como resultado de retrometamorfismo.

Segundo Campos Neto *et al.* (2005, 2007), a *Nappe* Carmo da Cachoeira é composta por metapelitos e metawackes correspondentes aos cianita-granada-biotita xistos ao Xisto Santo Antônio, respectivamente. Os estudos na unidade foram baseados no trabalho de Peternel (2000). Neste trabalho, o autor apresenta mapa geológico-estrutural e metamórfico da área em estudo. Segundo Peternel, as rochas dessa *nappe* são colocadas na zona da estauroлита e cianita, portanto, metamorfizadas em fácies anfíbolito médio.

O metamorfismo na *Nappe* Carmo da Cachoeira pode ser investigado pelas principais associações minerais dos litotipos que compõem a unidade. A paragênese cianita + granada + biotita + quartzo + feldspato potássico  $\pm$  plagioclásio  $\pm$  rutilo (amostra MR311) é indicativa de fácies anfíbolito superior transição para fácies granulito, em pressão elevada, zona da cianita + feldspato potássico + granada + rutilo.

A porção sul da *nappe* apresenta muscovita estável na composição, enquanto na porção nordeste a muscovita é ausente. Pode-se concluir que as rochas localizadas a sul foram submetidas a metamorfismo em condições algo mais baixas das demais. Outro fato

que reitera esta ideia é a presença de feldspato potássico na amostra MR311 (localizada na porção nordeste da *nappe*) – a muscovita deve ter sido consumida para a formação de feldspato potássico (+ granada + fundido) pela reação de quebra da muscovita. A reação ocorre em altas condições de temperatura e pressão de (~730 °C e 9 kbar, Spear *et al.*, 1999). Na amostra MR311, portanto, as condições *P-T* foram suficientes para ter ocorrido fusão, a partir da quebra da muscovita.

Os resultados de termobarometria obtidos pelo programa THERMOCALC, na amostra MR96, indicam condições *P-T* coerentes com os campos de estabilidade dados pela paragênese mineral das rochas. O programa fornece valores de  $820 \pm 40$  °C e  $8,72 \pm 1$  kbar.

Ao contrário do que é relatado por Peternel (2000), conclui-se que o pico metamórfico nas rochas da *nappe* se deu em condições *P-T* mais elevadas que as de fácies anfíbolito medio, com presença de fusão de rochas por quebra da muscovita, tendo então atingido condições mínimas da fácies anfíbolito superior.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos Neto, M.C. & Caby, R. 1999. Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraint from the nappe system south of the Sao Francisco Craton, Southeast Brazil. *Precambrian Research* 97, 3-26.
- Campos Neto, M.C. & Caby, R. 2000. Terrane accretion and upward extrusion of high-pressure granulites in the Neoproterozoic nappes of Southeast Brazil; petrologic and structural constraints. *Tectonics*, 19, 669-687.
- Campos Neto, M.C., Basei, M.A.S., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabó, G.A.J. and Vasconcelos, P., 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da colagem Brasileira no sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – USP, Geologia USP, Série Científica*, 4, 13-40.
- Campos Neto, M.C.; Basei, M.A.S.; Janasi, V. A.; Siga Jr., O.; Cordani, U.G. 2005. O Grupo Andrelândia no sistema de *nappes* Andrelândia Oriental. In: III Simpósio Sobre o Cráton do São Francisco. Salvador, Bahia. p.143-146
- 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*, v. 37, p. 47-60.
- Cioffi C.R. 2009. Geologia dos granulitos de alta pressão da *Klippe* Carvalhos, extensão sul da Faixa Brasília. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 104p.
- Fyfe, W.S. (1973). The granulite facies, partial melting and the Archaean crust. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 273A, 457-461.
- Heilbron M., Gonçalves M.L., Teixeira W., Trouw R.A.J., Padilha A.V., Kawashita K. 1989. Geocronologia da região de Lavras, São João del Rei, Lima Duarte e Caxambu (MG). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 61 (2): 177-199.
- Heilbron M., Pedrosa-Soares A.C., Campos Neto M.C., Silva L.C., Trouw R.A.J., Janasi V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito

Neves B.B. (eds.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, 13, p. 204-234.

Indares, A., White, R.W., Powell, R. 2008. Phase equilibria modelling of kyanite-bearing anatectic paragneisses from the central Grenville Province. *Journal of Metamorphic Geology* 26: 815-836.

Moraes R., Brown, M, Fuck, R A, Camargo, M A & Lima, T M. 2002. Characterization and *P-T* evolution of melt-bearing ultrahigh-temperature granulites: an example from the Anápolis-Itaúçu Complex of the Brasília Fold Belt, Brazil. *Journal of Petrology*, 43 (9): 1673 – 1705.

Pattison, D.R.M; Chacko, T.; Farquhar, J.; McFarlane, C.R.M. 2003. Temperatures of granulitefacies metamorphism; constraints from experimental phase equilibria and thermobarometry corrected for retrograde exchange. *Journal of Petrology*. 44 (5): 867-900.

Powell, R. & Downes, J. 1990. Garnet porphyroblast-bearing leucosomes in metapelites: mechanisms, phase diagrams, and an example from Broken Hill, Australia. In: *High Temperature Metamorphism and Crustal Anatexis* (eds Ashworth, J.R. & Brown, M.) pp. 105-123. Unwin Hyman, London.

Peternel, P. M. N. 2000. Evolução estrutural e metamórfica brasileira de um sistema de nappes na região de Três Corações, sul de Minas Gerais. *Dissertação (Mestrado)*, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 109p.

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

Spear, F.S., Kohn, M.J. & Cheney, J.T. 1999. *P-T* paths from anatectic pelites. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 134, 17–32.

Trouw, R.A.J., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F., Valeriano., C.M., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M. & Andreis, R.R. (2000a). The Central Segment of the Ribeira Belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. & Campos, D.A. (Eds.) *Tectonic*

Evolution of South America. 31st International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil, 287-310.

Trouw, R.A.J., Ribeiro, A., Paciullo, F. & Heilbron, M. (2000b). Interference between the Neoproterozoic Brasília and Ribeira Belts, with special emphasis on high pressure granulites. 31st International Geological Congress. Field Trip Guide. Rio de Janeiro, Brazil. p.45.

Vielzeuf, D. & Schmidt, M.W. 2001. Melting relations in hydrous systems revisited: application to metapelites, metagreywackes and metabasalts. *Contributions Mineralogy Petrology*, 141: 251-267

White, R.W. & Powell, R. (2002). Melt loss and the preservation of granulite facies mineral assemblages. *Journal of Metamorphic Geology* **20**, 621-632.

Sample	g1.1	g1.2	g1.3	g1.4	g1.5	g1.6	g1.7	g1.8	g1.9	g1.10	g1.11	g1.12	g1.13	g1.14	g1.15
SiO2	38.31	37.34	37.32	37.54	37.64	37.62	37.68	37.63	37.59	37.60	37.50	37.69	37.50	37.39	37.48
TiO2	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.14	0.10	0.00	0.00
Al2O3	19.83	21.38	21.07	21.57	21.41	21.37	21.70	21.64	21.52	21.48	21.40	21.56	21.59	21.59	21.42
Cr2O3	0.02	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.04	0.05	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.00
Fe2O3	0.00	1.03	1.44	0.63	1.10	0.96	1.25	1.16	0.83	1.44	0.97	0.60	1.09	1.27	0.92
FeO	34.30	32.85	32.12	32.84	32.12	31.75	31.72	31.61	31.54	31.16	31.43	32.13	31.35	31.35	31.27
MnO	0.80	0.73	0.72	0.64	0.72	0.64	0.66	0.65	0.67	0.66	0.68	0.61	0.65	0.66	0.62
MgO	3.33	4.49	4.77	4.76	5.24	5.43	5.48	5.51	5.48	5.72	5.58	5.41	5.65	5.53	5.69
CaO	2.14	2.40	2.55	2.27	2.20	2.26	2.27	2.26	2.31	2.32	2.24	2.18	2.22	2.22	2.17
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	98.8	100.3	100.0	100.3	100.5	100.1	100.8	100.5	100.0	100.4	99.9	100.4	100.2	100.1	99.6
Oxygens	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	3.097	2.966	2.968	2.973	2.970	2.974	2.959	2.961	2.971	2.958	2.967	2.971	2.957	2.955	2.971
Ti	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.008	0.006	0.000	0.000
Al	1.891	2.002	1.976	2.014	1.992	1.992	2.009	2.007	2.005	1.993	1.997	2.004	2.008	2.011	2.002
Cr	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.000
Fe3	0.000	0.061	0.086	0.037	0.065	0.057	0.074	0.069	0.049	0.085	0.057	0.035	0.065	0.075	0.055
Fe2	2.319	2.183	2.137	2.175	2.120	2.100	2.083	2.081	2.085	2.050	2.080	2.119	2.068	2.072	2.074
Mn	0.055	0.049	0.049	0.043	0.048	0.043	0.044	0.044	0.045	0.044	0.046	0.041	0.043	0.044	0.041
Mg	0.402	0.532	0.566	0.562	0.616	0.640	0.641	0.646	0.646	0.671	0.658	0.636	0.664	0.651	0.672
Ca	0.186	0.204	0.218	0.193	0.186	0.192	0.191	0.191	0.196	0.196	0.190	0.184	0.188	0.188	0.184
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	7.954	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Alm	0.783	0.736	0.720	0.732	0.714	0.706	0.704	0.703	0.702	0.692	0.699	0.711	0.698	0.701	0.698
Prp	0.136	0.179	0.191	0.189	0.207	0.215	0.217	0.218	0.217	0.227	0.221	0.213	0.224	0.220	0.226
sps	0.019	0.017	0.016	0.014	0.016	0.014	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015	0.014
adr	0.000	0.030	0.042	0.018	0.032	0.028	0.036	0.033	0.024	0.041	0.028	0.017	0.031	0.036	0.027
uva	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
grs	0.062	0.038	0.032	0.046	0.030	0.036	0.029	0.030	0.041	0.025	0.036	0.044	0.032	0.026	0.035
X <sub>Mg</sub>	0.148	0.192	0.203	0.203	0.220	0.229	0.229	0.231	0.232	0.239	0.235	0.228	0.237	0.233	0.240

Nappe Carmo da Cachoeira  
 Amostra MR311  
 GRANADA - grão 1

	g1.16	g1.17	g1.18	g1.19	g1.20	g1.21	g1.22	g1.23	g1.24	g1.25	g1.26	g1.27	g1.28	g1.29	g1.30	g1.31	g1.32
37.55	37.57	37.59	38.83	37.67	37.73	37.67	37.76	37.59	37.13	37.67	37.86	37.39	37.86	37.81	37.66	37.84	37.83
0.00	0.04	0.01	0.05	0.07	0.04	0.41	0.41	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
21.50	21.68	21.64	21.96	21.64	21.66	21.37	21.37	21.70	21.73	21.45	21.60	21.35	21.45	21.50	21.47	21.45	21.49
0.00	0.01	0.03	0.02	0.05	0.00	0.04	0.04	0.00	0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
1.41	1.00	0.80	0.00	0.86	1.08	0.15	0.15	1.17	0.92	0.94	0.67	1.34	1.06	0.87	1.15	1.38	0.40
31.17	31.29	31.48	31.27	31.22	31.24	31.50	31.22	31.22	30.90	31.21	31.33	30.85	31.36	31.13	31.12	30.91	31.55
0.66	0.63	0.65	0.61	0.62	0.63	0.64	0.64	0.62	0.60	0.65	0.67	0.57	0.60	0.72	0.59	0.71	0.62
5.69	5.71	5.60	5.77	5.78	5.81	5.87	5.87	5.73	5.59	5.78	5.81	5.80	5.88	5.86	5.82	6.02	5.69
2.28	2.23	2.20	2.30	2.30	2.27	2.26	2.26	2.26	2.29	2.26	2.28	2.30	2.22	2.28	2.30	2.25	2.29
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.3	100.1	100.0	100.8	100.2	100.5	100.0	100.0	100.3	99.2	100.0	100.2	99.6	100.5	100.2	100.1	100.6	99.9
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2.959	2.961	2.967	3.019	2.965	2.963	2.977	2.977	2.958	2.953	2.972	2.978	2.963	2.974	2.976	2.968	2.967	2.988
0.000	0.002	0.001	0.003	0.004	0.002	0.024	0.024	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
1.998	2.014	2.015	2.013	2.008	2.006	1.986	1.986	2.013	2.038	1.996	2.003	1.994	1.986	1.995	1.995	1.983	2.001
0.000	0.000	0.002	0.001	0.003	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
0.083	0.059	0.047	0.000	0.051	0.063	0.009	0.009	0.069	0.055	0.055	0.039	0.080	0.062	0.051	0.068	0.081	0.023
2.054	2.063	2.079	2.033	2.055	2.052	2.077	2.077	2.055	2.056	2.060	2.061	2.045	2.060	2.050	2.051	2.027	2.084
0.044	0.042	0.043	0.040	0.041	0.042	0.043	0.043	0.041	0.041	0.043	0.045	0.038	0.040	0.048	0.039	0.047	0.041
0.669	0.670	0.659	0.669	0.679	0.680	0.690	0.690	0.672	0.662	0.679	0.681	0.685	0.688	0.687	0.684	0.704	0.669
0.192	0.188	0.187	0.192	0.194	0.191	0.191	0.191	0.191	0.195	0.191	0.192	0.195	0.187	0.193	0.194	0.189	0.194
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	8	8	7.971	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
0.694	0.696	0.700	0.693	0.692	0.692	0.692	0.692	0.694	0.696	0.693	0.692	0.690	0.692	0.688	0.691	0.683	0.697
0.226	0.226	0.222	0.228	0.229	0.229	0.230	0.230	0.227	0.224	0.228	0.229	0.231	0.231	0.231	0.230	0.237	0.224
0.015	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.013	0.013	0.016	0.013	0.016	0.014
0.040	0.028	0.023	0.000	0.025	0.030	0.005	0.005	0.033	0.026	0.027	0.019	0.039	0.030	0.025	0.033	0.039	0.011
0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.025	0.035	0.039	0.065	0.039	0.034	0.058	0.058	0.031	0.039	0.036	0.045	0.027	0.033	0.040	0.032	0.024	0.054
0.238	0.240	0.237	0.248	0.244	0.243	0.249	0.249	0.240	0.239	0.243	0.245	0.244	0.245	0.246	0.244	0.250	0.241

	g1.33	g1.34	g1.35	g1.36	g1.37	g1.38	g1.39	g1.40	g1.41	g1.42	g1.43	g1.44	g1.45	g1.46	g1.47	g1.48
37.92	37.75	37.56	37.13	37.67	37.68	37.22	37.80	37.35	37.57	37.72	37.54	37.74	37.67	37.65	37.50	
0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
21.57	21.56	21.61	20.92	21.61	21.60	18.58	21.74	21.29	21.57	21.65	21.44	21.63	21.52	21.47	21.33	
0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	
0.77	1.31	1.28	0.61	1.14	1.23	0.00	1.17	1.41	1.34	1.12	1.12	1.14	1.33	1.05	0.76	
31.38	31.05	31.07	31.04	31.02	31.20	28.66	31.37	30.89	31.20	31.51	31.53	31.82	31.76	31.76	33.56	
0.61	0.65	0.66	0.63	0.70	0.65	0.56	0.67	0.64	0.69	0.68	0.70	0.66	0.70	0.68	0.70	
5.84	5.91	5.78	5.55	5.78	5.81	5.34	5.79	5.87	5.77	5.64	5.43	5.49	5.43	5.35	4.16	
2.29	2.26	2.24	2.20	2.35	2.22	1.87	2.23	2.12	2.15	2.22	2.31	2.23	2.27	2.37	2.47	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
100.4	100.5	100.2	98.1	100.3	100.4	92.3	100.8	99.6	100.3	100.6	100.1	100.8	100.7	100.4	100.5	
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
2.978	2.964	2.958	2.989	2.964	2.962	3.150	2.960	2.961	2.958	2.963	2.968	2.964	2.963	2.970	2.979	
0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
1.997	1.995	2.007	1.985	2.005	2.002	1.855	2.008	1.989	2.002	2.006	1.998	2.003	1.995	1.996	1.997	
0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	
0.045	0.077	0.075	0.037	0.067	0.073	0.000	0.069	0.084	0.079	0.066	0.066	0.067	0.078	0.062	0.045	
2.061	2.039	2.046	2.090	2.041	2.051	2.029	2.055	2.047	2.054	2.071	2.085	2.090	2.089	2.096	2.229	
0.040	0.043	0.044	0.043	0.047	0.043	0.040	0.044	0.043	0.046	0.045	0.047	0.044	0.046	0.046	0.047	
0.684	0.691	0.678	0.666	0.677	0.681	0.674	0.676	0.693	0.677	0.661	0.640	0.642	0.637	0.629	0.493	
0.193	0.190	0.189	0.190	0.198	0.187	0.170	0.187	0.180	0.181	0.187	0.196	0.187	0.191	0.200	0.210	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8	8	8	8	8	8	7.92	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
0.692	0.688	0.692	0.699	0.689	0.692	0.697	0.694	0.691	0.694	0.699	0.702	0.705	0.705	0.705	0.748	
0.230	0.233	0.229	0.223	0.228	0.230	0.231	0.228	0.234	0.229	0.223	0.216	0.217	0.215	0.212	0.165	
0.013	0.015	0.015	0.014	0.016	0.015	0.014	0.015	0.015	0.016	0.015	0.016	0.015	0.016	0.015	0.016	
0.022	0.037	0.036	0.018	0.032	0.035	0.000	0.033	0.041	0.038	0.032	0.032	0.032	0.038	0.030	0.022	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
0.042	0.027	0.027	0.045	0.034	0.027	0.058	0.030	0.020	0.023	0.031	0.034	0.030	0.027	0.037	0.048	
0.245	0.246	0.242	0.238	0.243	0.243	0.249	0.241	0.245	0.241	0.236	0.229	0.229	0.227	0.226	0.178	

Sample	g2.1	g2.2	g2.3	g2.4	g2.5	g2.6	g2.7	g2.8	g2.9	g2.10	g2.11	g2.12	g2.13	g2.14	g2.15	g2.16
SiO2	38.45	37.63	37.66	37.28	37.50	37.73	37.67	37.18	37.59	37.51	37.67	37.63	37.43	37.44	37.49	37.64
TiO2	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.07	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.05
Al2O3	22.52	21.47	21.49	21.57	21.51	21.46	21.51	21.67	21.53	21.42	21.66	21.57	21.27	21.47	21.26	21.44
Cr2O3	0.04	0.06	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.97	0.62	1.52	1.41	0.56	0.92	1.93	1.00	1.51	1.04	1.38	1.43	1.24	1.23	0.78
FeO	33.38	32.51	32.83	31.81	31.80	32.13	31.65	31.29	31.76	31.38	31.78	31.49	31.28	31.12	31.27	31.43
MnO	0.68	0.69	0.70	0.71	0.67	0.68	0.71	0.75	0.71	0.70	0.64	0.60	0.66	0.60	0.65	0.60
MgO	4.45	4.80	4.82	4.98	5.13	5.10	5.34	5.20	5.36	5.41	5.26	5.45	5.39	5.50	5.44	5.48
CaO	2.38	2.52	2.28	2.47	2.54	2.51	2.47	2.48	2.28	2.43	2.54	2.50	2.50	2.53	2.50	2.54
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	101.9	100.6	100.4	100.4	100.6	100.2	100.3	100.6	100.2	100.4	100.6	100.7	100.0	99.9	99.9	100.0
Oxygens	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	2.987	2.971	2.978	2.949	2.957	2.982	2.972	2.931	2.968	2.959	2.963	2.958	2.963	2.961	2.971	2.975
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003
Al	2.063	1.998	2.003	2.011	2.000	2.000	2.000	2.014	2.004	1.992	2.009	1.999	1.985	2.002	1.986	1.998
Cr	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000
Fe3	0.000	0.057	0.037	0.090	0.083	0.033	0.055	0.114	0.059	0.089	0.061	0.082	0.085	0.074	0.073	0.046
Fe2	2.169	2.147	2.171	2.105	2.097	2.124	2.088	2.063	2.098	2.071	2.091	2.070	2.072	2.059	2.072	2.078
Mn	0.045	0.046	0.047	0.048	0.045	0.045	0.047	0.050	0.047	0.047	0.043	0.040	0.044	0.040	0.044	0.040
Mg	0.515	0.564	0.568	0.587	0.602	0.601	0.628	0.611	0.630	0.636	0.617	0.639	0.636	0.648	0.643	0.645
Ca	0.198	0.213	0.193	0.209	0.215	0.212	0.209	0.210	0.193	0.206	0.214	0.210	0.212	0.214	0.212	0.215
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	7.98	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Alm	0.741	0.723	0.729	0.714	0.709	0.712	0.703	0.703	0.707	0.700	0.705	0.700	0.699	0.695	0.697	0.698
Prp	0.176	0.190	0.191	0.199	0.203	0.202	0.211	0.208	0.212	0.215	0.208	0.216	0.215	0.219	0.216	0.217
sps	0.015	0.015	0.016	0.016	0.015	0.015	0.016	0.017	0.016	0.016	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.013
adr	0.000	0.028	0.018	0.043	0.040	0.016	0.027	0.054	0.029	0.043	0.029	0.039	0.041	0.036	0.035	0.023
uva	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
grs	0.067	0.043	0.047	0.028	0.033	0.054	0.043	0.017	0.036	0.027	0.043	0.031	0.030	0.036	0.036	0.050
X <sub>Mg</sub>	0.192	0.204	0.205	0.211	0.216	0.218	0.227	0.219	0.226	0.227	0.223	0.229	0.228	0.233	0.231	0.233

g2.17	g2.18	g2.19	g2.20	g2.21	g2.22	g2.23	g2.24	g2.25	g2.26	g2.27	g2.28	g2.29	g2.30	g2.31	g2.32	g2.33	g2.34
37.68	37.63	37.70	37.51	37.73	37.55	37.59	37.79	37.62	37.77	37.59	37.32	37.54	37.43	37.95	37.34	37.59	37.71
0.10	0.05	0.04	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
21.38	21.51	21.43	21.64	21.52	21.36	21.59	21.42	21.28	22.01	21.48	21.43	21.99	21.58	21.58	21.56	21.59	21.44
0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
1.04	0.95	1.00	1.54	0.66	0.88	1.32	1.19	1.74	0.92	1.18	0.95	0.97	1.14	1.02	0.63	1.02	0.00
31.37	31.42	31.25	30.96	31.30	31.24	31.12	31.48	30.99	31.43	31.11	30.86	31.09	31.14	31.48	31.26	31.10	31.59
0.65	0.64	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.58	0.67	0.64	0.64	0.59	0.64	0.62	0.65	0.63	0.64	0.67
5.59	5.50	5.60	5.58	5.59	5.50	5.57	5.56	5.67	5.53	5.59	5.64	5.53	5.48	5.57	5.45	5.60	5.36
2.46	2.47	2.50	2.58	2.50	2.50	2.56	2.51	2.54	2.53	2.53	2.44	2.57	2.51	2.58	2.38	2.52	2.51
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.3	100.2	100.2	100.5	100.0	99.7	100.5	100.5	100.5	100.8	100.2	99.3	100.4	99.9	100.9	99.3	100.1	99.3
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2.970	2.968	2.971	2.949	2.978	2.976	2.957	2.972	2.959	2.957	2.964	2.966	2.952	2.960	2.973	2.970	2.965	2.997
0.006	0.003	0.003	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
1.987	2.000	1.991	2.006	2.003	1.996	2.002	1.986	1.973	2.031	1.997	2.008	2.039	2.012	1.993	2.021	2.008	2.009
0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.061	0.056	0.059	0.091	0.039	0.052	0.078	0.070	0.103	0.054	0.070	0.057	0.057	0.068	0.060	0.038	0.061	0.000
2.068	2.072	2.060	2.036	2.066	2.070	2.047	2.070	2.039	2.058	2.052	2.051	2.045	2.060	2.063	2.079	2.052	2.100
0.043	0.043	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.039	0.044	0.043	0.043	0.040	0.043	0.041	0.043	0.043	0.043	0.045
0.656	0.647	0.658	0.654	0.657	0.649	0.653	0.651	0.665	0.645	0.657	0.668	0.648	0.645	0.650	0.646	0.658	0.635
0.208	0.209	0.212	0.217	0.211	0.212	0.216	0.212	0.214	0.212	0.213	0.208	0.216	0.213	0.217	0.203	0.213	0.214
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7.999
0.695	0.697	0.693	0.690	0.694	0.696	0.692	0.697	0.688	0.696	0.692	0.691	0.693	0.696	0.694	0.700	0.692	0.701
0.221	0.218	0.221	0.222	0.221	0.218	0.221	0.219	0.225	0.218	0.222	0.225	0.220	0.218	0.219	0.217	0.222	0.212
0.014	0.014	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.013	0.015	0.015	0.015	0.013	0.015	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015
0.030	0.027	0.029	0.043	0.019	0.025	0.037	0.034	0.050	0.026	0.034	0.028	0.027	0.033	0.029	0.018	0.029	0.000
0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.040	0.042	0.042	0.030	0.052	0.045	0.035	0.037	0.022	0.046	0.037	0.043	0.046	0.039	0.043	0.049	0.042	0.071
0.236	0.233	0.237	0.235	0.238	0.234	0.235	0.233	0.237	0.234	0.236	0.241	0.236	0.233	0.234	0.234	0.237	0.232

g2.35	g2.36	g2.37	g2.38	g2.39	g2.40	g2.41	g2.42	g2.43	g2.44	g2.45	g2.46	g2.47
37.70	37.67	37.54	37.53	37.45	37.21	37.56	37.63	37.45	37.44	37.79	37.47	37.14
0.01	0.01	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
21.65	21.47	21.36	21.63	21.50	21.48	21.49	21.47	21.43	21.60	21.48	21.37	21.27
0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.06	0.01	0.04
0.96	1.17	1.07	1.41	0.81	1.46	0.16	0.97	0.73	0.90	0.85	1.43	0.88
31.28	31.06	31.08	31.05	31.21	30.88	31.36	31.19	31.12	31.05	31.54	31.04	32.36
0.62	0.62	0.71	0.66	0.63	0.66	0.62	0.68	0.64	0.64	0.66	0.69	0.68
5.60	5.68	5.61	5.59	5.51	5.48	5.50	5.62	5.58	5.51	5.53	5.53	4.59
2.49	2.52	2.45	2.50	2.44	2.47	2.44	2.42	2.41	2.53	2.44	2.51	2.48
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.3	100.2	99.9	100.4	99.6	99.7	99.1	100.0	99.4	99.7	100.4	100.1	99.4
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2.966	2.968	2.969	2.954	2.969	2.952	2.987	2.972	2.974	2.965	2.976	2.961	2.970
0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
2.008	1.994	1.992	2.007	2.010	2.009	2.015	1.998	2.006	2.016	1.994	1.991	2.005
0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.003
0.057	0.069	0.063	0.084	0.048	0.087	0.010	0.058	0.044	0.054	0.050	0.085	0.053
2.059	2.047	2.056	2.044	2.070	2.049	2.086	2.060	2.067	2.057	2.077	2.052	2.164
0.041	0.041	0.048	0.044	0.042	0.044	0.042	0.046	0.043	0.043	0.044	0.046	0.046
0.657	0.667	0.661	0.655	0.651	0.648	0.651	0.661	0.660	0.651	0.649	0.652	0.547
0.210	0.213	0.207	0.211	0.208	0.210	0.208	0.205	0.205	0.214	0.206	0.212	0.212
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
0.694	0.690	0.692	0.692	0.697	0.694	0.698	0.693	0.695	0.694	0.698	0.693	0.729
0.221	0.225	0.222	0.222	0.219	0.220	0.218	0.222	0.222	0.220	0.218	0.220	0.184
0.014	0.014	0.016	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.014	0.015	0.015	0.016	0.015
0.028	0.033	0.031	0.040	0.023	0.041	0.005	0.028	0.021	0.026	0.024	0.041	0.026
0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001
0.043	0.038	0.038	0.031	0.046	0.029	0.064	0.041	0.046	0.046	0.043	0.031	0.044
0.237	0.240	0.238	0.235	0.235	0.233	0.237	0.238	0.238	0.236	0.234	0.234	0.198

Sample	g2.1	g2.2	g2.3	g2.4	g2.5	g2.6	g2.7	g2.8	g2.9	g2.10	g2.11	g2.12	g2.13	g2.14	g2.15	g2.16
SiO2	37.03	37.26	37.26	37.34	37.63	37.48	37.47	37.35	37.39	37.62	37.50	36.76	35.22	37.50	37.46	36.24
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	21.36	21.38	21.29	21.35	21.66	21.44	21.42	21.59	21.34	21.58	21.56	21.61	23.85	21.46	21.56	21.62
Cr2O3	0.01	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.04
Fe2O3	1.27	0.97	1.40	0.76	0.55	1.15	1.35	1.79	1.24	1.45	1.27	1.64	1.05	1.60	1.59	2.33
FeO	34.76	33.94	33.44	33.30	33.62	32.94	32.67	32.38	32.41	32.26	32.30	31.70	30.90	32.08	32.26	30.85
MnO	1.09	0.92	0.78	0.79	0.83	0.77	0.75	0.72	0.67	0.64	0.62	0.62	0.59	0.69	0.55	0.61
MgO	3.35	4.02	4.41	4.58	4.72	5.04	5.02	5.05	5.11	5.32	5.29	5.17	4.63	5.36	5.32	5.29
CaO	1.91	1.95	1.92	1.86	1.66	1.65	1.90	1.99	1.96	2.03	1.94	1.88	1.83	1.95	1.94	1.90
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	100.8	100.5	100.5	100.0	100.7	100.5	100.6	100.9	100.2	100.9	100.5	99.4	98.1	100.6	100.7	98.9
Oxygens	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	2.956	2.967	2.960	2.975	2.974	2.966	2.961	2.944	2.964	2.957	2.960	2.934	2.836	2.956	2.951	2.907
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	2.010	2.006	1.994	2.005	2.019	2.000	1.995	2.007	1.995	1.999	2.006	2.034	2.264	1.994	2.002	2.044
Cr	0.001	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002
Fe3	0.076	0.058	0.084	0.045	0.033	0.068	0.080	0.106	0.074	0.086	0.075	0.098	0.063	0.095	0.094	0.141
Fe2	2.321	2.260	2.222	2.219	2.222	2.180	2.160	2.135	2.150	2.121	2.132	2.116	2.081	2.115	2.126	2.069
Mn	0.074	0.062	0.053	0.053	0.055	0.051	0.050	0.048	0.045	0.043	0.042	0.042	0.040	0.046	0.037	0.042
Mg	0.398	0.478	0.522	0.544	0.556	0.594	0.591	0.593	0.603	0.623	0.622	0.615	0.556	0.629	0.625	0.632
Ca	0.163	0.166	0.163	0.158	0.140	0.140	0.161	0.168	0.167	0.171	0.164	0.161	0.158	0.165	0.163	0.163
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Alm	0.785	0.762	0.751	0.746	0.747	0.735	0.729	0.725	0.725	0.717	0.720	0.721	0.734	0.716	0.720	0.712
Prp	0.135	0.161	0.176	0.183	0.187	0.200	0.200	0.201	0.203	0.211	0.210	0.210	0.196	0.213	0.212	0.217
sps	0.025	0.021	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.016	0.015	0.015	0.014	0.014	0.014	0.016	0.013	0.014
adr	0.036	0.028	0.040	0.022	0.016	0.033	0.039	0.050	0.036	0.041	0.036	0.046	0.027	0.045	0.045	0.064
uva	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
grs	0.018	0.026	0.013	0.031	0.031	0.014	0.015	0.007	0.020	0.016	0.019	0.009	0.028	0.010	0.009	-0.009
XMg	0.142	0.171	0.185	0.194	0.198	0.209	0.209	0.209	0.213	0.220	0.220	0.217	0.206	0.222	0.220	0.222

	g2.17	g2.18	g2.19	g2.20	g2.21	g2.22	g2.23	g2.24	g2.25	g2.26	g2.27	g2.28	g2.29	g2.30	g2.31	g2.32	g2.33	g2.34
37.45	37.48	39.95	37.51	37.62	37.59	37.58	37.24	37.57	37.77	37.35	37.43	37.26	37.35	37.37	37.34	37.41	37.70	
0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
21.73	21.24	20.73	21.51	21.30	21.50	21.56	21.64	21.34	21.66	21.38	21.43	21.54	21.18	21.49	21.59	21.46	21.49	
0.01	0.02	0.03	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	
1.43	1.41	0.00	1.22	0.66	0.99	1.32	1.57	1.02	0.88	1.33	1.30	1.33	1.23	1.22	1.46	1.16	1.23	
32.10	32.15	32.68	31.85	32.10	32.25	32.20	31.83	32.16	32.48	31.84	32.00	31.92	32.26	32.28	32.07	32.45	32.59	
0.65	0.66	0.61	0.67	0.64	0.64	0.69	0.64	0.64	0.59	0.65	0.64	0.64	0.66	0.63	0.64	0.65	0.66	
5.38	5.37	5.28	5.49	5.44	5.39	5.36	5.32	5.43	5.43	5.41	5.40	5.33	5.20	5.17	5.34	5.17	5.20	
1.91	1.91	1.82	1.99	1.97	1.91	1.95	2.01	1.90	1.92	1.99	1.94	1.93	1.92	2.00	1.88	1.89	1.99	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
100.7	100.3	101.1	100.2	99.8	100.3	100.7	100.2	100.1	100.8	100.0	100.2	100.0	99.8	100.2	100.4	100.2	100.9	
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
2.949	2.966	3.108	2.962	2.983	2.969	2.959	2.945	2.974	2.968	2.960	2.961	2.954	2.970	2.960	2.950	2.963	2.966	
0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2.017	1.981	1.901	2.003	1.992	2.002	2.001	2.017	1.992	2.006	1.997	1.999	2.013	1.985	2.007	2.011	2.004	1.993	
0.001	0.001	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	
0.084	0.084	0.000	0.073	0.039	0.059	0.078	0.093	0.061	0.052	0.079	0.077	0.079	0.073	0.073	0.087	0.069	0.073	
2.114	2.128	2.126	2.104	2.129	2.131	2.121	2.105	2.129	2.135	2.110	2.117	2.117	2.146	2.138	2.119	2.150	2.145	
0.043	0.044	0.040	0.045	0.043	0.043	0.046	0.043	0.043	0.039	0.044	0.043	0.043	0.045	0.042	0.043	0.043	0.044	
0.631	0.633	0.612	0.646	0.643	0.634	0.630	0.627	0.641	0.635	0.638	0.636	0.629	0.616	0.610	0.628	0.610	0.610	
0.161	0.162	0.152	0.168	0.168	0.162	0.164	0.170	0.161	0.162	0.169	0.165	0.164	0.164	0.170	0.159	0.160	0.168	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8	8	7.941	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
0.717	0.717	0.726	0.710	0.714	0.718	0.716	0.715	0.716	0.719	0.713	0.715	0.717	0.722	0.722	0.719	0.726	0.723	
0.214	0.213	0.209	0.218	0.216	0.213	0.213	0.213	0.216	0.214	0.215	0.215	0.215	0.207	0.206	0.213	0.206	0.206	
0.015	0.015	0.014	0.015	0.014	0.014	0.016	0.015	0.014	0.013	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015	0.015	
0.040	0.041	0.000	0.035	0.019	0.029	0.038	0.044	0.030	0.025	0.038	0.037	0.038	0.035	0.035	0.041	0.033	0.035	
0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	
0.014	0.013	0.051	0.022	0.036	0.026	0.018	0.014	0.024	0.029	0.018	0.018	0.018	0.019	0.022	0.012	0.021	0.021	
0.223	0.222	0.224	0.229	0.229	0.225	0.223	0.222	0.226	0.225	0.226	0.225	0.225	0.223	0.217	0.222	0.216	0.216	

g2.35	g2.36	g2.37	g2.38	g2.39	g2.40	g2.41	g2.42	g2.43	g2.44	g2.45
37.69	37.56	37.49	37.57	37.19	37.35	37.19	37.22	37.25	37.23	36.88
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.55	21.57	21.45	21.57	21.43	21.65	21.48	21.51	21.26	21.32	21.01
0.01	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	0.03	0.06	0.00	0.00	0.01
1.36	1.12	1.43	1.08	1.38	0.89	1.12	1.65	1.32	0.84	0.55
32.59	32.89	32.63	32.97	32.72	32.93	33.11	33.15	33.41	34.25	35.19
0.63	0.66	0.74	0.70	0.73	0.78	0.78	0.84	0.86	0.97	2.39
5.25	5.10	5.14	5.00	4.89	4.76	4.54	4.51	4.30	3.70	2.16
1.93	1.77	1.78	1.82	1.79	1.91	1.93	1.93	2.02	2.09	2.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
101.0	100.7	100.7	100.7	100.2	100.3	100.2	100.9	100.4	100.4	100.2
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2.962	2.964	2.958	2.964	2.954	2.962	2.958	2.946	2.963	2.972	2.982
0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.996	2.007	1.996	2.006	2.007	2.024	2.015	2.007	1.994	2.007	2.002
0.001	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000
0.080	0.066	0.085	0.064	0.083	0.053	0.067	0.098	0.079	0.050	0.033
2.142	2.170	2.154	2.175	2.174	2.184	2.203	2.195	2.223	2.286	2.379
0.042	0.044	0.049	0.047	0.049	0.052	0.053	0.056	0.058	0.066	0.164
0.615	0.600	0.605	0.588	0.579	0.563	0.538	0.532	0.510	0.441	0.261
0.163	0.149	0.150	0.154	0.153	0.162	0.164	0.163	0.172	0.179	0.178
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
0.723	0.732	0.728	0.734	0.736	0.738	0.745	0.745	0.750	0.769	0.798
0.208	0.202	0.205	0.198	0.196	0.190	0.182	0.181	0.172	0.148	0.088
0.014	0.015	0.017	0.016	0.017	0.018	0.018	0.019	0.020	0.022	0.055
0.039	0.032	0.041	0.031	0.040	0.026	0.032	0.046	0.038	0.024	0.016
0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
0.016	0.018	0.008	0.021	0.012	0.029	0.022	0.007	0.020	0.036	0.043
0.217	0.212	0.213	0.208	0.204	0.201	0.192	0.188	0.181	0.159	0.098

Sample	g3.1	g3.2	g3.3	g3.4	g3.5	g3.6	g3.7	g3.8	g3.9	g3.10	g3.11	g3.12	g3.13	g3.14	g3.15	g3.16
SiO2	37.06	37.09	37.22	37.32	37.42	37.38	37.47	37.48	37.23	37.32	37.30	37.22	37.69	37.25	37.55	36.93
TiO2	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Al2O3	21.20	21.29	21.27	21.36	21.31	21.44	21.48	21.46	21.48	21.50	21.43	21.43	21.55	21.31	21.64	21.56
Cr2O3	0.03	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.00	0.04
Fe2O3	0.84	1.41	1.57	1.35	1.20	1.47	1.06	1.48	1.73	1.52	1.01	1.11	0.79	1.79	1.00	1.37
FeO	35.46	34.73	34.18	34.23	34.15	33.80	33.76	33.35	32.92	33.09	33.16	32.82	33.61	32.68	33.14	32.37
MnO	1.86	1.03	1.03	1.04	0.98	0.85	0.84	0.84	0.87	0.84	0.84	0.84	0.86	0.81	0.88	0.83
MgO	2.59	3.50	3.88	3.95	4.10	4.27	4.32	4.52	4.54	4.54	4.48	4.59	4.53	4.67	4.65	4.69
CaO	1.83	1.84	1.85	1.80	1.80	1.89	1.94	2.00	2.05	2.02	2.03	2.07	1.96	2.12	2.01	2.02
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	100.9	100.9	101.1	101.1	101.0	101.1	100.9	101.2	100.8	100.8	100.3	100.1	101.0	100.7	100.9	99.8
Oxygens	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	2.972	2.956	2.956	2.961	2.968	2.957	2.966	2.957	2.946	2.952	2.965	2.960	2.974	2.950	2.964	2.945
Ti	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	2.004	2.001	1.991	1.997	1.992	1.999	2.005	1.996	2.004	2.005	2.008	2.009	2.005	1.990	2.014	2.026
Cr	0.002	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.003	0.001	0.002	0.000	0.003
Fe3	0.051	0.084	0.094	0.081	0.071	0.087	0.063	0.088	0.103	0.090	0.060	0.066	0.047	0.107	0.059	0.082
Fe2	2.378	2.315	2.270	2.271	2.265	2.236	2.235	2.201	2.179	2.189	2.205	2.183	2.218	2.165	2.188	2.159
Mn	0.127	0.070	0.069	0.070	0.066	0.057	0.056	0.056	0.059	0.057	0.057	0.057	0.057	0.054	0.059	0.056
Mg	0.310	0.416	0.459	0.467	0.485	0.503	0.510	0.531	0.535	0.535	0.531	0.544	0.533	0.551	0.547	0.557
Ca	0.157	0.157	0.158	0.153	0.153	0.160	0.165	0.169	0.174	0.172	0.173	0.177	0.166	0.180	0.170	0.173
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Alm	0.800	0.783	0.768	0.767	0.763	0.756	0.754	0.744	0.739	0.741	0.743	0.737	0.746	0.734	0.738	0.733
Prp	0.104	0.141	0.155	0.158	0.163	0.170	0.172	0.180	0.182	0.181	0.179	0.184	0.179	0.187	0.185	0.189
sps	0.043	0.024	0.023	0.024	0.022	0.019	0.019	0.019	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.020	0.019
adr	0.025	0.040	0.045	0.039	0.034	0.042	0.030	0.042	0.049	0.043	0.029	0.032	0.023	0.051	0.028	0.039
uva	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
grs	0.027	0.012	0.007	0.012	0.017	0.012	0.025	0.014	0.010	0.015	0.028	0.027	0.032	0.009	0.029	0.018
X <sub>Mg</sub>	0.113	0.148	0.163	0.166	0.172	0.178	0.182	0.188	0.190	0.190	0.190	0.195	0.190	0.195	0.196	0.199

	g3.17	g3.18	g3.19	g3.20	g3.21	g3.22	g3.23	g3.24	g3.25	g3.26	g3.27	g3.28	g3.29
	37.61	37.39	37.03	37.49	37.56	37.31	37.07	37.40	37.08	37.40	37.30	37.44	36.92
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	21.45	21.51	21.43	21.68	21.61	21.58	21.55	21.47	21.37	21.44	21.34	21.46	21.16
	0.04	0.03	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.04	0.00	0.05
	0.78	1.33	2.09	0.69	1.82	1.79	1.55	0.91	1.49	0.97	1.05	1.23	1.24
	33.73	33.14	32.45	33.75	33.48	33.22	33.16	33.75	33.42	33.94	34.09	34.72	35.08
	0.84	0.87	0.82	0.83	0.85	0.93	0.89	0.93	0.86	0.93	1.05	1.07	1.54
	4.37	4.54	4.70	4.40	4.62	4.58	4.45	4.31	4.29	4.18	3.98	3.68	2.93
	2.02	2.02	2.03	1.87	1.82	1.78	1.82	1.85	1.87	1.87	1.84	1.87	1.79
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	100.9	100.8	100.6	100.7	101.8	101.2	100.5	100.7	100.4	100.8	100.7	101.5	100.7
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	2.975	2.957	2.936	2.968	2.946	2.943	2.944	2.966	2.952	2.968	2.967	2.962	2.961
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	2.001	2.005	2.003	2.023	1.998	2.007	2.018	2.008	2.006	2.005	2.001	2.002	2.001
	0.003	0.002	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.000	0.003
	0.046	0.079	0.124	0.041	0.107	0.106	0.092	0.054	0.089	0.058	0.063	0.073	0.074
	2.232	2.192	2.152	2.235	2.196	2.191	2.203	2.239	2.226	2.252	2.268	2.298	2.353
	0.057	0.058	0.055	0.056	0.057	0.062	0.060	0.062	0.058	0.063	0.071	0.072	0.104
	0.515	0.535	0.556	0.519	0.540	0.539	0.527	0.510	0.509	0.494	0.471	0.434	0.350
	0.171	0.171	0.173	0.158	0.153	0.151	0.155	0.157	0.160	0.159	0.157	0.158	0.154
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	0.750	0.742	0.733	0.753	0.745	0.744	0.748	0.754	0.754	0.759	0.764	0.776	0.795
	0.173	0.181	0.189	0.175	0.183	0.183	0.179	0.172	0.172	0.166	0.159	0.147	0.118
	0.019	0.020	0.019	0.019	0.019	0.021	0.020	0.021	0.020	0.021	0.024	0.024	0.035
	0.022	0.038	0.058	0.020	0.051	0.050	0.044	0.026	0.042	0.028	0.030	0.035	0.036
	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
	0.034	0.019	0.001	0.033	0.000	0.000	0.009	0.026	0.011	0.025	0.021	0.018	0.015
	0.184	0.191	0.196	0.186	0.190	0.190	0.187	0.182	0.180	0.176	0.168	0.155	0.126

Sample	MR78				MR96				MR311									
	bi78.1	bi78.2	bi78.3	bi78.4	bi96.1	bi96.2	bi96.3	bi96.4	bi96.5	bi96.6	bi96.7	bi96.8	bi96.9	bi96.10	bi96.11	bi311.1	bi311.2	bi311.3
SiO2	35.61	35.38	35.89	35.76	36.42	36.52	36.42	35.88	35.95	35.86	37.33	36.07	37.46	35.93	36.16	36.58	36.92	36.77
TiO2	2.92	3.14	2.93	2.89	1.76	1.74	1.58	1.95	1.71	1.98	1.86	1.87	1.89	1.85	2.02	4.11	4.13	3.98
Al2O3	18.32	18.22	18.24	18.14	19.32	19.32	18.86	18.77	19.55	19.32	19.49	19.38	19.35	19.53	19.38	18.98	18.93	19.49
Cr2O3	0.04	0.00	0.04	0.00	0.02	0.04	0.03	0.06	0.04	0.00	0.05	0.00	0.03	0.02	0.10	0.1	0.06	0.07
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
FeO	23.53	24.67	23.61	24.23	20.41	20.30	19.79	21.15	20.68	20.51	19.89	20.48	20.05	20.33	20.42	16.93	16.73	16.8
MnO	0.06	0.06	0.04	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0	0	0.04
MgO	7.43	6.99	7.21	7.77	9.99	9.82	10.45	9.67	9.63	9.96	10.34	9.97	10.12	10.01	9.77	11.01	11.05	10.84
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Na2O	0.14	0.04	0.04	0.09	0.25	0.24	0.20	0.16	0.22	0.26	0.28	0.24	0.23	0.25	0.20	0.11	0.13	0.12
K2O	9.69	9.82	9.82	9.63	9.44	9.36	9.12	9.45	9.27	9.36	9.02	9.40	9.33	9.43	9.31	10.1	10.06	9.73
Totals	97.76	98.32	97.81	98.54	97.61	97.34	97.70	97.09	97.09	97.24	98.25	97.41	98.47	97.35	97.38	97.92	98	97.85
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	2.70	2.68	2.72	2.69	2.71	2.72	2.70	2.70	2.69	2.68	2.74	2.69	2.75	2.68	2.70	2.68	2.697	2.685
Ti	0.17	0.18	0.17	0.16	0.10	0.10	0.09	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11	0.226	0.227	0.219
Al	1.64	1.63	1.63	1.61	1.69	1.70	1.65	1.67	1.73	1.70	1.68	1.71	1.67	1.72	1.70	1.64	1.63	1.678
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.006	0.004	0.004
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Fe2	1.49	1.56	1.50	1.53	1.27	1.26	1.23	1.33	1.30	1.28	1.22	1.28	1.23	1.27	1.27	1.037	1.022	1.026
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.002
Mg	0.84	0.79	0.81	0.87	1.11	1.09	1.16	1.08	1.08	1.11	1.13	1.11	1.11	1.11	1.09	1.202	1.203	1.179
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Na	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.015	0.019	0.017
K	0.94	0.95	0.95	0.93	0.90	0.89	0.86	0.91	0.89	0.89	0.84	0.90	0.87	0.90	0.89	0.944	0.937	0.906
Sum	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mg	0.839	0.790	0.813	0.873	1.107	1.090	1.156	1.084	1.075	1.110	1.130	1.108	1.105	1.114	1.085	1.202	1.203	1.179
Fe	1.491	1.564	1.495	1.527	1.270	1.264	1.298	1.331	1.295	1.283	1.219	1.278	1.229	1.269	1.273	1.037	1.022	1.026
Mg+Si	3.537	3.472	3.530	3.566	3.816	3.810	3.860	3.783	3.767	3.792	3.867	3.799	3.852	3.795	3.781	3.882	3.9	3.864
Al <sup>IV</sup>	1.302	1.318	1.283	1.307	1.291	1.280	1.296	1.301	1.308	1.318	1.263	1.309	1.254	1.319	1.304	1.32	1.303	1.315
Ti2Al <sup>IV</sup>	2.770	2.815	2.733	2.778	2.681	2.657	2.680	2.712	2.712	2.747	2.628	2.723	2.612	2.742	2.721	2.866	2.833	2.849
Mg2Si	6.235	6.154	6.247	6.259	6.525	6.530	6.564	6.482	6.459	6.474	6.604	6.490	6.598	6.476	6.477	6.562	6.597	6.549
KAl <sup>IV</sup>	2.239	2.268	2.232	2.232	2.187	2.170	2.160	2.208	2.193	2.211	2.106	2.204	2.127	2.216	2.190	2.264	2.24	2.221
SiAl <sup>IV</sup>	3.033	2.992	3.062	2.997	3.112	3.137	3.059	3.063	3.110	3.068	3.158	3.087	3.164	3.080	3.096	3	3.024	3.048
Al <sup>VI</sup>	0.335	0.310	0.345	0.304	0.403	0.417	0.355	0.364	0.418	0.386	0.421	0.396	0.418	0.399	0.400	0.32	0.327	0.363
Fe+Si	4.189	4.246	4.212	4.220	3.979	3.984	4.002	4.030	3.987	3.965	3.956	3.969	3.975	3.950	3.969	3.717	3.719	3.711
TiAl <sup>IV</sup>	1.468	1.497	1.450	1.471	1.390	1.377	1.384	1.411	1.404	1.429	1.365	1.414	1.358	1.423	1.417	1.546	1.53	1.534
FeTi	1.657	1.743	1.662	1.691	1.369	1.361	1.386	1.441	1.391	1.394	1.321	1.383	1.333	1.373	1.386	1.263	1.249	1.245
MgTi	1.005	0.969	0.980	1.037	1.206	1.187	1.244	1.194	1.171	1.221	1.232	1.213	1.210	1.218	1.198	1.428	1.43	1.398
NaAl <sup>IV</sup>	1.322	1.324	1.289	1.320	1.327	1.314	1.325	1.324	1.341	1.355	1.303	1.343	1.286	1.356	1.333	1.335	1.322	1.332
X <sub>Mg</sub>	0.360	0.336	0.352	0.364	0.466	0.463	0.485	0.449	0.454	0.464	0.481	0.464	0.474	0.467	0.460	0.537	0.541	0.535

Sample	bi311.4	bi311.5	bi311.6	bi311.7	bi311.8	bi311.9	bi311.10	bi311.11	bi311.12	bi311.13	bi311.14	bi311.15	bi311.16	bi311.17	bi311.18	bi311.19	bi311.20	bi311.21
SiO2	36.01	36.18	36.78	36.84	36.75	36.5	37.12	36.81	37.29	36.82	37.14	36.93	36.83	36.91	36.95	36.87	37.2	36.96
TiO2	5.19	5.03	4.18	4.19	4.25	4.21	4.06	4.35	3.84	3.77	3.96	3.98	3.82	3.96	4.06	4	3.95	3.85
Al2O3	20.08	20.1	19.27	18.57	18.51	18.63	18.77	18.92	18.91	18.74	19.03	19.09	19.09	19.1	18.83	19.28	19.07	19.28
Cr2O3	0.08	0.04	0.11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.09	0.11	0.12	0.08	0.1	0.09	0.11	0.12	0.09	0.14	0.08
Fe2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	16.64	16.52	16.95	16.7	17.16	16.89	17.33	16.73	16.23	17.08	16.6	16.42	16.15	16.25	16.37	16.1	15.98	16.08
MnO	0.04	0.06	0	0	0	0.04	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01
MgO	10.61	10.63	11.18	11.12	11.22	11.04	11.16	10.91	11.08	11.56	11.3	11.3	11.42	11.31	11.26	11.29	11.53	11.61
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na2O	0.14	0.1	0.11	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.1	0.11	0.09	0.08	0.08	0.06	0.06	0.1	0.1	0.11
K2O	9.28	9.39	9.82	10.13	9.94	10.05	9.95	9.88	9.87	10.03	10.03	10.08	10.06	10.1	10.07	10	10.02	9.95
Totals	98.05	98.05	98.39	97.75	98.01	97.56	98.61	97.77	97.43	98.23	98.22	97.98	97.53	97.8	97.72	97.73	97.99	97.91
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	2.619	2.63	2.675	2.701	2.691	2.686	2.7	2.693	2.727	2.689	2.702	2.693	2.696	2.695	2.702	2.691	2.706	2.691
Ti	0.284	0.275	0.228	0.231	0.234	0.233	0.222	0.239	0.211	0.207	0.216	0.218	0.21	0.217	0.224	0.22	0.216	0.211
Al	1.722	1.723	1.652	1.605	1.598	1.616	1.609	1.632	1.631	1.613	1.633	1.642	1.647	1.644	1.624	1.659	1.635	1.655
Cr	0.005	0.002	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.007	0.007	0.004	0.006	0.005	0.006	0.007	0.005	0.008	0.005
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2	1.012	1.004	1.031	1.024	1.051	1.039	1.054	1.024	0.992	1.043	1.01	1.002	0.989	0.992	1.001	0.983	0.972	0.979
Mn	0.002	0.004	0	0	0	0.003	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0
Mg	1.15	1.152	1.211	1.216	1.224	1.211	1.21	1.19	1.208	1.259	1.226	1.228	1.246	1.231	1.227	1.228	1.249	1.259
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.02	0.015	0.016	0.013	0.012	0.012	0.012	0.011	0.014	0.015	0.013	0.012	0.012	0.009	0.009	0.014	0.014	0.015
K	0.861	0.871	0.911	0.947	0.928	0.943	0.923	0.923	0.921	0.935	0.931	0.938	0.939	0.941	0.94	0.931	0.93	0.924
Sum	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mg	1.15	1.152	1.211	1.216	1.224	1.211	1.21	1.19	1.208	1.259	1.226	1.228	1.246	1.231	1.227	1.228	1.249	1.259
Fe	1.012	1.004	1.031	1.024	1.051	1.039	1.054	1.024	0.992	1.043	1.01	1.002	0.989	0.992	1.001	0.983	0.972	0.979
Mg+Si	3.769	3.782	3.886	3.917	3.915	3.897	3.91	3.883	3.935	3.948	3.928	3.921	3.942	3.926	3.929	3.919	3.955	3.95
Al <sup>IV</sup>	1.381	1.37	1.325	1.299	1.309	1.314	1.3	1.307	1.273	1.311	1.298	1.307	1.304	1.305	1.298	1.309	1.294	1.309
Ti2Al <sup>IV</sup>	3.046	3.015	2.878	2.829	2.852	2.861	2.822	2.853	2.757	2.829	2.812	2.832	2.818	2.827	2.82	2.838	2.804	2.829
Mg2Si	6.388	6.412	6.561	6.518	6.606	6.583	6.61	6.576	6.662	6.637	6.63	6.614	6.638	6.621	6.631	6.61	6.661	6.641
KAl <sup>VI</sup>	2.242	2.241	2.236	2.246	2.237	2.257	2.223	2.23	2.194	2.246	2.229	2.245	2.243	2.246	2.238	2.24	2.224	2.233
SiAl <sup>IV</sup>	2.96	2.983	3.002	3.007	2.98	2.988	3.009	3.018	3.085	2.991	3.037	3.028	3.039	3.034	3.028	3.041	3.047	3.037
Al <sup>IV</sup>	0.341	0.353	0.327	0.306	0.289	0.302	0.309	0.325	0.358	0.302	0.335	0.335	0.343	0.339	0.326	0.35	0.341	0.346
Fe+Si	3.631	3.634	3.706	3.725	3.742	3.725	3.754	3.717	3.719	3.732	3.712	3.695	3.685	3.687	3.703	3.674	3.678	3.67
TiAl <sup>IV</sup>	1.665	1.645	1.553	1.53	1.543	1.547	1.522	1.546	1.484	1.518	1.514	1.525	1.514	1.522	1.522	1.529	1.51	1.52
FeTi	1.296	1.279	1.259	1.255	1.285	1.272	1.276	1.263	1.203	1.25	1.226	1.22	1.199	1.209	1.225	1.203	1.188	1.19
MgTi	1.434	1.427	1.439	1.447	1.458	1.444	1.432	1.429	1.419	1.466	1.442	1.446	1.456	1.448	1.451	1.448	1.465	1.47
NaAl <sup>VI</sup>	1.401	1.385	1.341	1.312	1.321	1.326	1.312	1.318	1.287	1.326	1.311	1.319	1.316	1.314	1.307	1.323	1.308	1.324
X <sub>wtg</sub>	0.532	0.534	0.540	0.543	0.538	0.538	0.534	0.537	0.549	0.547	0.548	0.551	0.557	0.554	0.551	0.555	0.562	0.563

Sample	MR314										
	bi314.1	bi314.2	bi314.3	bi314.4	bi314.5	bi314.6	bi314.7	bi314.8	bi314.9	bi314.10	bi314.11
SiO2	37.6	37.49	37.04	37.06	37.2	37.04	37.04	37.03	37.14	37.32	37.21
TiO2	3.88	3.64	3.83	3.72	3.97	3.98	2.93	3.08	2.97	3.26	3.15
Al2O3	18.75	18.61	18.62	18.52	18.2	18.68	19.41	18.79	19.29	18.43	18.73
Cr2O3	0.11	0.09	0.09	0.08	0.09	0.1	0.12	0.13	0.1	0.03	0.07
Fe2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	15.06	15.05	15.2	14.81	15.41	15.01	14.64	15.11	14.75	15.16	15.48
MnO	0.02	0.02	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0
MgO	12.76	12.55	12.59	12.6	12.28	12.51	12.96	13.17	13.1	12.76	12.76
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na2O	0.09	0.08	0.08	0.11	0.12	0.09	0.1	0.12	0.09	0.07	0.08
K2O	9.79	9.82	9.81	10.14	9.85	9.63	9.98	9.63	9.78	10.03	9.84
Totals	98.07	97.35	97.25	97.05	97.12	97.07	97.21	97.06	97.21	97.07	97.31
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	2.716	2.729	2.704	2.712	2.724	2.704	2.698	2.705	2.703	2.731	2.717
Ti	0.211	0.199	0.21	0.205	0.219	0.219	0.161	0.169	0.163	0.179	0.173
Al	1.596	1.597	1.603	1.598	1.571	1.608	1.667	1.618	1.655	1.59	1.612
Cr	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.007	0.008	0.006	0.002	0.004
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2	0.91	0.916	0.928	0.906	0.944	0.917	0.892	0.923	0.898	0.927	0.945
Mn	0.002	0.001	0	0	0	0	0.002	0	0	0	0
Mg	1.374	1.361	1.37	1.374	1.339	1.361	1.407	1.434	1.42	1.391	1.388
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.013	0.012	0.011	0.016	0.017	0.013	0.014	0.016	0.012	0.01	0.011
K	0.902	0.912	0.914	0.947	0.92	0.897	0.927	0.898	0.908	0.937	0.916
Sum	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mg	1.374	1.361	1.37	1.374	1.339	1.361	1.407	1.434	1.42	1.391	1.388
Fe	0.91	0.916	0.928	0.906	0.944	0.917	0.892	0.923	0.898	0.927	0.945
Mg+Si	4.09	4.09	4.074	4.086	4.063	4.065	4.105	4.139	4.123	4.122	4.105
Al <sup>iv</sup>	1.284	1.271	1.296	1.288	1.276	1.296	1.302	1.295	1.297	1.269	1.283
Ti2Al <sup>iv</sup>	2.779	2.741	2.802	2.781	2.771	2.811	2.765	2.759	2.757	2.717	2.739
Mg2Si	6.806	6.819	6.778	6.798	6.787	6.769	6.803	6.844	6.826	6.853	6.822
KAl <sup>iv</sup>	2.186	2.183	2.21	2.235	2.196	2.193	2.229	2.193	2.205	2.206	2.199
SiAl <sup>iv</sup>	3.028	3.055	3.011	3.022	3.019	3.016	3.063	3.028	3.061	3.052	3.046
Al <sup>iv</sup>	0.312	0.326	0.307	0.31	0.295	0.312	0.365	0.323	0.358	0.321	0.329
Fe+Si	3.626	3.645	3.632	3.618	3.668	3.621	3.59	3.628	3.601	3.658	3.662
TiAl <sup>iv</sup>	1.495	1.47	1.506	1.493	1.495	1.515	1.463	1.464	1.46	1.448	1.456
FeTi	1.121	1.115	1.138	1.111	1.163	1.136	1.053	1.092	1.061	1.106	1.118
MgTi	1.585	1.56	1.58	1.579	1.558	1.58	1.568	1.603	1.583	1.57	1.561
NaAl <sup>iv</sup>	1.297	1.283	1.307	1.304	1.293	1.309	1.316	1.311	1.309	1.279	1.294
X <sub>Mg</sub>	0.602	0.598	0.596	0.603	0.587	0.597	0.612	0.608	0.613	0.600	0.595

MR78

Sample	mu78.1	mu78.2	mu78.3	mu78.4	mu78.5	mu78.6	mu78.7	mu78.8	mu78.9	mu78.10	mu78.11	mu78.12	mu78.13	mu78.14
SiO2	47.46	47.11	47.40	47.42	47.41	47.04	48.17	47.21	46.99	46.93	46.79	47.28	47.37	47.72
TiO2	0.93	0.76	0.95	0.84	0.87	0.86	0.81	0.79	0.65	0.88	0.86	0.89	0.90	0.92
Al2O3	34.78	35.47	35.17	35.24	34.87	34.88	34.13	34.67	35.38	34.90	35.07	34.91	34.83	34.38
Cr2O3	0.03	0.00	0.01	0.01	0.06	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.04	0.00
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.57	0.37	0.00	0.00	0.50	0.02	0.00
FeO	2.23	2.08	2.35	2.27	2.53	2.36	2.02	1.90	2.22	2.20	2.17	2.02	2.26	2.27
MnO	0.01	0.04	0.01	0.01	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.00	0.03	0.06	0.00
MgO	1.21	0.00	1.15	1.07	1.13	1.16	1.14	1.29	1.05	1.10	1.01	1.25	1.23	1.26
CaO	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.37	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03
Na2O	0.34	0.39	0.33	0.32	0.23	0.23	0.31	0.38	0.29	0.38	0.31	0.37	0.32	0.33
K2O	11.02	11.37	11.21	11.46	11.49	11.28	10.84	10.91	11.38	10.89	11.09	11.02	11.12	10.96
Totals	98.0	97.2	98.6	98.6	98.6	97.9	97.9	97.8	98.4	97.3	97.3	98.3	98.2	97.9
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	3.091	3.094	3.074	3.076	3.081	3.074	3.136	3.083	3.060	3.078	3.071	3.074	3.084	3.111
Ti	0.046	0.037	0.047	0.041	0.042	0.042	0.040	0.039	0.032	0.043	0.042	0.043	0.044	0.045
Al	2.671	2.746	2.689	2.695	2.672	2.687	2.619	2.669	2.716	2.698	2.714	2.675	2.673	2.642
Cr	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.029	0.019	0.000	0.000	0.025	0.002	0.000
Fe2	0.121	0.114	0.127	0.123	0.138	0.128	0.110	0.103	0.120	0.120	0.119	0.109	0.122	0.124
Mn	0.001	0.003	0.000	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.003	0.000
Mg	0.117	0.000	0.111	0.104	0.110	0.112	0.110	0.125	0.102	0.108	0.099	0.121	0.119	0.123
Ca	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.026	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002
Na	0.043	0.049	0.042	0.040	0.029	0.030	0.040	0.048	0.036	0.048	0.039	0.047	0.040	0.042
K	0.916	0.952	0.928	0.948	0.952	0.940	0.900	0.909	0.945	0.911	0.929	0.914	0.924	0.912
Sum	7.007	6.997	7.020	7.029	7.031	7.024	6.985	7.008	7.033	7.010	7.014	7.013	7.016	7.000

Nappe Carmo da Cachoeira  
MUSCOVITA

Sample	mu78.15	mu78.16	mu78.17	mu78.18	mu78.19	mu78.20	mu78.21	mu78.22	mu78.23	mu78.24	mu78.25	mu78.26	mu78.27	mu78.28
SiO2	48.54	48.52	47.89	47.46	47.34	47.76	47.83	47.38	47.37	47.89	47.66	47.73	47.63	47.40
TiO2	0.89	0.99	0.91	0.92	0.84	0.88	0.87	0.92	0.91	0.87	0.89	0.87	0.93	0.88
Al2O3	33.36	33.83	34.24	35.07	34.87	34.75	34.49	34.90	34.43	34.71	34.76	34.80	34.77	35.22
Cr2O3	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
FeO	2.46	2.39	2.39	2.19	2.16	2.44	2.28	2.26	2.29	2.44	2.30	2.31	2.29	2.26
MnO	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.04	0.03
MgO	1.58	1.49	1.39	1.16	1.21	1.24	1.26	1.21	1.31	1.24	1.28	1.24	1.30	1.12
CaO	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Na2O	0.27	0.37	0.33	0.29	0.35	0.25	0.34	0.37	0.37	0.32	0.37	0.34	0.34	0.26
K2O	11.13	10.87	11.10	11.32	11.14	11.30	11.27	11.01	11.17	11.38	11.24	11.04	11.23	11.43
Totals	98.3	98.5	98.3	98.4	98.0	98.7	98.5	98.1	97.9	98.9	98.5	98.4	98.5	98.6
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	3.155	3.141	3.114	3.082	3.087	3.096	3.106	3.084	3.094	3.100	3.093	3.097	3.091	3.075
Ti	0.043	0.048	0.045	0.045	0.041	0.043	0.043	0.045	0.045	0.042	0.043	0.042	0.045	0.043
Al	2.557	2.582	2.625	2.685	2.680	2.656	2.640	2.678	2.652	2.649	2.659	2.662	2.660	2.694
Cr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Fe2	0.133	0.130	0.130	0.119	0.118	0.132	0.124	0.122	0.125	0.132	0.125	0.125	0.124	0.123
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001
Mg	0.153	0.144	0.135	0.112	0.117	0.120	0.122	0.117	0.128	0.119	0.124	0.120	0.126	0.108
Ca	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Na	0.034	0.047	0.042	0.036	0.044	0.031	0.043	0.047	0.047	0.041	0.046	0.043	0.043	0.032
K	0.923	0.898	0.921	0.938	0.927	0.935	0.933	0.914	0.931	0.940	0.930	0.914	0.930	0.946
Sum	6.992	7.011	7.018	7.018	7.016	7.020	7.012	7.025	7.024	7.023	7.007	7.021	7.025	6.866

MR96

Sample	mu78.29	mu78.30	mu78.31	mu78.32	mu96.1	mu96.2	mu96.3	mu96.4	mu96.5	mu96.6	mu96.7	mu96.8
Sample												
SiO2	46.33	49.44	49.01	47.87	46.92	46.85	46.62	47.09	46.96	46.84	47.74	47.73
TiO2	0.66	1.02	0.88	0.77	0.84	0.90	0.54	0.84	1.27	0.62	1.14	1.13
Al2O3	34.67	34.95	34.45	35.01	36.11	35.94	36.89	36.78	35.49	36.88	34.34	34.25
Cr2O3	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.04	0.00	0.02	0.01	0.03	0.04	0.05
Fe2O3	2.92	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	1.13	2.19	2.50	2.10	1.41	1.54	1.55	1.44	1.64	1.40	1.56	1.63
MnO	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
MgO	1.21	1.32	1.31	1.26	1.04	0.96	0.69	0.80	1.09	0.68	1.47	1.57
CaO	0.09	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Na2O	0.22	0.25	0.35	0.27	1.30	1.05	1.23	1.31	1.10	1.07	1.00	0.90
K2O	8.56	11.07	11.01	11.12	9.71	10.05	9.46	9.73	9.87	9.92	9.84	9.84
Totals	95.8	100.3	99.5	98.8	97.4	97.3	97.0	98.0	97.5	97.5	97.1	97.1
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	3.055	3.137	3.140	3.093	3.051	3.053	3.037	3.040	3.057	3.041	3.113	3.114
Ti	0.033	0.049	0.043	0.037	0.041	0.044	0.026	0.041	0.062	0.030	0.056	0.055
Al	2.695	2.614	2.602	2.667	2.768	2.761	2.833	2.799	2.724	2.823	2.640	2.633
Cr	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002
Fe3	0.145	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.062	0.116	0.134	0.113	0.077	0.084	0.085	0.078	0.089	0.076	0.085	0.089
Mn	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
Mg	0.119	0.125	0.126	0.121	0.100	0.093	0.067	0.077	0.106	0.066	0.142	0.153
Ca	0.007	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Na	0.028	0.031	0.043	0.034	0.163	0.133	0.155	0.164	0.139	0.135	0.126	0.114
K	0.720	0.896	0.900	0.917	0.805	0.835	0.786	0.802	0.819	0.821	0.819	0.819
Sum	6.971	6.988	7.004	7.008	7.006	6.992	7.003	6.999	6.995	6.984	6.980	6.969

Nappe Carmo da Cachoeira  
MUSCOVITA

mu96.9	mu96.10	mu96.11	mu96.12	mu96.13	mu96.14	mu96.15	mu96.16	mu96.17	mu96.18	mu96.19	mu96.20	mu96.21	mu96.22	mu96.23
48.3	48.43	47.4	47.23	46.96	46.94	46.71	47.06	47.21	47.21	47.44	46.64	46.67	47.18	46.98
1.14	1.09	1.27	1.22	1.11	1.21	0.72	1.20	1.16	1.11	1.34	0.24	0.17	0.97	0.96
34.90	34.58	35.75	35.65	35.90	35.21	36.56	35.88	35.85	36.12	36.04	36.14	35.77	36.12	35.90
0.09	0.05	0.01	0.04	0.06	0.06	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.08	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	2.10	0.00	0.00
1.61	1.78	1.45	1.54	1.64	1.49	1.51	1.50	1.45	1.56	1.62	1.47	0.81	1.51	1.54
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
1.46	1.59	1.22	1.14	0.92	1.16	0.78	0.95	1.07	0.92	1.05	0.99	1.25	0.88	0.93
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03
0.97	0.96	1.20	1.10	1.06	1.10	1.12	1.08	1.16	1.09	1.16	1.00	0.67	1.17	0.96
9.74	9.81	9.84	9.67	9.87	10	9.99	9.89	9.56	9.8	9.79	10.1	10.07	9.8	10.06
98.2	98.3	98.1	97.6	97.5	97.2	97.5	97.6	97.5	97.8	98.5	97.1	97.5	97.7	97.4
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
3.110	3.120	3.060	3.063	3.053	3.065	3.039	3.056	3.060	3.055	3.053	3.048	3.040	3.057	3.058
0.055	0.053	0.062	0.059	0.054	0.060	0.035	0.059	0.057	0.054	0.065	0.012	0.008	0.048	0.047
2.650	2.626	2.721	2.726	2.751	2.710	2.804	2.746	2.740	2.756	2.734	2.785	2.747	2.759	2.755
0.005	0.003	0.001	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.004	0.002
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.103	0.000	0.000
0.087	0.096	0.078	0.083	0.089	0.081	0.082	0.081	0.079	0.085	0.087	0.080	0.044	0.082	0.084
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
0.140	0.153	0.117	0.110	0.089	0.112	0.076	0.092	0.104	0.088	0.101	0.097	0.122	0.085	0.090
0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002
0.121	0.120	0.150	0.138	0.133	0.139	0.141	0.135	0.146	0.137	0.144	0.127	0.084	0.147	0.122
0.800	0.807	0.810	0.800	0.819	0.833	0.829	0.819	0.791	0.809	0.804	0.842	0.837	0.810	0.835
6.977	6.998	6.983	6.992	7.005	7.009	6.990	6.981	6.986	6.989	7.020	6.988	6.993	6.995	6.995

Nappe Carmo da Cachoeira  
MUSCOVITA

Sample	mu96.24	mu96.25	mu96.26	mu96.27	mu96.28
SiO2	47.38	48.21	47.82	47.23	47.33
TiO2	0.47	1.12	1.16	1.25	0.95
Al2O3	37.58	34.71	34.99	35.68	36.54
Cr2O3	0.03	0.02	0.04	0.01	0.04
Fe2O3	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	1.29	1.75	1.55	1.30	1.55
MnO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.75	1.30	1.22	1.07	0.87
CaO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Na2O	1.30	1.11	1.06	1.13	0.99
K2O	9.62	9.73	9.94	9.76	9.93
Totals	99.1	98.0	97.8	97.4	98.2
Oxygens	11	11	11	11	11
Si	3.024	3.116	3.098	3.066	3.051
Ti	0.023	0.054	0.056	0.061	0.046
Al	2.828	2.645	2.672	2.730	2.777
Cr	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
Fe3	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.068	0.094	0.084	0.071	0.083
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.071	0.125	0.118	0.104	0.083
Ca	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Na	0.161	0.139	0.133	0.142	0.124
K	0.783	0.802	0.821	0.808	0.817
Sum	6.978	6.987	6.983	6.985	6.985





Nappe Carmo da Cachoeira

PLAGIOCLASIO

x.b/n

x- número do grão

b- borda n- núcleo

MR314

2.n		2.b		2.1.b		2.1		2.1.n		2.1		2.1		2.1.b		Min
fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	
64.09	63.51	63.35	62.45	63.78	57.83	58.27	60.19	60.27	60.82	60.87	60.68	60.48	60.63	59.55	59.55	SiO2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TiO2
23.19	23.09	23.49	23.20	22.88	25.67	25.18	23.81	23.77	23.80	23.69	23.63	24.11	24.06	24.71	24.71	Al2O3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr2O3
0.04	0.04	0.48	0.25	0.56	0.24	0.21	0.14	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	Fe2O3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	FeO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MnO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MgO
3.82	4.01	3.96	4.11	4.25	7.11	6.93	5.77	5.27	5.02	4.53	5.21	5.43	5.52	5.94	5.94	CaO
9.59	9.24	9.46	9.16	9.15	7.06	7.39	8.10	8.53	8.49	8.64	8.28	8.52	8.29	8.11	8.11	Na2O
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	K2O
100.73	99.89	100.74	99.17	100.62	97.91	97.98	98.01	97.87	98.13	97.76	97.79	98.55	98.52	98.31	98.31	Totals
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	Oxygens
2.81	2.81	2.78	2.78	2.80	2.63	2.65	2.73	2.73	2.74	2.75	2.75	2.72	2.73	2.69	2.69	Si
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Ti
1.20	1.20	1.22	1.22	1.19	1.38	1.35	1.27	1.27	1.27	1.26	1.26	1.28	1.28	1.32	1.32	Al
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr
0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Fe3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Fe2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Mn
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Mg
0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.35	0.34	0.28	0.26	0.24	0.22	0.25	0.26	0.27	0.29	0.29	Ca
0.81	0.79	0.81	0.79	0.78	0.62	0.65	0.71	0.75	0.74	0.76	0.73	0.74	0.72	0.71	0.71	Na
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	K
5.00	4.99	5.01	5.00	4.99	4.99	5.00	4.99	5.01	5.00	4.99	4.99	5.01	5.00	5.01	5.01	Sum
0.820	0.807	0.813	0.801	0.796	0.642	0.659	0.718	0.746	0.754	0.776	0.743	0.740	0.731	0.711	0.711	Albita (ab)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Ortoclásio
0.180	0.193	0.188	0.199	0.204	0.358	0.341	0.282	0.254	0.246	0.224	0.257	0.260	0.269	0.289	0.289	Anortita (ai)



Nappe Carmo da Cachoeira  
 PLAGIOCLASIO

x.b/n

x- número do grão

b- borda n- núcleo

1.1.b	1.1.b	1.2.n	1.2.n	1.2.n	1.2.b	1.2.b	1.2.b	1.2.b	1.2.b
fsp									
58.84	58.67	60.13	59.66	60.13	58.94	59.71	58.99	59.42	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24.76	25.03	24.62	24.40	24.67	24.97	25.04	25.21	25.02	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.07	0.03	0.00	0.03	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6.67	6.78	5.88	5.77	5.72	6.42	6.31	6.55	5.83	
7.79	7.58	8.00	8.07	8.11	7.76	7.72	7.89	7.76	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
98.08	98.08	98.65	97.90	98.66	98.15	98.81	98.65	98.06	
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	
2.67	2.66	2.70	2.70	2.70	2.67	2.68	2.66	2.69	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.33	1.34	1.31	1.30	1.31	1.33	1.33	1.34	1.33	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.33	0.33	0.28	0.28	0.28	0.31	0.30	0.32	0.28	
0.69	0.67	0.70	0.71	0.71	0.68	0.67	0.69	0.68	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.01	5.00	4.99	5.00	5.00	5.00	4.99	5.01	4.99	
0.679	0.669	0.712	0.717	0.719	0.686	0.689	0.686	0.706	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.321	0.331	0.288	0.283	0.281	0.314	0.311	0.314	0.294	











MR314

Min	2.n fsp	2.b fsp	2.b fsp	2.n fsp	2.b fsp	2.1.b fsp	2.1.b fsp	2.1 fsp	2.1.n fsp	2.1.n fsp	2.1.n fsp	2.1 fsp	2.1 fsp	2.1.b fsp
SiO2	64.09	63.35	62.45	63.78	57.83	58.27	60.19	60.27	60.82	60.87	60.68	60.48	60.63	59.55
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	23.19	23.49	23.20	22.88	25.67	25.18	23.81	23.77	23.80	23.69	23.63	24.11	24.06	24.71
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.04	0.48	0.25	0.56	0.24	0.21	0.14	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	3.82	3.96	4.11	4.25	7.11	6.93	5.77	5.27	5.02	4.53	5.21	5.43	5.52	5.94
Na2O	9.59	9.46	9.16	9.15	7.06	7.39	8.10	8.53	8.49	8.64	8.28	8.52	8.29	8.11
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	100.73	100.74	99.17	100.62	97.91	97.98	98.01	97.87	98.13	97.76	97.79	98.55	98.52	98.31
Oxygens	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Si	2.81	2.78	2.78	2.80	2.63	2.65	2.73	2.73	2.74	2.75	2.75	2.72	2.73	2.69
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.20	1.22	1.22	1.19	1.38	1.35	1.27	1.27	1.27	1.26	1.26	1.28	1.28	1.32
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.18	0.19	0.20	0.20	0.35	0.34	0.28	0.26	0.24	0.22	0.25	0.26	0.27	0.29
Na	0.81	0.81	0.79	0.78	0.62	0.65	0.71	0.75	0.74	0.76	0.73	0.74	0.72	0.71
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sum	5.00	5.01	5.00	4.99	4.99	5.00	4.99	5.01	5.00	4.99	4.99	5.01	5.00	5.01
Albita (ab)	0.820	0.813	0.801	0.796	0.642	0.659	0.718	0.746	0.754	0.776	0.743	0.740	0.731	0.711
Ortoclásio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Anortita (a)	0.180	0.188	0.199	0.204	0.358	0.341	0.282	0.254	0.246	0.224	0.257	0.260	0.269	0.289

Min	2.1.b		2.2.b		2.2		2.2.b		2.2		2.2.b		1.1.b		1.1		1.1	
	fsp	fsp	fsp															
SiO2	59.49	58.41	59.21	60.37	59.94	60.58	59.99	58.89	60.03	58.10	58.66	59.15	60.15	60.23	59.84	60.00		
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Al2O3	24.91	25.26	24.89	24.52	24.16	23.91	24.25	25.27	24.34	24.72	24.76	24.97	24.06	24.13	24.60	24.13		
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Fe2O3	0.01	0.08	0.13	0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.36	0.25	0.06	0.03	0.00	0.05	0.00		
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
CaO	6.30	6.33	6.26	5.63	5.55	5.48	5.78	6.96	5.89	6.69	6.54	6.58	5.61	5.45	5.81	5.37		
Na2O	7.80	7.47	7.67	8.40	8.37	8.34	8.35	7.53	7.96	7.81	7.65	7.97	8.27	7.91	8.02	8.08		
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Totals	98.50	97.55	98.16	98.95	98.06	98.33	98.38	98.67	98.23	97.68	97.86	98.73	98.11	97.71	98.31	97.57		
Oxygens	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00		
Si	2.68	2.66	2.68	2.71	2.71	2.73	2.71	2.66	2.71	2.66	2.67	2.67	2.72	2.73	2.70	2.72		
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Al	1.33	1.36	1.33	1.30	1.29	1.27	1.29	1.35	1.30	1.33	1.33	1.33	1.28	1.29	1.31	1.29		
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Fe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Ca	0.30	0.31	0.30	0.27	0.27	0.27	0.28	0.34	0.29	0.33	0.32	0.32	0.27	0.26	0.28	0.26		
Na	0.68	0.66	0.67	0.73	0.74	0.73	0.73	0.66	0.70	0.69	0.68	0.70	0.73	0.69	0.70	0.71		
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Sum	5.00	4.99	4.99	5.01	5.01	5.00	5.01	5.00	4.99	5.02	5.00	5.02	5.00	4.98	5.00	4.99		
Albita (ab)	0.692	0.681	0.689	0.729	0.732	0.733	0.723	0.662	0.710	0.678	0.679	0.687	0.727	0.724	0.714	0.731		
Ortoclásio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Anortita (ai)	0.308	0.319	0.311	0.271	0.268	0.267	0.277	0.338	0.290	0.322	0.321	0.313	0.273	0.276	0.286	0.269		

Min	1.1.b		1.2.n		1.2.n		1.2.n		1.2.b		1.2.b		1.2.b	
	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp								
SiO2	58.84	58.67	60.13	59.66	60.13	58.94	59.71	58.99	59.42					
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Al2O3	24.76	25.03	24.62	24.40	24.67	24.97	25.04	25.21	25.02					
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Fe2O3	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.07	0.03	0.00	0.03					
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
CaO	6.67	6.78	5.88	5.77	5.72	6.42	6.31	6.55	5.83					
Na2O	7.79	7.58	8.00	8.07	8.11	7.76	7.72	7.89	7.76					
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Totals	98.08	98.08	98.65	97.90	98.66	98.15	98.81	98.65	98.06					
Oxygens	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00					
Si	2.67	2.66	2.70	2.70	2.70	2.67	2.68	2.66	2.69					
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Al	1.33	1.34	1.31	1.30	1.31	1.33	1.33	1.34	1.33					
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Fe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Ca	0.33	0.33	0.28	0.28	0.28	0.31	0.30	0.32	0.28					
Na	0.69	0.67	0.70	0.71	0.71	0.68	0.67	0.69	0.68					
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Sum	5.01	5.00	4.99	5.00	5.00	5.00	4.99	5.01	4.99					
Albita (ab)	0.679	0.669	0.712	0.717	0.719	0.686	0.689	0.686	0.706					
Ortoclásio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Anortita (a)	0.321	0.331	0.288	0.283	0.281	0.314	0.311	0.314	0.294					

Nappe Três Pontas-Varginha  
 Amostra PD3B  
 GRANADA - grão1

Sample	g1.1	g1.2	g1.3	g1.4	g1.5	g1.6	g1.7	g1.8	g1.9	g1.10	g1.11	g1.12	g1.13	g1.14	g1.15	g1.16
SiO2	37.28	37.28	37.71	37.41	37.85	37.77	37.45	37.60	37.14	37.49	37.44	37.73	38.16	38.59	37.49	37.77
TiO2	0.01	0.02	0.04	0.01	0.04	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.02
Al2O3	21.08	21.36	21.09	21.37	21.17	21.44	21.18	21.17	21.06	21.41	21.09	21.34	21.56	22.14	21.58	21.44
Cr2O3	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.05	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.23	0.00	0.48	0.00	0.40	0.01	0.48	0.66	0.48	0.68	0.00	0.00	0.00	0.18	0.20
FeO	32.80	30.19	29.85	29.69	29.18	29.68	29.43	29.32	29.13	29.51	29.14	29.66	29.90	28.65	29.74	29.80
MnO	0.58	0.51	0.50	0.48	0.52	0.54	0.52	0.56	0.47	0.53	0.48	0.49	0.51	0.49	0.50	0.53
MgO	4.55	6.21	6.52	6.58	6.61	6.68	6.60	6.59	6.49	6.62	6.81	6.66	6.82	6.49	6.71	6.88
CaO	1.99	2.21	2.26	2.23	2.39	2.36	2.53	2.60	2.52	2.33	2.35	2.34	2.15	2.07	2.05	2.00
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	98.3	98.0	98.0	98.3	97.8	98.9	98.0	98.3	97.5	98.4	98.0	98.3	99.1	98.4	98.3	98.6
Oxygens	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	3.009	2.984	3.010	2.981	3.019	2.988	2.990	2.992	2.982	2.982	2.987	3.000	3.005	3.035	2.983	2.992
Ti	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001
Al	2.006	2.015	1.985	2.008	1.990	2.000	1.993	1.986	1.993	2.008	1.983	2.001	2.001	2.052	2.024	2.002
Cr	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.003	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe3	0.000	0.014	0.000	0.029	0.000	0.024	0.000	0.028	0.040	0.029	0.040	0.000	0.000	0.000	0.010	0.012
Fe2	2.214	2.021	1.993	1.978	1.946	1.964	1.964	1.952	1.957	1.963	1.944	1.972	1.969	1.884	1.979	1.974
Mn	0.040	0.035	0.034	0.033	0.035	0.036	0.035	0.038	0.032	0.035	0.033	0.033	0.034	0.033	0.034	0.036
Mg	0.547	0.740	0.775	0.781	0.786	0.788	0.785	0.782	0.777	0.784	0.809	0.789	0.800	0.761	0.796	0.813
Ca	0.172	0.189	0.193	0.190	0.204	0.200	0.217	0.221	0.217	0.199	0.201	0.199	0.181	0.174	0.175	0.170
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	7.988	8	7.994	8	7.984	8	8	8	8	8	8	7.997	7.993	7.939	8	8
Alm	0.745	0.677	0.665	0.663	0.655	0.657	0.654	0.652	0.656	0.659	0.651	0.659	0.660	0.661	0.663	0.660
Prp	0.184	0.248	0.259	0.262	0.265	0.264	0.262	0.261	0.260	0.263	0.271	0.264	0.268	0.267	0.267	0.272
Sps	0.013	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012	0.013	0.011	0.012	0.011	0.011	0.011	0.012	0.011	0.012
Adr	0.000	0.007	0.000	0.014	0.000	0.012	0.000	0.014	0.020	0.014	0.020	0.000	0.000	0.000	0.005	0.006
Uva	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
grs	0.057	0.056	0.064	0.049	0.068	0.055	0.071	0.059	0.052	0.053	0.047	0.066	0.060	0.061	0.054	0.051
X <sub>Mg</sub>	0.198	0.267	0.280	0.280	0.288	0.284	0.286	0.283	0.280	0.282	0.290	0.286	0.289	0.288	0.286	0.290

g1.17	g1.18	g1.19	g1.20	g1.21	g1.22	g1.23	g1.24	g1.25	g1.26	g1.27
37.47	37.47	37.74	37.61	37.92	37.53	37.34	37.52	37.52	37.20	36.68
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04
21.34	21.19	21.38	21.34	21.28	21.33	21.51	21.37	21.43	21.31	20.93
0.00	0.04	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
0.60	0.85	0.52	0.47	0.00	0.66	0.87	0.01	0.52	0.09	0.00
29.58	29.39	29.76	29.54	30.26	29.58	29.42	29.70	29.88	31.01	32.89
0.50	0.44	0.53	0.47	0.48	0.49	0.44	0.47	0.48	0.49	0.68
6.80	6.88	6.85	6.92	6.73	6.70	6.67	6.45	6.35	5.54	3.95
2.04	2.11	2.06	2.06	1.98	2.25	2.27	2.49	2.50	2.42	2.33
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98.3	98.4	98.9	98.4	98.7	98.6	98.5	98.0	98.7	98.1	97.5
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2.981	2.980	2.986	2.986	3.006	2.981	2.966	2.994	2.980	2.987	2.996
0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003
2.002	1.987	1.994	1.998	1.989	1.997	2.014	2.010	2.006	2.018	2.015
0.000	0.003	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001
0.036	0.051	0.031	0.028	0.000	0.039	0.052	0.000	0.031	0.005	0.000
1.968	1.955	1.970	1.961	2.006	1.965	1.954	1.981	1.984	2.082	2.246
0.034	0.030	0.035	0.031	0.032	0.033	0.030	0.032	0.032	0.033	0.047
0.806	0.816	0.807	0.819	0.796	0.793	0.789	0.767	0.751	0.663	0.481
0.174	0.180	0.174	0.175	0.168	0.192	0.193	0.213	0.212	0.208	0.204
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	8	8	8	7.999	8	8	8	8	8	7.993
0.660	0.656	0.660	0.657	0.668	0.659	0.659	0.662	0.666	0.697	0.754
0.270	0.274	0.270	0.274	0.265	0.266	0.266	0.256	0.252	0.222	0.162
0.011	0.010	0.012	0.010	0.011	0.011	0.010	0.011	0.011	0.011	0.016
0.018	0.025	0.015	0.014	0.000	0.019	0.025	0.000	0.015	0.002	0.000
0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
0.041	0.034	0.042	0.044	0.055	0.045	0.039	0.070	0.055	0.066	0.068
0.287	0.289	0.287	0.292	0.284	0.284	0.282	0.279	0.272	0.241	0.176

Sample	g1.1	g1.2	g1.3	g1.4	g1.5	g1.6	g1.7	g1.8	g1.9
SiO2	38.36	37.87	37.47	35.27	38.13	36.68	38.07	37.96	37.70
TiO2	0.00	0.02	0.07	0.04	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00
Al2O3	21.25	21.33	22.05	27.18	21.44	25.89	21.55	21.35	21.27
Cr2O3	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01
Fe2O3	0.16	1.04	1.75	1.33	1.11	1.09	0.89	0.81	0.70
FeO	28.74	27.26	26.42	24.33	26.66	25.63	27.04	27.96	28.90
MnO	0.63	0.48	0.42	0.35	0.31	0.37	0.38	0.46	0.75
MgO	7.07	7.22	7.55	7.29	7.96	7.64	7.74	7.19	6.26
CaO	3.04	3.65	3.56	3.54	3.47	3.33	3.35	3.27	3.33
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	99.3	98.9	99.3	99.4	99.1	100.7	99.0	99.1	98.9
Oxygens	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	3.012	2.979	2.929	2.722	2.980	2.801	2.979	2.984	2.986
Ti	0.000	0.001	0.004	0.002	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000
Al	1.967	1.978	2.031	2.473	1.975	2.331	1.988	1.979	1.986
Cr	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.003	0.000	0.002	0.000
Fe3	0.009	0.061	0.103	0.077	0.065	0.062	0.052	0.047	0.041
Fe2	1.887	1.794	1.727	1.571	1.742	1.637	1.770	1.838	1.915
Mn	0.042	0.032	0.028	0.023	0.021	0.024	0.025	0.031	0.050
Mg	0.827	0.847	0.880	0.838	0.926	0.869	0.903	0.842	0.739
Ca	0.255	0.307	0.298	0.293	0.290	0.272	0.281	0.275	0.282
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Alm	0.627	0.602	0.589	0.577	0.585	0.584	0.594	0.616	0.641
Prp	0.275	0.284	0.300	0.308	0.311	0.310	0.303	0.282	0.247
Sps	0.014	0.011	0.010	0.008	0.007	0.009	0.008	0.010	0.017
Adr	0.005	0.030	0.048	0.030	0.032	0.026	0.025	0.023	0.020
Uva	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Grs	0.080	0.073	0.053	0.077	0.065	0.070	0.069	0.068	0.074
X <sub>Mg</sub>	0.300	0.317	0.334	0.345	0.344	0.343	0.335	0.311	0.273

Sample	g2.1	g2.2	g2.3	g2.4	g2.5	g2.6	g2.7	g2.8	g2.9	g2.10	g2.11	g2.12	g2.13	g2.14	g2.15	g2.16
SiO2	38.25	38.38	38.39	35.95	38.22	38.39	38.29	38.49	38.37	38.04	38.11	38.60	38.22	38.04	38.04	37.96
TiO2	0.04	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Al2O3	21.54	21.74	21.70	24.51	21.51	21.64	21.82	21.77	21.77	21.61	21.76	21.90	21.78	21.57	21.57	21.54
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	1.04	1.23	1.05	1.43	1.40	1.04	1.20	1.19	0.54	1.25	0.35	0.60	1.43	1.22	1.38
FeO	29.16	26.30	25.81	24.99	25.67	26.05	25.93	25.96	26.01	26.08	26.04	26.52	26.28	26.49	26.33	25.94
MnO	0.85	0.60	0.58	0.63	0.60	0.60	0.58	0.65	0.64	0.56	0.69	0.60	0.62	0.67	0.62	0.67
MgO	6.68	8.35	8.62	7.57	8.58	8.55	8.50	8.44	8.45	8.14	8.47	8.32	8.22	7.82	8.23	8.29
CaO	2.92	3.21	3.22	3.01	3.24	3.14	3.22	3.40	3.26	3.39	2.92	3.29	3.22	3.43	3.02	3.14
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	99.5	99.6	99.6	97.7	99.3	99.8	99.4	99.9	99.7	98.4	99.3	99.6	99.0	99.5	99.1	98.9
Oxygens	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	3.003	2.976	2.974	2.831	2.971	2.971	2.971	2.974	2.972	2.984	2.965	2.989	2.981	2.966	2.970	2.966
Ti	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Al	1.994	1.987	1.982	2.275	1.971	1.974	1.996	1.983	1.988	1.999	1.996	1.999	2.003	1.983	1.986	1.984
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe3	0.000	0.060	0.071	0.062	0.083	0.081	0.061	0.070	0.069	0.032	0.073	0.020	0.035	0.083	0.072	0.081
Fe2	1.914	1.706	1.672	1.646	1.669	1.686	1.683	1.678	1.685	1.711	1.694	1.718	1.715	1.728	1.720	1.695
Mn	0.057	0.040	0.038	0.042	0.040	0.040	0.038	0.042	0.042	0.037	0.045	0.039	0.041	0.044	0.041	0.044
Mg	0.781	0.965	0.996	0.888	0.994	0.986	0.983	0.972	0.975	0.951	0.982	0.960	0.956	0.909	0.958	0.965
Ca	0.246	0.266	0.268	0.254	0.270	0.260	0.268	0.282	0.270	0.285	0.243	0.273	0.269	0.286	0.253	0.263
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	7.998	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Alm	0.638	0.573	0.562	0.582	0.561	0.567	0.566	0.564	0.567	0.573	0.572	0.575	0.575	0.582	0.579	0.571
Pip	0.261	0.324	0.335	0.314	0.334	0.332	0.331	0.327	0.328	0.319	0.331	0.321	0.321	0.306	0.322	0.325
Sps	0.019	0.013	0.013	0.015	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.012	0.015	0.013	0.014	0.015	0.014	0.015
Adr	0.000	0.029	0.035	0.027	0.040	0.039	0.030	0.034	0.034	0.016	0.035	0.010	0.017	0.040	0.035	0.039
Uva	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Gfs	0.082	0.060	0.056	0.063	0.050	0.047	0.061	0.061	0.057	0.079	0.046	0.081	0.073	0.056	0.050	0.049
X <sub>Mg</sub>	0.290	0.353	0.364	0.342	0.362	0.358	0.360	0.357	0.357	0.353	0.357	0.356	0.353	0.334	0.348	0.352

Noppe Três Pontas- Varginha  
 Amostra PD6B  
 GRANADA - grão2

	g2.17	g2.18	g2.19	g2.20	g2.21	g2.22	g2.23	g2.24	g2.25
37.94	37.98	38.02	38.21	38.24	38.31	38.19	38.15	38.19	38.19
0.00	0.00	0.03	0.03	0.06	0.00	0.01	0.04	0.02	0.02
21.51	21.59	21.70	21.67	21.73	21.75	21.62	21.66	21.56	21.56
0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.07	0.07
1.31	1.85	0.65	1.02	0.92	1.01	0.42	0.88	0.45	0.45
25.85	25.67	26.12	26.23	26.05	26.08	26.08	26.00	26.17	26.17
0.60	0.68	0.60	0.63	0.64	0.65	0.64	0.58	0.67	0.67
8.31	8.48	8.33	8.52	8.47	8.43	8.36	8.42	8.18	8.18
3.21	3.08	3.04	2.85	3.10	3.17	3.15	3.16	3.32	3.32
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98.8	99.3	98.5	99.2	99.2	99.4	98.5	98.9	98.6	98.6
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2.969	2.956	2.978	2.974	2.974	2.975	2.990	2.976	2.989	2.989
0.000	0.000	0.002	0.002	0.004	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001
1.984	1.980	2.004	1.988	1.992	1.991	1.995	1.992	1.990	1.990
0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.004	0.004
0.077	0.108	0.038	0.060	0.053	0.059	0.024	0.052	0.026	0.026
1.692	1.671	1.711	1.708	1.695	1.694	1.708	1.696	1.713	1.713
0.040	0.045	0.040	0.042	0.042	0.043	0.043	0.039	0.044	0.044
0.969	0.983	0.972	0.989	0.982	0.975	0.975	0.979	0.954	0.954
0.269	0.256	0.256	0.237	0.259	0.263	0.265	0.264	0.278	0.278
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
0.570	0.565	0.574	0.574	0.569	0.569	0.571	0.570	0.573	0.573
0.326	0.333	0.326	0.332	0.330	0.328	0.326	0.329	0.319	0.319
0.013	0.015	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013	0.015	0.015
0.037	0.052	0.019	0.029	0.026	0.029	0.012	0.025	0.013	0.013
0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002
0.052	0.035	0.067	0.050	0.061	0.059	0.077	0.063	0.078	0.078
0.354	0.356	0.357	0.359	0.360	0.357	0.360	0.359	0.354	0.354



PD6

Sample	bi6.3	bi6.4	bi6.5	bi6.6	bi6.7	bi6.8	bi6.9	bi6.10	bi6.11	bi6.12	bi6.13	bi6.14	bi6.15	bi6.16	bi6.17	bi6.18	bi6.19	bi6.20	bi6.21	bi6.22	bi6.23
SiO2	36.57	36.26	36.76	34.77	36.05	36.40	36.54	36.35	36.50	36.53	36.13	35.93	36.26	35.88	35.90	37.43	36.42	36.24	36.36	36.44	36.31
TiO2	3.69	3.57	3.62	7.46	4.06	3.92	3.37	4.01	3.83	3.53	3.81	3.40	3.50	3.49	3.72	3.03	3.66	3.72	3.67	3.75	3.66
Al2O3	18.54	18.48	18.78	17.70	17.68	17.65	18.70	18.05	18.14	18.32	18.22	18.56	18.61	18.26	18.33	18.54	18.94	18.61	18.46	18.46	18.80
Cr2O3	0.01	0.05	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	0.03	0.03	0.06	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	15.76	15.78	15.59	15.07	17.07	17.06	15.17	16.05	15.94	16.07	16.11	16.68	17.18	17.42	17.44	15.32	15.32	16.35	15.81	16.06	15.95
MnO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04
MgO	11.24	11.40	11.53	11.19	10.46	10.60	11.61	11.07	11.02	11.23	10.90	10.88	10.74	10.76	10.26	11.04	11.01	11.00	11.36	11.11	11.03
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.10	0.10	0.09	0.07	0.07	0.07	0.08	0.06	0.07	0.05	0.08	0.15	0.11	0.09	0.11	0.07	0.10	0.08	0.09	0.08	0.09
K2O	9.88	9.66	9.85	9.36	9.73	9.89	9.84	9.74	9.68	9.82	9.79	9.83	9.73	9.32	9.51	9.64	9.76	9.91	9.80	9.76	9.80
Totals	95.8	95.3	96.3	95.6	95.2	95.6	95.4	95.4	95.2	95.6	95.1	95.5	96.2	95.2	95.3	95.1	95.2	95.9	95.6	95.7	95.7
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	2.721	2.711	2.717	2.595	2.723	2.735	2.723	2.722	2.734	2.729	2.717	2.699	2.705	2.704	2.706	2.788	2.718	2.703	2.713	2.718	2.707
Ti	0.207	0.201	0.201	0.419	0.230	0.222	0.189	0.226	0.216	0.198	0.215	0.192	0.196	0.198	0.211	0.170	0.205	0.209	0.206	0.211	0.205
Al	1.627	1.629	1.637	1.557	1.575	1.563	1.643	1.594	1.602	1.613	1.615	1.644	1.637	1.622	1.629	1.628	1.667	1.637	1.624	1.623	1.653
Cr	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.981	0.987	0.964	0.941	1.078	1.072	0.946	1.005	0.999	1.004	1.013	1.048	1.072	1.098	1.100	0.954	0.956	1.020	0.987	1.002	0.995
Mn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003
Mg	1.247	1.271	1.270	1.244	1.177	1.188	1.290	1.235	1.230	1.250	1.222	1.218	1.194	1.209	1.153	1.225	1.225	1.223	1.264	1.235	1.226
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.014	0.015	0.012	0.010	0.011	0.010	0.010	0.008	0.010	0.008	0.011	0.022	0.015	0.014	0.017	0.010	0.014	0.014	0.014	0.011	0.013
K	0.938	0.921	0.929	0.892	0.938	0.949	0.935	0.931	0.925	0.936	0.940	0.942	0.926	0.896	0.915	0.915	0.929	0.943	0.933	0.929	0.932
Sum	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Mg	1.247	1.271	1.270	1.244	1.177	1.188	1.290	1.235	1.230	1.250	1.222	1.218	1.194	1.209	1.153	1.225	1.225	1.223	1.264	1.235	1.226
Fe	0.981	0.987	0.964	0.941	1.078	1.072	0.946	1.005	0.999	1.004	1.013	1.048	1.072	1.098	1.100	0.954	0.956	1.020	0.987	1.002	0.995
Mg+Si	3.968	3.987	3.987	3.839	3.900	3.923	4.013	3.957	3.964	3.979	3.939	3.917	3.899	3.913	3.859	4.013	3.943	3.926	3.977	3.952	3.933
Al+IV	1.279	1.289	1.283	1.405	1.277	1.265	1.277	1.278	1.266	1.271	1.283	1.301	1.295	1.296	1.296	1.294	1.282	1.297	1.287	1.282	1.293
Ti2AlIV	2.765	2.779	2.767	3.229	2.784	2.752	2.743	2.782	2.748	2.740	2.781	2.794	2.786	2.790	2.799	2.594	2.769	2.803	2.780	2.775	2.791
Mg2Si	6.689	6.693	6.704	6.434	6.623	6.658	6.736	6.679	6.698	6.708	6.656	6.616	6.604	6.617	6.565	6.801	6.661	6.629	6.690	6.671	6.640
KAlIV	2.217	2.210	2.212	2.297	2.215	2.214	2.212	2.209	2.191	2.207	2.223	2.243	2.221	2.192	2.192	2.209	2.127	2.240	2.220	2.211	2.225
SiAlVI	3.069	3.051	3.071	2.747	3.021	3.033	3.089	3.038	3.070	3.071	3.049	3.042	3.047	3.030	3.041	3.204	3.103	3.043	3.050	3.059	3.067
AlVI	0.348	0.340	0.354	0.152	0.298	0.298	0.366	0.316	0.336	0.342	0.332	0.343	0.342	0.326	0.335	0.416	0.385	0.340	0.337	0.341	0.360
Fe+Si	3.702	3.698	3.681	3.536	3.801	3.807	3.669	3.727	3.733	3.733	3.730	3.747	3.802	3.806	3.806	3.742	3.674	3.723	3.700	3.720	3.702
TrAlIV	1.486	1.490	1.484	1.824	1.507	1.487	1.466	1.504	1.482	1.469	1.498	1.493	1.491	1.494	1.494	1.382	1.487	1.506	1.493	1.493	1.498
FeTi	1.188	1.188	1.165	1.360	1.308	1.294	1.135	1.231	1.215	1.202	1.228	1.240	1.268	1.296	1.311	1.124	1.161	1.229	1.193	1.213	1.200
MgTi	1.454	1.472	1.471	1.663	1.407	1.410	1.479	1.461	1.446	1.448	1.437	1.410	1.390	1.407	1.364	1.395	1.430	1.432	1.470	1.446	1.431
XMG	0.560	0.563	0.568	0.569	0.522	0.526	0.577	0.551	0.552	0.555	0.547	0.538	0.527	0.524	0.512	0.562	0.562	0.545	0.562	0.552	0.552

Sample	PD6B														
	bi6.24	bi6.25	bi6.26	bi6.27	bi6.28	bi6.29	bi6.30	bi6.31	bi6.32	bi6.33	bi6.34	bi6.35	bi6.36	bi6.37	bi6.38
SiO2	36.59	36.73	36.24	36.06	37.55	37.71	37.49	37.63	37.33	37.88	37.55	37.85	38.06	37.41	37.36
TiO2	2.26	2.76	3.36	3.21	0.84	0.77	0.78	0.46	0.24	0.74	0.81	0.59	0.72	0.57	0.64
Al2O3	19.41	19.47	18.94	18.69	19.71	19.65	19.57	19.96	19.73	20.29	20.11	20.97	20.23	20.12	20.13
Cr2O3	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.31	1.00	1.33	0.72	0.97	0.14	0.00	0.75	0.42
FeO	14.57	14.89	15.50	15.56	10.92	10.90	11.08	10.33	10.17	10.80	10.65	10.67	11.11	10.68	11.23
MnO	0.00	0.04	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
MgO	12.26	11.38	11.09	11.41	15.90	15.84	15.83	16.08	15.88	16.00	16.00	16.03	15.99	15.81	15.53
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.09	0.09	0.10	0.08	0.22	0.18	0.15	0.20	0.20	0.13	0.23	0.23	0.19	0.19	0.20
K2O	9.58	9.82	9.82	9.61	9.46	9.28	9.58	9.48	9.38	9.58	9.49	9.52	9.56	9.51	9.49
Totals	94.8	95.2	95.5	94.6	94.6	94.5	94.8	95.1	94.3	96.2	95.9	96.0	95.9	95.1	95.0
Oxygens	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Si	2.727	2.733	2.708	2.713	2.748	2.760	2.745	2.737	2.741	2.729	2.717	2.723	2.748	2.726	2.730
Ti	0.127	0.154	0.189	0.181	0.046	0.043	0.043	0.025	0.013	0.040	0.044	0.032	0.039	0.031	0.035
Al	1.706	1.708	1.668	1.658	1.700	1.695	1.689	1.712	1.708	1.723	1.715	1.778	1.722	1.728	1.734
Cr	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.018	0.056	0.075	0.040	0.054	0.008	0.000	0.042	0.024
Fe2	0.908	0.926	0.993	0.979	0.668	0.667	0.678	0.627	0.624	0.649	0.643	0.641	0.671	0.650	0.685
Mn	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Mg	1.362	1.262	1.234	1.279	1.734	1.728	1.727	1.743	1.738	1.718	1.724	1.718	1.720	1.718	1.692
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.026	0.022	0.028	0.029	0.018	0.032	0.032	0.026	0.027	0.028
Na	0.013	0.013	0.014	0.012	0.032	0.026	0.022	0.028	0.029	0.018	0.032	0.032	0.026	0.027	0.028
K	0.911	0.932	0.936	0.922	0.884	0.867	0.895	0.879	0.878	0.881	0.876	0.873	0.880	0.884	0.885
Sum	7.8	7.7	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
Mg	1.362	1.262	1.234	1.279	1.734	1.728	1.727	1.743	1.738	1.718	1.724	1.718	1.720	1.718	1.692
Fe	0.908	0.926	0.993	0.979	0.668	0.674	0.696	0.683	0.699	0.689	0.697	0.649	0.671	0.692	0.709
Mg+Si	4.089	3.995	3.942	3.992	4.482	4.488	4.472	4.480	4.479	4.447	4.441	4.441	4.468	4.444	4.422
Al+V	1.273	1.267	1.292	1.287	1.252	1.240	1.255	1.263	1.259	1.271	1.283	1.277	1.252	1.274	1.270
Ti2AlIV	2.673	2.688	2.773	2.755	2.550	2.523	2.553	2.551	2.531	2.582	2.610	2.586	2.543	2.579	2.575
Mg2Si	6.816	6.728	6.650	6.705	7.230	7.248	7.217	7.217	7.220	7.176	7.158	7.164	7.216	7.170	7.152
KAlIV	2.184	2.199	2.228	2.209	2.136	2.107	2.150	2.142	2.137	2.152	2.159	2.150	2.132	2.158	2.155
SiAlVI	3.160	3.174	3.084	3.084	3.196	3.215	3.179	3.186	3.190	3.181	3.149	3.224	3.218	3.180	3.194
AlVI	0.433	0.441	0.376	0.371	0.448	0.455	0.434	0.449	0.449	0.452	0.432	0.501	0.470	0.454	0.464
Fe+Si	3.635	3.659	3.701	3.692	3.416	3.434	3.441	3.420	3.440	3.418	3.414	3.372	3.419	3.418	3.439
TiAlIV	1.400	1.421	1.481	1.468	1.298	1.283	1.298	1.288	1.272	1.311	1.327	1.309	1.291	1.305	1.305
FeTi	1.035	1.080	1.182	1.160	0.714	0.717	0.739	0.708	0.712	0.729	0.741	0.681	0.710	0.723	0.744
MgTi	1.489	1.416	1.423	1.460	1.780	1.771	1.770	1.768	1.751	1.758	1.768	1.750	1.759	1.749	1.727
XMIg	0.600	0.577	0.554	0.566	0.722	0.722	0.718	0.735	0.736	0.726	0.728	0.728	0.719	0.726	0.712

Min	fsp													
SiO2	59.15	60.32	60.26	60.11	59.78	59.68	60.13	60.76	60.31	60.79	60.74	59.05	58.55	58.69
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	26.83	25.68	25.86	25.58	25.71	25.78	25.68	25.37	25.38	25.42	25.56	26.68	26.65	26.76
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.13	0.03	0.03	0.24	0.04	0.04	0.07	0.07	0.03	0.04	0.00	0.02	0.02	0.03
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	6.92	6.81	7.00	6.17	7.18	6.74	7.02	6.62	6.71	6.61	6.79	7.93	8.08	8.01
Na2O	7.04	7.75	7.75	7.73	7.59	7.56	7.59	7.93	7.89	8.11	7.97	7.10	7.36	7.06
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totals	100.1	100.6	100.9	99.8	100.3	99.8	100.5	100.8	100.3	101.0	101.1	100.8	100.7	100.6
Oxygens	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.627	2.668	2.659	2.674	2.655	2.659	2.663	2.682	2.675	2.679	2.675	2.614	2.602	2.606
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	1.405	1.339	1.345	1.342	1.346	1.354	1.341	1.320	1.327	1.321	1.327	1.393	1.396	1.401
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe3	0.004	0.001	0.001	0.008	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Fe2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.329	0.323	0.331	0.294	0.342	0.322	0.333	0.313	0.319	0.312	0.320	0.376	0.385	0.381
Na	0.607	0.665	0.663	0.667	0.653	0.653	0.652	0.679	0.679	0.693	0.681	0.610	0.634	0.608
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	4.972	4.995	5.000	4.985	4.998	4.990	4.992	4.997	5.001	5.007	5.003	4.994	5.018	4.997
Albita (ab)	0.649	0.673	0.667	0.694	0.656	0.670	0.662	0.684	0.680	0.690	0.680	0.619	0.622	0.615
Ortoclásio (or)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Anortita (an)	0.351	0.327	0.333	0.306	0.344	0.330	0.338	0.316	0.320	0.310	0.320	0.381	0.378	0.385





Min	exsolução		exsolução		exsolução		exsolução		exsolução		exsolução											
	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp	fsp										
SiO2	62.59	62.62	62.1	62.66	62.76	62.26	63.09	63.24	63.3	62.19	62.16	62.45	61.84	62.12	62.59	61.9						
TiO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Al2O3	24.05	24.26	24.29	24.06	24.22	23.69	23.86	23.74	23.92	24.1	24.49	24.45	24.26	24.43	24.48	24.63						
Cr2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Fe2O3	0.03	0	0.05	0	0.03	0.04	0.05	0.07	0.01	0	0	0.04	0.01	0.03	0.03	0.02						
FeO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
MgO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
CaO	4.94	5.09	4.96	4.71	4.87	4.8	4.37	4.19	4.29	5.32	5.2	5.13	5.17	5.22	5.24	5.32						
Na2O	9.04	9.18	8.86	9.24	9.39	9.27	9.41	9.43	9.46	8.74	8.83	9.2	8.84	8.8	8.87	8.74						
K2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Totals	100.65	101.15	100.27	100.68	101.27	100.04	100.78	100.67	100.98	100.36	100.67	101.27	100.12	100.6	101.2	100.6						
Oxygens	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Si	2.754	2.745	2.743	2.756	2.748	2.758	2.770	2.777	2.772	2.746	2.736	2.736	2.738	2.736	2.740	2.728						
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Al	1.248	1.254	1.265	1.248	1.250	1.237	1.235	1.229	1.235	1.255	1.271	1.263	1.266	1.269	1.264	1.279						
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Fe3	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001						
Fe2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Ca	0.233	0.239	0.235	0.222	0.228	0.228	0.206	0.197	0.201	0.252	0.245	0.241	0.245	0.246	0.246	0.251						
Na	0.772	0.780	0.759	0.788	0.797	0.796	0.801	0.803	0.803	0.749	0.753	0.782	0.759	0.752	0.753	0.747						
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Sum	5.008	5.019	5.004	5.015	5.025	5.021	5.013	5.009	5.012	5.002	5.006	5.023	5.009	5.005	5.004	5.006						
Albita (ab)	0.768	0.765	0.764	0.780	0.778	0.777	0.795	0.803	0.800	0.748	0.755	0.764	0.756	0.754	0.754	0.748						
Ortoclásio (or)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Anortita (an)	0.232	0.235	0.236	0.220	0.222	0.223	0.205	0.197	0.200	0.252	0.245	0.236	0.244	0.246	0.246	0.252						

Nappe Três Pontas-Varginha

PLAGIOCLASIO

x.b/n x- número do grão b- borda n- núcleo

b	b	b	b	fsp	fsp	fsp	fsp
62.07	63.12	62.16	68.9				
0	0	0	0				
24.69	23.88	24.97	19.93				
0	0	0	0				
0.05	0.03	0.07	0.27				
0	0	0	0				
0	0	0	0				
0	0	0	0				
5.29	4.39	5.31	0.14				
8.88	9.14	8.71	11.1				
0	0	0	0				
100.99	100.56	101.21	100.34				
8	8	8	8				
2.726	2.774	2.722	2.992				
0.000	0.000	0.000	0.000				
1.278	1.237	1.289	1.020				
0.000	0.000	0.000	0.000				
0.002	0.001	0.002	0.009				
0.000	0.000	0.000	0.000				
0.000	0.000	0.000	0.000				
0.000	0.000	0.000	0.000				
0.249	0.207	0.249	0.006				
0.757	0.779	0.739	0.935				
0.000	0.000	0.000	0.000				
5.012	4.998	5.003	4.962				
0.752	0.790	0.748	0.994				
0.000	0.000	0.000	0.000				
0.248	0.210	0.252					

DOAÇÃO \_\_\_\_\_  
*IGC-USP*  
Data: *02/02/12*

