

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**“A COMPOSIÇÃO DA TURMALINA COMO INDICADOR
PETROGENÉTICO”.**

Andrezza Alves Mota

Orientadora: Profa.Dra. Gianna Maria Garda

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2006/04)**

**SÃO PAULO
2006**

TF
M917
AA.c

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**A composição da turmalina como indicador
petrogenético**

Andrezza Alves Mota



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Profa. Dra. Gianna Maria Garda

Prof. Dr. José Roberto Madureira Filho

Prof. Dr. Fábio Ramos Dias de Andrade

São Paulo

2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024378

**A COMPOSIÇÃO DA TURMALINA COMO INDICADOR
PETROGENÉTICO**

Andrezza Mota
Andrezza Alves Mota

Gianna M. Garda
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Gianna M. Garda



MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2006/04)

SÃO PAULO
2006

Índice

Resumo	vi
Abstract.....	vii
1. Introdução.....	1
Localização das Áreas de Estudo.....	1
2. Objetivos.....	2
3. Revisão Bibliográfica.....	3
Os turmalinitos da Mina de Passagem (Paleoproterozóico – MG)	3
Os turmalinitos do Complexo Brusque (Neoproterozóico - SC).....	6
Os turmalinitos do Grupo Serra do Itaberaba (Proterozóico, SP).....	7
4. Materiais e Métodos	9
5. Desenvolvimento do Trabalho	10
5.1 Cronograma e Dificuldades Encontradas.....	10
5.2 Trabalhos de Campo.....	11
Passagem de Mariana (MG)	11
Nova Trento-Brusque (SC)	14
5.3 Análises Laboratoriais	15
5.3.1 Petrografia	15
5.3.2 Microsonda Eletrônica	19
5.3.3 Análise por ICP-MS	19
6. Resultados Obtidos	21
Microsonda Eletrônica	21
ICP-MS	30
7. Discussões dos Resultados	36
8. Conclusões.....	38
ANEXOS.....	42

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de localização geral dos locais estudados.....	2
Figura 2: Mapa geológico do distrito aurífero de Passagem (segundo Barbosa in Dorr, 1969).	3
Figura 3: Mapa geológico da região de Brusque modificado de Basei <i>et al.</i> , em preparação. 6	
Figura 4: Mapa geológico simplificado do prospecto Tapera Grande, com a localização do furo de sondagem SRT2 dos turmalinitos proximais (TP) e intermediários (TI) de Beljavskis <i>et al.</i> (2005). Em hachurado: zonas mineralizadas; em cinza escuro: antigas catas de ouro; em cinza claro: depósitos aluvionares do Quaternário ao longo do Ribeirão das Lavras e afluentes (não representados). Símbolos: + = granitóide neoproterozóico Pau Pedra; Grupo Serra do Itaberaba: Xt = xistos finos bandados; Ff = formação ferrífera com grafita xistos e filitos; Fd = formação ferrífera com xistos bandados; Tf = metapelitos tufíticos; Xg = grafita xistos; Tb=metatufos básicos; rochas: v = metavulcanoclásticas; Cs = cálcio-silicáticas e Mb = metabásicas.	9
Figura 5: Seqüência litológica da área Pia Nova – Fundão. 1) sericita-quartzo xisto; 2) dolomito com níveis de turmalinito; 3) biotita xisto; 4) bolsões de quartzo contendo fragmentos de turmalinito e sulfetos.....	12
Figura 6: Clastos de turmalinito em veio de quartzo.....	13
Figura 7: Contato do turmalinito com veio de quartzo.....	13
Figura 8: Turmalinito disrupto.	14
Figura 9: Vista geral dos blocos de turmalinito (ponto 2 da Figura 3).	14
Figura 10: Níveis de turmalina e <i>metachert</i> intensamente dobrados.	15
Figura 11: Seções basais triangulares e paralelas ao eixo C zonadas.	16
Figura 12: Turmalinas zonadas em porção do veio de granulometria mais fina.	16
Figura 13: Aspecto maciço em turmalinito.....	17
Figura 14: Arranjo de turmalinas paralelos ao eixo C em “pente”.	17
Figura 15: Turmalina-quartzo-muscovita xisto.	18
Figura 16: Aspecto bandado.....	18
Figura 17: Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985). Os campos composicionais correspondem : (1) pegmatitos e aplitos granitóides ricos em Li; (2) granitóides pobres em Li e pegmatitos e aplitos associados; (3) granitos hidrotermalizados ricos em quartzo, sendo a turmalina rica em Fe ³⁺ ; (4) metapelitos e metapsamitos com minerais indicadores de saturação em Al; (5) metapelitos e metapsamitos sem minerais formados pela saturação em Al; (6) rochas com quartzo, sendo turmalina rica em Fe ³⁺ , associadas a rochas cálcio-silicáticas e metapelitos; (7) rochas metaultramáficas (baixo Ca) e metassedimentares ricas em Cr e V; (8) rochas carbonáticas metamorfasadas e metapiroxenitos. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis <i>et al.</i> (2005).	22
Figura 18: Em (A) – fotomicrografia da amostra MGF-1A; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme a Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis <i>et al.</i> , (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#; e em (E) – diagrama Cr vs. Mg#. 23	
Figura 19: Em (A) – fotomicrografia da amostra MGF-1B; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme a Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis <i>et al.</i> , (2005).	23

Figura 20: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-14; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#.....	24
Figura 21: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-01; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17 em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).	25
Figura 22: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-11; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#.....	25
Figura 23: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-08B; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#; em (E) – diagrama Cr vs. Mg#; em (F) – diagrama F vs. Mg#.....	26
Figura 24: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-16; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#; em (E) – diagrama Cr vs. Mg#.	27
Figura 25: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-18; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).	28
Figura 26: Em (A) – fotomicrografia da amostra MGF-1D; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).	28
Figura 27: Em (A) – fotomicrografia da amostra R-08B; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).	29
Figura 28: Em (A) – fotomicrografia da amostra P-08A; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).	29
Figura 29: Gráfico de concentração de ETR para a amostra Teste.	31
Figura 30: Gráfico de concentração de ETR para as amostras MP-01, MP-08B e MP-16....	33
Figura 31: Gráfico de concentração de ETR para as amostras MP-12 pente e MP-12.....	33
Figura 32: Gráfico de concentração de ETR para a amostra MP-14.....	34
Figura 33: Gráfico de concentração de ETR para a amostra P-04.....	35
Figura 34: Gráfico de concentração de ETR para a amostra T-12.....	35

Índice de Tabelas

Tabela 1: Relação das amostras analisadas.....	10
Tabela 2: Cronograma das atividades realizadas.	11
Tabela 3: Teores composicionais médios.	24
Tabela 4: Teores composicionais médios.	27
Tabela 5: Valores obtidos e recomendados do material de referência BR.	32

Resumo

Os turmalinitos, rochas constituídas por mais de 15-20% de turmalina em volume, formam-se pelos seguintes processos: 1) metassomáticos e pneumatolíticos-hidrotermais; 2) vulcanogênicos exalativos; 3) evaporíticos e 4) diagenéticos. A esses processos podem-se associar importantes depósitos de Pb-Zn, Cu-Zn, Cu-Co, W e Au, o que confere aos turmalinitos o valor de indicadores metalogenéticos.

Na Mina de Ouro de Passagem (Mariana, MG) ocorrem turmalinitos finos, intercalados a dolomitos e mica-quartzo xistos da Formação Batatal (Grupo Caraça, Supergrupo Minas), e mais grossos, no contato entre essas rochas e veios e filões de quartzo/carbonato gerados durante os eventos deformacionais que deram origem ao Anticlinal de Mariana. Em geral, os turmalinitos estão mineralizados em arsenopirita, que se apresenta tanto deformada como euédrica, podendo conter inclusões de ouro, fatos que indicam atuação de mais de um evento mineralizante. Turmalina zonada grossa pode desenvolver-se nos veios de quartzo/carbonato ou ao redor de fragmentos de turmalinito, formando "pentes".

Análises de elementos maiores por microsonda eletrônica e de elementos traço e terras raras por ICP-MS mostram que a turmalina dos veios e do "pente" está enriquecida em Ti, Mg, Fe, F e ETR em relação à turmalina dos turmalinitos. Al apresenta comportamento variável, como indicam os diagramas ternários de Henry e Guidotti (1985). Esses diagramas sugerem ambiente (meta)sedimentar para a formação das turmalinas da Mina de Passagem.

O mesmo ocorre com os turmalinitos neoproterozóicos do Complexo Brusque (Nova Trento-Brusque, SC), que são, comparados aos turmalinitos da Mina da Passagem, mais enriquecidos em Mg, porém apresentando padrão de ETR semelhante.

Abstract

Tourmalinites, rocks that contain 15-20% tourmaline by volume, can be formed by the following processes: 1) metasomatic and hydrothermal-pneumatolytic; 2) volcanic-exhalative; 3) evaporitic and 4) diagenetic. Important Pb-Zn, Cu-Zn, Cu-Co, W and Au deposits can be associated with such processes, making the tourmalinites potential metallogenic indicators.

At the Passagem Gold Mine (Mariana, MG) fine-grained tourmalinites occur interbedded with dolomites and mica-quartz schists of the Batatal Formation (Caraça Group, Minas Supergroup), and coarser-grained tourmalinites in the contact between these rocks and quartz/carbonate veins and lodes generated during deformational events related to the Mariana Anticlinal. The tourmalinites are usually mineralized in arsenopyrite, which can be either deformed or euhedral, sometimes bearing gold inclusions, indicating more than one mineralization event. Zoned coarse-grained tourmalines can develop in quartz/carbonate veins or around tourmalinites fragments as "combs".

Microprobe analyses of major elements and ICP-MS analyses of minor elements and REE show that vein and "comb" tourmalines are Ti-, Mg-, Fe-, F- and REE-enriched, when compared to those from tourmalinites. Al has a variable behavior, as shown by Henry and Guidotti's (1985) ternary diagrams. These diagrams also suggest a (meta)sedimentary environment for the Passagem Mine tourmalines.

The same occurs with the Neoproterozoic Brusque Metamorphic Complex tourmalinites (Nova Trento-Brusque, SC). Compared to the Passagem Mine, Brusque tourmalinites are richer in Mg, but show similar REE patterns.

1. Introdução

Diversos autores alertaram da importância da turmalina como indicador petrogenético, pela sua ampla ocorrência como mineral autigênico em rochas sedimentares e metamórficas (e.g. Henry e Guidotti, 1985; Plimer, 1986, 1988).

A turmalina é também de grande importância na prospecção mineral. Assim, a variedade rica em Mg tem sido associada a depósitos de sulfetos maciços e exalitos (Plimer, 1986, 1987, 1988; Slack, 1982, 1996; Slack et al., 1984; Taylor e Slack, 1984; Willner, 1992), ao passo que a rica em Fe associa-se a rochas plutônicas (Taylor e Slack, 1984) e exalitos (Plimer, 1983).

No presente trabalho são estudadas as ocorrências de turmalinitos da Mina de Passagem de Mariana (MG) e de Nova Trento-Brusque (SC), cujos resultados são comparados aos turmalinitos que ocorrem na região de Santa Isabel (Grupo Serra do Itaberaba – SP).

A mina de Passagem localiza-se na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG), mais precisamente no domínio do Anticlinal de Mariana, onde é significativa associação do ouro, explorado desde 1719, com turmalinitos de origem ainda não precisamente esclarecida.

Os turmalinitos da região de Nova Trento-Brusque (SC) ocorrem como lentes associadas à rochas cálcio-silicáticas, metatufos, anfibolitos, quartzitos e granadamuscovita xistos do Complexo Metamórfico Brusque (Basei et al., 2005). Sua origem é atribuída a manifestações vulcano-exalativas ocorridas na Bacia de Brusque.

Pretende-se, com a caracterização química da turmalina dos turmalinitos que ocorrem nas áreas de estudo obter-se subsídios tanto para interpretações petrogenéticas (Nova Trento-Brusque) como para avaliação de potencial metalogenético (Mina da Passagem).

Localização das Áreas de Estudo

Os turmalinitos da Mina de Passagem (MG) e de Nova Trento-Brusque (SC) constituem os alvos de estudo do presente trabalho.

A Mina de Passagem encontra-se na Vila de Passagem de Mariana que se situa 3 km a oeste de Mariana, 7 km a leste de Ouro Preto e 105 km a sudeste de Belo Horizonte (**Figura 1**).

As amostras utilizadas para o estudo dos turmalinitos de Nova Trento-Brusque (SC) foram coletadas a aproximadamente 20 km a sudeste da cidade de Brusque (**Figura 1**).

O Grupo Serra do Itaberaba aflora nos arredores de Santa Isabel, a 57 km NE da cidade de São Paulo (**Figura 1**).

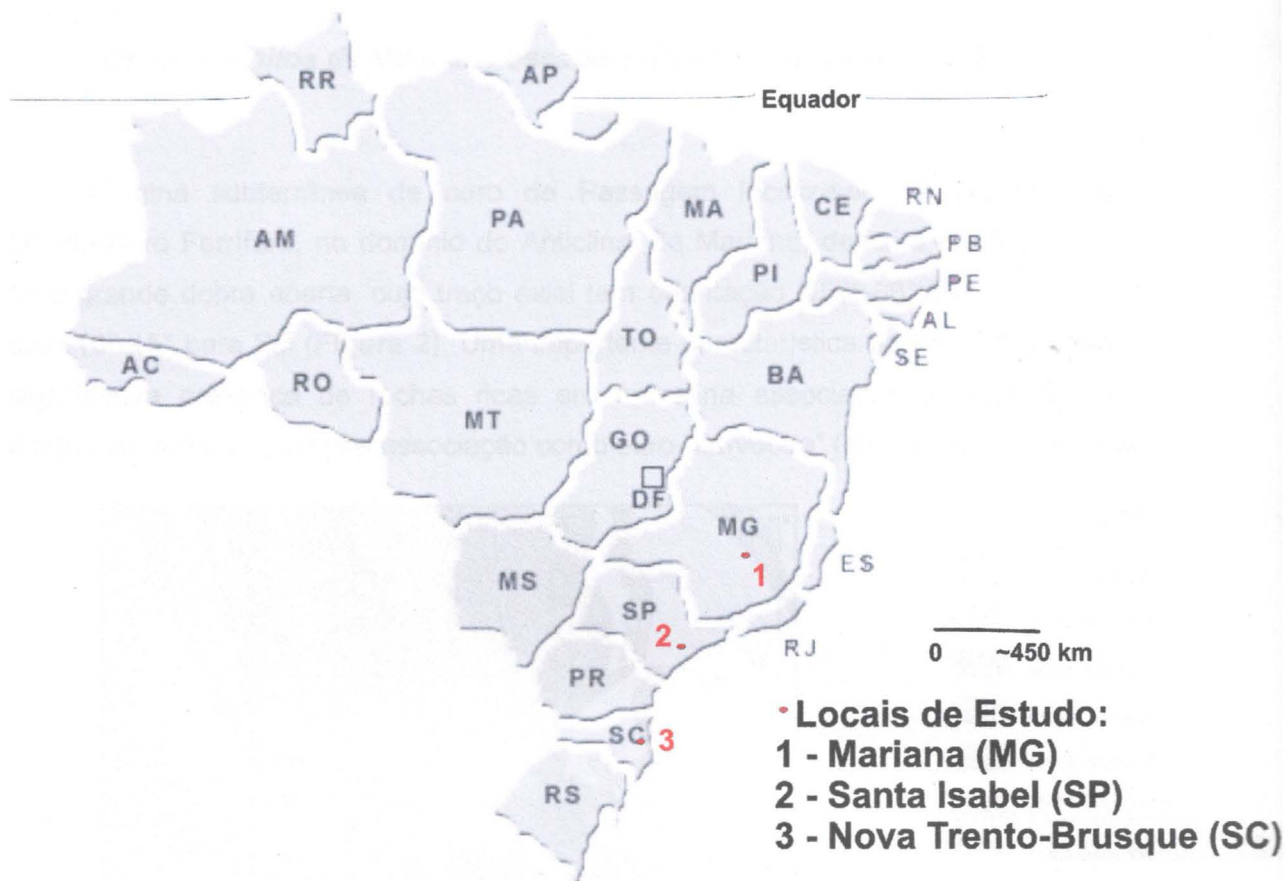


Figura 1: Mapa de localização geral dos locais estudados.

2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal a caracterização dos ambientes de formação de turmalinitos da Mina de Passagem de Mariana (MG) e de Nova Trento-Brusque (SC) por meio da composição química da turmalina. Para tanto, a composição química da

turmalina será comparada com a de turmalinitos do Grupo Serra do Itaberaba (SP) que ocorrem na região de Santa Isabel, estudadas por Beljavskis, et al. (2005).

3. Revisão Bibliográfica

Os turmalinitos da Mina de Passagem (Paleoproterozóico – MG)

A mina subterrânea de ouro de Passagem localiza-se na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, no domínio do Anticlinal de Mariana, descrito por Vial (1988) como uma grande dobra aberta, cujo traço axial tem orientação N55°-66°W e eixo mergulhando com 10°-15° para SE (**Figura 2**). Uma importante característica da Mina de Passagem é a significativa presença de rochas ricas em turmalina associadas a depósitos auríferos. Eschwege referia-se a essa associação como ouro-“carvoeira” (em: Oliveira *et al.* 1996).

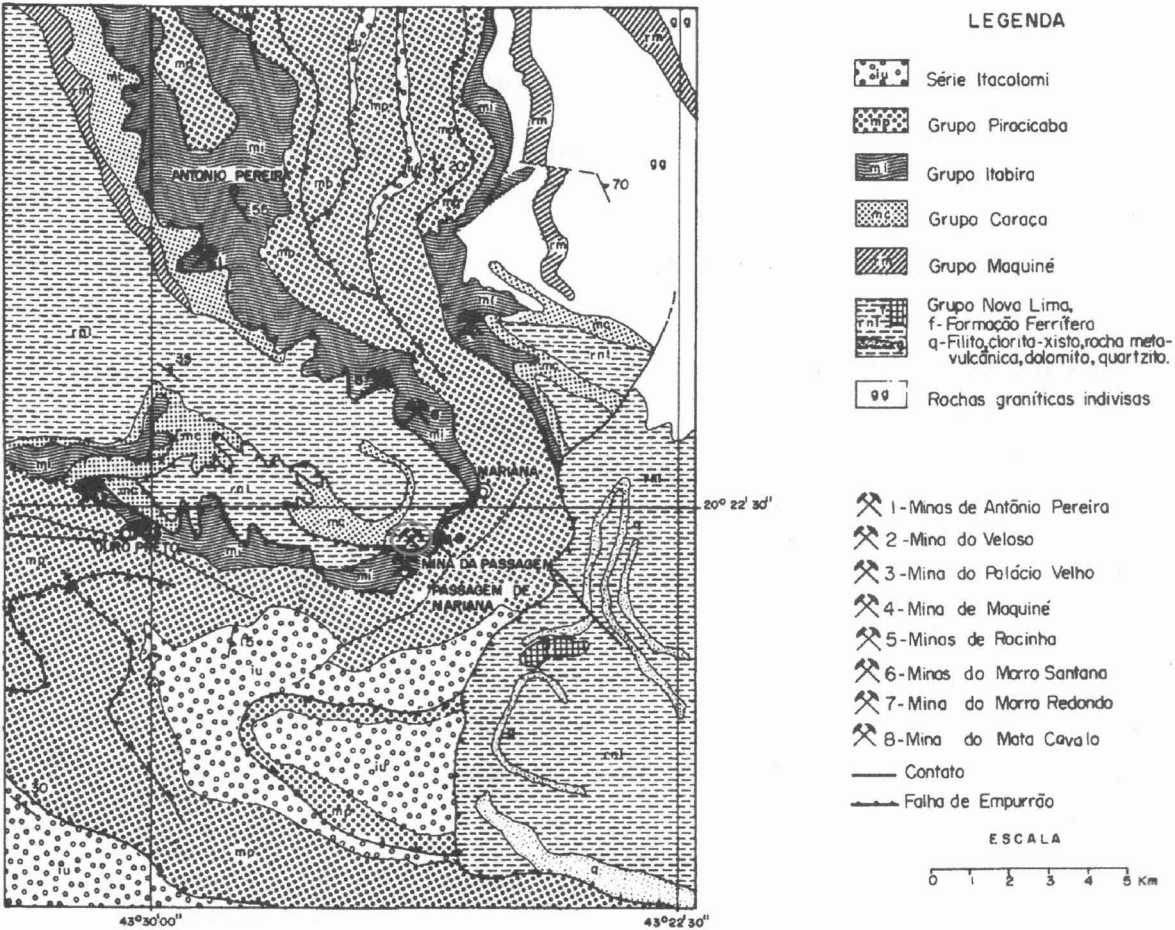


Figura 2: Mapa geológico do distrito aurífero de Passagem (segundo Barbosa in Dorr, 1969).

O Anticlinal de Mariana é constituído por rochas arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas e proterozóicas do Supergrupos Minas (Dorr, 1969). O Supergrupo Rio das Velhas foi dividido por Dorr (1969) em duas unidades:

- Grupo Nova Lima: mais antigo, constituído por sucessões de micaxistos, quartzo micaxistos, formações ferríferas, grauvacas, quartzitos, conglomerados, rochas vulcânicas, xistos e filitos grafitosos.
- Grupo Maquiné: dividido em Formação Palmital, constituída principalmente por quartzitos sericíticos, filitos quartzosos e filitos, sotoposta à Formação Casa Forte, composta por conglomerados, quartzitos sericíticos e cloríticos, xistos e filitos sericíticos e cloríticos.

O Supergrupo Minas foi dividido em quatro grupos por Dorr (1969), da base para o topo: Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba. Essa divisão foi revista por vários autores, passando a:

- Grupo Caraça: dividido nas formações Moeda e Batatal. A Formação Moeda é constituída por um conglomerado basal, quartzitos puros e filitos. Esta unidade é sobreposta pela formação Batatal, composta por filitos sericíticos prateados e filitos grafitosos.
- Grupo Itabira: dividido nas formações Cauê (itabiritos, filitos e dolomitos) e Gandarela (dolomitos, calcários, itabiritos dolomíticos e filitos).

No topo do Supergrupo Minas ocorre o Grupo Piracicaba, com sedimentação rítmica de psamitos, pelitos e carbonatos.

Segundo Vial (1988), a mina subterrânea de Passagem produziu, de 1864 a 1973, 4.068.938 t de minério com teor médio de 8,30 g/t. A profundidade da mina é de 409 m, dividida em níveis principais espaçados na vertical de cerca de 20 m. O nível mais profundo da mina é denominado 1340. Atualmente a mina encontra-se alagada abaixo do nível 315 (cerca de 80m abaixo da superfície) e está aberta à visita pública. É possível o acesso aos níveis 175 e 265.

Vial (1988) define dez tipos litológicos na mina de Passagem:

- itabirito dolomítico e/ou anfibolítico do Grupo Itabira (Supergrupo Minas), em contato tectônico com as unidades inferiores;
- anfibólio xisto pirrotítico da Formação Joplin, sendo o corpo de minério que ocorre nos níveis mais profundos da mina (atualmente sem acesso) como lentes no itabirito dolomítico;
- anfibolito;
- rocha quartzo-pirrotítica cinza-clara;
- veios de quartzo branco com turmalinito e sulfetos (predominantemente arsenopirita), constituindo minério de ouro;
- rocha quartzo-carbonática bandada sulfetada (BIF);
- filito sericítico cinza-prateado e/ou filito sericítico grafitoso cinza-escuro;

- rocha carbonática bandada compacta cinza;
- quartzito sericítico branco, pertencente ou ao Grupo Maquiné ou à Formação Moeda;
- quartzo-carbonato-biotita-sericita xisto acastanhado, provavelmente do Grupo Nova Lima.

Segundo o autor, as unidades litológicas posicionadas entre o itabirito do Grupo Itabira e o xisto acastanhado do Grupo Nova Lima representam um complexo tectônico imbricado, resultando fatias ou escamas de rochas de diferentes formações. Assim, o filito sericítico cinza-prateado e o filito sericítico grafitoso cinza-escuro sem intercalações de BIF e a rocha carbonática pertenceriam à Formação Batatal. O filito sericítico cinza-prateado e o filito sericítico grafitoso cinza-escuro com intercalações de BIF e a rocha carbonática pertenceriam ao Grupo Nova Lima.

A dificuldade em se associar as unidades litológicas às diversas formações também se aplica ao turmalinito. Para Cavalcanti (2003), os corpos de turmalinito estratiforme que ocorrem em Ouro Preto e Passagem de Mariana estão encaixados na base das formações ferríferas bandadas, em seqüências metassedimentares paleoproterozóicas do Supergrupo Minas.

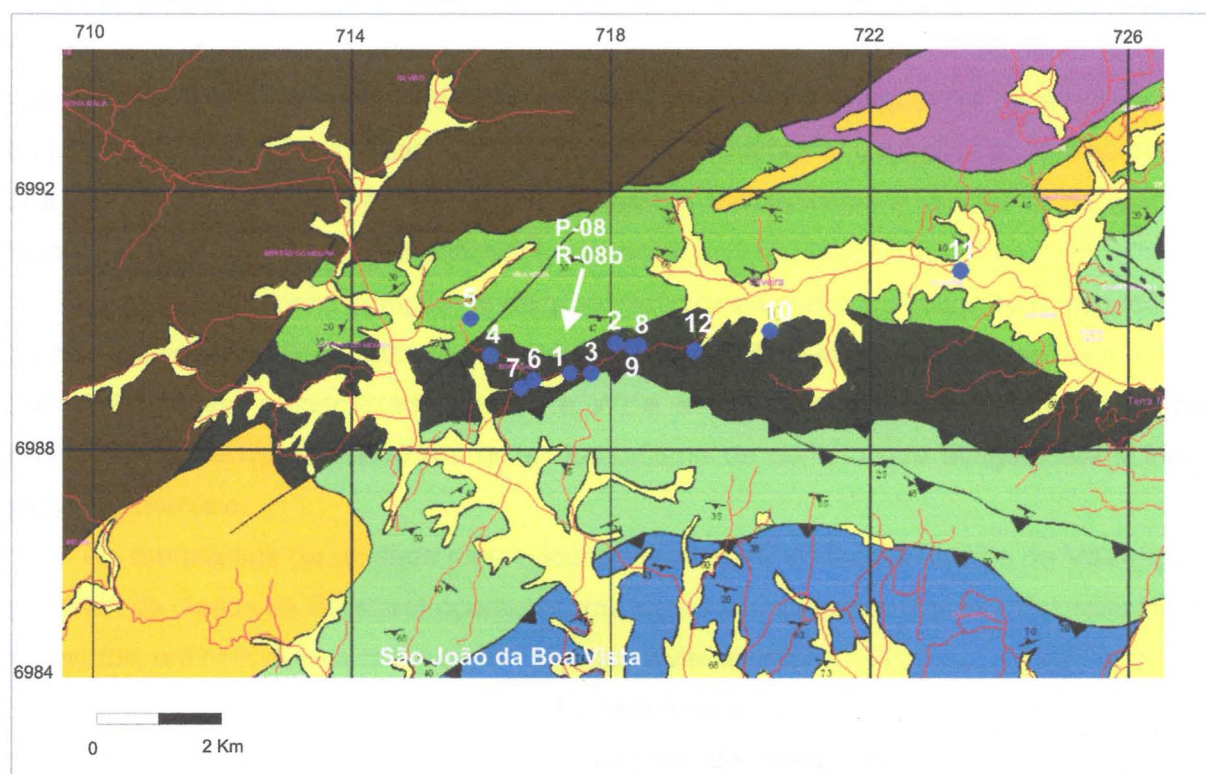
Para Fleischer e Routhier (1973) o turmalinito da Mina de Passagem de Mariana ocorre na forma de lentes contínuas ou blocos angulares “mergulhados” em quartzo recristalizado e massas dolomíticas. Consideram que o horizonte mineralizado pertence à Formação Batatal e defendem que o boro e os outros constituintes do minério (Au, As, Bi) já estavam presentes antes da primeira fase de deformação e metamorfismo (hipótese “consangüínea”).

Para Vial (1988), a mineralização aurífera é epigenética (veios de quartzo) e relacionada a uma falha de empurrão que coloca o itabirito em contato com diferentes unidades. O ouro está preferencialmente associado aos sulfetos. A arsenopirita é o principal mineral hospedeiro do ouro, que ocorre subordinadamente associado à pirita, calcopirita e ganga.

Para Duarte (1991), a mineralização aurífera ocorre em turmalinitos e a arsenopirita é o mineral hospedeiro do ouro, que ocorre incluso nas bordas e em fraturas da arsenopirita, geralmente associado à bismutita e bismuto nativo. Segundo a mesma autora, o boro estava inicialmente adsorvido na estrutura das micas e grafita, tendo o turmalinito se formado a partir da mobilização metamórfica sofrida pelas rochas hospedeiras após a primeira fase de metamorfismo. Duarte (1991) define a mineralização aurífera como associada a uma zona caracterizada por intenso hidrotermalismo (geração de veios de quartzo e quartzo e carbonato) e substituição (formação de turmalinitos) que acompanharam a evolução tectono-metamórfica da área.

Os turmalinitos do Complexo Brusque (Neoproterozóico - SC)

Segundo Basei et al. (2005), o Cinturão Dom Feliciano ocupa toda a porção sudeste brasileira e uruguaia (**Figura 3**). Representa a aglutinação de três segmentos petro-tectônicos distintos: um domínio alóctone (batólitos de Florianópolis, Pelotas e Aiguá), um domínio para-autóctone (complexos metamórficos Brusque, Porongos e Lavallya), e um domínio autóctone (bacias sedimentares de Itajaí, Camaquã e El Soldado).



Legenda Simplificada

- Quaternário
 - Aluviões
- Neoproterozóico
 - Zona de Cisalhamento Major Gercino
 - Milonitos e protomilonitos
 - Granitóides intrusivos no domínio do Complexo Metamórfico Brusque
 - Suíte Nova Trento
 - Complexo granito-migmatito Itapema
 - Gnaisses bandados e migmatitos diversos
 - Complexo Metamórfico Brusque
 - Unidades psamo-pelíticas-carbonáticas (intercaladas)
- Afloramentos visitados

Figura 3: Mapa geológico da região de Brusque modificado de Basei *et al.*, em preparação.

O Complexo Metamórfico Brusque representa a componente metavulcanossedimentar do Cinturão Dom Feliciano. É constituído por duas faixas, separadas em toda sua extensão pelo Batólito Valsungana. Na porção norte, a seqüência metassedimentar inclui uma unidade pelito-psamítica (mica-quartzo xisto rico em granada, e quartzito) que grada para termos psamo-pelíticos (metarritmitos homogêneos e sericita xistos). A ela sobrepõe-se uma seqüência metavulcanossedimentar constituída por metacarbonáticas, calco-xistos, metabásicas e, subordinadamente, sericita xistos acinzentados.

Na porção sul, ocorre uma unidade metavulcanossedimentar basal, composta por metavulcânicas básicas, rochas carbonáticas, níveis de turmalinitos e quartzitos, possíveis representantes da fase rifte da paleobacia Brusque. Essa seqüência está sobreposta tectonicamente por uma unidade metassedimentar formada por uma pilha psamítica-pelítica fina onde predominam quartzitos micáceos, quartzo-sericita xistos e sericita xistos pelíticos. Rochas metavulcânicas ácidas ocorrem localmente.

A suíte Valsungana compõe-se de granitóides cinza-esbranquiçados com megacrístais de microclínio numa fina matriz rica em biotita. Em relação a idades, é intermediária à Suíte São João Batista (mineralizada em Sn e W) e à Suíte Nova Trento. Todos os plutões granitóides desenvolvem auréolas de metamorfismo de contato que atingem até a fácies piroxênio hornfels.

Os turmalinitos da unidade metavulcanossedimentar ao sul do Batólito de Valsungana (a 20 km da cidade de Brusque) ocorrem como lentes associadas a rochas cálcio-silicáticas, metatufos, anfibolitos, quartzitos e granada-muscovita xistos.

O tipo predominante é um quartzito turmalínífero de coloração cinza, com bandamento milimétrico, marcado pela alternância de bandas de chert com bandas cinza escuras constituídas de turmalina caoticamente distribuída na foliação principal. A turmalina compõe ca. 60% da rocha, sendo os outros 40% constituídos por quartzo muitas vezes com extinção ondulante e com formato sigmoidal. Ocasionalmente em meio as bandas quartzosas podem ocorrer plagioclásio, anfibólio (actinolita-tremolita) e epídoto. Sulfetos são acessórios comuns. Localmente ocorrem veios e bolsões ricos em turmalina cortando a superfície principal do quartzito. Segundo Basei et al. (2005), esses turmalinitos representam prováveis depósitos do tipo BIF (fácies silicato) de origem químico-vulcanogênica exalativa. São freqüentes dobras intrafoliares e dobramentos tardios.

Outra variedade de turmalinito que ocorre na área (Rio do Oliveira) é composta quase que exclusivamente de turmalina e apresenta textura maciça.

Os turmalinitos do Grupo Serra do Itaberaba (Proterozóico, SP)

A 57 km NE da cidade de São Paulo, nos arredores de Santa Isabel, aflora o Grupo Serra do Itaberaba (Juliani et al. 1986), constituído de uma seqüência metavulcano-

sedimentar composta pelas formações Morro da Pedra Preta, Nhanguçu e Pirucaia (Juliani 1993, Juliani & Beljavskis 1995).

A unidade basal (Formação Morro da Pedra Preta) é formada predominantemente por metabasaltos, metabrechas, metatufos e rochas metavulcanoclásticas de composições básica, intermediária e ácida. Xistos de granulação fina a grossa, comumente com intercalações de leitos de metachert e grafitosos, são formados por biotita, granada, muscovita, estauroлита e pouco quartzo, podendo conter, ainda, cianita, sillimanita, andalusita, cordierita, grafita, óxidos de ferro e manganês, e sulfetos. Subordinadamente ocorrem pequenas intrusões de andesito, dacito, riodacito e riolito metamorfizadas, rochas calciossilicáticas, formações ferríferas de fácies silicato e óxido (com magnetita ou hematita) e marunditos. A Formação Nhanguçu, formada em ambiente de retroarco, recobre a anterior e é formada por xistos ferro-manganesíferos, por vezes calciossilicáticos, com lentes de anfibolitos, rochas calciossilicáticas e mármore na base. Sobre os xistos ferro-manganesíferos ocorrem xistos finos, bandados a laminados, com lentes de quartzitos, formados por muscovita, clorita, andalusita e magnetita. A Formação Pirucaia, depositada em ambiente litorâneo, corresponde às fácies marginais da Formação Nhanguçu e é constituída quase que exclusivamente por xistos quartzosos e quartzitos, comumente com zircão detrítico.

O Grupo Serra do Itaberaba foi afetado por dois eventos metamórficos regionais. O primeiro deles, do tipo barroviiano, ocorreu no Mesoproterozóico, indo da fácies xisto verde transicional para anfibolito (490°C, 4 kbar) na parte SW até a fácies anfibolito (650°C, 7 kbar) na extremidade NW (Juliani *et al.* 1997, 2000). O segundo evento foi de baixa pressão e ocorreu no Neoproterozóico. O grau metamórfico variou entre fácies xisto verde (500°C, 4 kbar) e fácies anfibolito (580°C, 4,7 kbar), sendo ainda responsável pelo retrometamorfismo em fácies xisto verde observado na maioria das rochas da área (Juliani *et al.* 1997, 2000).

No prospecto Tapera Grande (**Figura 4**), os turmalinitos ocorrem intercalados em rochas mineralizadas em ouro e sulfetos (pirita + pirrotita $\pm$ calcopirita) da seqüência metavulcano-sedimentar da Formação Morro da Pedra Preta (Juliani 1993, Beljavskis 2003). Essas rochas são anfibolitos, metatufos básicos, rochas metassedimentares, rochas calciossilicáticas, metandesitos e metarriolitos (Beljavskis *et al.* 2005).

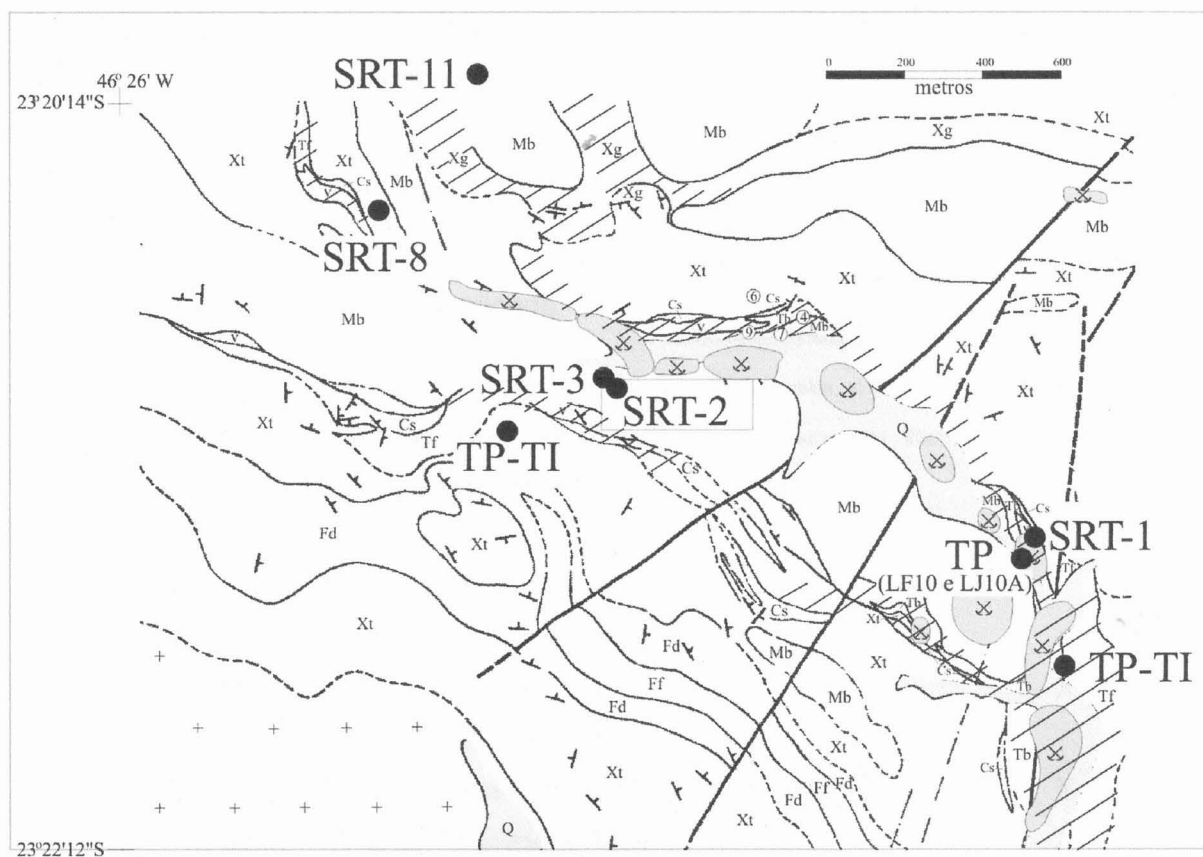


Figura 4: Mapa geológico simplificado do prospecto Tapera Grande, com a localização do furo de sondagem SRT2 dos turmalinitos proximais (TP) e intermediários (TI) de Beljavskis *et al.* (2005). Em hachurado: zonas mineralizadas; em cinza escuro: antigas catas de ouro; em cinza claro: depósitos aluvionares do Quaternário ao longo do Ribeirão das Lavras e afluentes (não representados). Símbolos: + = granitóide neoproterozóico Pau Pedra; Grupo Serra do Itaberaba: Xt = xistos finos bandados; Ff = formação ferrífera com grafita xistos e filitos; Fd = formação ferrífera com xistos bandados; Tf = metapelitos tuffíticos; Xg = grafita xistos; Tb=metatufos básicos; rochas: v = metavulcanoclasticas; Cs = cálcio-silicáticas e Mb = metabásicas.

Apesar da composição da turmalina ter indicado a origem vulcano-exalativa dos turmalinitos, Beljavskis *et al.* (2005) não descartam a hipótese de sua formação durante a sedimentação e metamorfismo, em especial para os turmalinitos e rochas ricas em turmalina distais aos centros exalativos de fundo oceânico.

4. Materiais e Métodos

O material compõe-se de amostras coletadas na mina de Passagem de Mariana (MG) e na região de Nova Trento-Brusque (SC).

Os métodos envolvidos nas análises de turmalina são microsonda eletrônica, para a determinação dos elementos maiores F, Ce e Cr, e ICP-MS para a determinação dos teores de elementos menores, em especial terras raras (ETR) em turmalinas.

Pelo método de Microsonda Eletrônica foram analisadas onze amostras, sendo nove provenientes de Passagem de Mariana e duas da região de Nova Trento-Brusque. As análises das duas amostras da Serra do Itaberaba foram realizadas por Beljavskis (2005).

Foram analisadas por ICP-MS duas amostras de Tapera Grande, sete de Passagem de Mariana e uma de Nova Trento-Brusque, conforme a **Tabela 1**.

Tabela 1: Relação das amostras analisadas.

Amostra	Localidade	Método Analítico	
		Microssonda Eletrônica	ICP-MS
T-12	Serra do Itaberaba (SP)	X (Beljavskis, et al., 2005)	X
LJ-09	Serra do Itaberaba (SP)	X (Beljavskis, et al., 2005)	X
MGF-1a	Mina de Passagem (MG)	X	
MGF-1b	Mina de Passagem (MG)	X	
MGF-1d	Mina de Passagem (MG)	X	
MP-1	Mina de Passagem (MG)	X	X
MP-8b	Mina de Passagem (MG)	X	X
MP-11	Mina de Passagem (MG)	X	
MP-12	Mina de Passagem (MG)		X
MP-12 pente	Mina de Passagem (MG)		X
MP-14	Mina de Passagem (MG)	X	X
MP-16	Mina de Passagem (MG)	X	X
MP-18	Mina de Passagem (MG)	X	
Teste	Mina de Passagem (MG)		X
P-04	Brusque (SC)		X
P-08a	Brusque (SC)	X	
R-08b	Brusque (SC)	X	

Cada método envolve preparações específicas de amostras, detalhadas no item 5.3.

5. Desenvolvimento do Trabalho

Cronograma e Dificuldades Encontradas

Segue o cronograma executado durante a realização deste trabalho (**Tabela 2**):

Tabela 2: Cronograma das atividades realizadas.

	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Projeto Inicial	X	X							
Revisão Bibliográfica	X	X							
Trabalhos de Campo			X	X	X	X			
Preparação de Amostras			X	X	X	X	X		
Petrografia		X							
Microsonda – Turmalina		X		X	X	X	X		
Relatório de Progresso						X			
Análise dos ETR							X	X	
Tratamento dos Dados						X	X	X	X
Monografia Final								X	X

O cronograma inicial sofreu alterações devido ao atraso ocasionado pelo período em que ocorreu a paralisação da maioria dos funcionários responsáveis pelo funcionamento dos laboratórios o que prejudicou o andamento deste trabalho de formatura. Houve atraso na confecção de parte das lâminas delgadas, que foram utilizadas tanto para petrografia, quanto para análise química (Microsonda Eletrônica), o que acabou por atrasar também essas atividades envolvidas. O mesmo ocorreu com o laboratório de Preparação de Amostras do CPGeo e o Laboratório de Química (ICP-MS), que puderam ser utilizados somente a partir de agosto.

No Projeto Inicial estavam previstas análises de monazitas de amostras da mina do Perau (SP-PR) em que também ocorrem níveis ricos em turmalina (estas foram analisadas por Microsonda Eletrônica e os resultados das análises constam do Relatório de Progresso). Estas análises não puderam ser feitas, devido ao tamanho insuficiente dos cristais de monazita, abaixo do diâmetro do feixe de elétrons da microsonda (1-2 μm).

Uma vez que os dados referentes às análises de elementos traços e ETR estariam disponíveis às vésperas da entrega da Monografia, optou-se por concentrar os estudos dos turmalinitos da Mina de Passagem e Nova Trento-Brusque.

Trabalhos de Campo

Passagem de Mariana (MG)

A primeira etapa de campo foi realizada entre os dias 8 e 12 de maio de 2006, para reconhecimento da geologia de Ouro Preto, Passagem de Mariana e Antônio Pereira e coleta de amostras da Mina de Passagem de Mariana. Foram coletadas 20 amostras de turmalinitos e encaixantes, das quais foram preparadas 7 seções delgadas polidas no Setor de Laminação do Laboratório de Microsonda Eletrônica do IGc-USP e preparadas 7 amostras para análise por ICP-MS.

O estudo da Mina de Passagem concentrou-se nos níveis abertos à visitação da área denominada Pia Nova – Fundão. Entre os níveis 175 e 265, observam-se pilares e paredes que expõem a seqüência litológica típica da área, que se inicia com sericita-quartzo xisto, seguida de dolomito (com níveis de turmalinito) e biotita xisto. Essa seqüência, atribuída à Formação Batatal, sotopõe-se aos itabiritos da Formação Cauê. No nível 315 observaram-se seqüências quartzíticas, atribuídas à Formação Moeda.

É comum a ocorrência de estruturas do tipo *boudin*, brechas, filões e veios de quartzo/carbonato cortando o pacote (**Figura 5**).

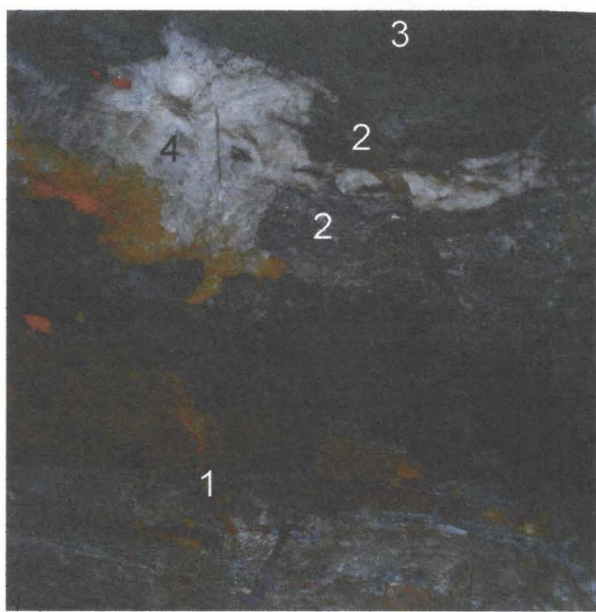


Figura 5: Seqüência litológica da área Pia Nova – Fundão. 1) sericita-quartzo xisto; 2) dolomito com níveis de turmalinito; 3) biotita xisto; 4) bolsões de quartzo contendo fragmentos de turmalinito e sulfetos.

A Formação Batatal, segundo Pires (1983), consiste de duas subdivisões: o xisto boro-potássico-aluminoso - unidade mais basal - composto por muscovita-sericita xisto, localmente com brecha basal, bandas de quartzito e por níveis e lentes de turmalinito preto de granulação fina, boudinado e localmente intercalado, na porção superior, com finas lentes de dolomito. A unidade superior compreende metabasitos, rochas máficas caoliníticas laminadas, talco xistos que, na concepção do autor, constituem *greenstones*. A seqüência de topo dessa unidade constitui-se de finas lentes dolomíticas, e bandas de itabirito limonítico com magnetita (Pires, 1983).

A turmalina ocorre predominantemente constituindo turmalinito de cor preta, granulação muito fina, em geral apresentando estrutura maciça (com laminação observável somente ao microscópio). Quase sempre contém arsenopirita, que comumente ocorre alongada segundo a foliação, mas também pode ocorrer truncando a mesma. O turmalinito também ocorre formando níveis intercalados no dolomito e em veios de quartzo na forma de brechas. A **Figura 6** mostra fragmentos desse turmalinito em zona de brecha preenchida por quartzo.



Figura 6: Clastos de turmalinito em veio de quartzo.

Os veios e brechas de quartzo, que correspondem a uma fase de hidrotermalismo, são posteriores aos corpos de turmalinitos como ilustrado na **Figura 6**. É freqüente a presença de sulfetos (principalmente arsenopirita) nos veios.

A turmalina é mais grossa nas bordas dos fragmentos de turmalinito, formando pentes (**Figura 14** – lâmina MP-18) e no contato com veios de quartzo.

Na **Figura 7**, o aumento da granulação da turmalina próxima à zona de contato deve-se a uma recristalização deste mineral pela interação com o fluido hidrotermal.

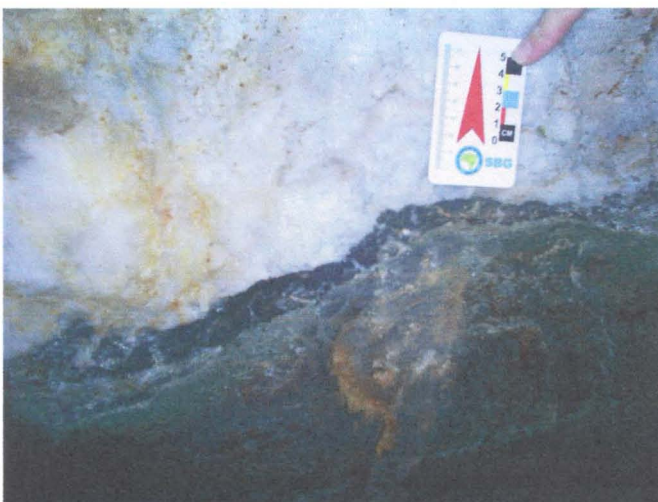


Figura 7: Contato do turmalinito com veio de quartzo.

Feições como *boudins* são freqüentes nos corpos de turmalinito, como ilustrado na **Figura 8**.

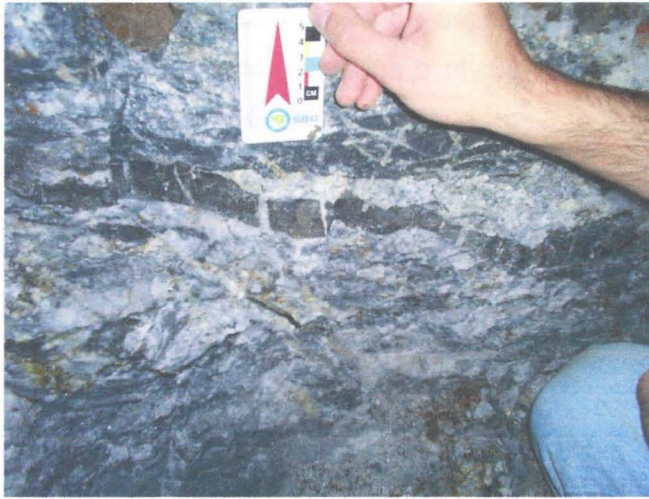


Figura 8: Turmalinito disrupto.

Nova Trento-Brusque (SC)

A segunda etapa de campo foi realizada entre os dias 28 de julho e 1º de agosto de 2006 na região de Nova Trento-Brusque sob orientação do Prof. Dr. Miguel A. S. Basei. Foram coletadas 17 amostras, entre turmalinitos e rochas encaixantes. Foram confeccionadas 2 seções delgadas polidas para uso em Microsonda Eletrônica e preparada 1 amostra para análise por ICP-MS.

Na região de Nova Trento – Brusque (SC) os afloramentos de turmalinito ocorrem na forma de blocos de tamanhos variados (**Figura 9**) encaixados nos metassedimentos do Complexo Metamórfico Brusque (CMB).



Figura 9: Vista geral dos blocos de turmalinito (ponto 2 da **Figura 3**).

Os corpos de turmalinito encontram-se intensamente deformados, pois sofreram todos os estágios deformacionais submetidos ao CMB (**Figura 10**).

O turmalinito é composto por alternância de espessuras variáveis (na maioria das vezes milimétricas) entre níveis ricos em turmalina e níveis de *metachert*. Nos níveis ricos em turmalina, o arranjo deste mineral é sempre caótico, mesmo nos afloramentos onde a foliação da rocha é bastante marcante.

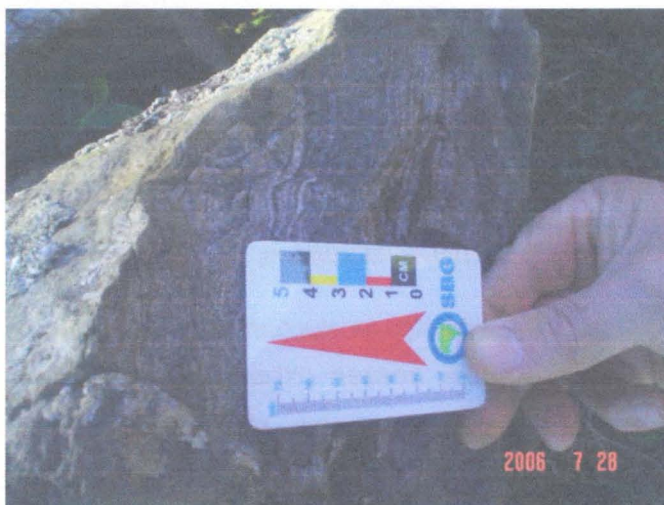


Figura 10: Níveis de turmalina e *metachert* intensamente dobrados.

Os blocos de turmalinito foram encontrados principalmente entre rochas de composição calciossilicática, metatufos básicos e quartzo-sericita-biotita xisto.

5.3 Análises Laboratoriais

5.3.1 Petrografia

Mina de Passagem

Nas lâminas descritas provenientes da Mina de Passagem, puderam ser identificadas três formas de ocorrência de turmalina: turmalina em veio, turmalina de turmalinito e pente de turmalina.

As turmalinas em veio, este de composição preferencialmente quartzo-carbonática, ocorrem na forma de prismas bem formados e apresentam granulação média de 0,25 mm. Os cristais de turmalina, em sua maioria, apresentam zoneamento nas seções basais (núcleo azulado e borda esverdeada) e arranjo caótico – geralmente em níveis de concentrações disformes (**Figura 11**).

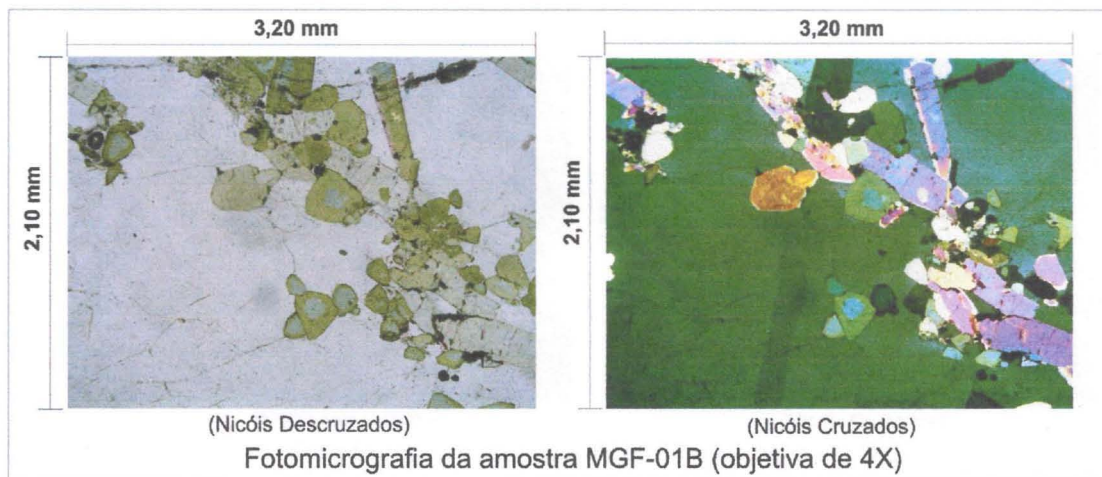


Figura 11: Seções basais triangulares e paralelas ao eixo C zonadas.

O tamanho dos cristais de quartzo nesses veios é muitas vezes maiores que o campo de observação da objetiva de menor aumento e em geral ocorre carbonato (aproximadamente 2,5 mm). Em algumas porções do veio a granulometria do quartzo é menor (0,3 mm), o que pode ser resultado de processos de recristalização (**Figura 12**).

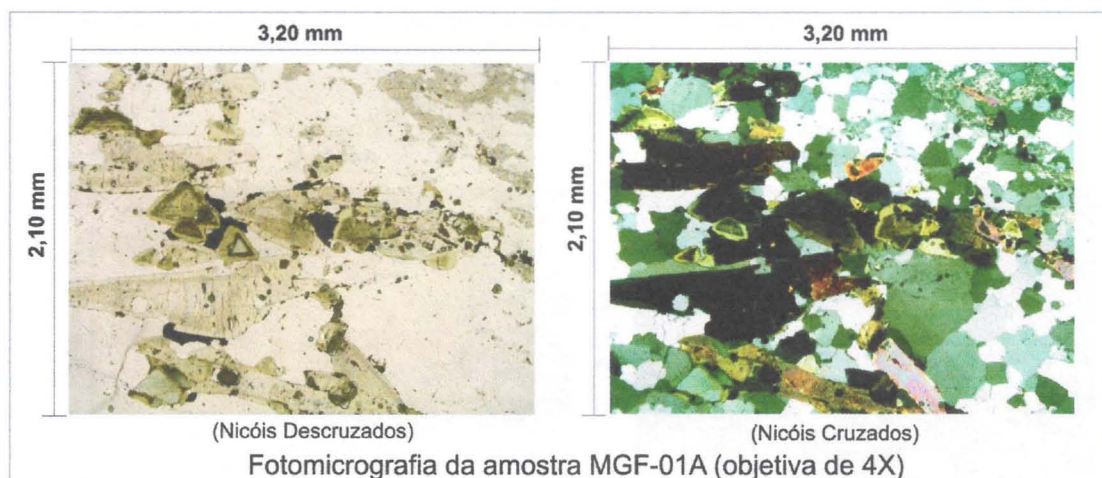


Figura 12: Turmalinas zonadas em porção do veio de granulometria mais fina.

Os turmalinitos descritos em lâmina (**Figura 13**) apresentam aspecto maciço (> 90% de turmalina) e granulação fina (0,05 mm). Os cristais apresentam coloração esverdeada e em alguns casos zoneamento (borda azulada e núcleo esverdeado), mas são menos freqüentes do que em turmalinas de veio. Pequenas lentes (0,3 mm) alongadas de quartzo e carbonato de granulação fina podem ocorrer esparsas em meio aos cristais de turmalina.

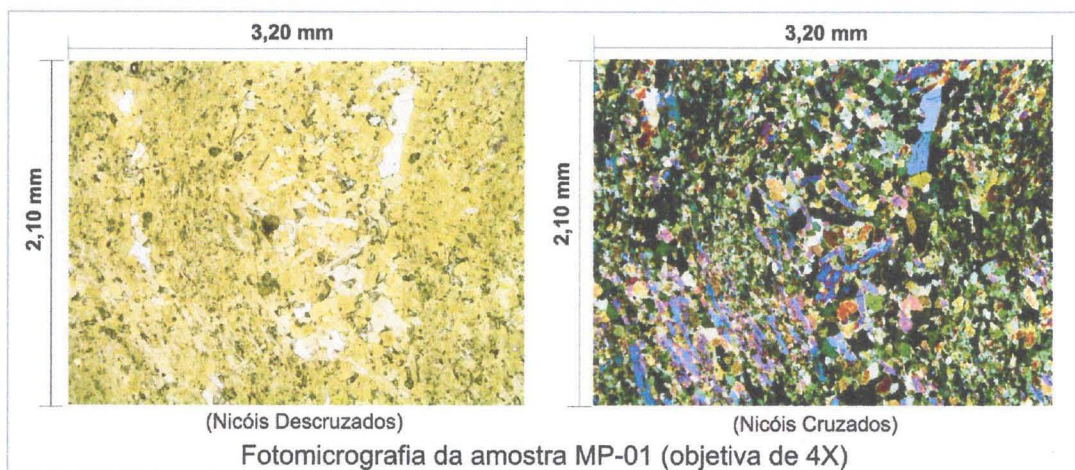


Figura 13: Aspecto maciço em turmalinito.

Na amostra MP-18 o arranjo dos cristais de turmalina em seção paralela ao eixo C, de aproximadamente 2,5 mm, formam um “pente” em meio a turmalinas de aspecto maciço (**Figura 14**). Nesta mesma lâmina ocorrem as lentes descritas anteriormente e estas possuem a mesma direção de crescimento dos cristais de turmalina do pente.

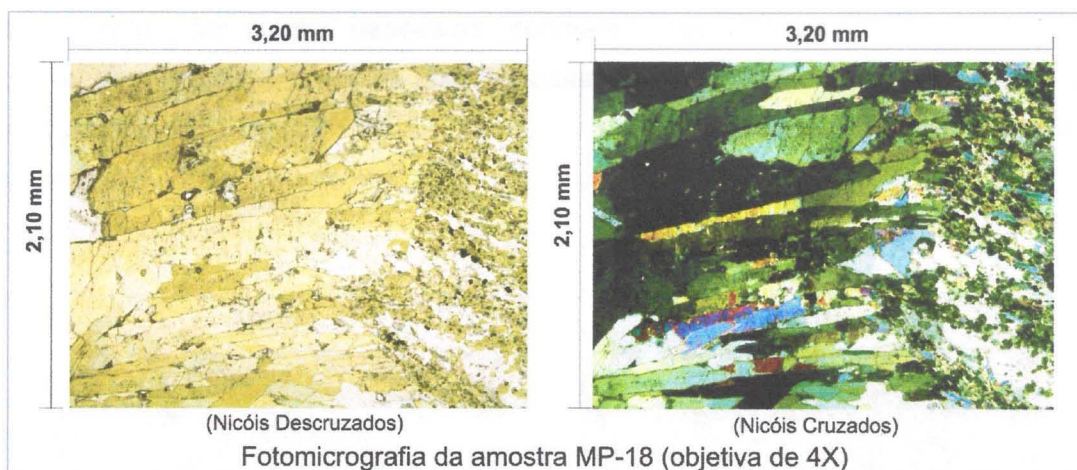


Figura 14: Arranjo de turmalinas paralelos ao eixo C em “pente”.

A amostra MGF-01D corresponde a um turmalina-quartzo-muscovita xisto (**Figura 15**). A muscovita possui granulação muito fina e os cristais de quartzo, de aproximadamente 0,2 mm, ocorrem em níveis de concentração de espessuras variáveis. Cristais de até 2 mm de arsenopirita ocorrem estirados na foliação S_n definida pela orientação da muscovita. A turmalina ocorre principalmente em seções basais de granulação muito fina (0,03 mm) de coloração esverdeada.

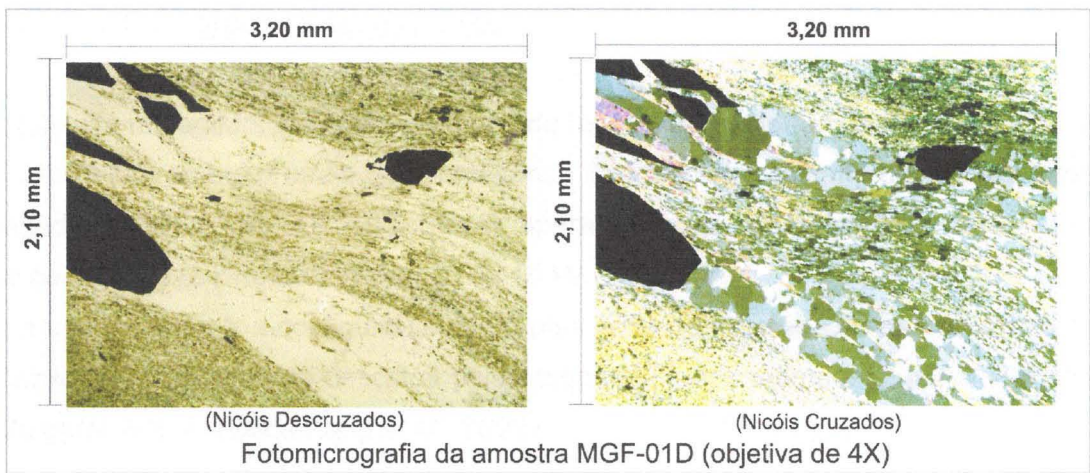


Figura 15: Turmalina-quartzo-muscovita xisto.

Nova Trento-Brusque

Nas lâminas descritas provenientes da região de Nova Trento-Brusque os turmalinitos apresentam aspecto preferencialmente bandado (**Figura 16**), com alternância de bandas de concentração de cristais de turmalina e bandas de concentração de quartzo. Este bandamento não possui espessura constante das repetições. Nas bandas de concentração de cristais de turmalina (seções basais e paralelas ao eixo C), o arranjo dos mesmos é sempre caótico. Os cristais de quartzo, de coloração levemente amarelada, possuem tamanho médio de 0,15 mm, e os cristais de turmalina 0,05 mm.

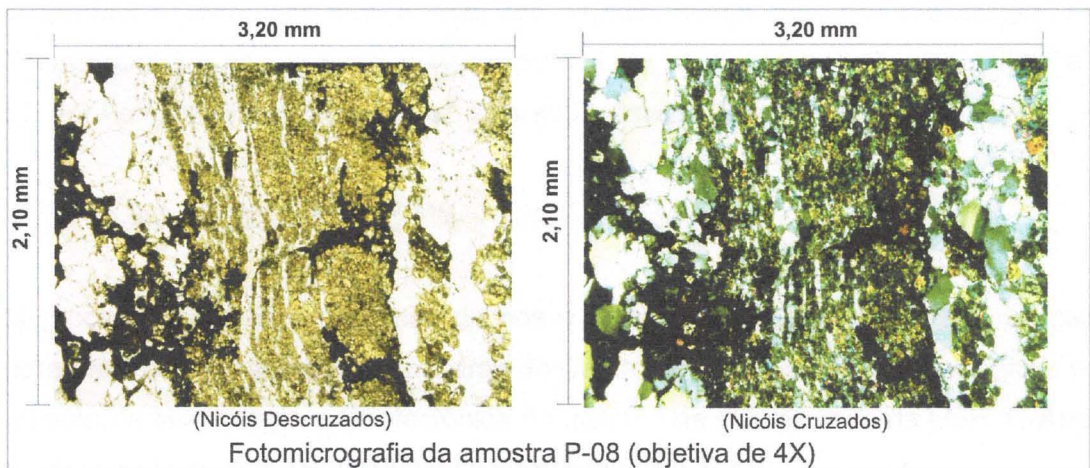


Figura 16: Aspecto bandado.

5.3.2 Microsonda Eletrônica

A química mineral foi realizada por meio da microsonda eletrônica JEOL Superprobe, modelo JXA-8600, do Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. As condições de operação foram: diâmetro do feixe de 1-2 μm , corrente de 15 nA e tensão de aceleração de 15 kV.

O grupo da turmalina configura-se como uma série de soluções sólidas de silicatos de boro complexos, normalmente descritos pelas proporções dos membros finais constituintes e fórmula geral (e.g. Fonseca-Zang et al., 2002):



onde:

X = Na, Ca, K, Bi, podendo ocorrer vacância nesta posição

Y = Al, Li, Mg, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Cr, V, Cu

Z = Al, Fe^{3+} , Cr, V, Mg, Fe^{2+} , Ti

B = B

T = Si, Al, B.

O **Anexo - I** apresenta os resultados das análises de turmalina por microsonda eletrônica. Para o cálculo da fórmula unitária adotou-se o seguinte procedimento: (i) assumem-se 3 átomos de B; (ii) preenche-se a posição T com Si e Al, até completar 6 átomos; (iii) preenche-se a posição Z com Al e Fe^{3+} , até completar 6 átomos; (iv) preenche-se a posição Y com Al e Si excedentes de (ii) e (iii) e Mg, Fe, Mn, Cr, V, Ti e Li, e (v) preenche-se a posição X com Ca, Na e K.

Alerta-se para o fato de que o procedimento adotado pode acarretar vacância na posição X (vacX), uma vez que o total de átomos nessa posição não atinge 1. O procedimento também não leva em consideração a ocupação da posição Y por Fe^{3+} e da posição Z por Fe^{3+} , fazendo com que Fe^{3+} seja subestimado (Slack 1996).

5.3.3 Análise por ICP-MS

Os procedimentos de preparação de pós e separação de minerais foram realizados nos Laboratórios de Preparação de Amostras do Centro de Pesquisas Geocronológicas e do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da USP. O **Anexo - II** apresenta os resultados das análises de turmalina por ICP-MS.

A separação da turmalina inclui: a) trituração das amostras com prensa hidráulica e peneiramento com granulacão passante em 60 mesh e retido 80 mesh; passante em 80 mesh e retido 100 mesh; passante em 100 mesh e retido 150; b) lavagem das amostras com água bi-distilada e acetona; c) secagem sob lâmpada; d) separação eletro-magnética (Frantz Isodynamic, modelo L1, série 678) dos diferentes minerais que compõem a amostra

(quartzo, carbonatos, arsenopirita, pirita, monazita e zircão); e) separação pelo líquido denso bromofórmio.

O peneiramento utilizando diferentes granulometrias permite o estudo do grau de liberação das turmalinas das frações granulométricas previamente selecionadas, otimizando os estudos das fases subseqüentes. As alíquotas assim obtidas foram submetidas à separação eletro-magnética, utilizando-se uma amperagem de 0,60A e uma inclinação de 100 para a separação dos diferentes minerais que compõem a amostra. As turmalinas, os sulfetos, as monazitas e agregados minerais (formados por quartzo+turmalina+carbonatos) e uma pequena percentagem de quartzo (<2 %), concentram-se na fração magnética, enquanto o quartzo, zircão e um pequeno percentual de turmalinas e agregados minerais (<5 %) concentram-se na fração não magnética

A alíquota dos minerais levemente magnéticos foi submetida a ataque químico com HCl para eliminação dos carbonatos, e com HNO₃ (concentração 0,25%) a quente por 48 horas, para eliminação de sulfetos livres e associados a turmalinas.

A fase subseqüente dos trabalhos compreendeu: a) lavagem e secagem das amostras após ataque químico e b) separação dos minerais pelo líquido denso bromofórmio. As turmalinas e as monazitas concentram-se no fundo do funil, por terem maior densidade que o líquido utilizado, enquanto o quartzo fica na superfície do líquido (fase sobrenadante). Foram filtradas separadamente as frações de fundo e sobrenadante, procedendo-se à secagem sob lâmpada em estufa.

A fração de fundo é analisada com auxílio de lupa binocular, visando à obtenção de uma alíquota de concentrado puro de turmalina, o qual será submetido às análises química e isotópica nas fases subseqüentes. Para tanto, parte do concentrado puro de turmalina (20 mg a 40 mg) deverá ser submetido à moagem em almofariz de ágata, até atingir a granulação passante em 200 mesh, contemplando as análises químicas de terras raras, enquanto outras 5 mg deste mesmo concentrado será levada para a análise isotópica de B.

Abertura das amostras para análise em ICP-MS

O ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente) foi a técnica analítica escolhida para a determinação de ETR em virtude das vantagens que apresenta comparativamente às outras técnicas: baixo limite de detecção, altos níveis de precisão e exatidão, entre outras (Navarro, 2004).

Para a análise por ICP, é necessário transformar as amostras em uma solução, para tanto, foi necessário submetê-las a uma série de etapas, descritas abaixo.

O método de dissolução utilizado para a abertura das amostras foi o ataque ácido em bombas tipo Parr, cujo procedimento é descrito a seguir:

→ foram pesados em balança analítica de precisão 40 mg de amostra com granulação menor que 200 *mesh* e colocados em recipiente de teflon de 23 mL e foram adicionados a este conjunto 2 mL de ácido nítrico 14N (destilado *sub-boiling*) e 6 mL de ácido fluorídrico 40% (destilado *sub-boiling*);

→ os recipientes de teflon foram inseridos em jaquetas de aço inox, resistentes a altas pressões, e colocados em estufa por 5 dias à temperatura constante de 200 °C, atingindo pressões de até 10 atm;

→ após esfriar, os recipientes de teflon foram retirados das jaquetas de aço inox e levados à chapa elétrica até eliminação total do ácido fluorídrico por evaporação;

→ 5 mL de HNO₃ destilado foram adicionados, e o conjunto foi novamente levado a chapa elétrica para secagem;

→ 1 mL de ácido perclórico (HClO₄) foi adicionado a solução para a dissolução de resíduo de cor escura encontrado após secagem do ácido nítrico, o conjunto foi levado a chapa elétrica por uma semana para volatilização do ácido perclórico;

→ 1 mL de ácido perclórico foi novamente adicionado a solução por ainda se encontrar resíduo e o conjunto foi levado a chapa elétrica por mais uma semana para volatilização do ácido adicionado;

→ a solução foi transferida para um frasco de polipropileno de 125 mL e adicionou-se água até o peso de 80g;

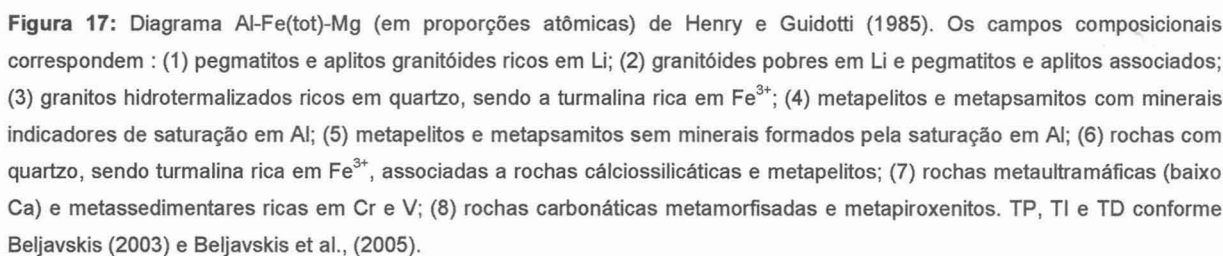
A solução foi analisada no equipamento ICP-MS ELAN 6100 DRC, da marca Perkin Elmer. Tanto os resultados obtidos pela microsonda eletrônica, como pelo ICP-MS foram tratados pelo programa MINPET, versão 2.02, de Richard (1995).

6. Resultados Obtidos

Microsonda Eletrônica

Os dados apresentados no **Anexo I** referem-se aos resultados obtidos das análises de amostras de Mariana (MG) e Nova Trento-Brusque (SC).

O esquema utilizado neste trabalho para classificação dos minerais do grupo da turmalina foi o digrama ternário **Al-Fe(tot)-Mg** (em proporções moleculares) de Henry e Guidotti (1985) (**Figura 17**). Neste diagrama encontram-se delimitados os campos dos turmalinitos proximais, intermediários e distais do grupo Serra do Itaberaba, conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).



Os resultados obtidos das amostras de turmalina de veio (MP-14, MGF-1A e MGF-1B) plotados no diagrama de Henry e Guidotti (1985) mostraram uma composição tendendo a dravita, excetuando-se três pontos analisados da amostra MGF-1A (referentes a centros e bordas de cristais zonados) que apresentaram teores maiores de Fe e menores de Mg, tendendo a schorlita (**Figura 18**).

Este esquema de enriquecimento foi observado apenas nesta amostra, o que pode indicar a participação de fluidos de origem diferente daquela que gerou cristais zonados em outras rochas com turmalina da Mina de Passagem.

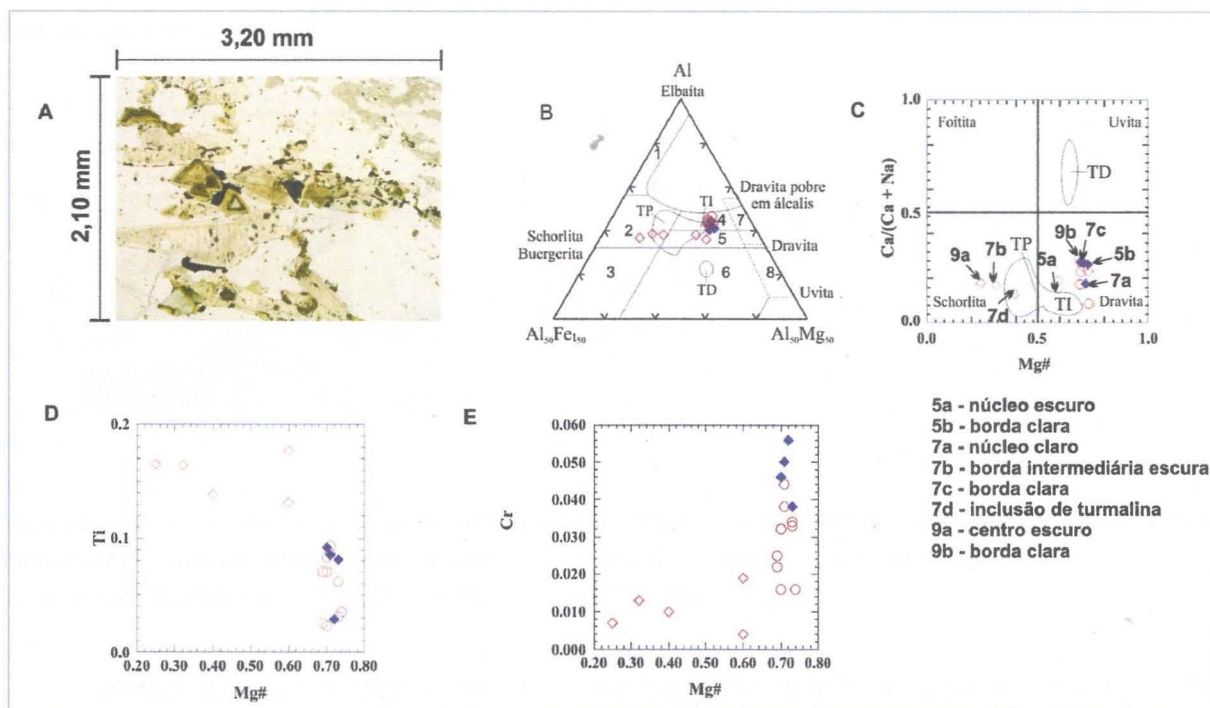


Figura 18: Em (A) – fotomicrografia da amostra MGF-1A; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme a Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#; e em (E) – diagrama Cr vs. Mg#.

As análises referentes à amostra MGF-1B plotaram no campo de composição tendendo a dravita (**Figura 19**), mesmo as análises de turmalinas zonadas deram a mesma composição tanto para as bordas quanto para os núcleos.

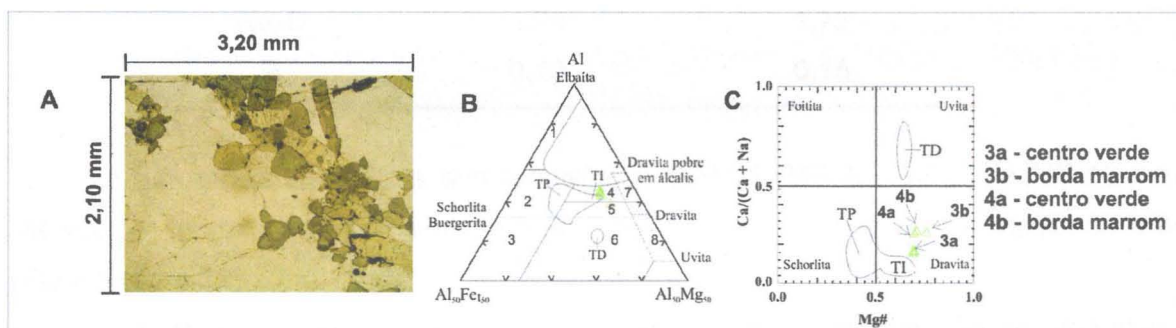


Figura 19: Em (A) – fotomicrografia da amostra MGF-1B; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).

Nesta amostra, os cristais zonados apresentam núcleos esverdeados e bordas castanhas. Diferindo da amostra MGF-1A, as variações em Fe (e Ti) são menos marcadas das porções mais claras para as mais escuras (**Figura 19C**). Ocorre um leve enriquecimento em Ca dos núcleos mais claros para as bordas mais escuras.

Na amostra MP-14 pode-se diferenciar dois campos no diagrama Ti vs. Mg# (**Figura 20**), onde as análises que apresentam maiores concentrações de Ti correspondem em sua maioria a turmalinas zonadas e as análises com menores concentrações de Ti, a turmalinas

basais sem zoneamento.

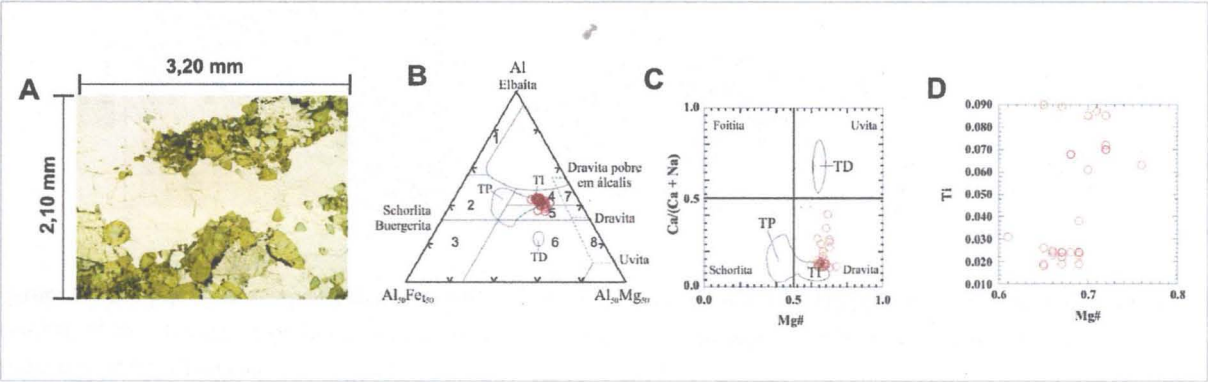


Figura 20: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-14; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#.

Foram analisados três cristais zonados da amostra MP-14, obtendo-se o seguinte padrão de enriquecimento (Tabela 3):

Tabela 3: Teores composicionais médios.

% em peso	Núcleo	Borda
TiO ₂	0,30	0,67
MgO	7,05	7,58
CaO	0,55	1,05
Na ₂ O	1,71	1,72
F	0,10	0,15

As turmalinas analisadas dos turmalinitos (MP-01, MP-8B, MP-11 e MP-16), cujos resultados foram bastante semelhantes, mostraram composição tendendo a dravita (Figuras 21 e 22).

Este grupo de amostras, independentemente de conterem cristais zonados de turmalina, apresenta teores de TiO₂ concentrados em dois intervalos: 0,1-0,4% e 0,5-0,9%, como ilustrado na Figura 22D.

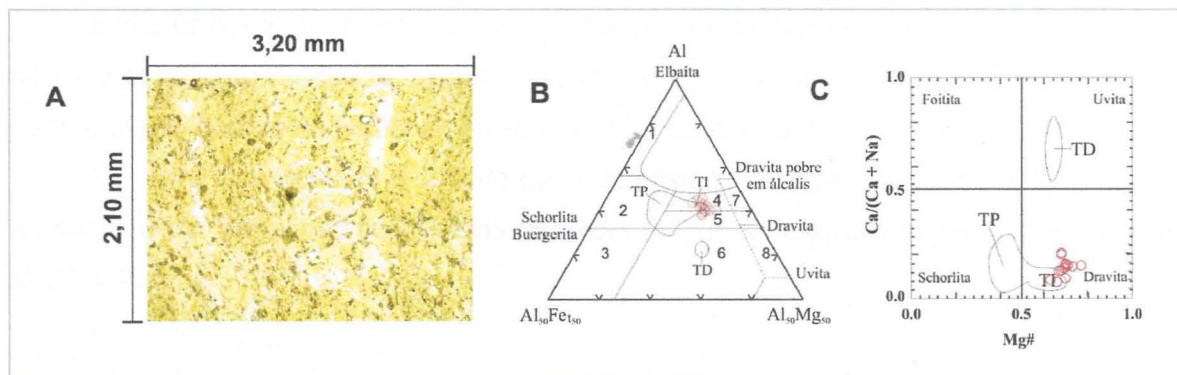


Figura 21: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-01; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17 em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).

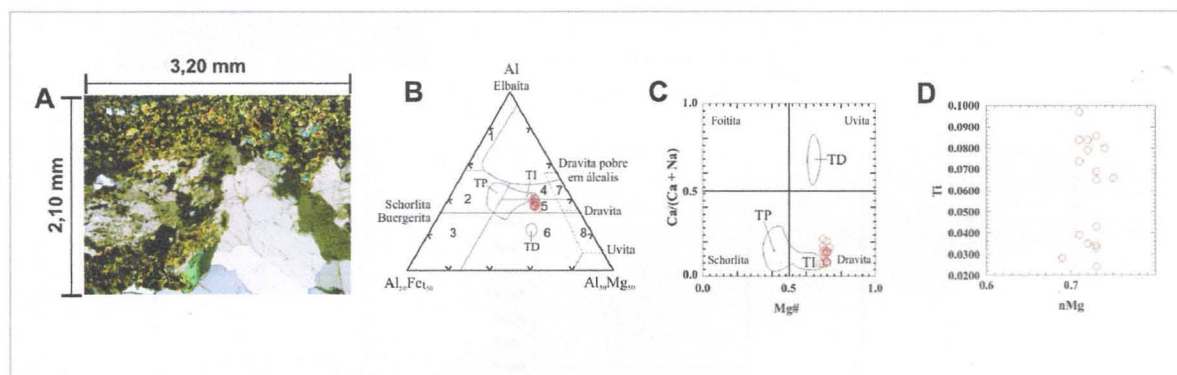


Figura 22: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-11; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#.

A amostra MP-11 destaca-se por estar mineralizada em arsenopirita e ouro e, como mostra a **Figura 22A**, está em contato com veios de quartzo e carbonato. Destaca-se dos demais turmalinitos por conter os mais altos teores médios de Na_2O (2,03%) e MgO (8,06%).

A amostra MP-08B (**Figura 23**) apresenta enriquecimento de Ti nas análises referentes às bordas dos cristais zonados de turmalina, relacionado com a presença de rutilo como mineral traço na rocha. Os núcleos, por sua vez, estão enriquecidos em Al (**Figura 23B**).

O teor médio de TiO_2 para os núcleos esverdeados de sete cristais zonados analisados é de 0,20%. Para as bordas castanhas, esse valor é de 0,59%.

As variações nos teores de outros elementos não correspondem aos mesmos elementos da amostra MGF-01A.

Fe e Mg podem estar mais ou menos enriquecidos nas zonas claras (verdes) e escuras (marrons), o mesmo ocorrendo com Cr (**Figura 23E**) e F (**Figura 23F**). Em relação ao conjunto de turmalinitos, a amostra MP-08B apresenta o mais alto teor médio de Cr_2O_3 (0,23%).

É interessante notar que, no caso do Ca, as bordas são mais enriquecidas (teor médio de CaO de 0,92%) do que os núcleos (0,51%), como mostra a **Figura 23C**. Há também um certo enriquecimento de Na₂O do núcleo (1,58%) para a borda (1,70%).

A **Figura 23A** destaca o contato deste turmalinito com veio de carbonato, o que indica a interação do turmalinito com fluidos de origem diferente daquela sugerida para a amostra MGF-01A.

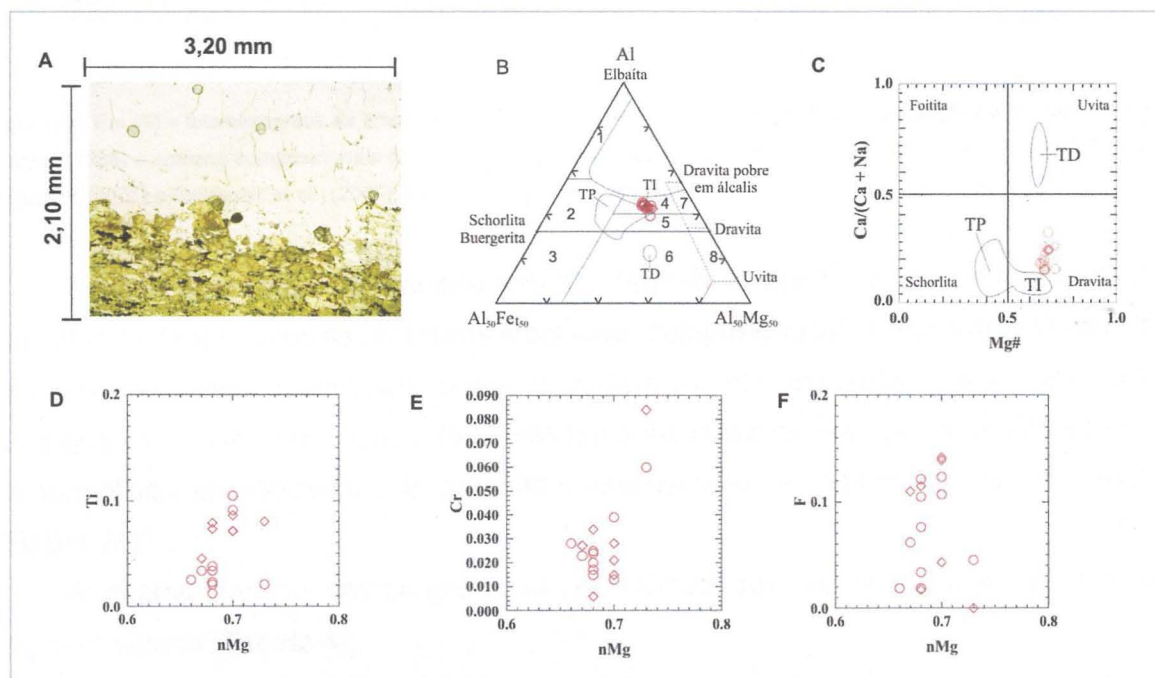


Figura 23: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-08B; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#; em (E) – diagrama Cr vs. Mg#; em (F) – diagrama F vs. Mg#.

Dispõe-se de poucas análises para a turmalina da amostra MP-16 (**Figura 24**), mas é possível compará-los com os dos demais turmalinitos. O teor médio de CaO (0,83%) é o segundo mais elevado entre as amostras de turmalinito, podendo ser explicado pela presença de vênulas de carbonato (**Figura 24A**).

O teor médio de Cr₂O₃ está entre os mais baixos (0,03%), como acontece com MP-11 e MP-01. Entretanto, o teor médio de TiO₂ (0,61%) encontra-se entre os mais altos (**Figura 24D**).

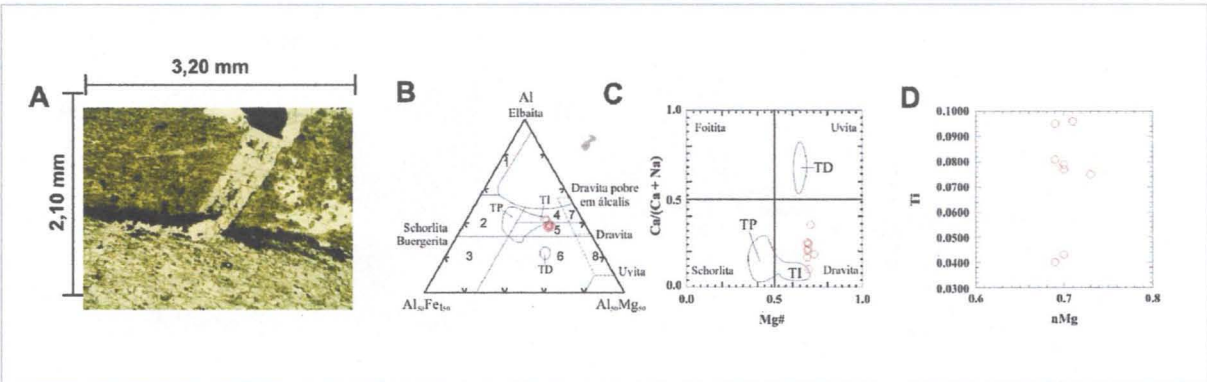


Figura 24: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-16; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guildotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005); em (D) – diagrama Ti vs. Mg#; em (E) – diagrama Cr vs. Mg#.

As análises obtidas da amostra MP-18 – turmalinito bandado apresentando pente de turmalinas – assim como as anteriores mostraram composição tendendo a dravita tanto para as turmalinas basais quanto para as que compõem o pente (paralelas ao eixo cristalográfico C), o que leva a crer que o pente de turmalinas é resultado da recrystalização das turmalinas do turmalinito pré-existente por possuírem praticamente a mesma composição química (Figura 25).

Entretanto, ao se compararem valores médios dos elementos maiores, tem-se o seguinte quadro (Tabela 4):

Tabela 4: Teores composicionais médios.

% em peso	Turmalinito	Pente
TiO2	0,33	0,56
MgO	7,30	7,48
CaO	0,64	0,84
Na2O	1,67	1,72
F	0,09	0,16

Assim, os fluidos responsáveis pela recrystalização da turmalina do pente, produziram enriquecimentos em: Ti, Mg, Ca, Na e F, também observados na amostra MP-08B.

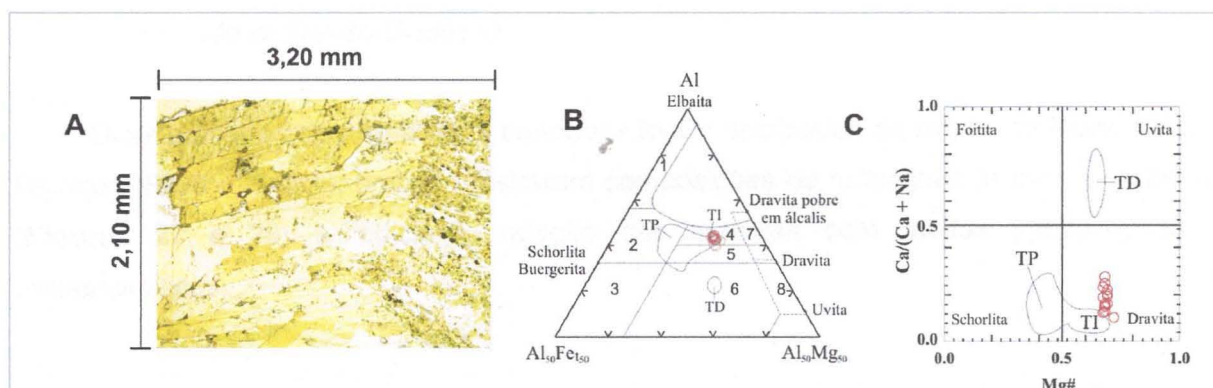


Figura 25: Em (A) – fotomicrografia da amostra MP-18; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).

As análises referentes às turmalinas do turmalina-quartzo-muscovita xisto (MGF-1D) apresentaram composições tendendo a dravita (**Figura 26**), assim como os resultados obtidos para os turmalinitos.

Destaca-se que os teores médios de FeO (6%), TiO₂ (0,70%) e K₂O (0,03%) são mais elevados nesta rocha do que nos turmalinitos, ao passo que os valores para Al₂O₃ (32,10%) e Cr₂O₃ (0,06%) são mais baixos.

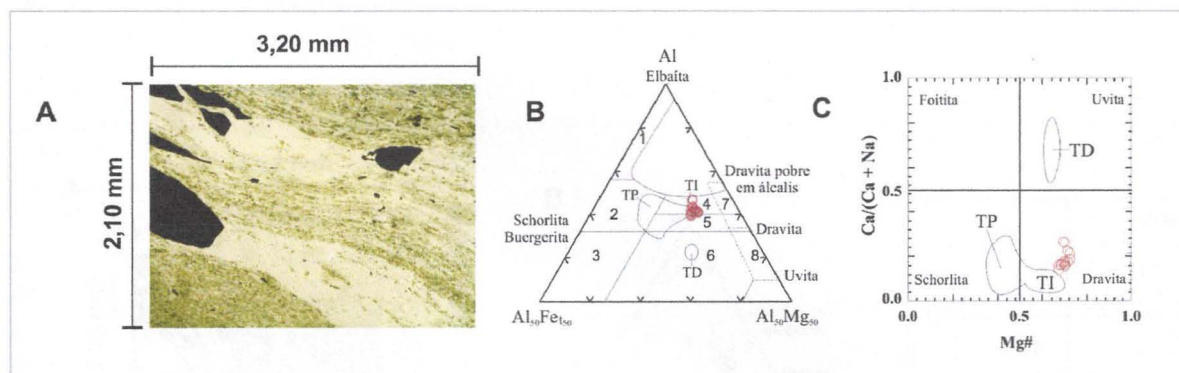


Figura 26: Em (A) – fotomicrografia da amostra MGF-1D; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).

Em todos os casos analisados, as composições plotaram nos campos composicionais **4 e 5** do diagrama de Henry e Guidotti (1985), indicando predominante relação das turmalinas com rochas metapelíticas e metapsamíticas, e diferem do obtido para os turmalinitos da Formação Morro de Pedra Preta (Beljavskis, 2003 e Beljavskis et al., 2005), de origem mista vulcano-exalativa e sedimentar.

Nova Trento-Brusque

Duas amostras de turmalinitos bandados foram analisadas da região de Nova Trento-Brusque (R-08 e P-08A), ambas mostraram composições de turmalinas tendendo a dravita (Figuras 27 e 28) e indicando relação das mesmas com rochas metapelíticas e metapsamíticas.

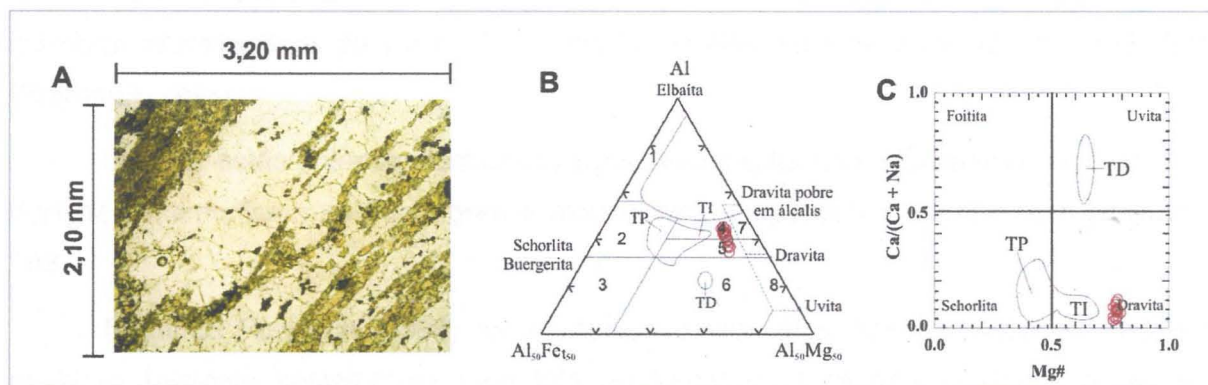


Figura 27: Em (A) – fotomicrografia da amostra R-08B; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).

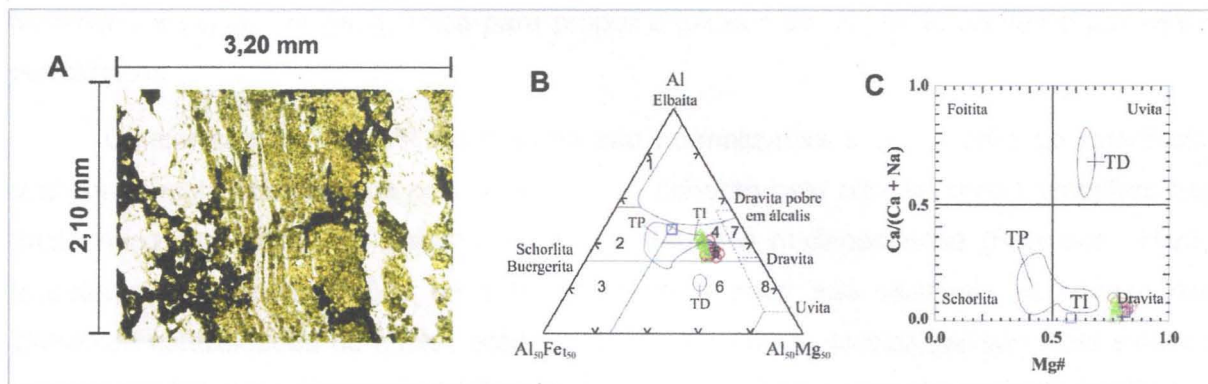


Figura 28: Em (A) – fotomicrografia da amostra P-08A; em (B) - Diagrama Al-Fe(tot)-Mg (em proporções atômicas) de Henry e Guidotti (1985) – campos composicionais conforme Figura 17; em (C) – diagrama Ca/(Ca+Na) vs. Mg#. TP, TI e TD conforme Beljavskis (2003) e Beljavskis et al., (2005).

Foram analisados por ICP-MS os elementos terras raras (ETR) além de Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, Hf, Pb, Th e U.

Os elementos terras raras (ETR) compreendem a série de metais de números atômicos de 57 a 71 – La (lantânio) a Lu (lutécio) (Rollinson, 1993). Tipicamente os membros de baixo número atômico são chamados de elementos terras raras leves (ETRL), aqueles com número atômico altos de elementos terras raras pesados (ETRP) e os membros intermediários do grupo são chamados de elementos terras raras médios (ETRM) (Rollinson, 1993).

Os ETR estão entre os elementos traços menos solúveis e são relativamente imóveis durante metamorfismo de baixo grau e alterações intempéricas e hidrotermais (Rollinson, 1993).

Segundo Rollinson (1993) os elementos terras raras têm propriedades físicas e químicas bastante semelhantes pelo fato de formarem íons estáveis 3+ e possuírem tamanhos similares. Diferenças no comportamento químico são consequência do pequeno, mas constante decréscimo no tamanho iônico com o aumento do número atômico. Essas pequenas diferenças em tamanho e comportamento são exploradas por um grande número de processos petrológicos causando fracionamento relativo entre os elementos. Este fenômeno é usado em geoquímica para propor a gênese de suítes de rochas e processos petrológicos.

Concentrações de ETR geralmente são normalizadas a um padrão de referência, que comumente compreende os valores de um condrito pelo fato de serem amostras não fracionadas (primitivas) do sistema solar que datam a nucleossíntese (Rollinson, 1993). Entretanto, as concentrações de ETR no sistema solar são variáveis por causa das diferentes estabilidades do núcleo atômico. ETR de número atômico par são mais estáveis (e mais abundantes) do que os ETR de número atômico ímpar, resultando num padrão zig-zag em diagrama de composição x abundância. Este padrão de abundância também é encontrado em amostras naturais.

Normalização condritica tem duas funções importantes: (1) elimina as variações entre os elementos de números atômicos pares e ímpares; (2) permite que qualquer fracionamento dos ETR em relação ao condrito seja identificado (Rollinson, 1993). Neste trabalho, os teores de ETR foram normalizados aos valores do condrito de Sun e McDonough (1989).

Mina de Passagem

As análises de ETR em turmalinas realizadas neste trabalho possuem caráter inédito, pois até então só haviam sido realizadas, no Laboratório de Química do Instituto de Geociências da USP, análises de rocha total. Como não existe um material de referência para turmalina, o material utilizado para comparação foi o basalto BR do CRPG (*Centre de Recherches Petrographiques et Geochimiques* – França) por possuir teores mais próximos da primeira análise obtida para a amostra Teste – Teste A (**Tabela 5**). Quase a totalidade dos elementos analisados para o material de referência apresentou valores dentro do limite de confiança esperado.

A amostra Teste – turmalinito maciço, com desenvolvimento de “pente”, com arsenopirita – foi analisada duas vezes (Teste A e Teste B), e os resultados obtidos nas duas análises foram bastante próximos (**Figura 29**), apresentando somente um leve decréscimo na concentração dos ETR leves para o Teste B.

A comparação entre as duas análises da amostra Teste, juntamente com o fato dos valores obtidos do material de referência estarem bastante próximos dos valores esperados, nos diz que o método analítico é bastante confiável.

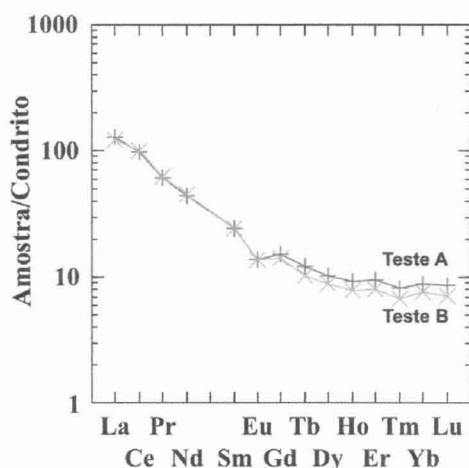


Figura 29: Gráfico de concentração de ETR para a amostra Teste.

A amostra Teste apresenta padrão de ETR semelhante ao das amostras MP-08B e MP-12, que também provém de turmalinito, apresentando enriquecimento superior a 100 vezes em relação ao condrito.

Tabela 5: Valores obtidos e recomendados do material de referência BR.

	BR Obtido (ppm)	BR recomendado (ppm)	Limite de Confiança $\pm$ (ppm)
Rb	46,5	47	3
Sr	1294	1320	51
Y	25,2	30	1,5
Zr	253	260	16
Nb	102	98	6
Cs	0,75	0,8	0,15
Ba	1055	1050	44
La	83,6	82	1,5
Ce	149	151	4
Pr	17	17	0,6
Nd	65,9	65	2
Sm	12,1	12,2	0,3
Eu	3,71	3,7	0,2
Gd	10	9,5	0,6
Tb	1,37	1,25	0,1
Dy	6,44	6,4	0,2
Ho	1,12	1,1	0,13
Er	2,74	2,5	0,1
Tm	0,31	0,3	0,04
Yb	1,82	1,8	0,2
Lu	0,25	0,25	0,03
Hf	5,61	5	2,5
Pb	4,8	5	2,5
Th	10,4	11	1
U	2,48	2,5	0,3

Quando os valores obtidos se aproximam do limite de detecção (ou uma vez a concentração do elemento no condrito) pode-se confundir com anomalias, como no caso da figura abaixo (**Figura 30**), onde as concentrações de Tb e Tm se aproximam do limite de detecção para a amostra MP-01.

As amostras MP-01, MP-08B e MP-16 são de turmalinitos, por isso apresentam um padrão semelhante, com enriquecimento nos elementos terras raras leves (**Figura 30**). A anomalia de Eu é levemente positiva para a amostra MP-01 e levemente negativa para as outras duas amostras.

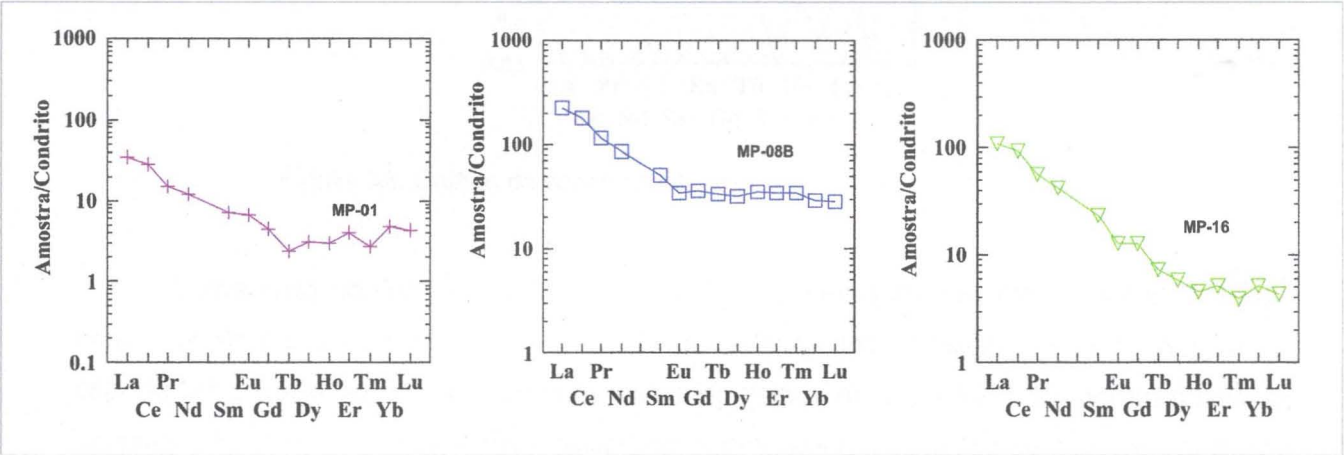


Figura 30: Gráfico de concentração de ETR para as amostras MP-01, MP-08B e MP-16.

As análises da turmalina do pente (MP-12 pente) em relação à do turmalinito (MP-12) apresentaram padrão dez vezes mais enriquecido, com anomalia de Eu levemente negativa. A amostra do pente apresentou concentrações maiores principalmente para os elementos terras raras leves (**Figura 31**).

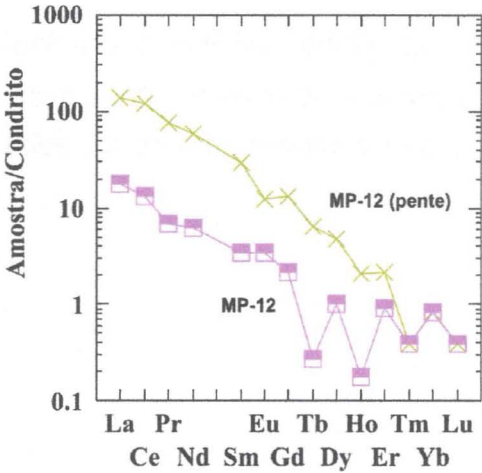


Figura 31: Gráfico de concentração de ETR para as amostras MP-12 pente e MP-12.

A amostra MP-14 – turmalina de veio – apresentou valores muito próximos à concentração do condrito (**Figura 32**) acarretando em anomalias inexistentes de Pr e dos elementos terras raras pesados.

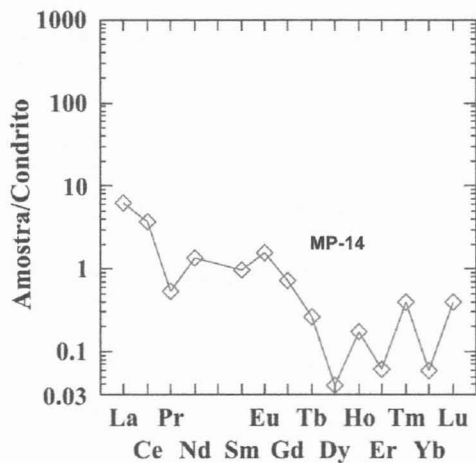


Figura 32: Gráfico de concentração de ETR para a amostra MP-14.

Como visto no item 6.1, a amostra MP-14 apresenta as mesmas características de enriquecimento dos elementos Ti, Mg, Ca, Na e F que as das amostras MP-08B. Seria de se esperar um padrão de ETR semelhante ao obtido para a amostra MP-08B, porém o fato da amostra MP-14 estar intimamente relacionada a grandes quantidades de quartzo por provir de veio influi no resultado, pois o quartzo constitui-se num elemento, que por possuir baixa concentração de ETR em sua composição, acaba por mascarar a concentração real de ETR na amostra.

Nova-Trento Brusque

A amostra P-04 apresentou o mesmo padrão das amostras anteriores para os elementos terras raras leves, com anomalia levemente positiva de Eu. Os elementos terras raras pesados foram prejudicados por estarem próximos à concentração do condrito (**Figura 33**).

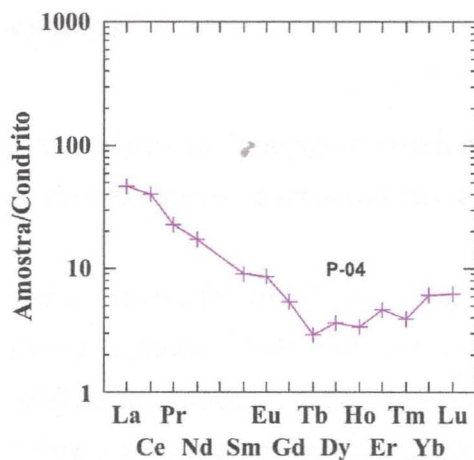


Figura 33: Gráfico de concentração de ETR para a amostra P-04.

Serra do Itaberaba

A amostra T-12, assim como as demais amostras analisadas, apresentou enriquecimento em elementos terras raras leves com leve anomalia negativa de Eu (**Figura 34**).

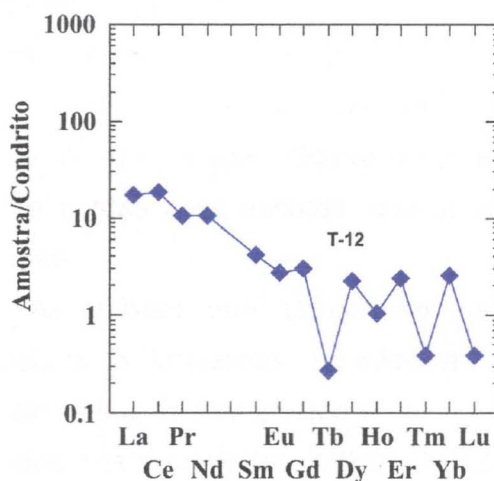


Figura 34: Gráfico de concentração de ETR para a amostra T-12.

Desconsiderando-se as falsas anomalias dos elementos terras raras pesados, o padrão de concentração de ETR da amostra T-12 poderia ser comparado ao da amostra MP-08B, enriquecido aproximadamente dez vezes.

7. Discussões dos Resultados

As amostras de turmalina da Mina de Passagem foram divididas em três grupos, com base em dados de campo e microscópicos: turmalinas de veio, turmalina de turmalinito maciço e “pente” de turmalina.

Os resultados obtidos das amostras de turmalina de veio (MP-14, MGF-1A e MGF-1B) plotados no diagrama de Henry e Guidotti (1985) mostraram uma composição tendendo a dravita, excetuando-se três pontos analisados da amostra MGF-1A (referentes às zonas escuras de cristais zonados) que apresentaram teores maiores de Fe e menores de Mg, tendendo a schorlita.

As zonas mais claras dos cristais de turmalina da amostra MGF-1A são enriquecidas em Mg e Cr do que as zonas mais escuras. Estas, por sua vez, são mais enriquecidas em Fe, Ti e Na_2O (>2%). Para as zonas claras, o teor médio de TiO_2 é 0,59%, ao passo que para as escuras é 1,24%. Este esquema de enriquecimento foi observado apenas nesta amostra, o que pode indicar a participação de fluidos de origem diferente daquela que gerou cristais zonados em outras rochas com turmalina da Mina de Passagem. Uma origem possível para este fluido enriquecido em Fe e Ti seria, por exemplo, os itabiritos da Formação Cauê sobrejacente.

As análises referentes à amostra MGF-1B plotaram no campo de composição tendendo a dravita. Nesta amostra, os cristais zonados apresentam núcleos esverdeados e bordas castanhas. Diferindo da amostra MGF-1A, as variações em Fe (e Ti) são menos marcadas das porções mais claras para as mais escuras. Ocorre um leve enriquecimento em Ca dos núcleos mais claros para as bordas mais escuras, pois a amostra provém de veio de composição quartzo-carbonática.

Na amostra MP-14 as análises que apresentam maiores concentrações de Ti correspondem em sua maioria a turmalinas zonadas e as análises com menores concentrações de Ti, a turmalinas basais sem zoneamento.

As turmalinas analisadas dos turmalinitos (MP-01, MP-8B, MP-11 e MP-16), cujos resultados foram bastante semelhantes, mostraram composição tendendo a dravita.

Este grupo de amostras, independentemente de conterem cristais zonados de turmalina, apresenta teores de TiO_2 concentrados em dois intervalos: 0,1-0,4% e 0,5-0,9%.

A amostra MP-11 destaca-se por estar mineralizada em arsenopirita e ouro e está em contato com veios de quartzo e carbonato. Destaca-se dos demais turmalinitos por conter os mais altos teores médios de Na_2O (2,03%) e MgO (8,06%).

A amostra MP-08B apresenta enriquecimento de Ti nas análises referentes às bordas dos cristais zonados de turmalina, relacionado com a presença de rutilo como mineral traço na rocha. Os núcleos, por sua vez, estão enriquecidos em Al. As bordas são mais enriquecidas em Ca, uma vez que este turmalinito encontra-se em contato com veio de

carbonato, o que indica a interação do turmalinito com fluidos de origem diferente daquela sugerida para a amostra MGF-01A.

A amostra MP-16 possui o segundo mais elevado teor médio de CaO, podendo ser explicado pela presença de vênulas de carbonato na amostra.

As análises obtidas da amostra MP-18 – turmalinito bandado apresentando pente de turmalinas – assim como as anteriores mostraram composição tendendo a dravita tanto para as turmalinas basais quanto para as que compõem o pente (paralelas ao eixo cristalográfico C), o que leva a crer que o pente de turmalinas é resultado da recristalização das turmalinas do turmalinito pré-existente por possuírem praticamente a mesma composição química. Observaram-se enriquecimentos em Ti, Mg, Ca, Na e F, também observados na amostra MP-08B.

As análises referentes às turmalinas do turmalina-quartzo-muscovita xisto (MGF-1D) apresentaram composições tendendo a dravita, assim como os resultados obtidos para os turmalinitos. Os teores médios de FeO (6%), TiO₂ (0,70%) e K₂O (0,03%) são mais elevados nesta rocha do que nos turmalinitos, ao passo que os valores para Al₂O₃ (32,10%) e Cr₂O₃ (0,06%) são mais baixos. O teor elevado de K₂O deve estar relacionado com a alta concentração de muscovita na rocha.

Em todas as amostras analisadas da Mina de Passagem as composições plotaram nos campos composicionais 4 e 5 do diagrama de Henry e Guidotti (1985), indicando predominante relação das turmalinas com rochas metapelíticas e metapsamíticas, e diferem do obtido para os turmalinitos da Formação Morro de Pedra Preta (Beljavskis, 2003 e Beljavskis *et al.*, 2005), de origem mista vulcano-exalativa e sedimentar.

Duas amostras de turmalinitos bandados foram analisadas da região de Nova Trento-Brusque (R-08 e P-08A), ambas mostraram composições de turmalinas tendendo a dravita e indicando relação das mesmas com rochas metapelíticas e metapsamíticas.

Em relação aos turmalinitos da formação Morro da Pedra Preta, todas as composições situaram-se próximas dos turmalinitos intermediários, representados pela amostra T-12 (Beljavskis *et al.*, 2005, tab. 1).

Foram analisados por ICP-MS os elementos terras raras (ETR) além de Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, Hf, Pb, Th e U.

Valores próximos ao limite de detecção, pouco material e amostras relacionadas com alto teor de quartzo resultaram em falsas anomalias que não foram interpretadas por mascarar a real concentração do elemento na amostra.

As amostras MP-01, MP-08B e MP-16, do grupo dos turmalinitos, apresentaram um padrão semelhante, com enriquecimento nos elementos terras raras leves. A anomalia de Eu é levemente positiva para a amostra MP-01 e levemente negativa para as outras duas amostras.

As análises da turmalina do pente (MP-12 pente) em relação à do turmalinito (MP-12) apresentaram padrão dez vezes mais enriquecido, com anomalia de Eu levemente positiva. A amostra do pente apresentou concentrações maiores principalmente para os elementos terras raras leves.

A amostra MP-14 – turmalina de veio – apresentou valores muito próximos à concentração do condrito acarretando em anomalias inexistentes de Pr e dos elementos terras raras pesados.

A amostra MP-14 apresenta as mesmas características de enriquecimento dos elementos Ti, Mg, Ca, Na e F que as das amostras MP-08B. Seria de se esperar um padrão de ETR semelhante ao obtido para a amostra MP-08B, porém o fato da amostra MP-14 estar intimamente relacionada a grandes quantidades de quartzo por provir de veio influi no resultado, pois o quartzo constitui-se num elemento de diluição, que por possuir baixa concentração de ETR em sua composição, acaba por mascarar a concentração real de ETR na amostra.

A amostra P-04 da região de Nova Trento-Brusque apresentou o mesmo padrão das amostras anteriores para os elementos terras raras leves, com anomalia levemente positiva de Eu. Os elementos terras raras pesados foram prejudicados por estarem próximos à concentração do condrito.

A amostra T-12 da região da Serra do Itaberaba, que define o campo dos turmalinitos intermediários (Beljavskis *et al.*, 2005), assim como as demais amostras analisadas, apresentou enriquecimento em elementos terras raras leves com leve anomalia negativa de Eu.

Desconsiderando-se as falsas anomalias dos elementos terras raras pesados, o padrão de concentração de ETR da amostra T-12 poderia ser comparado ao da amostra MP-08B, enriquecido aproximadamente dez vezes.

8. Conclusões

As turmalinas estudadas da Mina de Passagem carregam em sua composição características das rochas hospedeiras, como pode ser observado nas amostras MGF-01 e MP-08B, onde a primeira apresenta enriquecimento em Fe devido à proximidade ao itabirito Cauê e a segunda apresenta enriquecimento em Ca nas bordas por estar em contato com veio de carbonato.

Tanto as amostras da Mina de Passagem como as da região de Nova Trento-Brusque tiveram suas composições plotadas nos campos 4 e 5 do diagrama de Henry e Guidotti (1985) indicando predominante relação das turmalinas com rochas metapelíticas e

metapsamíticas o que coincide com a realidade, pois estas litologias consistem nas rochas hospedeiras dessas ocorrências de turmalinitos, no caso de Passagem com os xistos da Formação Batatal e no caso de Brusque os metapelitos do Complexo Metamórfico Brusque.

Pode-se concluir que os turmalinitos da Mina de Passagem assim como os da região de Nova Trento-Brusque, tiveram origem sedimentar modificada por eventos posteriores, inclusive os mineralizantes em Au, ao contrário dos turmalinitos da região da Serra do Itaberaba que possuem origem mista vulcano-exalativa e sedimentar.

Os métodos analíticos utilizados neste trabalho, microsonda eletrônica e ICP-MS, mostraram-se bastante precisos, embasando as conclusões deste trabalho. Problemas poderão ser facilmente sanados em trabalhos futuros devido ao ótimo controle mostrado por estes métodos.

10 – Referências Bibliográficas

- Barbosa, A. L. M., Grossi Saad, J. H., Dorr, J. V. N. 1974. Discussions: "The 'consanguineous' origin of a tourmaline-bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil)". *Economic Geology* 69:416-419.
- Basei, M.A.S.; Siga Jr., O.; Santos, P.R. 2005. Neoproterozoic Terranes of Southern Brazil (Major tectonic domains of the Dom Feliciano Belt, SC). 12th International Gondwana Symposium, Mendoza-Argentina, 27p.
- Beljavskis, P. 2003. Caracterização das mineralizações e os ambientes deposicionais dos sulfetos, turmalinas e ouro no contexto da Formação Morro da Pedra Preta do Grupo Serra do Itaberaba, SP. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. Tese de Doutorado. 158 p.
- Beljavskis, P., Garda, G. M., Mansueto, M. de S., Silva, D. 2005. Turmalinitos vulcanogênicos da Formação Morro da Pedra Preta do Grupo Serra do Itaberaba (SP): Petrografia, composição química da turmalina e implicações metalogenéticas. *Revista do Instituto de Geociências – USP*. São Paulo. v.5. n.1.p-1-18.
- Cavalcanti, J.A.D. 2003. Origem dos turmalinitos auríferos da região sudeste do Quadrilátero Ferrífero-MG: evidências de campo, petrografia, química mineral e dados isotópicos de Nd e Sr. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado. 192p.
- Dorr, J.V.N. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil. *Geol. Surv. Prof. Paper* 641 – A, 110p.
- Duarte, B.P. 1991. Contribuição ao estudo da geologia do corpo de minério Fundão do Depósito de Passagem, Mariana, MG. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. 175p.
- Fleischer, R. & Routhier, P. 1973. The "consanguineous" origin of a tourmaline-bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil) *Economic Geology* 68:11-22.
- Fonseca-Zang, W.A.; Zang, J.W.; Hofmeister, W. 2002. Characterization of ferric iron tourmaline from Germany. 54a. Reunião Anual da SBPC, Goiânia, 2002. http://www.quimica-industrial.com/ferric_iron_tourmaline.html.
- Henry, D.J.; Guidotti, C.V. 1985. Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. *American Mineralogist*, 70: 1-15.
- Juliani, C. 1993. Geologia e evolução geológico-estrutural preliminar do Grupo Serra do Itaberaba e Grupo São Roque na região das Serras do Itaberaba e Pedra Branca NE da cidade de São Paulo, SP. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2v., 803p.
- Juliani, C. e Beljavskis, P. 1995. Revisão da litoestratigrafia da faixa São Roque/Serra do Itaberaba (SP). *Revista do Instituto de Geociências, USP*. 16(1/2), 33-58.
- Juliani, C., Hackspacher, P., Dantas, E. L., Feiter, A. H. 2000. The Mesoproterozoic volcanic-sedimentary Serra do Itaberaba Group of the central Ribeira Belt, São Paulo State, Brazil: implication for the age of overlying São Roque Group. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1): 82-86.
- Juliani, C. Pérez-Aguilar, A. Martin, M.A.B. 1997. Geotermo-barometria e evolução metamórfica P-T-t do Grupo Serra do Itaberaba (SP). In: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 69:441-442.
- Juliani, C., Beljavskis, P., Schorscher, J. H. D. 1986. Petrogenese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na região do Grupo São Roque – SP. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 34, Goiânia, SBG, Anais..., Goiânia, SBG, v.2, p.730-745.
- Navarro, M. S. 2004. A implantação de rotina, e seu refinamento, para a determinação de elementos terras raras em materiais geológicos por ICP-OES e ICP-MS : aplicação ao caso

- dos granitóides de Piedade-Ibiúna (SP) e Cunhaporanga (PR). Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. Dissertação (Mestrado). 132 p.
- Oliveira, F.R.; Schrank, A.; Xavier, R.P.; Endo, I. 1996. A mina de ouro de Passagem de Mariana: uma revisão. *Revista da Escola de Minas*, 49(1):38-43.
- Pires, F. R. M. 1983. Greenstones as a part of the Minas Supergroup in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*. 13(2): 106-112.
- Plimer, I.R. 1983. The association of tourmaline-bearing rocks with mineralization at Broken Hill, N.S.W. *Proceedings of the Annual Australian Institution of Mining and Metallurgy Conference*, p. 157-176.
- Plimer, I.R. 1986. Tourmalinites from the Golden Dyke Dome, Northern Australia. *Mineral Deposita* v. 21, p. 263-270.
- Plimer, I.R. 1987. The association of tourmaline with stratiform scheelite deposits. *Mineral Deposita* v. 22, p. 282-291.
- Plimer, I.R. 1988. Tourmalines associated with Australian Proterozoic Submarine exhalative ores. In: Friedrich, G. H.; Herzig, P. M. *Base metal sulfide deposits in sedimentary and volcanic environments*. Berlin: Springer-Verlag, p. 255-283.
- Richard, L. 1993. MINPET: Mineralogical and petrological data processing system, version 2.02. Quebec, software.
- Rollinson, H. R. 1993. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Group UK Limited, England. 352 p.
- Slack, J.F. 1982. Tourmaline in Appalachian-Caledonian massive sulphide deposits and its exploration significance. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy* v. 91, p. B81-B89.
- Slack, J.F. 1996. Tourmaline associations with hydrothermal ore deposits. In: Grew, E.S. & Anovitz, L.M. (Eds.) *Boron: mineralogy, petrology and geochemistry*. MSA Reviews in Mineralogy v. 33, p. 559-643.
- Slack, J.F.; Herriman, N.; Barnes, R.G.; Plimer, I.R. 1984. Stratiform tourmalines in metamorphic terranes and their geologic significance. *Geology* 12:713-716.
- Sun, S. & McDonough, W. F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D. Saunders & M. J. Norry (eds.) *Magnetism in the Ocean Basins*, Spec. Publ. Vol. Geol. Soc. Lond., n. 42. p.313-345.
- Taylor, B.E. & Slack, J.F. 1984. Tourmalines from the Appalachian-Caledonian massive sulfide deposits: textural, chemical, an isotopic relationships. *Economic Geology* 79:1703-1726.
- Vial, D.S. 1988. Mina de Ouro de Passagem de Mariana, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C.E.S. (Eds.) *Principais Depósitos Minerais do Brasil*. DNPM, Brasília, 3:421-430.
- Willner, A.P. 1992. Tourmalines from the stratiform peraluminous metamorphic suite of the Central Namaqua Mobile Belt (South Africa). *Mineral Deposita* 27:304-313.

ANEXOS

ANEXO I

(Tabelas de composição química (% em peso) obtidas por microsonda eletrônica. Íons calculados na base de 31 átomos de oxigênio e 3 átomos de boro. $Mg\# = Mg/Mg + Fe_{total}$)

Passagem de Mariana (MG)

MGF-01A (Parte I)

Amostra	MGF1A-d4	MGF1A-d2	MGF1A-6	MGF1A-d5	MGF1A-9B	MGF1A-4	MGF1A-7D	MGF1A-9A	MGF1A-7C	MGF1A-1	MGF1A-7A	MGF1A-5B
SiO2	35,40	35,97	36,66	35,99	36,42	36,25	35,87	35,15	36,67	36,77	36,66	36,59
TiO2	0,69	0,76	0,51	0,67	0,75	1,06	1,10	1,30	0,69	0,57	0,23	0,66
Al2O3	31,47	32,43	33,03	32,22	31,98	31,18	30,75	29,89	32,45	32,95	33,16	31,88
Cr2O3	0,33	0,30	0,27	0,24	0,36	0,15	0,08	0,06	0,39	0,18	0,43	0,30
FeO	5,37	5,33	5,13	5,43	5,86	7,81	11,77	14,66	5,39	5,75	5,11	5,10
MnO	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
MgO	7,28	7,16	7,65	7,11	7,56	6,69	4,37	2,77	7,44	7,11	7,35	7,79
CaO	0,99	1,04	0,96	1,06	1,16	0,65	0,48	0,73	1,09	1,04	0,54	1,10
Na2O	1,78	1,73	1,91	1,71	1,88	2,30	2,12	2,06	1,80	1,53	1,60	1,89
K2O	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,07	0,08	0,01	0,01	0,01	0,00
F	0,34	0,07	0,17	0,16	0,13	0,15	0,28	0,08	0,04	0,08	0,15	0,18
Total	83,67	84,81	86,28	84,61	86,13	86,28	86,92	86,77	86,00	86,00	85,25	85,49
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,882	5,900	5,912	5,916	5,923	5,946	5,947	5,953	5,953	5,959	5,961	5,962
Al _{total}	6,164	6,272	6,281	6,244	6,133	6,030	6,010	5,967	6,209	6,295	6,356	6,123
Fe _{total}	0,746	0,731	0,692	0,746	0,797	1,071	1,631	2,076	0,731	0,780	0,695	0,695
SiT	5,882	5,900	5,912	5,916	5,923	5,946	5,947	5,953	5,953	5,959	5,961	5,962
AlT	0,118	0,100	0,088	0,084	0,077	0,054	0,053	0,047	0,047	0,041	0,039	0,038
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,975	5,957	5,920	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,047	0,173	0,193	0,160	0,056	0,000	0,000	0,000	0,163	0,254	0,317	0,085
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,086	0,093	0,062	0,083	0,092	0,131	0,138	0,165	0,085	0,070	0,029	0,081
Cr	0,044	0,038	0,034	0,032	0,046	0,019	0,010	0,007	0,050	0,022	0,056	0,038
Mg	1,802	1,751	1,839	1,740	1,833	1,635	1,079	0,698	1,800	1,717	1,780	1,892
Fe2	0,746	0,731	0,692	0,746	0,797	1,047	1,588	1,996	0,731	0,780	0,695	0,695
Fe3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,043	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,005	0,006	0,001	0,003	0,003	0,000	0,000
Y _{total}	2,726	2,790	2,820	2,762	2,823	2,861	2,864	2,947	2,832	2,846	2,877	2,791
Ca	0,177	0,183	0,165	0,187	0,202	0,114	0,085	0,132	0,190	0,180	0,095	0,192
Na	0,572	0,550	0,596	0,544	0,593	0,730	0,682	0,675	0,567	0,481	0,505	0,596
K	0,005	0,002	0,001	0,002	0,005	0,005	0,015	0,017	0,003	0,001	0,002	0,000
Total Cations	15,480	15,524	15,582	15,495	15,623	15,685	15,602	15,691	15,592	15,507	15,478	15,579
Mg#	0,707	0,706	0,727	0,700	0,697	0,604	0,398	0,252	0,711	0,688	0,719	0,731

MGF-01A (Parte I)

MGF-01A (Parte II)

Amostra	MGF1A-7B	MGF1A-d1	MGF1A-2	MGF1A-3	MGF1A-d3	MGF1A-5A	MGF1A-8
SiO ₂	35,81	36,69	36,92	37,15	36,50	36,37	37,70
TiO ₂	1,31	0,19	0,57	0,25	0,21	1,42	0,29
Al ₂ O ₃	30,55	33,16	32,51	33,23	32,83	30,09	34,10
Cr ₂ O ₃	0,10	0,25	0,12	0,26	0,19	0,03	0,12
FeO	13,06	5,34	5,61	5,08	5,47	7,95	4,66
MnO	0,02	0,00	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01
MgO	3,49	6,97	7,42	7,63	6,97	6,83	7,33
CaO	0,66	0,53	0,83	0,25	0,51	0,80	0,19
Na ₂ O	2,05	1,59	1,70	1,95	1,52	2,14	1,45
K ₂ O	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01
F	0,15	0,11	0,11	0,00	0,03	0,00	0,09
Total	87,28	84,83	85,82	85,85	84,26	85,68	85,94
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,964	5,987	5,990	6,004	6,005	6,023	6,036
Al _{total}	5,998	6,379	6,218	6,331	6,368	5,876	6,436
Fe _{total}	1,819	0,728	0,761	0,687	0,752	1,101	0,624
SiT	5,964	5,987	5,990	6,000	6,000	6,000	6,000
AlT	0,036	0,013	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
AlZ	5,963	6,000	6,000	6,000	6,000	5,876	6,000
AlY	0,000	0,366	0,208	0,331	0,368	0,000	0,436
SiY	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,023	0,036
Ti	0,164	0,023	0,070	0,031	0,025	0,177	0,035
Cr	0,013	0,032	0,016	0,033	0,025	0,004	0,016
Mg	0,867	1,696	1,793	1,837	1,709	1,686	1,748
Fe ₂	1,782	0,728	0,761	0,687	0,752	0,977	0,624
Fe ₃	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,124	0,000
Mn	0,003	0,001	0,002	0,005	0,004	0,001	0,001
Y _{total}	2,865	2,846	2,850	2,928	2,889	2,992	2,896
Ca	0,118	0,092	0,144	0,044	0,090	0,142	0,033
Na	0,663	0,503	0,534	0,609	0,486	0,687	0,450
K	0,014	0,001	0,004	0,000	0,000	0,008	0,001
Total Cations	15,623	15,442	15,532	15,581	15,465	15,705	15,380
Mg#	0,323	0,700	0,702	0,728	0,694	0,605	0,737

MGF-01A (Parte II)

MGF-01B

Amostra	MGF1B-4b	MGF1B-5	MGF1B-2	MGF1B-6	MGF1B-1	MGF1B-7	MGF1B-3b	MGF1B-3a	MGF1B-4a
SiO ₂	35,97	35,69	36,50	36,54	36,73	36,52	36,84	36,75	36,51
TiO ₂	0,56	0,46	0,22	0,57	0,14	0,34	0,80	0,10	0,56
Al ₂ O ₃	33,24	32,23	34,06	31,77	33,71	33,02	31,90	33,32	32,03
Cr ₂ O ₃	0,10	0,28	0,13	0,44	0,19	0,20	0,06	0,21	0,27
FeO	5,27	5,32	5,21	5,50	5,40	5,42	4,68	5,34	5,35
MnO	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
MgO	7,32	7,12	6,90	7,65	7,07	6,90	8,29	6,79	6,91
CaO	1,15	0,74	0,53	1,44	0,55	0,53	1,10	0,50	1,00
Na ₂ O	1,68	1,62	1,47	1,67	1,44	1,56	1,67	1,35	1,56
K ₂ O	0,01	0,03	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,02	0,02
F	0,00	0,14	0,00	0,00	0,06	0,05	0,11	0,02	0,00
Total	85,29	83,65	85,01	85,64	85,31	84,56	85,44	84,40	84,21
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,880	5,919	5,948	5,951	5,969	5,979	5,986	6,029	6,037
Al _{total}	6,406	6,301	6,543	6,098	6,458	6,373	6,111	6,444	6,242
Fe _{total}	0,720	0,738	0,711	0,749	0,734	0,742	0,636	0,733	0,739
SiT	5,880	5,919	5,948	5,951	5,969	5,979	5,986	6,000	6,000
AlT	0,120	0,081	0,052	0,049	0,031	0,021	0,014	0,000	0,000
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,286	0,220	0,491	0,049	0,427	0,352	0,097	0,444	0,242
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,037
Ti	0,068	0,057	0,026	0,069	0,017	0,042	0,098	0,012	0,070
Cr	0,013	0,036	0,016	0,057	0,024	0,026	0,008	0,027	0,035
Mg	1,783	1,760	1,676	1,856	1,711	1,684	2,007	1,660	1,703
Fe ₂	0,720	0,738	0,711	0,749	0,734	0,742	0,636	0,733	0,739
Fe ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001
Y _{total}	2,870	2,815	2,920	2,785	2,914	2,847	2,845	2,905	2,826
Ca	0,201	0,131	0,092	0,251	0,096	0,092	0,192	0,087	0,177
Na	0,532	0,522	0,464	0,528	0,455	0,495	0,527	0,431	0,499
K	0,002	0,006	0,000	0,006	0,005	0,003	0,000	0,005	0,004
Total Cations	15,605	15,473	15,476	15,570	15,470	15,436	15,565	15,428	15,506
Mg#	0,712	0,705	0,702	0,712	0,700	0,694	0,759	0,694	0,697

MGF-01B

MGF-01D

Amostra	MGF1d-1	MGF1d-2	MGF1d-3	MGF1d-4	MGF1d-5	MGF1d-6	MGF1d-7	MGF1d-8	MGF1d-9	MGF1d-10	MGF1d-11	MGF1d-12	MGF1d-13	MGF1d-14	MGF1d-15
SiO ₂	36,64	36,07	35,77	36,39	36,75	36,84	36,26	36,39	36,63	36,80	36,45	36,95	36,61	36,22	36,73
TiO ₂	0,67	0,79	0,69	0,65	0,70	0,70	0,65	0,70	0,75	0,64	0,65	0,67	0,75	0,76	0,79
Al ₂ O ₃	32,11	32,07	32,01	32,28	31,98	31,94	32,13	31,65	31,70	31,97	33,09	32,04	32,63	31,93	31,96
Cr ₂ O ₃	0,04	0,06	0,05	0,05	0,09	0,07	0,05	0,00	0,00	0,12	0,07	0,07	0,10	0,06	0,11
FeO	6,40	5,48	5,95	5,85	5,55	6,21	5,71	6,06	5,59	6,63	5,89	5,76	5,88	6,24	6,74
MnO	0,00	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,03
MgO	7,71	8,05	7,75	7,67	8,13	7,58	7,65	7,79	7,80	7,65	7,47	7,87	7,53	7,60	7,75
CaO	0,65	0,74	1,05	0,61	0,86	0,67	0,62	0,69	0,72	0,63	1,04	0,87	0,68	0,65	0,55
Na ₂ O	1,99	1,98	1,77	2,04	1,87	1,91	2,05	1,94	2,05	1,99	1,72	1,79	2,04	2,05	2,11
K ₂ O	0,04	0,05	0,01	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,01	0,05	0,02	0,00	0,01	0,01	0,05
F	0,25	0,12	0,20	0,08	0,25	0,07	0,25	0,05	0,21	0,10	0,02	0,20	0,15	0,13	0,06
Total	86,48	85,46	85,26	85,68	86,20	86,05	85,42	85,31	85,48	86,57	86,41	86,26	86,38	85,67	86,88
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,930	5,896	5,871	5,938	5,942	5,992	5,920	5,971	5,975	5,965	5,897	5,974	5,920	5,925	5,944
Al _{total}	6,126	6,180	6,194	6,210	6,096	6,125	6,186	6,122	6,096	6,108	6,312	6,106	6,221	6,158	6,097
Fe _{total}	0,866	0,748	0,817	0,798	0,751	0,845	0,780	0,831	0,762	0,899	0,797	0,779	0,796	0,853	0,912
SiT	5,930	5,896	5,871	5,938	5,942	5,992	5,920	5,971	5,975	5,965	5,897	5,974	5,920	5,925	5,944
AlT	0,070	0,104	0,129	0,062	0,058	0,008	0,080	0,029	0,025	0,035	0,103	0,026	0,080	0,075	0,056
AlZ	6,000	6,077	6,065	6,147	6,037	6,117	6,106	6,093	6,071	6,073	6,209	6,081	6,141	6,083	6,041
AlY	0,056	0,077	0,065	0,147	0,037	0,117	0,106	0,093	0,071	0,073	0,209	0,081	0,141	0,083	0,041
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,081	0,097	0,085	0,080	0,085	0,086	0,080	0,086	0,092	0,078	0,079	0,082	0,092	0,094	0,096
Cr	0,005	0,007	0,006	0,006	0,012	0,008	0,006	0,000	0,000	0,015	0,008	0,009	0,013	0,007	0,013
Mg	1,859	1,962	1,895	1,865	1,960	1,838	1,862	1,904	1,896	1,849	1,802	1,895	1,814	1,852	1,870
Fe ₂	0,866	0,748	0,817	0,798	0,751	0,845	0,780	0,831	0,762	0,899	0,797	0,779	0,796	0,853	0,912
Fe ₃	0,000	0,000	0,000	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	0,006	0,003	0,002	0,000	0,000	0,004	0,000	0,003	0,000	0,000	0,006	0,000	0,005	0,004
Y _{total}	2,867	2,899	2,871	2,898	2,844	2,894	2,838	2,915	2,825	2,914	2,896	2,852	2,856	2,894	2,936
Ca	0,112	0,130	0,185	0,107	0,148	0,117	0,108	0,121	0,126	0,109	0,181	0,150	0,118	0,114	0,096
Na	0,624	0,628	0,562	0,644	0,586	0,603	0,650	0,618	0,647	0,624	0,540	0,560	0,641	0,650	0,662
K	0,008	0,010	0,003	0,008	0,006	0,011	0,005	0,009	0,003	0,010	0,005	0,000	0,002	0,003	0,011
Total Cations	15,610	15,744	15,686	15,806	15,621	15,741	15,708	15,756	15,672	15,730	15,830	15,643	15,758	15,744	15,746

Mg#	0,682	0,724	0,699	0,700	0,723	0,685	0,705	0,696	0,713	0,673	0,693	0,709	0,695	0,685	0,672
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

MGF-01D

MP-01

Amostra	MP01-1	MP01-2	MP01-3	MP01-4	MP01-5	MP01-6	MP01-7	MP01-8	MP01-9	MP01-10	MP01-11	MP01-12	MP01-14	MP01-15
SiO2	37,21	36,56	36,82	36,64	37,00	36,74	36,32	36,16	36,71	36,69	36,89	36,42	36,89	36,70
TiO2	0,21	0,78	0,69	0,60	0,28	0,71	0,36	0,78	0,40	0,42	0,35	0,57	0,66	0,64
Al2O3	33,86	32,28	32,12	32,19	33,42	32,33	33,00	31,41	32,21	32,75	33,04	32,97	32,18	32,12
Cr2O3	0,05	0,07	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,11	0,07	0,04	0,03	0,00	0,02
FeO	5,46	5,40	5,85	5,37	7,06	6,12	5,91	5,92	4,46	6,24	6,12	5,71	6,45	6,67
MnO	0,02	0,05	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02
MgO	7,15	7,49	7,72	8,07	6,61	7,56	7,03	7,58	8,56	7,26	6,73	7,39	7,65	7,80
CaO	0,30	0,62	0,62	0,63	0,25	0,55	0,44	0,65	0,54	0,45	0,24	0,58	0,88	0,76
Na2O	1,75	2,03	2,14	2,12	1,58	2,01	1,76	2,04	1,80	1,89	1,81	1,87	1,91	1,75
K2O	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01
F	0,09	0,12	0,17	0,15	0,10	0,20	0,23	0,22	0,33	0,22	0,17	0,10	0,10	0,59
Total	86,11	85,42	86,20	85,79	86,34	86,38	85,10	84,83	85,14	86,01	85,42	85,66	86,72	87,08
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,989	5,964	5,965	5,951	5,987	5,944	5,936	5,956	5,957	5,950	6,006	5,926	5,962	5,885
Al _{total}	6,425	6,208	6,136	6,162	6,376	6,166	6,358	6,100	6,163	6,261	6,340	6,323	6,132	6,073
Fe _{total}	0,735	0,737	0,793	0,730	0,955	0,827	0,807	0,815	0,605	0,846	0,833	0,777	0,871	0,894
SiT	5,989	5,964	5,965	5,951	5,987	5,944	5,936	5,956	5,957	5,950	6,000	5,926	5,962	5,885
AlT	0,011	0,036	0,035	0,049	0,013	0,056	0,064	0,044	0,043	0,050	0,000	0,074	0,038	0,115
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,958
AlY	0,414	0,172	0,101	0,113	0,362	0,110	0,294	0,056	0,120	0,211	0,340	0,249	0,094	0,000
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
Ti	0,025	0,095	0,084	0,073	0,034	0,086	0,044	0,097	0,049	0,051	0,043	0,070	0,080	0,078
Cr	0,006	0,009	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,006	0,013	0,008	0,006	0,003	0,000	0,003
Mg	1,714	1,820	1,864	1,952	1,594	1,822	1,713	1,862	2,069	1,755	1,633	1,793	1,842	1,863
Fe2	0,735	0,737	0,793	0,730	0,955	0,827	0,807	0,815	0,605	0,846	0,833	0,777	0,871	0,853
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	0,042
Mn	0,002	0,007	0,007	0,000	0,000	0,014	0,000	0,002	0,000	0,002	0,003	0,001	0,000	0,002
Y _{total}	2,897	2,839	2,851	2,871	2,949	2,866	2,863	2,838	2,857	2,874	2,863	2,893	2,888	2,840
Ca	0,052	0,109	0,107	0,110	0,042	0,096	0,077	0,115	0,094	0,079	0,043	0,102	0,152	0,131
Na	0,545	0,641	0,672	0,668	0,494	0,631	0,558	0,650	0,567	0,595	0,572	0,589	0,598	0,544
K	0,005	0,004	0,003	0,000	0,006	0,005	0,002	0,002	0,007	0,005	0,000	0,003	0,002	0,002
Total Cation	15,499	15,594	15,632	15,649	15,491	15,597	15,501	15,605	15,525	15,552	15,478	15,586	15,640	15,476
Mg#	0,700	0,712	0,702	0,728	0,625	0,688	0,680	0,696	0,774	0,675	0,662	0,698	0,679	0,676

MP-01

MP-08B

Amostra	MP8B-1	MP8B-2	MP8B-3nv	MP8B-3bm	MP8B-4nv	MP8B-4bm	MP8B-5nv	MP8B-5bm	MP8B-6nv	MP8B-6bm	MP8B-7nv	MP8B-7bm	MP8B-8nv	MP8B-8bm	MP8B-9nv	MP8B9-bm	MP8B-10
SiO ₂	36,49	36,65	36,76	36,84	36,68	36,41	36,87	36,65	36,89	36,72	36,85	36,05	37,16	36,93	36,60	36,61	36,12
TiO ₂	0,87	0,28	0,28	0,59	0,17	0,59	0,21	0,71	0,17	0,66	0,32	0,60	0,19	0,37	0,10	0,66	0,75
Al ₂ O ₃	32,24	33,64	34,01	33,51	34,00	33,42	34,26	33,19	33,10	32,48	34,01	32,87	33,84	33,56	33,42	33,41	33,24
Cr ₂ O ₃	0,10	0,13	0,18	0,17	0,19	0,12	0,22	0,22	0,47	0,66	0,20	0,26	0,16	0,22	0,12	0,05	0,30
FeO	5,94	5,95	6,04	5,64	5,95	5,53	6,48	5,59	4,99	4,97	5,92	5,84	5,99	6,20	5,87	6,20	5,75
MnO	0,02	0,01	0,02	0,01	0,06	0,04	0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,04
MgO	7,86	7,01	6,80	7,42	7,08	7,38	6,97	7,27	7,46	7,66	6,98	7,06	7,04	6,94	7,10	7,36	7,40
CaO	1,44	0,67	0,59	0,94	0,50	0,90	0,57	0,96	0,50	1,02	0,48	0,83	0,47	0,69	0,47	1,07	0,98
Na ₂ O	1,76	1,65	1,60	1,69	1,49	1,70	1,55	1,74	1,66	1,69	1,64	1,69	1,59	1,63	1,56	1,75	1,76
K ₂ O	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,01	0,02	0,01	0,04
F	0,11	0,08	0,06	0,14	0,11	0,04	0,02	0,14	0,05	0,00	0,03	0,02	0,12	0,11	0,02	0,12	0,12
Total	86,86	86,09	86,37	86,92	86,23	86,13	87,16	86,47	85,34	85,88	86,46	85,25	86,57	86,65	85,27	87,24	86,50
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,892	5,930	5,929	5,904	5,916	5,893	5,908	5,908	5,996	5,957	5,933	5,910	5,965	5,944	5,972	5,873	5,839
Al _{total}	6,137	6,418	6,467	6,331	6,466	6,377	6,473	6,307	6,342	6,213	6,457	6,353	6,404	6,367	6,429	6,318	6,333
Fe _{total}	0,803	0,805	0,815	0,756	0,803	0,748	0,868	0,754	0,678	0,674	0,797	0,800	0,804	0,835	0,801	0,832	0,778
SiT	5,892	5,930	5,929	5,904	5,916	5,893	5,908	5,908	5,996	5,957	5,933	5,910	5,965	5,944	5,972	5,873	5,839
AlT	0,108	0,070	0,071	0,096	0,084	0,107	0,092	0,092	0,004	0,043	0,067	0,090	0,035	0,056	0,028	0,127	0,161
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,029	0,348	0,396	0,235	0,382	0,270	0,381	0,215	0,338	0,171	0,390	0,263	0,370	0,311	0,401	0,191	0,172
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,105	0,034	0,034	0,071	0,021	0,071	0,025	0,086	0,021	0,080	0,038	0,073	0,023	0,045	0,012	0,079	0,091
Cr	0,013	0,017	0,023	0,021	0,024	0,015	0,028	0,028	0,060	0,084	0,025	0,034	0,020	0,027	0,015	0,006	0,039
Mg	1,892	1,690	1,635	1,771	1,702	1,781	1,664	1,746	1,807	1,851	1,675	1,725	1,683	1,663	1,725	1,759	1,783
Fe ₂	0,803	0,805	0,815	0,756	0,803	0,748	0,868	0,754	0,678	0,674	0,797	0,800	0,804	0,835	0,801	0,832	0,778
Fe ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	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	0,002	0,002	0,003	0,001	0,008	0,005	0,001	0,000	0,006	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,005
Y _{total}	2,845	2,897	2,905	2,854	2,939	2,891	2,967	2,828	2,909	2,862	2,926	2,897	2,903	2,883	2,954	2,869	2,868
Ca	0,250	0,116	0,101	0,161	0,087	0,157	0,097	0,165	0,087	0,178	0,082	0,146	0,081	0,120	0,082	0,184	0,170
Na	0,552	0,519	0,502	0,525	0,467	0,532	0,481	0,543	0,524	0,532	0,512	0,536	0,495	0,507	0,492	0,544	0,553
K	0,005	0,003	0,006	0,000	0,000	0,002	0,004	0,004	0,002	0,003	0,007	0,005	0,000	0,001	0,005	0,002	0,007
Total Cati	15,651	15,534	15,515	15,540	15,493	15,581	15,549	15,540	15,523	15,576	15,527	15,585	15,480	15,511	15,533	15,599	15,597
Mg#	0,702	0,677	0,667	0,701	0,679	0,704	0,657	0,698	0,727	0,733	0,678	0,683	0,677	0,666	0,683	0,679	0,696

MP-08B

MP-11

Amostra	MP11-1	MP11-2	MP11-3	MP11-4	MP11-5	MP11-6	MP11-7	MP11-8	MP11-9	MP11-10	MP11-11	MP11-12n	MP11-12be	MP11-13	MP11-16	MP11-17	MP11-18
SiO ₂	37,36	37,08	36,79	36,75	37,65	36,70	36,73	36,53	37,05	37,46	36,92	37,15	37,42	36,76	36,44	37,22	36,57
TiO ₂	0,54	0,28	0,57	0,66	0,36	0,80	0,69	0,60	0,54	0,24	0,32	0,29	0,28	0,71	0,65	0,20	0,70
Al ₂ O ₃	32,81	32,94	31,91	32,48	33,23	31,84	31,96	31,47	32,34	33,69	33,44	32,93	33,18	32,81	32,32	33,62	32,26
Cr ₂ O ₃	0,00	0,06	0,03	0,07	0,06	0,04	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,03	0,01	0,08
FeO	5,35	5,14	5,69	5,11	5,06	5,96	5,60	5,84	5,30	5,84	5,80	5,48	5,17	5,39	5,79	5,16	5,73
MnO	0,02	0,00	0,03	0,02	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,04	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,00
MgO	8,32	7,88	8,69	8,18	7,86	8,04	8,20	7,99	8,75	7,44	7,78	7,99	7,77	8,03	8,20	7,91	8,04
CaO	0,60	0,31	0,88	0,60	0,27	0,74	0,66	0,58	0,69	0,23	0,25	0,37	0,30	0,64	0,57	0,27	0,91
Na ₂ O	2,21	2,05	1,97	2,07	1,95	2,04	2,13	2,03	1,97	1,91	1,98	1,98	1,93	2,13	2,30	2,02	1,85
K ₂ O	0,03	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03
F	0,10	0,14	0,39	0,08	0,19	0,23	0,05	0,20	0,03	0,32	0,19	0,03	0,04	0,12	0,13	0,14	0,27
Total	87,34	85,90	86,99	86,04	86,67	86,40	86,09	85,31	86,72	87,18	86,75	86,28	86,12	86,67	86,46	86,57	86,43
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,960	5,987	5,900	5,947	6,012	5,938	5,961	5,978	5,958	5,960	5,921	5,991	6,024	5,913	5,897	5,959	5,903
Al _{total}	6,170	6,272	6,034	6,196	6,256	6,074	6,115	6,071	6,130	6,319	6,323	6,261	6,297	6,222	6,166	6,346	6,139
Fe _{total}	0,714	0,694	0,763	0,692	0,676	0,806	0,760	0,800	0,713	0,777	0,778	0,739	0,695	0,725	0,784	0,691	0,774
SiT	5,960	5,987	5,900	5,947	6,000	5,938	5,961	5,978	5,958	5,960	5,921	5,991	6,000	5,913	5,897	5,959	5,903
AlT	0,040	0,013	0,100	0,053	0,000	0,062	0,039	0,022	0,042	0,040	0,079	0,009	0,000	0,087	0,103	0,041	0,097
AlZ	6,000	6,000	5,935	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,130	0,259	0,000	0,143	0,256	0,012	0,077	0,049	0,088	0,279	0,244	0,252	0,297	0,135	0,063	0,305	0,041
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,065	0,034	0,069	0,080	0,043	0,097	0,084	0,074	0,066	0,028	0,039	0,035	0,033	0,086	0,079	0,024	0,084
Cr	0,000	0,008	0,003	0,009	0,007	0,006	0,009	0,002	0,003	0,000	0,000	0,002	0,001	0,004	0,004	0,002	0,010
Mg	1,978	1,896	2,078	1,973	1,870	1,939	1,984	1,950	2,096	1,765	1,860	1,920	1,865	1,925	1,978	1,888	1,935
Fe ₂	0,000	0,000	0,698	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ₃	0,714	0,694	0,065	0,692	0,676	0,806	0,760	0,800	0,713	0,777	0,778	0,739	0,695	0,725	0,784	0,691	0,774
Mn	0,003	0,001	0,004	0,002	0,005	0,000	0,000	0,003	0,000	0,004	0,006	0,005	0,001	0,003	0,004	0,001	0,000
Y _{total}	2,890	2,892	2,916	2,899	2,869	2,860	2,914	2,878	2,965	2,854	2,927	2,953	2,916	2,879	2,911	2,911	2,845
Ca	0,103	0,054	0,152	0,104	0,046	0,128	0,114	0,102	0,119	0,040	0,044	0,064	0,051	0,110	0,099	0,045	0,157
Na	0,683	0,643	0,612	0,650	0,605	0,640	0,669	0,644	0,614	0,590	0,615	0,619	0,602	0,664	0,720	0,628	0,580
K	0,007	0,002	0,010	0,005	0,002	0,003	0,001	0,004	0,007	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,003	0,005
Total Cations	15,682	15,591	15,625	15,657	15,522	15,630	15,699	15,628	15,705	15,486	15,589	15,640	15,573	15,657	15,732	15,588	15,587
Mg#	0,735	0,732	0,731	0,740	0,735	0,706	0,723	0,709	0,746	0,694	0,705	0,722	0,728	0,726	0,716	0,732	0,714

MP-14 (Parte I)

Amostra	MP14-1	MP14-2	MP14-3	MP14-4	MP14-5a	MP14-5b	MP14-6a	MP14-6b	MP14-6i	MP14-7a	MP14-7b	MP14-8	MP14-9a	MP14-9b	MP14-11	MP14-12	MP14-13
SiO ₂	36,30	36,43	36,22	36,93	36,64	35,99	36,82	36,34	37,05	37,11	36,33	36,63	37,12	36,96	37,00	37,08	36,50
TiO ₂	0,18	0,31	0,73	0,20	0,57	0,74	0,15	0,58	0,59	0,19	0,71	0,52	0,57	0,50	0,19	0,20	0,70
Al ₂ O ₃	33,67	33,65	31,74	33,61	33,12	33,65	34,19	33,29	32,87	34,11	33,73	33,31	33,76	32,77	34,02	34,06	32,41
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,08	0,01	0,04	0,09	0,03	0,08	0,00	0,03	0,01
FeO	6,11	5,57	6,97	6,44	6,27	6,44	6,47	5,35	5,51	6,18	5,28	4,65	6,06	5,82	5,92	6,09	6,14
MnO	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,04	0,01	0,08	0,03	0,02	0,00	0,05
MgO	6,95	7,02	7,30	6,98	7,47	7,40	6,90	7,73	7,93	6,77	7,60	8,13	7,31	7,58	7,47	7,04	8,15
CaO	0,48	0,36	1,11	0,43	0,75	1,00	0,48	1,04	0,43	0,41	1,12	0,48	0,73	0,53	0,51	0,36	1,50
Na ₂ O	1,61	1,58	1,67	1,57	1,97	1,74	1,53	1,71	2,03	1,65	1,72	2,07	1,64	2,02	1,62	1,68	1,68
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00
F	0,08	0,10	0,11	0,05	0,15	0,15	0,01	0,18	0,13	0,14	0,13	0,31	0,07	0,03	0,00	0,01	0,13
Total	85,38	85,02	85,86	86,23	86,96	87,16	86,62	86,27	86,64	86,62	86,71	86,20	87,39	86,34	86,76	86,57	87,27
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,921	5,942	5,935	5,970	5,894	5,791	5,930	5,865	5,952	5,957	5,838	5,883	5,926	5,975	5,937	5,961	5,870
Al _{total}	6,474	6,471	6,130	6,407	6,281	6,382	6,492	6,335	6,226	6,456	6,389	6,307	6,354	6,245	6,436	6,456	6,145
Fe _{total}	0,834	0,760	0,955	0,870	0,844	0,867	0,872	0,722	0,740	0,830	0,710	0,625	0,809	0,786	0,794	0,819	0,826
SiT	5,921	5,942	5,935	5,970	5,894	5,791	5,930	5,865	5,952	5,957	5,838	5,883	5,926	5,975	5,937	5,961	5,870
AlT	0,079	0,058	0,065	0,030	0,106	0,209	0,070	0,135	0,048	0,043	0,162	0,117	0,074	0,025	0,063	0,039	0,130
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,396	0,414	0,065	0,377	0,175	0,173	0,422	0,200	0,178	0,413	0,227	0,190	0,280	0,220	0,373	0,416	0,015
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,022	0,038	0,090	0,024	0,068	0,089	0,019	0,070	0,072	0,023	0,085	0,063	0,068	0,061	0,023	0,024	0,085
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,002	0,001	0,010	0,001	0,005	0,011	0,004	0,010	0,000	0,003	0,002
Mg	1,690	1,706	1,783	1,682	1,791	1,774	1,655	1,860	1,899	1,619	1,821	1,946	1,738	1,826	1,787	1,688	1,952
Fe ₂	0,834	0,760	0,955	0,870	0,844	0,867	0,872	0,722	0,740	0,830	0,710	0,625	0,809	0,786	0,794	0,819	0,826
Fe ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	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	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,007	0,006	0,001	0,011	0,004	0,002	0,000	0,007
Y _{total}	2,942	2,918	2,893	2,958	2,881	2,906	2,974	2,854	2,900	2,893	2,853	2,836	2,910	2,908	2,979	2,950	2,887
Ca	0,084	0,063	0,195	0,074	0,129	0,172	0,084	0,180	0,075	0,071	0,193	0,082	0,125	0,092	0,088	0,062	0,258
Na	0,509	0,500	0,530	0,493	0,613	0,542	0,479	0,536	0,632	0,512	0,535	0,643	0,507	0,633	0,505	0,523	0,523
K	0,001	0,001	0,001	0,000	0,005	0,006	0,000	0,005	0,004	0,000	0,003	0,001	0,006	0,005	0,001	0,003	0,001
Total Cations	15,536	15,482	15,619	15,525	15,627	15,625	15,537	15,575	15,610	15,477	15,584	15,563	15,548	15,638	15,574	15,539	15,668
Mg#	0,670	0,692	0,651	0,659	0,680	0,672	0,655	0,720	0,720	0,661	0,719	0,757	0,682	0,699	0,692	0,673	0,703

MP-14 (Parte I)

MP-14 (Parte II)

Amostra	MP14-14	MP14-15	MP14-16	MP14-17	MP14-18	MP14-19	MP14-21	MP14-22	MP14-23	MP14-24	MP14-25	MP14-26
SiO ₂	37,11	37,26	36,56	37,01	36,98	36,89	36,37	36,67	36,83	36,72	37,10	36,52
TiO ₂	0,16	0,16	0,20	0,20	0,20	0,15	0,57	0,72	0,19	0,21	0,21	0,25
Al ₂ O ₃	33,52	33,99	34,05	34,12	33,58	33,94	33,13	32,41	33,93	33,90	33,70	33,87
Cr ₂ O ₃	0,03	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01
FeO	6,13	5,79	6,14	5,89	5,87	6,55	5,45	5,77	5,72	6,15	6,42	7,18
MnO	0,01	0,05	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01
MgO	6,99	7,09	7,05	7,04	7,27	6,85	7,78	7,93	7,09	6,77	6,69	6,37
CaO	0,42	0,37	0,43	0,37	0,40	0,44	0,88	1,79	0,43	0,39	0,36	0,40
Na ₂ O	1,60	1,57	1,57	1,66	1,50	1,63	1,72	1,44	1,59	1,73	1,62	1,58
K ₂ O	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
F	0,17	0,06	0,00	0,02	0,05	0,17	0,11	0,18	0,06	0,00	0,01	0,05
Total	86,16	86,37	86,01	86,39	85,89	86,67	86,03	86,93	85,86	85,98	86,13	86,23
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,985	5,987	5,921	5,956	5,983	5,933	5,889	5,900	5,956	5,952	6,002	5,927
Al _{total}	6,374	6,439	6,502	6,474	6,404	6,435	6,325	6,147	6,468	6,478	6,427	6,481
Fe _{total}	0,827	0,777	0,832	0,793	0,794	0,881	0,737	0,776	0,773	0,834	0,868	0,974
SiT	5,985	5,987	5,921	5,956	5,983	5,933	5,889	5,900	5,956	5,952	6,000	5,927
AlT	0,015	0,013	0,079	0,044	0,017	0,067	0,111	0,100	0,044	0,048	0,000	0,073
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,359	0,426	0,423	0,430	0,387	0,368	0,213	0,047	0,423	0,430	0,427	0,408
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
Ti	0,019	0,019	0,024	0,024	0,024	0,018	0,070	0,087	0,024	0,025	0,026	0,031
Cr	0,004	0,002	0,001	0,006	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,009	0,000	0,001
Mg	1,680	1,699	1,701	1,689	1,752	1,642	1,877	1,902	1,708	1,636	1,613	1,541
Fe ₂	0,827	0,777	0,832	0,793	0,794	0,881	0,737	0,776	0,773	0,834	0,868	0,974
Fe ₃	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	0,001	0,007	0,000	0,001	0,003	0,003	0,000	0,001	0,002	0,005	0,002	0,001
Y _{total}	2,890	2,929	2,981	2,942	2,961	2,913	2,899	2,812	2,929	2,939	2,938	2,956
Ca	0,072	0,064	0,075	0,064	0,070	0,076	0,152	0,309	0,075	0,068	0,063	0,070
Na	0,502	0,489	0,492	0,519	0,469	0,509	0,539	0,449	0,500	0,542	0,508	0,496
K	0,004	0,004	0,000	0,003	0,003	0,003	0,001	0,005	0,001	0,003	0,000	0,000
Total Cations	15,468	15,487	15,548	15,529	15,503	15,501	15,591	15,574	15,505	15,552	15,510	15,523
Mg#	0,670	0,686	0,672	0,681	0,688	0,651	0,718	0,710	0,688	0,662	0,650	0,613

MP-14 (Parte II)

MP-16								
Amostra	MP16-1	MP16-2	MP16-3	MP16-4	MP16-5	MP16-6	MP16-12	MP16-13
SiO ₂	36,76	37,40	36,68	36,27	36,65	36,40	36,59	36,60
TiO ₂	0,79	0,36	0,80	0,63	0,65	0,67	0,33	0,62
Al ₂ O ₃	32,64	33,36	32,81	32,82	33,08	33,06	33,52	32,59
Cr ₂ O ₃	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05	0,07	0,05
FeO	6,18	5,75	5,69	5,83	5,69	6,16	5,68	5,39
MnO	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03
MgO	7,69	7,68	7,79	7,71	7,60	7,56	7,07	8,01
CaO	0,99	0,31	1,45	1,00	0,82	0,84	0,53	0,69
Na ₂ O	1,79	1,98	1,57	1,87	1,85	1,98	1,67	1,92
K ₂ O	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01
F	0,33	0,15	0,07	0,10	0,06	0,08	0,00	0,14
Total	87,21	87,01	86,93	86,26	86,43	86,82	85,47	86,04
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,887	5,975	5,900	5,880	5,917	5,873	5,954	5,925
Al _{total}	6,163	6,283	6,222	6,272	6,296	6,288	6,432	6,219
Fe _{total}	0,828	0,769	0,765	0,790	0,769	0,830	0,773	0,730
SiT	5,887	5,975	5,900	5,880	5,917	5,873	5,954	5,925
AlT	0,113	0,025	0,100	0,120	0,083	0,127	0,046	0,075
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,050	0,259	0,122	0,152	0,213	0,161	0,386	0,144
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,095	0,043	0,096	0,077	0,079	0,081	0,040	0,075
Cr	0,003	0,002	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009	0,007
Mg	1,836	1,828	1,867	1,863	1,828	1,816	1,714	1,932
Fe ₂	0,828	0,769	0,765	0,790	0,769	0,830	0,773	0,730
Fe ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,001	0,001	0,005	0,002	0,000	0,000	0,002	0,004
Y _{total}	2,813	2,902	2,856	2,886	2,893	2,895	2,924	2,892
Ca	0,170	0,053	0,250	0,173	0,142	0,146	0,092	0,120
Na	0,555	0,612	0,491	0,588	0,579	0,620	0,528	0,601
K	0,001	0,000	0,007	0,000	0,002	0,004	0,001	0,001
Total Cations	15,539	15,566	15,604	15,647	15,615	15,665	15,545	15,615

Mg#	0,689	0,704	0,709	0,702	0,704	0,686	0,689	0,726
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

MP-16

MP-18

Amostra	MP18-1	MP18-2	MP18-3	MP18-4	MP18-5	MP18-6	MP18-7	MP18-8	MP18-9	MP18-10	MP18-11	MP18-12	MP18-13	MP18-14
SiO2	38,05	37,23	37,24	36,56	37,17	36,26	36,52	36,19	36,80	36,00	37,11	36,52	36,19	34,36
TiO2	0,27	0,29	0,17	0,52	0,22	0,46	0,67	0,71	0,13	0,68	0,28	0,21	0,42	1,00
Al2O3	35,46	34,02	34,06	33,67	33,94	33,74	32,87	32,65	33,42	32,75	33,08	34,06	33,78	32,22
FeO	5,73	5,51	5,37	5,76	5,73	5,38	5,41	5,95	5,58	5,48	4,96	5,56	5,32	5,73
MnO	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02
MgO	7,45	7,54	7,18	7,13	7,33	7,47	7,39	7,56	7,09	7,25	7,79	7,32	7,19	7,59
CaO	0,50	0,62	0,54	1,01	0,59	0,86	0,96	0,83	0,41	1,01	0,41	0,56	0,69	1,20
Na2O	1,80	1,69	1,55	1,77	1,59	1,76	1,78	1,87	1,53	1,61	1,89	1,68	1,53	1,63
K2O	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
F	0,06	0,10	0,05	0,07	0,17	0,20	0,09	0,25	0,01	0,07	0,13	0,21	0,14	0,17
Total	89,37	87,04	86,20	86,53	86,76	86,15	85,70	86,04	85,02	84,88	85,70	86,15	85,25	83,92
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,915	5,940	5,986	5,896	5,946	5,853	5,936	5,875	6,005	5,911	5,997	5,884	5,887	5,737
Al _{total}	6,499	6,399	6,454	6,401	6,400	6,420	6,297	6,247	6,429	6,339	6,303	6,469	6,479	6,343
Fe _{total}	0,745	0,735	0,722	0,777	0,767	0,726	0,735	0,807	0,761	0,752	0,670	0,750	0,724	0,801
SiT	5,915	5,940	5,986	5,896	5,946	5,853	5,936	5,875	6,000	5,911	5,997	5,884	5,887	5,737
AlT	0,085	0,060	0,014	0,104	0,054	0,147	0,064	0,125	0,000	0,089	0,003	0,116	0,113	0,263
AlZ	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
AlY	0,413	0,340	0,440	0,297	0,346	0,273	0,233	0,122	0,429	0,250	0,299	0,353	0,367	0,080
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,032	0,035	0,021	0,062	0,026	0,056	0,082	0,087	0,016	0,083	0,034	0,025	0,051	0,125
Mg	1,727	1,793	1,719	1,713	1,748	1,797	1,789	1,828	1,725	1,774	1,877	1,758	1,743	1,889
Fe2	0,745	0,735	0,722	0,777	0,767	0,726	0,735	0,807	0,761	0,752	0,670	0,750	0,724	0,801
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
Mn	0,001	0,001	0,002	0,004	0,002	0,000	0,000	0,002	0,006	0,003	0,005	0,003	0,001	0,003
Y _{total}	2,918	2,903	2,904	2,853	2,890	2,852	2,839	2,845	2,942	2,863	2,885	2,889	2,885	2,898
Ca	0,083	0,107	0,092	0,175	0,100	0,149	0,167	0,145	0,071	0,177	0,071	0,096	0,120	0,214
Na	0,543	0,524	0,482	0,553	0,494	0,552	0,562	0,588	0,483	0,511	0,592	0,526	0,481	0,529
K	0,007	0,003	0,006	0,002	0,000	0,005	0,003	0,006	0,003	0,004	0,002	0,002	0,001	0,000
Mg#	0,699	0,709	0,704	0,688	0,695	0,712	0,709	0,694	0,694	0,702	0,737	0,701	0,707	0,702

MP-18

Nova Trento-Brusque (SC)

R-08B

Amostra	R08b1-1	R08b1-10	R08b1-11	R08b1-12	R08b1-13	R08b1-14	R08b1-15	R08b1-16	R08b1-17	R08b1-18	R08b1-2	R08b1-3	R08b1-4	R08b1-5	R08b1-6	R08b1-7	R08b1-8	R08b1-9
SiO ₂	36,56	36,48	36,55	36,75	36,82	37,43	36,78	37,26	37,24	37,10	36,56	36,74	36,82	36,83	36,72	36,68	36,12	37,04
TiO ₂	0,27	0,70	0,69	0,22	0,46	0,32	0,30	0,07	0,26	0,20	0,33	0,28	0,31	0,31	0,41	0,86	0,19	0,26
Al ₂ O ₃	33,03	31,55	31,57	32,38	31,65	32,85	33,01	33,30	33,22	33,76	32,62	32,07	32,99	32,17	32,75	31,23	33,61	32,05
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,05	0,06	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
FeO	3,84	4,47	4,66	4,19	4,24	3,87	4,27	4,05	4,15	3,70	4,10	4,09	4,06	4,19	4,08	4,71	3,75	4,18
MnO	0,05	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,03	0,00	0,00
MgO	8,07	8,76	8,77	8,54	8,97	8,11	8,05	7,65	8,15	8,12	8,37	8,48	7,99	8,58	8,28	9,13	7,78	8,16
CaO	0,34	0,51	0,40	0,30	0,55	0,34	0,20	0,08	0,13	0,28	0,32	0,29	0,16	0,30	0,31	0,46	0,20	0,36
Na ₂ O	2,31	2,42	2,43	2,45	2,28	2,43	2,34	1,87	2,16	2,45	2,44	2,41	2,18	2,39	2,51	2,46	2,39	2,42
K ₂ O	0,03	0,02	0,05	0,02	0,03	0,04	0,06	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06
F	0,09	0,52	0,50	0,25	0,52	0,23	0,29	0,11	0,24	0,44	0,18	0,31	0,24	0,37	0,36	0,94	0,31	0,24
Total	84,60	85,46	85,62	85,13	85,58	85,63	85,37	84,44	85,63	86,07	85,03	84,80	84,92	85,21	85,52	86,55	84,39	84,78
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,966	5,912	5,917	5,969	5,945	6,024	5,949	6,061	5,991	5,921	5,948	5,984	5,977	5,969	5,928	5,859	5,890	6,036
Al _{total}	6,354	6,027	6,025	6,199	6,025	6,232	6,295	6,386	6,301	6,353	6,258	6,158	6,311	6,147	6,233	5,882	6,460	6,158
Fe _{total}	0,525	0,606	0,631	0,569	0,572	0,520	0,577	0,551	0,558	0,494	0,557	0,558	0,552	0,568	0,551	0,629	0,512	0,569
SiT	5,966	5,912	5,917	5,969	5,945	6,000	5,949	6,000	5,991	5,921	5,948	5,984	5,977	5,969	5,928	5,859	5,890	6,000
AlT	0,034	0,088	0,083	0,031	0,055	0,000	0,051	0,000	0,009	0,079	0,052	0,016	0,023	0,031	0,072	0,141	0,110	0,000
AlZ	6,000	5,939	5,942	6,000	5,970	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,741	6,000	6,000
AlY	0,320	0,000	0,000	0,168	0,000	0,232	0,244	0,386	0,292	0,274	0,206	0,142	0,288	0,115	0,161	0,000	0,350	0,158
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036
Ti	0,033	0,085	0,083	0,027	0,055	0,039	0,036	0,008	0,032	0,024	0,040	0,034	0,037	0,037	0,050	0,103	0,024	0,031
Cr	0,000	0,003	0,000	0,000	0,007	0,000	0,005	0,002	0,000	0,000	0,006	0,008	0,006	0,000	0,002	0,001	0,000	0,004
Mg	1,963	2,117	2,117	2,067	2,157	1,946	1,941	1,855	1,953	1,931	2,029	2,059	1,933	2,073	1,992	2,174	1,891	1,982
Fe ₂	0,000	0,061	0,058	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,259	0,000	0,000
Fe ₃	0,525	0,545	0,573	0,569	0,542	0,520	0,577	0,551	0,558	0,494	0,557	0,558	0,552	0,568	0,551	0,370	0,512	0,569
Mn	0,007	0,000	0,000	0,005	0,002	0,000	0,005	0,000	0,004	0,000	0,005	0,002	0,005	0,002	0,005	0,004	0,000	0,000
Y _{total}	2,848	2,811	2,831	2,836	2,793	2,761	2,808	2,863	2,839	2,723	2,843	2,803	2,821	2,795	2,761	2,911	2,777	2,780
Ca	0,060	0,089	0,070	0,052	0,094	0,058	0,034	0,015	0,023	0,047	0,056	0,051	0,027	0,052	0,053	0,079	0,034	0,062
Na	0,732	0,759	0,762	0,772	0,713	0,758	0,735	0,590	0,673	0,758	0,768	0,762	0,687	0,751	0,786	0,762	0,755	0,764
K	0,007	0,005	0,010	0,004	0,006	0,009	0,013	0,007	0,009	0,007	0,008	0,011	0,018	0,010	0,011	0,009	0,007	0,011
Total C _z	15,647	15,603	15,615	15,664	15,576	15,586	15,590	15,475	15,544	15,535	15,675	15,627	15,553	15,608	15,611	15,502	15,573	15,617
Mg#	0,789	0,777	0,770	0,784	0,790	0,789	0,771	0,771	0,778	0,796	0,785	0,787	0,778	0,785	0,783	0,776	0,787	0,777

R-08B

P-08A

Amostra	P08a-01	P08a-02	P08a-03	P08a-04	P08a-05	P08a-06	P08a-07	P08a-08	P08a-09	P08a-10	P08a-11	P08a-12
SiO2	36,99	37,21	37,12	36,95	36,80	37,50	36,18	36,99	36,46	37,26	37,51	36,44
TiO2	0,78	0,44	0,42	0,43	0,51	0,46	0,63	0,45	0,42	0,36	0,55	0,26
Al2O3	31,98	32,43	32,63	32,90	31,90	31,97	31,21	31,69	31,76	33,19	32,33	31,60
Cr2O3	0,00	0,03	0,00	0,02	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04	0,02	0,02
FeO	3,73	3,03	3,52	3,66	3,77	2,83	4,79	4,23	4,69	3,17	3,83	3,60
MnO	0,02	0,00	0,07	0,00	0,05	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02
MgO	9,54	9,54	9,05	8,77	9,23	9,97	8,86	9,37	9,15	8,74	9,47	9,88
CaO	0,33	0,36	0,25	0,25	0,44	0,46	0,52	0,28	0,45	0,26	0,34	0,27
Na2O	2,70	2,57	2,61	2,67	2,49	2,45	2,38	2,52	2,48	2,42	2,48	2,49
K2O	0,06	0,05	0,06	0,05	0,08	0,06	0,06	0,09	0,04	0,06	0,05	0,05
F	0,51	0,39	0,29	0,39	0,35	0,44	0,36	0,42	0,35	0,31	0,34	0,40
Total	86,64	86,06	86,02	86,09	85,65	86,18	85,04	86,08	85,82	85,83	86,96	85,04
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Si _{total}	5,897	5,943	5,951	5,916	5,939	5,973	5,917	5,947	5,902	5,961	5,958	5,914
Al _{total}	6,010	6,107	6,167	6,211	6,069	6,005	6,018	6,007	6,062	6,260	6,053	6,046
Fe _{total}	0,498	0,404	0,472	0,490	0,508	0,377	0,654	0,569	0,635	0,424	0,509	0,488
SiT	5,897	5,943	5,951	5,916	5,939	5,973	5,917	5,947	5,902	5,961	5,958	5,914
AlT	0,103	0,057	0,049	0,084	0,061	0,027	0,083	0,053	0,098	0,039	0,042	0,086
AlZ	5,906	6,000	6,000	6,000	6,000	5,978	5,936	5,955	5,965	6,000	6,000	5,960
AlY	0,000	0,050	0,119	0,128	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,221	0,011	0,000
SiY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,094	0,052	0,050	0,051	0,062	0,055	0,077	0,055	0,052	0,043	0,065	0,032
Cr	0,000	0,004	0,000	0,002	0,005	0,003	0,004	0,002	0,004	0,005	0,003	0,003
Mg	2,266	2,272	2,163	2,094	2,220	2,366	2,158	2,246	2,207	2,084	2,242	2,390
Fe2	0,094	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,064	0,045	0,035	0,000	0,000	0,040
Fe3	0,404	0,404	0,472	0,490	0,508	0,355	0,590	0,524	0,600	0,424	0,509	0,448
Mn	0,003	0,000	0,010	0,000	0,007	0,003	0,004	0,003	0,001	0,002	0,005	0,002
Y _{total}	2,861	2,782	2,814	2,765	2,810	2,804	2,897	2,875	2,899	2,779	2,835	2,915
Ca	0,056	0,062	0,043	0,043	0,075	0,079	0,091	0,048	0,078	0,044	0,058	0,047
Na	0,833	0,796	0,813	0,827	0,778	0,757	0,756	0,786	0,779	0,751	0,764	0,783
K	0,012	0,011	0,012	0,010	0,016	0,012	0,012	0,019	0,007	0,012	0,010	0,010
Total Catio	15,668	15,651	15,682	15,645	15,679	15,630	15,692	15,683	15,728	15,586	15,667	15,715
Mg#	0,820	0,849	0,821	0,810	0,814	0,863	0,767	0,798	0,777	0,831	0,815	0,830

P-08A

ANEXO II
(Tabelas de Resultados de ICP-MS)

Passagem de Mariana (MG)

Identificação do Laboratório	06-976a	06-976b	06-977	06-1363	06-1364	06-1365	06-1366	06-1367
Identificação de Campo	Teste A	Teste B	MP-12A	MP-01	MP-08b	MP-12	MP-14	MP-16
Unidade	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Rb	0,26	0,11	0,65	0,04	0,04	<0.01	0,08	1,85
Sr	342	267	290	261	196	290	207	299
Y	17,8	15,2	4,97	7,39	69,5	1,85	0,10	10,2
Zr	206	172	13,9	231	397	92,9	6,12	124
Nb	6,62	2,64	<0.01	8,85	1,33	1,64	<0.01	5,73
Cs	<0.01	0,04	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,11
Ba	0,04	3,44	24,4	18,6	17,4	24,6	19,8	21,7
La	30,1	28,8	32,7	8,09	54,0	4,25	1,46	25,3
Ce	60,1	60,6	74,0	17,6	110	8,21	2,23	56,7
Pr	5,83	5,90	7,28	1,44	11,0	0,66	<0.05	5,42
Nd	20,7	21,0	26,9	5,58	39,9	2,90	0,63	19,7
Sm	3,73	3,71	4,45	1,07	7,84	0,53	0,15	3,57
Eu	0,81	0,80	0,73	0,38	2,02	0,20	0,09	0,75
Gd	3,17	2,93	2,72	0,93	7,41	0,45	0,15	2,66
Tb	0,46	0,38	0,24	0,09	1,27	<0.01	<0.01	0,27
Dy	2,58	2,25	1,20	0,80	8,17	0,26	<0.01	1,49
Ho	0,53	0,44	0,12	0,17	1,99	<0.01	<0.01	0,26
Er	1,56	1,34	0,36	0,66	5,67	0,15	<0.01	0,86
Tm	0,21	0,17	<0.01	0,07	0,88	<0.01	<0.01	0,10
Yb	1,51	1,31	0,14	0,81	4,97	0,14	<0.01	0,87
Lu	0,22	0,18	<0.01	0,11	0,72	<0.01	<0.01	0,11
Hf	4,48	4,30	0,17	5,34	9,47	2,20	<0.01	3,05
Pb	31,9	31,2	21,4	29,1	18,5	37,2	21,5	30,3
Th	12,0	12,3	15,9	1,79	9,14	1,41	0,27	10,2
U	3,08	3,07	0,91	1,29	4,42	0,72	0,06	3,73

Nova Trento-Brusque (SC)

Identificação do Laboratório	06-1368
Identificação de Campo	P-04
Unidade	(ppm)
Rb	0,20
Sr	89,3
Y	7,66
Zr	205
Nb	14,4
Cs	0,06
Ba	19,4
La	10,9
Ce	24,7
Pr	2,17
Nd	7,99
Sm	1,38
Eu	0,50
Gd	1,11
Tb	0,11
Dy	0,92
Ho	0,19
Er	0,77
Tm	0,10
Yb	1,04
Lu	0,16
Hf	5,20
Pb	4,60
Th	9,51
U	1,69

Serra do Itaberaba (SP)

Identificação do Laboratório	06-1369	06-1370
Identificação de Campo	LJ-09	T-12
Unidade	(ppm)	(ppm)
Rb	<0.01	<0.01
Sr	380	178
Y	0,43	5,03
Zr	3,77	104
Nb	<0.01	<0.01
Cs	0,06	0,10
Ba	20,1	26,7
La	0,78	4,13
Ce	0,71	11,1
Pr	<0.01	0,99
Nd	0,22	4,90
Sm	0,08	0,63
Eu	0,11	0,16
Gd	0,10	0,61
Tb	<0.01	<0.01
Dy	<0.01	0,57
Ho	<0.01	0,06
Er	0,07	0,39
Tm	<0.01	<0.01
Yb	0,16	0,44
Lu	<0.01	<0.01
Hf	<0.01	2,94
Pb	16,1	28,9
Th	0,02	1,18
U	<0.01	0,95

DOACAO
<i>IGC-USP</i>
Data: <i>02/05/08</i>