UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EVOLUÇÃO TERMOCRONOLÓGICA E METALOGENÉTICA DA
MINERALIZAÇÃO AURÍFERA DO DEPÓSITO TURMALINA,
QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG

MARTA EDITH VELÁSQUEZ DAVID

Orientador: Prof. Dr. Colombo Celso Gaeta Tassinari

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

Nome	Assinatura
Presidente: Prof. Dr. Colombo Celso Gaeta Tassinari
Examinadores: Prof. Dr. Antônio Wilson Romano (UFMG)
Prof. Dr. João Batista Moreschi (GSA/IGc/USP)
Dr. Kzuo Fuzikawa (CNEN/CDTN)
Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani (GSA/IGc/USP)

SÃO PAULO
2011
(Versão original)

DEDALUS - Acervo - IGC

30900030695

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO TERMOCRONOLÓGICA E METALOGENÉTICA DA
MINERALIZAÇÃO AURÍFERA DO DEPÓSITO TURMALINA,
QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG**

MARTA EDITH VELÁSQUEZ DAVID

Orientador: Prof. Dr. COLOMBO CELSO GAETA TASSINARI

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

Área Geotectônica

SÃO PAULO

2011

MARTA EDITH VELÁSQUEZ DAVID

Evolução termocronológica e metalogenética da mineralização aurífera do Depósito
Turmalina, Quadrilátero Ferrífero – MG

V.1

Tese apresentada ao Instituto de Geociências da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Geologia

Área de concentração:

Geotectônica

Orientador:

Prof. Dr. Colombo Celso Gaeta Tassinari

São Paulo

2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE SEJA CITADA A FONTE.

VELÁSQUEZ, M.R., 2011. Evolução termocronológica e metalogenética da mineralização aurífera do Depósito Turmalina, Quadrilátero Ferrífero – MG. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

AGRADECIMENTOS

A autora expressa uma especial gratidão às pessoas que contribuíram com a realização deste trabalho:

Ao Prof. Dr. Colombo Celso Gacta Tassinari pela oportunidade de iniciar a vida de pesquisadora, pela orientação, apoio e paciência,

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPE e à Fundação Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP, pelo financiamento da bolsa de doutorado. Ao Banco SANTANDER – BANESPA pelo auxílio de bolsa durante a realização do estágio em Lisboa (Portugal).

Aos Prof. Dr. José Manuel Munhá e Prof. Dr. Antonio Mateus do Programa de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pela oportunidade de realizar o estágio nessa Universidade.

A TODOS os funcionários do Instituto de Geociências, que durante todas as etapas de minha "Pós" estiveram sempre prontos a colaborar, muitas vezes além de suas funções institucionais e sempre com um sorriso no rosto. Nomear cada um poderia me levar a esquecer alguém, por isso para todos vocês "MUITO OBRIGADA!".

A Ana Paula, Magaly e Tadeu pela amizade, colaboração e compreensão com a "burocracia do estrangeiro".

A meus amigos Sol, Paula - Andrés, Lénin - Magda, Mauricio - Maria, Sandra - Raul e Carlos Mario, Fátima, Estêvão, Donald, Lucas - Fernanda, Mathiew - Lam, as múltiplas maneiras de viver e compartilhar uma vida universitária e cosmopolita.

A Andrés e Carlos Mario, Donald e Patricia pela revisão, observações ao texto e ajuda nas correções.

A meus amigos em Lisboa, Profa. Dra Teresa Palácios e o Prof. Dr. João Mata, Encarnita, Telmo, Cynthia e família, Inês e Sofia, pois fizeram de nossa vida nesse país, uma experiência maravilhosa e inesquecível.

A Rosa por sua imponderável ajuda nas sugestões, na colaboração e na orientação da realização das análises termomicro métricas e na discussão dos resultados. Ao Professor Kazuo Fuzikawa pela colaboração na realização das análises de espectrometria RAMAN.

À empresa Jaguar Mining Co., proprietária da Mina Turmalina, em especial a Eng. William Fagundes Campos por permitir o uso de furos de sondagem e o acesso ao frente de lavra durante a coleta de amostras para o estudo do depósito.

A minha família, meu amor e gratidão pelo apoio irrestrito, paciência, amor permanente.

A *Arianna*, quem foi uma aluna a mais da "Pós" desde que tinha seis anos, sem entender porque estava na universidade sem terminar, ainda, o ensino fundamental.

A *Alejandro* quem compartilhou comigo um sonho e me ensinou o valor "do trabalho a três".

RESUMO

Em margens ativas, processos orogênicos como acreção e colisão podem gerar cinturões metamórficos. Mediante esses mecanismos se adiciona e/ou se produz espessamento da crosta continental. Durante a evolução de um orógeno é possível formar depósitos auríferos de diversas origens, paragéneses minerais particulares e associações metalíferas. Desse modo, depósitos hospedados em cinturões metamórficos apresentam características condizentes com o ambiente tectônico formador, as quais permitem inferir sua gênese. Na região do Quadrilátero Ferrífero a maioria dos principais depósitos auríferos hospedados nas rochas metavulcanossedimentares do *greenstone belt* Rio das Velhas consideram-se do tipo *stratabound* associados a formações ferríferas bandadas (Ribeiro-Rodrigues *et al.* 1997), no entanto os relacionados com zonas de cisalhamento são restritos, pouco estudados e de baixo interesse para a exploração mineral, mas de relevante importância para a pesquisa geológica, pois podem ser marcadores de fases orogênicas.

Ao oeste do Quadrilátero Ferrífero na região de Pitangui, o depósito de ouro Turmalina está conformado por dois corpos tabulares dispostos em atitude NW-SE com caimento para Norte e a rocha encaixante evidencia principalmente alteração silícea e clorítica. Neste depósito o ouro está acompanhado de pirita, pirrotita, arsenopirita, quartzo como ganga e turmalina. Muscovita e apatita como minerais de alteração hidrotermal. Ele se encaixa na zona de cisalhamento Parí de Minas pertencente ao sistema Pitangui e se hospeda em rochas metavulcanossedimentares do grupo Nova Lima (*greenstone belt* Rio das Velhas). Estas rochas exibem deformação milonítica e minerais metamórficos indicativos de fácies anfibolito.

A paragénese metamórfica característica das rochas do depósito Turmalina que consiste de granada, estaurolita, cummingtonita, biotita, clorita, plagioclásio e quartzo, formou-se a temperaturas que se estima chegaram a 600 °C e pressões de até 6.6 Kb. Idades isocrônicas no intervalo 2076 $\pm$ 60 a 2184 $\pm$ 39 Ma, para esse metamorfismo Riachão foram determinadas mediante Sm-Nd rocha total granada. Uma isócrona rocha total - sericita de 1928 $\pm$ 2.6 Ma representa a idade da alteração hidrotermal induzida pela passagem dos fluidos geradores do minério. Esta idade foi comprovada por uma idade 1951 $\pm$ 330 Ma de cinco pontos Pb-Pb em material lixiviado de arsenopirita, sulfeto que acompanha o ouro, e pela idade isocrônica Rb-Sr de 2023 $\pm$ 110 Ma., obtida também em arsenopirita.

O estudo microtermométrico de inclusões fluidas aquosas, aquocarbônicas e carbônicas retidas em cristais de quartzo associados ao ouro do depósito Turmalina, evidenciaram que os fluidos a partir dos quais precipitaram o ouro, o quartzo e os sulfetos de ferro foram aprisionados

em temperaturas elevadas (~600 °C). Depois da cristalização do quartzo houve misturas dos fluidos originais com outros mais frios e menos salinos, que causaram *boiling* contínuo e particionamento de componentes salinos. Esses fluidos foram retidos em inclusões fluidas líquidas que co-existiram com outras ricas em vapor em temperaturas semelhantes. Também foi comprovado aprisionamento de fluidos aquocarbônicos originalmente imiscíveis (efervescência) cujo início teria ocorrido em condições próximas de 340 °C e pressões de 1.3-kbar o qual se estendeu até temperaturas mais baixas com imiscibilidade contínua. Uma etapa mais antiga de aprisionamento e formação do quartzo em temperaturas ao redor de 600 °C foi registrada em umas poucas inclusões ainda preservadas. Os fluidos a partir dos quais precipitou o ouro no depósito aurífero Turmalina tiveram temperaturas superiores a 400 °C. O transporte de ouro teria ocorrido sob a forma de complexos clorados, cuja deposição esteve relacionada com a diminuição da temperatura, e modificações na química dos fluidos decorrentes de processos de mistura e imiscibilidade de fluidos hidrotermais.

A origem da energia cinética que movimentou esses fluidos seria relacionada com a ativação e reativação das zonas de cisalhamento pertencentes ao sistema Pitangui que hospedam o depósito Turmalina. A deposição do ouro teve continuidade durante todo o processo de cristalização do quartzo sempre promovida por mecanismos e processos resultantes da atividade dinamotérmica no Riachão.

Palavras chave. Quadrilátero Ferrífero, *Greenstone Belt* Rio das Velhas, Grupo Nova Lima, zona de cisalhamento Pitangui, Depósito de ouro Turmalina tipo *lode gold*, Geoquímica isotópica, evento orogênico Riachão, metamorfismo dinamotérmico em fácies anfibolito, análises microtermométricas de inclusões fluidas, imiscibilidade de fluidos hidrotermais.

RESUMEN

En márgenes activas, procesos orogénicos como acreción e colisión pueden generar cinturones metamórficos. Mediante esos mecanismos se adiciona y/o se produce espesamiento de la corteza continental. Durante la evolución del orógeno es factible la formación de depósitos auríferos con diversos orígenes, paragénesis minerales particulares y asociaciones metalíferas. De ese modo, depósitos hospedados en cinturones metamórficos presentan características que se relacionan con el ambiente tectónico formador, a partir las cuales es posible inferir su génesis. En la región del *Quadrilátero Ferrífero* (MG), la mayoría de los principales depósitos auríferos hospedados en las rocas metavulcanosedimentarias del *greenstone belt* Rio das Velhas se consideran de tipo *stratabound* asociados a formaciones ferríferas bandeadas (Ribeiro-Rodríguez *et al.* 1997), en tanto que los relacionados con zonas de cizallamiento son restringidos, poco estudiados y de bajo interés para la exploración mineral, pero de relevante importancia para la investigación geológica debido a que podrían ser marcadores de fases orogénicas.

Al oeste del Quadrilátero Ferrífero, en la región de Pitanga, el depósito Turmalina está conformado por dos cuerpos mineralizados con sulfuros e oro, con formas tabulares orientadas NW-SE con buzamiento alto para el Norte, en ellos la roca encajante evidencia principalmente alteración silícea e clorítica. La asociación de minerales de mena está conformada por pirita, pirrotita, arsenopirita, cuarzo como ganga, e por turmalina, muscovita, e apatita como minerales de origen hidrotermal. Está alojado en la zona de cizalla Pará de Minas perteneciente al sistema Pitangui y se hospeda en rocas metavulcanosedimentarias del grupo Nova Lima (*greenstone belt* Rio das Velhas), estas rocas exhiben deformación milonítica local y minerales metamórficos indicativos de fácies anfibolita.

La paragénesis metamórfica de las rocas Del depósito Turmalina que consiste de granate, estauroлита, cummingtonita, biotita, clorita, plagioclasas e cuarzo, se formó a temperaturas que se estima llegaron a 600 °C e presiones de hasta 6,6 Kbar. Edades isocrónicas en el intervalo 2076 ±60 a 2184 ±39 Ma para ese metamorfismo Riachão fueron determinadas mediante Sm-Nd roca total - granate. Una isócrona Rb-Sr roca total - sericita de 1928 ±2.6 Ma, representa la edad de la alteración hidrotermal inducida por el paso de los fluidos generadores de la mena, esta edad fue corroborada por la obtención de una edad 1951 ±330 Ma. de 5 puntos Pb-Pb en lixiviado de arsenopirita, sulfuro que acompaña el oro y por la edad isocrónica Rb-Sr de 2023 ±110 Ma, también obtenida en arsenopirita.

El estudio microtermométrico de inclusiones fluidas acuosas, acuocarbónicas y carbónicas retenidas en cristales de cuarzo asociados al oro del depósito Turmalina evidenciaron que los fluidos a partir de los cuales precipitaron el oro, el cuarzo e los sulfuros de hierro fueron aprisionados a temperaturas elevadas ($-600\text{ }^{\circ}\text{C}$). Después de la cristalización del cuarzo hubo mezcla entre los fluidos originales con otros más fríos y menos salinos, que causaron *boiling* continuo y partición de los componentes salinos. Todos esos fluidos fueron atrapados en inclusiones fluidas líquidas que co-existieron con otras ricas en vapor, todas formadas a temperaturas semejantes.

También fue comprobado el aprisionamiento de fluidos acuocarbónicos originalmente inmiscibles (efervescencia) cuyo inicio habría ocurrido a temperaturas de $-340\text{ }^{\circ}\text{C}$ y presiones de -1.3 kbar que se extendió hasta temperaturas más bajas con inmiscibilidad continua. Una etapa más antigua de aprisionamiento de fluidos formación de cuarzo a temperaturas alrededor de $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ fue registrada en pocas inclusiones aún preservadas. Los fluidos a partir de los cuales precipitó el oro en el depósito aurífero Turmalina estuvieron a temperaturas superiores a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. El transporte del oro habría ocurrido bajo la forma de complejos clorados cuya deposición estuvo relacionada con la disminución de la temperatura y modificaciones en la química de los fluidos debido a procesos de mezcla e inmiscibilidad de fluidos hidrotermales.

La generación de la energía cinética responsable por la migración de esos fluidos se relaciona con la activación y reactivación de las zonas de cizalla del sistema Pintangui en las que se hospeda el depósito Turmalina. La deposición del oro tuvo continuidad durante todo el proceso de cristalización del cuarzo asociado al mismo y siempre estuvo promovida por mecanismos e procesos resultantes de la actividad dínamo térmica en el Ríaciano.

Palabras clave. Cuadrilátero Ferrífero, Grupo Nova Lima, zona de cizallamiento Pintangui, Depósito de oro Turmalina tipo *lode gold*, Geoquímica isotópica, evento orogénico Ríaciano, análisis microtermométricos de inclusiones fluidas.

ABSTRACT

In an active margin, orogenic processes such as accretion and collision can generate metamorphic belts and those mechanisms are responsible for the addition and/or thickening of the continental crust. Gold deposits of several origins could occur during orogen evolution in particular mineral paragenesis and metalliferous associations. Hence deposits in metamorphic belts exhibit characteristics compatible with the tectonic environment where these were formed, which enables knowing their genesis. In the Quadrilátero Ferrífero region, most of the main gold deposits in the meta-vulcanosedimentary rocks of the Rio das Velhas greenstone belt are considered as *stratabound* type associated to banded iron formations (Ribeiro-Rodrigues *et al.* 1997). However, those related with shear zones are restricted, poorly studied and of insignificant interest in mineral exploration, although with relevance in geological research because they could be markers of orogenic phases.

Western Quadrilátero Ferrífero region of Pitangui, the Turmalina gold deposit is shaped by two tabular NW-trending and N-dipping bodies where the basement shows silica and chlorite as the main alteration products. In this deposit, gold is associated with pyrite, pyrrhotite, and arsenopyrite, with associated quartz as gangue, and tourmaline, muscovite and apatite as hydrothermal alteration products. It is located at the Parí de Minas shear zone belonging to the Pitangui system and embedded in the meta-vulcanosedimentary rocks of the Nova Lima Group (Rio das Velhas greenstone belt). These rocks exhibit mylonitic fabrics and metamorphic minerals belonging to amphibolite facies.

A metamorphic association with garnet, staurolite, cummingtonite, biotite, chlorite, plagioclase and quartz was formed in approximate temperature of 600 °C and pressure of 6.6 kbar. whole rock and garnet Sm-Nd isochron ages of 2076 ± 60 to 2184 ± 39 Ma were determined for the Riachão metamorphic event. An isochron of whole rock – sericite of 1928 ± 2.6 Ma represents the age of the hydrothermal alteration induced by the infiltration of the mineral-forming fluid. This age was confirmed by an age of 1951 ± 330 Ma of five points on Pb-Pb in leaching from arsenopyrite, sulphide associated with the gold and by the Rb-Sr isochron age of 2023 ± 110 Ma, also obtained in arsenopyrite.

Microthermometric studies on carbonic aqueous fluid inclusions retained in quartz crystals associated to the gold at the Turmalina deposit, show that the fluids from which the gold was precipitated, quartz and iron pyrite were trapped at high temperatures (~ 600 °C). After the crystallization of quartz, there was a mixing of the original fluids with cooler and less saline ones which caused continuous boiling and partitioning of the saline components. These fluids were

retained as liquid fluid inclusions co-existing with other vapour-rich at similar temperatures. The trapping of carbonic fluids originally immiscible (effervescent) was proved that began at about 340 °C and at pressure of 1.3 kbar until very low temperatures with continuous immiscibility. An older step of trapping and formation of quartz at temperatures around 600 °C was recorded in some preserved inclusions. The fluids from which the gold precipitated in the Turmalina gold deposits had temperatures above 400 °C. The transportation of the gold might occurred as chloride complexes whose deposition was related with the reduction of the temperature and modifications in the chemistry of the fluids from the processes of mixing and immiscibility of hydrothermal fluids.

The origin of kinetic energy which carried these fluids should be related to the activation and reactivation of the shear zones belonging to the Pitangui system that encloses this Turmaline deposit. The deposition of the gold continued during all the processes of quartz crystallization always catalyzed by mechanisms and processes from dynamothermal activities in the Riachão period.

Key words: Iron Quadrangle, Rio das Velhas Greenstone Belt, Nova Lima Group, Pitangui shear strike-slip zone, isotopic geochemistry, Rhyacian orogenic event, analysis of fluid inclusions, immiscibility of hydrothermal fluids

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa de localização do depósito de ouro Turmalina no contexto do Estado de Minas Gerais. 20
- Figura 2 - Coluna estratigráfica generalizada da área do QF e localização dos principais depósitos auríferos. Apud Scott Wilson (2006). 28
- Figura 3 - Mapa Geológico Regional da área de estudo. Tomado e adaptado de Romano, 2006; Carneiro *et al.* 1997. 30
- Figura 4 - Principais eventos tectono-magmáticos que afetam o *Greenstone Belt* Rio das Velhas no QF. Modificado de Lobato *et al.* (2001) e Baltazar & Zuchetti (2007). 36
- Figura 5 - Modelo estrutural para as mineralizações de ouro hospedadas no Supergupo Rio das Velhas no QF segundo Riberio-Rodrigues (1997). 40
- Figura 6 - Distribuição dos corpos de minério (A superior e B inferior) explorados no depósito Turmalina segundo a posição relativa nos furos de sondagem. 43
- Figura 7 - Contato entre rochas com cummingtonita com quartzo, biotita, clorita e muscovita, em detalhe observa-se a transição de banda de composição félsica para banda de composição máfica e variação no tamanho do grão. FMT80-593. 45
- Figura 8 - Esquema da posição dos corpos de minério no depósito de ouro e os litotipos encaixantes. 48
- Figura 9 - Aparência macroscópica e microscópica dos litotipos no depósito de ouro Turmalina. A) alternância de bandas micáceas e quartzosas. Fotomicrografias de texturas metamórficas. B) foliação metamórfica S_1 localmente preservada é truncada pela foliação S_2 (FMT80-569, lado maior da fotografia 2.6mm). C) texturas cataclásticas em áreas quartzo-feldspáticas com foliação S_2 definida pela orientação de micas. (FMT80-585 lado maior da fotografia 1.3mm). 49
- Figura 10 - Fotomicrografia da textura lepidogranoblástica gerada pelos diferentes minerais micáceos e o quartzo. A) níveis de biotita (Bt) e quartzo (Qtz) com grão de granada (Grt) e clorita secundária (Chl, FMT80-459 lado maior da fotografia 5.2 mm. B) matriz de clorita que contém muscovitas largas e alongadas orientadas com a foliação (Ms_1), transversais à foliação principal S_2 (Ms_2) contendo inclusões de estaurolita (St); C) matriz de clorita fina orientada e com cor azul (FMT37-328 lado maior da fotografia 0.5 mm). D) clorita em contato e como inclusão em granada, FMT80-507. 50
- Figura 11 - Fotomicrografias da distribuição de granada. A) Alternância de bandas micáceas com abundante granada e quartzo separadas por vênulas de quartzo. B) granadas (Grt) cortando a foliação milonítica, disseminadas em bandas de composição micacea com sulfetos, FMT80-459 lado maior 3.25 mm. C) zona de minério na qual a banda de sulfetos (opacos) com granadas (Grt) orientadas com a foliação (S_2) alterna-se com banda de granada com sulfetos e de clorita com sulfetos e granada, FMT80-498 lado maior 3.25 mm. 51
- Figura 12 - Fotomicrografias de granada formadas longe dos corpos de minério. A) porfiroblastos de granada desenvolvidos em matriz de anfibólio e biotita, em banda de quartzo e pirrotita os cristais de quartzo exibem recristalização por migração de borda, rotação e redução de tamanho. Fraturas tardias preenchidas por clorita azul denotam efeitos hidrotermais superimpostos FMT80-476, lado maior 10 mm e 1.2mm. B) desenvolvimento sin-cinemático de granadas com sombras de pressão, trilhas internas paralelas à foliação, porfiroblastos com rotação e texturas helicíficas. Rocha deformada com estiramento do quartzo e fraturamento de granadas. Fotomicrografias C e D de granadas desenvolvidas na clivagem de crenulação (S_2) FMT80-453 lado maior 3.25 mm. C) cristais de granada idioblástica rotacionados, com trilhas

de quartzo internas e orientadas concordantes com S_2 (T80-581 lado maior da fotografia 2.6 mm. D) cristal idioblástico de granada fraturado, alongado com a foliação de crenulação e textura helicoidal sigmoidal de quartzo sobreposta (FMT80-459 lado maior 3.25 mm; FMT80-545, lado maior da fotografia 1.2mm).

53

Figura 13 - Fotomicrografias de cristais de granadas típicos das zonas de minérios. A) bandas de granada com sulfetos e de sulfetos com granada nas que os minerais estão orientados segundo a foliação S_2 (FMT80-498, lado maior da fotografia 3.25 mm). B) texturas internas e hábitos distintos para as duas fases diferentes de granada desenvolvidas nos níveis quartzosos em contato com pirrotita (Po, FMT80-507, lado maior da fotografia 4.20 mm). C) cristais de granada nas que o núcleo evidencia textura e hábito e relação com a foliação da rocha diferente aos da borda, indicando dois estágios de crescimento. Setas indicam as sombras de pressão, linha em vermelho assinala o limite entre cristais (C: FMT80-459⁷, lado maior da fotografia 0.80 mm).

53

Figura 14 - Fotomicrografias de cristais de estauroлита (St). A) estauroлита em matriz de Biotita (bt), quartzo feldspatos na parte média do depósito (FMT80-549, lado maior da fotografia 0.39 mm). B) turmalina (Tur) e estauroлита (St) em níveis com anfibólio (Hbl) e pirrotita (Po) na base do depósito de ouro (FMT80-567, lado maior da fotografia 0.39 mm). C e D) detalhe do cristal de estauroлита (St) incluso em porfidoblastos de muscovita (Ms), Lâmina FMT80-542NC

55

Figura 15 - Fotomicrografias das rochas metamórficas. A) cristais de anfibólio, plagioclásio e granada (Grt) associados a anfibólios hornblenda (Hbl), e cummingtonita (Cum) em seção basal, clorita secundária restrita a bandas e bordas de fraturas na rocha (FMT53-378, lado maior da fotografia 1.62 mm). B) detalhe do anfibólio tipo cummingtonita em seção basal (FMT53-378, lado maior da fotografia 0.90 mm). C) cristais de actinolita com diferentes hábitos, idioblásticos e orientados com S_2 dentro de bandas de biotita, FMT80-569. D) banda de anfibólio com actinolita acicular em disposição radiada sobrecrecidos a cristal de apatita (Ap), cummingtonita na matriz, cristal de granada (Grt) fraturada e clorita secundária preenchendo fratura. FT80-549 (lado maior 1.62 mm). E) Cummingtonita (Cum) geminada em contato com hornblenda (Hbl) e granada (FMT53-378, lado maior 0.90 mm). F) actinolita (Act) geminada em contato com biotita (Bt), pirrotita (Pó) e quartzo (Qtz).

56

Figura 16 - Fotomicrografias do Ortogneise com textura granoblástica. A) Oligoclásio (Olg) saussuritizado FMT83-449, lado maior da fotografia 2.60 mm). B) relação textural dos minerais de quartzo (Qtz), biotitas (Bt), plagioclásio (Plg, FMT83-449, lado maior 2.6 mm).

57

Figura 17 - Fotomicrografia de cristais de turmalina distribuídos em bandas de milonitos. A) nível de turmalina na zona da mineralização com quartzo (Qtz) e pirrotita (Pó, FMT62-385, lado maior da fotografia 3.25 mm). B) turmalinas algumas muito deformadas em zona silicificada e milonitizada, ver quartzo (Qtz) deformado com extinção em cunha, dobrado, e redução de tamanho e alinhamento ripiforme, esta associado a cristais de pirrotita (Po) estirados e fraturados (FMT80-515).

59

Figura 18 - Fotomicrografias de clorita. A) clorita (Chl) desenvolvida em rocha deformada e fraturada constituída por anfibólio (Anf), formando bandas, T53-378, lado maio 5.45 mm. B) clorita gerada por substituição parcial a partir da alteração da biotita (Bt) induzida por deformação e associada à pirrotita (Po, T65-480. C) clorita formando arco poligonal de cor verde e azul, hábito acicular (FMT80-570, lado maior 0.65 mm. D) Clorita derivadas da substituição total de biotita induzida por alteração hidrotermal (Bt), FMT65-590, lado maior 0.65 mm.

60

Figura 19 - Fotomicrografias da ocorrência de muscovita. A) muscovita orientada em matriz de biotita cloritizada (Ms_1), muscovita grossa, larga, com bordas corroídas e sobrepostas à matriz cortando a foliação S_2 (Ms_2), apresenta bordas de reequilíbrio e inclusões no núcleo (lado maior 5.25 mm, FMT80-470). B) detalhe de muscovita larga oblíqua à foliação milonítica S_2 .

note-se as bordas reequilibradas e núcleos com inclusões. C) muscovita restrita produto da alteração de granada (FMT80-459) e associada a hematita. D) cristais de muscovita como bordas corroídas, K-feldspato deformado com geração de textura pertítica e pirrotita (Po, lado maior 5.2 mm, FMT80-586 C).

61

Figura 20 - Fotomicrografia de quartzo e feldspato. A) quartzo deformado ductilmente segundo a foliação S_2 marcada por ripas de quartzo (Qtz) e de pirrotita (Po) acompanhados de turmalina (Tur) do Corpo A (FMT37-235, lado maior da fotografia 0.65 mm). B) plagioclásio (Plg) alterados e com geminação polissintética de tipo albita, biotita (Bt), muscovita (Ms) e quartzo (Qtz) do Corpo B, em círculo vermelho alteração sericitica de plagioclásio, K-feldspato potássico (FMT37-288, lado maior da fotografia 0.65 mm). C) leitos de quartzo (Qtz) e biotita (Bt) em rocha com textura lepidogranoblástica e poligonal com biotita (Bt) e muscovita (Ms, FMT80-587 lado maior 5.25 mm). D) quartzo (Qtz) com redução de tamanho, recristalização dinâmica, e deformação dúctil em milonito, estiramento de pirrotita (Po) e redução de tamanho de turmalina (Tur, FMT62-385).

62

Figura 21 - Fotomicrografias da ocorrência de calcita e apatita. A) calcita (Cal) em banda de biotita e clorita alojada em zona de fratura (FMT80-542, lado maior da fotografia 2.6 mm). B) cristais individuais de calcita em veio de quartzo fraturado (FMT80-519, lado maior da fotografia 1.30 mm). C e D) Cristais isolados de apatita fraturada em transição para banda de anfibólio, apatita e quartzo (Qtz) em C: FMT80-506; D: FMT-37 390, lado maior 2.6 mm).

63

Figura 22 - Vista geral dos frentes de lavra e os tipos de corpos mineralizados, atualmente explorados conjuntamente. A) corpos tabulares com sulfetos e ouro disseminados em sericitita-clorita-biotita-granada xisto. B) zonas de enriquecimento em sulfetos e ouro disseminados em rocha com granada, quartzo, biotita e muscovita, além de veios de quartzo com arsenopirita e ouro.

64

Figura 23 - Fotomicrografias de ocorrências de pirrotita. A) pirrotita (Po) associada e inclusa em granada (Grt, FMT80-507. B) pirrotita (Po) disseminada e orientada nas rochas metassedimentares em contato com arsenopirita (Apy) e Calcopirita (Cpy, FMT80-560). C) pirrotita (Po) nas zonas de alta silicificação (FMT80-549, lado maior 3.25 mm) e D) pirita (Py) pirrotita (Po) e calcopirita (Cpy) em veios de quartzo (FMT80-545, lado maior 0.26 mm).

65

Figura 24 - Fotomicrografias das relações texturais entre sulfetos. A) pirita (Py) em contato com arsenopirita (Po, lâmina FMT63-480). B) pirita (Py), pirrotita (Po) e arsenopirita (Apy) orientadas segundo a foliação S_2 . (FMT65-480).

66

Figura 25 - Fotomicrografias de óxidos e sulfetos. A) cristais isolados subidioblásticos de hematita (Hmt) com inclusões de quartzo de pirrotita, FMT62-385. B) cristais idioblásticos de hematita concentrados em banda de biotitas e muscovitas FMT80-583. C) Hematita com oxi-exoluções de ilmenita e inclusões de quartzo, pirrotita e arsenopirita embebidas em banda com abundante turmalina, FMT62-385. D) cristais de hematita inclusos em banda de turmalina associadas a arsenopirita, note-se a ocorrência de uma hematita sem inclusões no canto direito inferior da foto (Hmt) FMT80-583.

66

Figura 26 - Fotomicrografias do ouro e suas principais formas de apresentação. A) ouro (Au) em contato com pirrotita (Po) (FMT80-507 lado maior 0.26 mm. B) arsenopirita (Apy) em contato com ouro livre e quartzo (Qtz), ouro livre preenchendo fratura junto com arsenopirita (FMT80-519, lado maior 0.26 mm). C) ouro livre em matriz de micas alteradas, relacionado com arsenopirita (Apy) e hematita (Hmt, FMT80-519 lado maior 1.30 mm). D) ouro associado a quartzo (Qtz) incluso em poros de óxidos de ferro (Hmt, lâmina FMT80-493 lado maior 0.26 mm).

67

Figura 27 - Fotomicrografias de relações entre sulfetos e óxidos. A) cristal de calcopirita em contato com cristal de pirrotita, truncados pelo crescimento de pirita, FMT62-385, pirrotita inclusa em hematita que por sua vez esta em contato com arsenopirita, esta última também trunca a continuidade da pirrotita FMT62-385.

69

Figura 28 - Esquema proposto para a sequência de associação mineralógica do depósito de ouro Turmalina.	70
Figura 29 - Fotomicrografia dos porfiroblastos de granada da amostra FMT80-515. As setas indicam o sentido das análises de química mineral.	73
Figura 30 - Perfis composicionais das granadas da lamina FMT80-515 borda-núcleo-borda. Na figura X = número de análise, Y = fração molar.	74
Figura 31 - Fotomicrografia dos porfiroblastos de granada das amostras FMT37-235.7. Linhas vermelhas indicam as formas das inclusões e em preto diferentes épocas de cristalização. As setas indicam o sentido das análises de química mineral.	75
Figura 32 - Perfis composicionais das granadas da lâmina FMT 37-235.7 borda-núcleo-borda. Na figura X = número de análises, Y = fração molar.	75
Figura 33 - Fotomicrografia dos porfiroblastos de granada das amostras T80-472, 480, 515. As setas indicam o percurso das análises de química mineral.	76
Figura 34 - Perfis composicionais das granadas da lamina FMT80-472, 480, 515 borda-núcleo-borda. Na figura X = número de análises, Y = fração molar.	76
Figura 35 - Diagrama de classificação da biotita como função do X_{Mg} de (Deer <i>et al.</i> , 1992). A composição das diferentes amostras é relacionada na legenda a sua posição referente aos corpos mineralizados A, B e gnaíse.	77
Figura 36 - Diagrama de classificação composicional dos anfibólios analisados nas amostras FMT80-459, 472, 480 e 536, segundo Leake <i>et al.</i> (1997).	78
Figura 37 - Diagramas de classificação composicional segundo os grupos de anfobólios de Fe-Mg-Mn-Li e cálcicos para as amostras FMT80-459, 472, 480 e 536 (Leake <i>et al.</i> 1997).	79
Figura 38 - Diagrama composicional de classificação dos feldspatos presentes nas rochas do depósito Turmalina.	80
Figura 39 - diagrama de classificação das cloritas presentes no depósito aurífero Turmalina segundo a classificação de Hey (1954).	81
Figura 40 - Diagrama ternário de classificação de sulfetos (Clark, 1960) do depósito de ouro Turmalina, arsenopirita (Asp), pirrotita (Po), pirita (Py).	83
Figura 41 - Conteúdo promedio de S e As (% Atom) em arsenopirita das amostras estudadas dos corpos de minério A e B.	84
Figura 42 - Diagrama de correlação das temperaturas obtidas segundo as calibrações de Cathelineu & Nieva, (1985); Kranidiotis & Maclean (1987) e Zang & Fyfe, (1995).	88
Figura 43. Trajetória P-T sugerida para as rochas do depósito de ouro Turmalina com base na química da granada.	91
Figura 44 - Fotomicrografias de inclusões fluidas contidas em cristais de quartzo. As flechas indicam inclusões fluidas primárias distribuídas em forma aleatória (A) e em trilhas (B) para o corpo de minério A. Em (C e D) as inclusões fluidas (aquosas) setas azuis, (carbônicas) setas vermelhas e (aquocarbônicas) setas laranja, observadas no corpo de minério B do depósito aurífero Turmalina. Lado maior 0.032mm	94
Figura 45 - Histogramas de frequência para valores das temperaturas eutéticas das soluções aquosas do depósito aurífero Turmalina.	96
Figura 46 - Histogramas de frequência para a temperatura de fusão do gelo (Tfg) das inclusões fluidas aquosas dos minérios A e B do depósito aurífero Turmalina.	97
Figura 47- Histogramas de distribuição de frequências da temperatura de homogeneização total (Thtot) das inclusões fluidas dos minérios A e B do depósito aurífero Turmalina.	98

- Figura 48 - Histogramas de frequência dos valores de salinidade calculados para a totalidade das inclusões fluidas aquosas do depósito de ouro Turmalina. 98
- Figura 49 - Histogramas de frequência dos valores das densidades das inclusões aquosas dos corpos de minério A e B do depósito Turmalina. 99
- Figura 50. Histogramas de frequência dos valores vários parâmetros da fase volátil para as inclusões fluidas aquocarbônicas e carbônicas do corpo de minério B do depósito Turmalina. A e B) temperaturas de fusão do CO_2 . C) salinidade. D) temperaturas de fusão dos clatratos nas inclusões aquocarbônicas. 101
- Figura 51 - Histogramas de frequências dos valores das temperaturas de homogeneização da fase volátil (ThCO_2) e total (Th_{tot}) dos fluidos para as inclusões fluidas do corpo de minério B do depósito de ouro Turmalina. 102
- Figura 52 - Histogramas de frequência dos valores vários parâmetros da fase volátil para as inclusões fluidas aquocarbônicas e carbônicas do corpo de minério B do depósito Turmalina. A e B) temperaturas de fusão do CO_2 . C) temperaturas de fusão dos clatratos nas inclusões aquocarbônicas. 103
- Figura 53 - Histogramas de frequência para a salinidade e a densidade de voláteis das soluções Aquocarbônicas e Carbônicas do corpo de minério B do depósito aurífero Turmalina. 104
- Figura 54 - A) diagrama que relaciona a salinidade com as temperaturas eutéticas das inclusões fluidas aquosas do minério A. Homogeneização para o líquido(l), homogeneização para o gás(g), inclusões dispostas em Trilhas (T) 106
- Figura 55 - Diagrama de correlação entre temperaturas de homogeneização total vs as razões $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ das inclusões fluidas aquosas. Homogeneização para o líquido(l), homogeneização para o gás(g), inclusões dispostas em Trilhas (T). 107
- Figura 56 - A) Diagrama de correlação entre temperaturas de homogeneização total vs as razões $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ das inclusões fluidas aquosas. B) - Diagrama de Th_{total} vs d_{total} das inclusões aquosas. C) Diagrama de salinidade vs proporção volumétrica entre fases, para inclusões fluidas aquosas em quartzo do minério A. Inclusões dispostas em trilhas (T). Homogeneização para o líquido(l), homogeneização para o gás(g). 110
- Figura 57 - Diagramas detalhados de vários parâmetros das inclusões aquosas do corpo de minério A do depósito Turmalina. A, B, e C) salinidade vs proporção volumétrica entre as fases. Inclusões dispostas em trilhas (T, T1, T3). D) Diagrama que relaciona as temperaturas de homogeneização dos fluidos com sua salinidade, mostrando os "trends" sugestivos de diluição e de "boiling". Homogeneização para gás (g) e para líquido (L) 112
- Figura 58 - Diagramas P vs T mostrando a faixa de variação das isócoras relativas às IF primárias do corpo de minério A. Foram consideradas as inclusões que apresentam as isócoras extremas e apenas algumas com isócoras intermediárias. 114
- Figura 59- Diagrama correlacionando volumen de vapor com salinidade (A) e com Th_{tot} (B) e diagrama para a relação temperaturas de fusão e de homogeneização do CO_2 (C) para as IF estudadas no corpo de minério B. 116
- Figura 60 - Diagrama P-T mostrando o cruzamento de isócoras relativas às inclusões pertencentes aos termos extremos da imiscibilidade, corpo de minério B, inclusões fluidas aquosas (aq) e carbônicas (carb). 117
- Figura 61 - Diagramas de, A) densidade da fase volátil versus relações volumétricas entre fases, B) Salinidade vs Th_{tot} para o corpo de minério B. 119
- Figura 62 - Diagramas de isócoras para as zonas da amostra N560 NW (zonas A, B2, B3, B4) do corpo de minério B do depósito aurífero Turmalina 121

Figura 63 - Diagrama de Salinidade vs Temperatura de homogeneização Total das inclusões fluidas dos corpos de minério A e B. Para referência é colocado o diagrama de (Wilkinson 2001) dos rangos típicos para os diferentes depósitos.	123
Figura 64 - Diagrama Sm-Nd para os dados isotópicos das amostras analisadas. Os símbolos em vermelho indicam rochas com alteração hidrotermal pervasiva. Em verde amostra com menor alteração hidrotermal.	126
Figura 65 - Diagrama de evolução isotópica do Nd para as amostras de rocha total analisadas do depósito Turmalina.	127
Figura 66 - Isocronas Sm-Nd do par granada- RT das amostras. FMT80-499.95; N560NW-B; FMT80-549; FMT80-453 respectivamente	128
Figura 67 - Diagrama isocrônico Rb-Sr para o par RT - mineral, em paragênese com granada, associada ao pico metamórfico e RT-Biotita (A - FMT37.288).	130
Figura 68 - Imagens de catodoluminescência na que se identificam os <i>spots</i> das análises realizadas	132
Figura 69 - Diagrama Concórdia U-Pb da amostra de zircão pertencente à rocha de origem ígnea granítica, em vermelho pontos analisados em núcleos herdados.	133
Figura 70 - Diagrama $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dos sulfetos de tipo arsenopirita associados ao ouro no depósito de ouro Turmalina.	134
Figura 71 - Diagrama isocrônico Rb-Sr para o par RT - mineral, em paragênese com granada, associada ao pico metamórfico RT-Biotita (A - FMT37.288) e isócrona RT-Sericita (B - FMT80-586.2) relacionada com o evento de alteração hidrotermal.	135
Figura 72 - Diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para pirrotita com arsenopirita subordinada; a curva de evolução isotópica de Pb de Stacey & kramers (1975) encontra-se lançada para referência.	137
Figura 73 - Diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para os sulfetos associados com o minério de ouro; a curva de evolução isotópica de Pb de Stacey & kramers (1975) encontra-se lançada para referência.	138
Figura 74 - Diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para arsenopirita segundo os resultados da lixiviação de Pb por etapas.	139
Figura 75 - Modelo de evolução terrestre do Pb (Zartman & Doe 1981) para as amostras do depósito Turmalina nos diagramas uranogênico (A) e toriogênico (B) o minério está distribuído paralelamente nas linhas da crosta superior e o ambiente orogênico.	140
Figura 76 - Modelo de evolução termocronológica para o depósito aurífero Turmalina	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Idades isotópicas Pb-Pb e U-Pb em minerais de minérios no Supergrupo Rio das Velhas.	41
Tabela 2 - Relação de amostras usadas no estudo petrográfico.	44
Tabela 3. Minerais analisados mediante microsonda eletrônica no depósito de ouro Turmalina coletadas a distintas profundidades e em distintos testemunhos de sondagens	72

Tabela 4. Termômetro de troca catiônica Fe-Mg entre granada e biotita de Ferry & Spear 1978.	86
Tabela 5. Dados para o cálculo da temperatura segundo termômetro anfibólio-plagioclásio proposto por Holland & Blundy (1994)	87
Tabela 6 - Quadro resumo dos estudos relacionados com o termômetro empírico da clorita.	88
Tabela 7- Relação de inclusões fluidas (IF) distribuídas por corpos de minério, zonas e tipo, constituídas por uma fase líquida essencialmente aquosa mais uma fase vapor, Aquocarbônicas e Carbônicas.	93
Tabela 8 - Dados analíticos Sm-Nd das rochas metavulcanossedimentares e minerais do depósito de ouro Turmalina.	125
Tabela 9. Resultados analíticos Rb-Sr das rochas metavulcanossedimentares e gnaisse do depósito de ouro Turmalina assim como das rochas com cloritoide aflorante na área vizinha.	128
Tabela 10 - Resultados analíticos Pb-Pb em rocha total do depósito de ouro Turmalina	130
Tabela 11 - Resultados isotópicos Rb-Sr para amostras de minério	134
Tabela 12- Análises Pb-Pb (mineral) dos sulfetos do depósito Turmalina	136

APÊNDICES

Apêndice A. Fundamentos teóricos das metodologias isotópicas aplicadas

Apêndice B. Dados analíticos de química mineral

Apêndice C. Dados analíticos do estudo microtermométrico de inclusões fluidas

SUMÁRIO

RESUMO	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	18
2 CONTEXTO GEOLÓGICO	27
2.1 TERRENOS GRANITO GNÁISSICOS	29
2.2 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS	31
2.2.1 Associação de litofácies vulcânica máfica-ultramáfica,	32
2.2.2 Associação de litofácies vulcanossedimentar química	32
2.2.3 Associação de litofácies sedimentar química – elástica	32
2.2.4 Associação de litofácies vulcanoclástica	33
2.2.5 Associação de litofácies ressedimentada	33
2.2.6 Associação de litofácies Litorânea	33
2.2.7 Associação de litofácies não marinha	34
2.2.8 Geocronologia do Supergrupo Rio das Velhas	34
2.2.9 Coberturas Proterozoicas	36
2.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL DO QF	37
2.4 DEPÓSITOS DE OURO NO SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS	38
3 DEPÓSITO DE OURO TURMALINA	42
3.1 PETROGRAFIA	47
3.2 ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL	58
3.3 MINEROGRAFIA	63
3.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS	68
4 QUÍMICA MINERAL E TERMOBAROMETRIA	71
4.1 QUÍMICA MINERAL	71
4.1.1 Granada	72
4.1.2 Biotita	77
4.1.3 Anfibólio	78
4.1.4 Feldspatos	79

4.1.5	Clorita	80
4.1.6	Estaurolita	82
4.1.7	Sulfetos	82
4.2	TERMOBAROMETRIA	84
4.2.1	Termômetro Granada - Biotita	85
4.2.2	Termômetro Anfíbólio-Plagioclásio	86
4.2.3	Termômetro da Clorita	87
4.2.4	Bancos de dados internamente consistentes	89
4.2.5	Discussão de resultados	89
5	ESTUDO MICROTERMOMÉTRICO DE INCLUSÕES FLUIDAS	92
5.1	INCLUSÕES FLUIDAS LÍQUIDAS ESSENCIALMENTE AQUOSAS	95
5.2	INCLUSÕES AQUOCARBÔNICAS E ESSENCIALMENTE CARBÔNICAS	100
5.3	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	104
6	GEOCRONOLOGIA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA	124
6.1	ROCHAS ENCAIXANTES	124
6.1.1	Resultados Sm-Nd	124
6.1.2	Análises Pb-Pb	130
6.1.3	Análises U-Pb	131
6.2	RESULTADOS ISOTÓPICOS DA MINERALIZAÇÃO AURÍFERA TURMALINA	133
6.2.1	Análises Rb-Sr	133
6.2.2	Análises Pb-Pb	135
6.3	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	141
7	EVOLUÇÃO E CONSIDERAÇÕES METALOGENÉTICAS FINAIS	143
8	REFERÊNCIAS	148

1 INTRODUÇÃO

Em termos gerais um depósito de ouro de origem hidrotermal é formado pela precipitação de íons que foram transportados em solução por um fluido com elevada temperatura através das rochas e estruturas da crosta terrestre até um local determinado. A precipitação dessa carga em solução ocorre comumente em locais restritos, influenciada principalmente pelas variações da temperatura, a pressão litostática, e à solubilidade dos elementos ou moléculas neles contidos. Origens diversas como magmáticas, meteóricas, entre outras, têm sido apontadas para esses fluidos, do mesmo modo que liberações de energia térmica ou mecânica são indicadas como as fontes energéticas mais prováveis e responsáveis pela sua mobilização durante um período de tempo dado.

Pesquisas recentes em metalogenia (e.g. Noce *et al.*, 2005, Noce 2000, Baltazar & Zucchetti, 2007 entre outros) têm permitido a determinação dos fatores que condicionam o desenvolvimento de sistemas hidrotermais responsáveis pela formação de depósitos polimetálicos e auríferos. Mediante os estudos de composição de fluidos tem sido reconhecido o caráter polifásico do processo metalogenético e as análises geocronológicas têm permitido avaliar a duração dos processos hidrotermais mineralizantes. A combinação de vários métodos de pesquisa aplicados a minérios tem ajudado a compreender a multiplicidade das causas que determinam este tipo de acumulação mineral e os possíveis efeitos de cada etapa da sua evolução. No caso da jazida de ouro do depósito Turmalina, objeto desta pesquisa, estudos de geoquímica isotópica, geocronologia, microtermometria, com auxílio das análises de microscopia de minérios e de geologia básica, contribuem para esclarecer o comportamento dos metais nos sistemas hidrotermais (origem, transporte e precipitação). Estes também ajudam a entender de que forma a metalogênese é influenciada por mudanças nos regimes tectonometamórficos sobreimpostos.

Em depósitos de ouro, a compreensão do comportamento cinético nos diversos sistemas isotópicos, particularmente no minério e minerais de produto da alteração hidrotermal, quando afetados por eventos de circulação de fluidos em distintas condições de P e T, requer informações como: a) determinar a idade da mineralização e diferenciar o evento(s) mineralizante(s) formador(es) dos corpos de minério; b) compreender e modelar o tempo de vida dos sistemas geoquímicos geradores de minérios; c) identificar os regimes termotectônicos envolvidos nas possíveis fontes de calor que mobilizam fluidos mineralizantes e seus metais em solução. Na abordagem destas questões, se recorre à aplicação de técnicas geocronológicas e de geologia isotópica, já que estas se baseiam no comportamento termodinâmico particular de isótopos radiativos comumente presentes nos minérios e susceptíveis às variações de tais fatores físico-químicos.

Na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) a ocorrência de diversos estilos de mineralização associados a diferentes tipos de alteração hidrotermal, à superposição de eventos tectonometamórficos e complexos controles estruturais nos depósitos de ouro, são entre outros, fatores geológicos que dificultam a determinação confiável das idades de mineralizações e das fontes dos fluidos mineralizantes.

A mineralização aurífera do depósito Turmalina apresenta-se encaixada em corpos tabulares com forma descontínua, cuja ocorrência se relaciona espacialmente com zonas de cisalhamento encaixadas em rochas metavulcanossedimentares localizado para a base do Supergrupo Rio das Velhas. A presente pesquisa objetiva a compreensão dos aspectos genéticos da mineralização, a temporalidade dos eventos pós-mineralização, a fonte dos fluidos hidrotermais e o processo de interação fluido-rocha. A obtenção deste conjunto de informações servirá para auxiliar ao refinamento dos modelos de prospecção aplicados na região.

O objetivo desta pesquisa consiste na obtenção integrada de informações metalogenéticas, de geoquímica isotópica, termocronológicas e microtermométricas dos fluidos mineralizantes com o intuito de ajudar no entendimento da evolução metamórfica e termocronológica da área de estudo. Pretende-se relacionar as fases de circulação hidrotermal com os principais eventos tectônicos associados mediante: i) determinação termobarométrica do pico metamórfico atingido pelas rochas encaixantes do depósito, ii) a identificação da idade da mineralização e do evento hidrotermal; iii) caracterizar os fluidos mineralizantes, as condições físico-químicas de formação dos minerais de minério e de alteração hidrotermal; iv) integrar as diferentes informações mediante modelo conceitual para o depósito de ouro, compará-lo com outros depósitos auríferos da região e com outros análogos dentro do contexto global.

O depósito de ouro Turmalina está localizado no Município de Pitangui, aproximadamente a 140 km a NW de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais (Figura 1). Encontra-se encaixado em rochas metavulcanossedimentares rítmicas associadas com metatufos, e ocasionalmente finas camadas de formações ferríferas bandadas (*BIF*) do Grupo Nova Lima. Este grupo, segundo Baltazar & Zucchetti (2005) constitui uma clássica associação vulcanossedimentar arqueana metamorfsada na fácies xisto verde. As rochas vulcânicas são principalmente lavas máficas e ultramáficas de composição toleítica, com komatiitos subordinados, enquanto que a porção sedimentar inclui *BIF* e chert, bem como rochas clásticas (grauvacas, arenitos e siltitos). A componente fêlsica compreende rochas vulcanoclásticas derivadas do retrabalhamento de lavas e rochas piroclásticas (tufos e aglomerados) de composição dacítica (Noce *et al.*, 2005).

O método aplicado à pesquisa em recursos minerais, como na maioria dos trabalhos em geologia, inicia com a consulta do acervo bibliográfico seguido da amostragem de rochas. Segundo as ênfases do estudo, a aplicação de vários métodos possibilita diferentes maneiras de atingir os objetivos propostos, no caso particular do Depósito Turmalina, por ele estar relacionado com

tectônico regional, os dados geocronológicos disponíveis das unidades regionais, a descrição dos depósitos de ouro com ênfase nas encaixantes do Supergrupo Rio das Velhas. Também foram analisados trabalhos que abordam a aplicação de isótopos radiogênicos em depósitos auríferos em *greinstone belts* e em áreas com contexto e problemática similares às que caracterizam o sul do Cráton de São Francisco. Foi elaborada a pesquisa de estudos de microtermometria, a história da deformação regional e a determinação de trajetórias P-T em terrenos polideformados.

Em duas etapas de amostragem na Mina Turmalina, foram coletadas amostras representativas das rochas aflorantes no depósito, hidrotermalizadas ou não, obtidas no frente de lavra, em galerias subterrâneas ou a partir de testemunhos de sondagens. Durante o reconhecimento geológico realizado nos arredores da mina, foram também coletadas amostras dos diferentes níveis estratigráficos aflorantes do Grupo Nova Lima.

As etapas de amostragem foram feitas sob a coordenação do Prof. Dr. Colombo Tassinari com acompanhamento dos Profs. Drs. Antonio Mateus e José Manuel Munhá da Universidade de Lisboa, Antonio Romano da Universidade Federal de Minas Gerais e William Fagundes Campos da *Jaguar Mining Group*.

O estudo *petrográfico/minerográfico*, foi realizado em aproximadamente 150 lâminas delgadas, sendo que 50% delas correspondem a lâminas bi-propósito (para petrografia de luz transmitida e refletida). Esta análise permitiu definir e caracterizar as fases minerais e as relações texturais e microestruturas associadas em cada litotipo estudado. Também foram descritos os minerais de minério e sua relação genética, possibilitando a seleção de amostras para análises isotópicas e o estudo de química mineral.

As *análises isotópicas* U-Pb (TIMS), Sm-Nd, Rb-Sr e K-Ar foram realizadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – CPGEO, e uma análise U-Pb (SHRIMP II) em zircão realizada no *Beijing SHRIMP Centre, Institute of Geology of the Chinese Academy of Geological Sciences*.

No CPGEIO a preparação de amostras para obtenção de concentrados de rocha total ou de minerais seguiu os procedimentos de Basci *et al.* (1995). As análises isotópicas seguiram as metodologias descritas por Kawashita (1972), Sato *et al.* (1995) e Tassinari *et al.* (2003), entre outros. No *Beijing SHRIMP Centre, Institute of Geology of the Chinese Academy of Geological Sciences* foram seguidos os procedimentos analíticos e os métodos de calibração descritos em detalhe por Stern (1998) e Williams (1998).

No laboratório de preparação de amostras no CPGEIO, cada amostra de rocha é fragmentada com martelo, triturada em pilão de aço até obter fração 60-100 *mesh*, depois é lavada no ultra-som e secada em lâmpadas aquecedoras, para logo ser pulverizada em moinho de bolas. Os concentrados de minerais são obtidos uma vez que a amostra é britada e peneirada (60 – 100 *mesh* e 100 – 150 *mesh*), a fração magnética é retirada com imã de mão e com separador isodinâmico tipo

Frantz. A separação mineral complementa-se com concentração em meio denso através do uso de líquidos pesados (Bromofórmio: $\delta = 2.81 \text{ g/cm}^3$ e Iodeto de metileno: $\delta = 3.32 \text{ g/cm}^3$). A purificação das amostras é feita pelo método de catação manual com auxílio de lupa binocular, posteriormente o concentrado é lavado com água destilada no ultra-som por 20 minutos; secada e enviada ao laboratório limpo para análise de química isotópica.

No laboratório limpo as amostras passam por quatro fases principais: pesagem, ataque químico, separação de íons e por último, leitura no espectrômetro de massas, os procedimentos individuais para cada sistemática isotópica são descritos a seguir:

O método Pb-Pb convencional, através da dissolução total foi utilizado em amostras de pirita, arsenopirita, quartzo cinza e quartzo branco associados ao minério. O procedimento de rotina no CPGeo-USP para análise isotópica de Pb é resumida a seguir:

- Pesagem (20 - 100 mg de sulfetos e 500 mg de quartzo, 100mg de rocha total);
- Digestão em $\text{HF} + \text{HNO}_3$ para silicatos e em $\text{HCl} - \text{HNO}_3$ para sulfetos;
- Adição de HCl 6N;
- O condicionamento da amostra com HBr 0.7N (amostras de rocha total, sulfetos);
- Na coluna de troca iônica a amostra recebe a resina AG-1-X8 (200-400 mesh) seguida da extração do Pb em meio clorídrico 6N;
- Adição de 5 μl de H_3PO_4 0.25N no concentrado final do Pb;
- Secado por evaporação.

A leitura do Pb é feita usando o espectrômetro VG-354 com multicoletor. O Pb é concentrado e dissolvido em 2 μl de sílica gel e depositado em monofilamento de Re previamente aquecido. Os procedimentos de branco durante a realização das análises foram de 100 pg para os sulfetos e 130 pg para rocha total. As razões isotópicas foram corrigidas para fracionamento de massa de 0.12% a.m.u.⁻¹ usando análises múltiplas do padrão internacional NBS 981. Para o tratamento dos resultados e cálculo das idades foram usadas as constantes de decaimento recomendadas por Steiger & Jaeger (1977) e os programas ISOPLOT versão 3.7 de Ludwig (2008) e da Plumbotectônica de Zartman & Doe (1981).

Pelos métodos Sm-Nd e Rb-Sr foram analisadas, as mesmas analisadas pelo método Pb-Pb, amostras de rocha total e amostras de sulfetos. No CPGeo quando analisado Rb-Sr e Sm-Nd na mesma amostra, o procedimento de abertura química é simultâneo, e posteriormente, durante a fase de separação cromatográfica os procedimentos são individualizados na leitura dos elementos de terras raras.

Os elementos Rb e Sr são separados através da técnica convencional de extração por troca catiônica conforme os procedimentos descritos por Kawashita (1972). Em amostras com teores de Rb e/ou Sr menores de 50 ppm e/ou maiores a 650 ppm, determinados previamente por

fluorescência de raios-X, utiliza-se a técnica de diluição isotópica usando os traçadores ^{87}Rb e ^{84}Sr . Para amostras com teores de Rb e/ou Sr entre 50-650 ppm, o Sr é coletado e se utiliza o teor de Rb, com desvio padrão em torno de 2%. Para o cálculo dos teores de Sm e Nd das amostras utiliza-se diluição isotópica com traçador misto ^{150}Nd - ^{149}Sm . Esta técnica consiste na determinação da concentração de um elemento a partir da mistura da amostra mais um traçador (*spike*), cuja concentração e composição isotópica são perfeitamente conhecidas. O procedimento analítico segue a continuação:

- Pesagem de rochas + traçadores, pesos são calculados segundo os teores de Rb e Sr predeterminados, sulfetos + traçadores pesam-se 500mg;
- A digestão de rochas + traçadores se faz com $\text{HF}+\text{HNO}_3$ 3:1;
- sulfetos + traçadores usa-se $\text{HCl}-\text{HNO}_3$ na proporção 3:1;
- Para conversão da amostra adiciona-se HCl 6N que elimina os resíduos;
- Refluxo da resina + amostra em meio HCl 2.62N usando uma trompa de vácuo;
- Para a separação do Rb e Sr usam-se colunas de vidro pyrex com resina de troca catiônica AG 50W-X8 (200-400 mesh);
- Lavagem sucessiva da resina usando HCl 2.6N, até a fração em que o elemento desejado é liberado da resina;
- Coleta dos concentrados de Rb e Sr, Sm, Nd, e ETR adicionam-se 200 μl de HNO_3 ;
- Evaporação dos concentrados com ETR adiciona-se HCl 0.26N;
- A extração do Sm e Nd é feita em coluna com resina LN;
- E finalmente se faz a eluição do Sm e do Nd em meio HCl 0.26 e 0.5 N, respectivamente.

O Rb e o Sr são analisados no espectrômetro de massa multicoletor Micromass VG 354, quando depositados no filamento de Ta, junto com a 2 μl de H_3PO_4 . No entanto o Sm e o Nd são depositados em filamentos diferentes de Ta e Re respectivamente e analisados por separado, o Sm no espectrômetro de massa VG-354, e o Nd no espectrômetro de massa Finnigan 262-multicoletor.

As medidas das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ normalizaram-se para valores de $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ e a reprodutibilidade é controlada pelo padrão internacional NBS 987 com valor médio de 0.71028 ± 0.00006 (2σ). Os controles das análises de Sm e Nd são feitos com leituras do padrão La Jolla com valores de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511849 \pm 0.000025$ (1σ) e BCR-1 com $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512662 \pm 0.00005$ (2σ). As idades modelos são calculadas com relação ao manto empobrecido (DM), segundo as equações apresentadas por DePaolo (1988) para o estágio simples.

O método K-Ar foi utilizado em amostras de Biotita, concentrada nos tamanhos 60 - 100 mesh. O procedimento analítico seguido no CPGeo é dividido em duas partes, extração de Ar e leitura do potássio:

- Extinção de Ar em sistema de ultra vácuo compressão inferior a 10-7 mmHg;

A amostra é colocada em recipiente de molibdênio, inserida em uma garrafa de vidro, levada até a fusão total em um forno de indução que pode atingir os 1200°C;

Adição do *spike* de ^{38}Ar em quantidade conhecida;

Purificação em forno de titânio e forno de cobre;

Concentração de gases em linha de vácuo mediante carvão ativado;

Resfriamento de gases usando nitrogênio líquido (a -183°C).

A determinação das razões isotópicas de Ar se realiza no espectrômetro de massa *Nuclide* MS-1 com fonte tipo *NIER*. O potássio é analisado numa outra alíquota da mesma amostra a qual é previamente diluída, a concentração do potássio obtida é lida num espectrofotômetro de chama do tipo *Micronal* B-262 com padrão interno de lítio. O tratamento dos dados obtidos é feito com o software *ISOPLLOT* versão 3.7 de Ludwig (2008).

Os resultados das análises de geoquímica isotópica/geocronologia obtidos são: nove amostras de rocha total por Sm-Nd e Rb-Sr, cinco minerais de ganga (granada, biotita, plagioclásio, muscovita) por Sm-Nd e Rb-Sr. Seis amostras de rocha total por Pb-Pb e 11 minerais de minério e um lixiviado de cinco pontos por Pb-Pb. Três minerais de ganga por K-Ar (biotita), além de duas amostras de zircão por U-Pb (*SHRIMP*, *TIMS*).

O estudo de química mineral iniciou-se na Universidade de São Paulo e foi complementado no departamento de Geociências da Universidade de Lisboa, os resultados das análises e os cálculos das fórmulas estruturais para os minerais são apresentados por extenso no Apêndice B. Os cálculos geotermobarométricos baseados nas análises das composições químicas de minerais como granada, biotita, anfibólio, clorita, estauroлита, entre outros, tem o propósito de determinar as condições de pressão e temperatura do evento metamórfico, progrado e retrogrado das rochas presentes na área de estudo. Para esses cálculos foram usadas algumas calibrações experimentais e/ou empíricas além da aplicação de bancos de dados internamente consistentes como *THERMOCALC* e *TWO*.

As medições microtermométricas, foram realizadas a partir da observação ótica de lâminas bipolidas no Laboratório de Microtermometria de inclusões fluidas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, usando uma platina de aquecimento-resfriamento do tipo *CHAI-XMECA* MTM-85 acoplada a um microscópio petrográfico. A precisão estimada é de 0,2°C para temperaturas de homogeneização do CO_2 e N_2 , fusão do CO_2 e de clatratos. Para temperaturas de homogeneização total a precisão varia entre 2 - 5°C. As medições semi-quantitativas Raman foram efetuadas no Laboratório de espectroscopia Raman do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal de Minas Gerais, usando um espectrômetro Raman *LABRAM-HR 800* Horiba/Jobin Yvon equipado com microscópio e laser He-Ne (20 mW) à temperatura ambiente. Os dados termométricos foram interpretados baseados nas equações de

Thiery *et al.* (1994 a, b), a composição, densidade, salinidade e isócoras foram calculadas com os programas *FLUIDS* (Bakker, 2003) e *CLATHRATÉS* (Bakker, 1997).

O conteúdo do presente documento foi dividido em sete capítulos, a saber: Apresentação, que além dos objetivos da pesquisa, faz uma descrição resumida dos procedimentos clássicos inerentes à maioria das pesquisas em geologia como revisão dos trabalhos bibliográficos pré-existent, coleta de amostras, realização de análises petrográficas que suportam a seleção de rochas para estudos detalhados, preparação de amostras e separação de minerais para a aplicação de metodologias analíticas específicas.

No **capítulo dois** se descreve a geologia e o arcabouço estrutural da região onde aflora o depósito aurífero. Em destaque as rochas da associação vulcanossedimentar do Grupo Nova Lima, hospedeiras da mineralização de interesse e suas associações minerais, as quais apresentam metamorfismo sobre-imposto. No texto se abordam os efeitos da alteração hidrotermal nas rochas encaixantes, a instalação da mineralização, e sua relação com a gênese de zonas de silicificação associada à muscovita e à aparição de bandas com turmalina. Finaliza apresentando várias ocorrências de ouro no QF e as idades de suas mineralizações as quais servem como referência para contextualizar o depósito Turmalina.

O estudo da evolução metamórfica das rochas hospedeiras da mineralização de interesse é o tema desenvolvido no **capítulo três**. O escopo deste inclui uma descrição petrográfica das rochas na qual se destaca a ocorrência de duas gêneses de granada, a presença local de anfibólio, assim como de turmalina e muscovita. Estes últimos minerais são claros indicadores de processos de alteração hidrotermal na rocha, que junto com as zonas silicificadas consideram-se diretamente associados com o desenvolvimento do minério aurífero. A análise de química mineral em granadas, biotitas e plagioclásio, entre outros minerais, sugerem condições de temperaturas em torno de 600 °C e pressões próximas a 6,6 kbar durante o metamorfismo que afetou essas rochas. A análise de dados de química mineral mediante programas para o cálculo de equilíbrios de fácies minerais foi utilizada como base para as interpretações de evolução metamórfica das rochas que encaixam o depósito de ouro Turmalina.

O **capítulo quatro** mostra a caracterização do minério de interesse, e descreve a associação mineral principal: arsenopirita, pirita, ouro e quartzo. O ouro, tanto livre como incluso em arsenopirita, ocorre em corpos tabulares de alto mergulho, descontínuos e dispostos paralelamente a uma foliação milonítica desenvolvida pelo cisalhamento da rocha hospedeira.

Os metais precipitaram a partir de fluidos que percolaram a rocha, interagindo com estas levemente e precipitado no intervalo de temperaturas entre 300 °C - 400 °C. Estes teriam sido levados em solução por fluidos aquosos e aquocarbônicos sub-saturados. Estas informações são tratadas e descritas em detalhe no **capítulo cinco** no qual se aborda o estudo de inclusões fluidas e análises microtermométricas.

As análises isotópicas apresentadas no **capítulo seis** mostram uma mineralização formada durante o Riachiano com assinatura petrogenética característica de ambiente orogênico, contudo é considerado que a principal época metalogenética no QF é de idade Arqueana (Lobato *et al.*, 2007). No entanto, as características apresentadas por vários depósitos da região mostram padrões de remobilização tanto no Paleo como no Neoproterozóico, constituindo mineralizações epigenéticas (Lobato *et al.*, 2007).

O **capítulo final** se ocupa de integrar as considerações finais do trabalho, com base na interpretação dos resultados analíticos obtidos, se postula que a dinâmica durante o Riachiano das zonas de cisalhamento seria a causa principal da remobilização dos fluidos mineralizantes. Estes fluidos tiveram uma composição principalmente aquosa e aquocarbônica cuja salinidade se relaciona com a presença de íons dissolvidos de cloreto de Na e Ca, a temperaturas entre 300 e 350 °C para a fase aquosa, e temperaturas de homogeneização total de 200 °C a 340 °C para as fases aquocarbônica e carbônica.

Para a elaboração deste texto se utilizaram as normas da Universidade de São Paulo, contidas no documento "*Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte I (ABNT) 2ª Edição, 2009*". A formatação da bibliografia seguiu as normas da Revista Brasileira de Geociências.

No **Apêndice A** se tratam de forma resumida as metodologias das técnicas analíticas aplicadas neste estudo. Continua com a descrição das bases teóricas das técnicas laboratoriais de geoquímica isotópica e geocronologia enfatizando as sistemáticas Pb-Pb, Rb-Sr e Sm-Nd aplicadas ao minério.

No **apêndice B** estão as tabelas que contem os resultados das análises de química mineral além de perfis de composição química de vários minerais analisados.

O **apêndice C** resultados das análises microtermométricas e composicionais de inclusões fluidas.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

Desde a perspectiva geológica, o Quadrilátero Ferrífero (QF) é uma importante região na produção de ouro no Brasil, localizada na porção sudeste do Cráton de São Francisco, o qual é constituído por três unidades litológicas principais: i) terrenos granito gnáissicos arqueanos, ii) seqüências metavulcanossedimentares do tipo *greenstone belt*, incluídas no Supergrupo Rio das Velhas, e (iii) Seqüências metassedimentares de idades Paleo e Mesoproterozóicas das unidades do Supergrupo Minas, Grupo Itacolomi e Supergrupo Espinhaço (Dorr 1969, Machado *et al.* 1989, Noce 1995, entre outros) Figura 2. Estas rochas têm sido submetidas a eventos tectonometamórficos e magnéticos no arqueano, e no Paleoproterozóico por volta de 2.1 Ga. (Endo 1997; Chemale Jr *et al.* 1992; Alkmim & Marshak; 1998; Noce, 1995; Machado *et al.* 1996; Brueckner *et al.* 2000; Teixeira *et al.* 2000) e deformacional no Neoproterozóico arredor de 0.65 Ga. Em particular para o *Greenstone Belt* Rio das Velhas têm sido reportados três eventos deformacionais:

- i) O primeiro evento de tectônica compressiva de idade arqueana é evidenciado por falhas reversas como a Falha Bem Te Vi, dobras isoclinais com eixo orientado ENE e foliação S₁ plano axial estão melhor preservadas ao sul do QF segundo Rynearson *et al.* (1954), Dorr (1969), Ladeira & Viveiros (1984), Corrêa Neto *et al.* (1994), Baltazar (1996, 1998), Baltazar & Zucchetti (2007).
- ii) O segundo evento compressivo também no Arqueano foi bem registrado na porção central do QF, desenvolvendo falhas reversas orientadas para NW e dobras isoclinais com vergência para SW. Destas, as estruturas mais relevantes são as zonas de cisalhamento Acuri, Córrego Areão, Tapera, São Vicente e Raposos (Féboli & Signorelli, 1996), nelas se desenvolveu uma lineação mineral com atitude entre 070°/25° e 060°/20° (Oliveira *et al.* 1997). Uma marcada relação espacial entre a zona de cisalhamento São Vicente e Alteração hidrotermal associadas com os depósitos de ouro Morro Velho, Bela Fama, Bicalho, Urubu, Paciência e Cedro é reportada por Baltazar (1996, 1998) e Baltazar & Zucchetti (2007). Estruturas relacionadas com este evento tectônico têm sido reportadas por Noce *et al.* (1994), Corrêa Neto *et al.* (1994), Baltazar *et al.* (1995), Corrêa-Neto & Baltazar (1995), Féboli & Signorelli (1996), Oliveira *et al.* (1997), Baltazar & Zucchetti (2000), e Lobato *et al.* (2001b).
- iii) Estruturas relacionadas com um evento distensivo teriam criado o espaço para a sedimentação do Supergrupo Minas no Paleoproterozóico (Chemale *et al.* 1994). Uma segunda fase teria permitido o soerguimento de núcleos do embasamento fragmentado a estruturas precedentes e formado domos de granito gnáisses como os complexos Belo Horizonte, Bonfim, Bação, Caeté, Santa Rita, e Santa Bárbara (Corrêa Neto & Baltazar 1995; Baltazar 1996, 1998).

- iv) A instalação de zonas de cisalhamento com orientação N-S em cuja vizinhança se desenvolve foliação milonítica como nos sistemas Fundão-Cambotas (Chemale *et al.*, 1991; Endo & Fonseca, 1992), Ouro Fino, Flechas, Alegria, Frazão e Água Quente ao leste e Ribeirão da Prata e Casté ao oeste (Endo & Fonseca, 1992; Corrêa Neto & Baltazar, 1995) estariam relacionadas com a orogênese Brasileira no Neoproterozóico (Chemale *et al.*, 1991; Alkmim *et al.*, 1994; Schrank & Machado, 1996a).

Figura 2 - Coluna estratigráfica generalizada da área do QF e localização dos principais depósitos auríferos. Apud Scott Wilson (2006).

Estudos geológicos fora da área do QF são restritos e locais, e utilizam nomenclaturas informais, muitas vezes realizados pelas companhias de exploração mineral presentes na área. Embora o depósito de ouro da Mina Turmalina não esteja localizado geograficamente na área do QF, as rochas do contexto regional pertencem às da sequência estratigráfica do Supergrupo Rio das Velhas, no referente às unidades litológicas do Grupo Nova Lima. A seguir são descritas as unidades litológicas do contexto regional e local, com ênfases nas unidades que afloram na área do depósito Turmalina.

2.1 TERRENOS GRANITO GNÁISSICOS

O embasamento do QF está constituído por ortognaisses poli-deformados de composição granodiorítica a tonalítica e unidades subordinadas de rochas ultramáficas, máficas, félsicas e metassedimentares, metamorfasadas em condições de fácies anfíbolito e que podem estar localmente migmatizadas (Teixeira *et al.* 1996). Essas rochas agrupam-se em vários complexos gnaissicos arqueanos, a saber, Belo Horizonte ao norte, Campo Belo ao sul, Caeté ao nordeste, Bação no centro e Bonfim no oeste do QF (Herz, 1970) (Figura 3). As relações geológicas com as unidades adjacentes (seqüências metavulcanossedimentares do Arqueano e rochas supracrustais Proterozóicas) são consideradas como tectônicas por vários autores (Cordani *et al.* 1980; Teixeira *et al.* 1996, Noce *et al.* 2005, Noce *et al.* 1998).

Na área do município de Pitangui as rochas do embasamento estão representadas por gnaisses miôníticos e migmatíticos do informalmente denominado Gnaiss Carioca (Romano, 2006). Teixeira *et al.* (1996), denominaram Complexo Campo Belo à crosta sílica que aflora para oeste do Complexo Metamórfico Bonfim, englobando nessa definição os complexos Divinópolis e Barbacena. O Complexo Campo Belo é composto principalmente de várias unidades litodêmicas, a saber: a) Predominantemente gnaissica que varia em composição de tonalito para granito, b) anfíbolítica, c) meta-ultramáfica, d) quartzítica, e) gabro-norítica, f) granítica (*s.l.*), e g) gabróica. Segundo as características do metamorfismo da área de estudo, as unidades litodêmicas profundas (a,b,c,d), foram geradas ou estiveram sob as condições metamórficas de fácies granulito, enquanto que as unidades mais rasas (e, f, g) refletem um metamorfismo de fácies xisto verde (Fernandes & Carneiro 2000).

De modo geral, a evolução geológica do embasamento no QF é policíclica com os seguintes eventos: i) formação dos TTG no intervalo 3380-2900 Ma. (Teixeira *et al.* 1996), ii) processos de migmatização em $2860 \pm 14/10$ Ma. e 2772 ± 6 Ma., (U-Pb em zircão) além de um

evento metamórfico, no intervalo 2120 -2040 Ma. (Noce *et al.* 1998). Vários períodos de atividade magmática (vulcanismo félsico e plutonismo) são igualmente assinalados e agrupados em três intervalos no Arqueano: 1) 2780-2760 Ma, 2) 2720 – 2700 Ma., e 3) ~2600 Ma. (Noce 2000).

Figura 3 - Mapa Geológico Regional da área de estudo. Tomado e adaptado de Romano, 2006; Carneiro *et al.* 1997.

Os dados isotópicos de Nd, Sr e Pb sugerem que o Complexo Campo Belo corresponde à crosta silícea mais antiga do sul do Cráton de São Francisco, assim indicado pela idade discordante U-Pb de $3116 \pm 10/7$ Ma, de uma amostra de zircão de um *sill* anortositico no *Greenstone Belt* de Piumhi, interpretada como a idade de cristalização. Embora dados Rb-Sr dos migmatitos e gnaisses cinza-esverdeados alinhem-se em uma pseudo-isócrona de 3380 ± 112 Ma, no entanto, três dados desta análise fornecem uma idade isocrônica de 3167 ± 213 Ma, interpretada como idade de formação para essas rochas (Teixeira *et al.* 1996).

2.2 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

É uma seqüência vulcanossedimentar arqueana metamorfisada na fácies xisto verde com transição para anfibolito. Ela aparece tectonicamente desmembrada e intensamente deformada, além de alterada hidrotermalmente e intemperizada. A base é constituída por rochas máficas e ultramáficas, rochas vulcanoclásticas associadas a vulcanismo félsico e metassedimentares de origem química agrupadas no Grupo Nova Lima. No topo ocorrem rochas metassedimentares elásticas incorporadas ao Grupo Maquiné, (Dorr *et al.* 1957, Almeida 1976, Schorscher 1976, Ladeira 1980 e 1988).

Nas sucessivas tentativas de entender a evolução do Supergrupo Rio das Velhas têm sido feitos vários estudos e propostas estratigráficas. Dorr *et al.* (1957) definiram a Série Rio das Velhas e a dividiram nos Grupos Nova Lima e Maquiné. Lockzy & Ladeira (1976), propõem a denominação de Supergrupo Rio das Velhas. Almeida (1976) e Schorscher (1976) reconhecem a seqüência vulcanossedimentar metamorfisada em fácies xisto verde com transição local para fácies anfibolito como uma sucessão *greenstone belt*.

Pedreira & Silva (1996) e Baltazar & Pedreira (1998) agruparam informalmente os grupos litológicos do *Greenstone Belt* Rio das Velhas em associações de litofácies. Como resultado do mapeamento geológico deste *greenstone belt* no QF Baltazar & Zucchetti (2007) caracterizaram este com base em associações de litofácies. No presente trabalho se adota a nomenclatura proposta por Baltazar & Zucchetti (2007) para dito *greenstone* o qual consiste de uma seqüência estratigráfica subdividida de base para topo, em sistemas estratigráficos e tectônicos diferentes, permitindo reconhecer várias associações de litofácies, descritas a continuação:

2.2.1 Associação de litofácies vulcânica máfica-ultramáfica,

Composta por fluxos de lavas toleíticas e komatiíticas com intrusões subordinadas de gabro, anortosito e peridotito intercaladas com *BIF*, chert ferruginoso, pelitos-carbonosos e raras rochas vulcanoclásticas fêlsicas. As rochas máficas predominam na sequência, elas correspondem a basaltos de composição toleítica com texturas preservadas como variolítica, amigdaloidal, subofítica (Vieira 1991) e intrudidos por peridotitos e gabros com texturas cúmulo bem preservadas. As lavas ultramáficas representadas por komatiitos e peridotitos serpentinizados com texturas *spinifex* e *quench* estão parcialmente preservadas (Schorscher 1978). Segundo Campbell *et al.* (1989), a relação entre as lavas máficas e ultramáficas em *greenstone belt* arqueanos, esta dada pela gênese em ambiente de pluma mantélica. Arndt *et al.* (1997) compara a formação arqueana das lavas máficas e ultramáficas com a dos modernos basaltos de *plateau* oceânico.

2.2.2 Associação de litofácies vulcanossedimentar química

Esta associação é formada por rochas toleíticas intercaladas com abundante *BIF* e chert ferruginoso, lentes de rochas sedimentares clásticas como turbiditos carbonáceos e pelitos. Estes últimos aparecem intercalados com sedimentos químicos. Os basaltos são de aparência maciça e textura micrográfica, amigdaloidal e sub-ofítica, localmente gabroide (Zucchetti *et al.* 2000^a).

A abundância relativa das rochas sedimentares químicas desta associação indica um maior período de quietude na associação vulcânica máfica-ultramáfica, não obstante, as duas associações estão estreitamente relacionadas. As características petrográficas e químicas dos basaltos das duas associações e a natureza dos sedimentos são típicas de ambientes de fundo oceânico.

2.2.3 Associação de litofácies sedimentar química – clástica

É caracterizada pela alternância de rochas sedimentares químicas e clásticas finogranulares. Pelitos e filitos carbonáceos predominam e intercalam-se com *BIF*. Esta associação poderia ter sido depositada em períodos de ausência de fluxos basálticos ou em ambientes pelágicos de águas profundas longe dos centros vulcânicos.

2.2.4 Associação de litofácies vulcanoclástica

Composta por rochas vulcânicas clásticas félsicas e máficas, lentes dacíticas intercaladas tectonicamente com fluxos de basaltos de composição adakítica. As rochas vulcanoclásticas, com a fase vulcânica félsica, compreendem quatro litofácies, agrupadas pela similaridade em composição e textura: 1) brechas poli e monomíticas, 2) conglomerados - grauvas, 3) grauvas - arenitos, e 4) grauvas - siltitos.

As quatro litofácies apresentam características texturais e estruturais próprias de um ambiente com variações progressivas e cíclicas, típicas de correntes turbidíticas submarinas, variando a granulometria de grossa (1, 2) para mais fina (3, 4), especialmente do setor leste para o setor oeste do *greenshale belt*. A litofácies grauva-silito desta associação, grada para as grauvas epiclásticas da associação ressedimentada.

2.2.5 Associação de litofácies ressedimentada

Esta associação é a mais amplamente distribuída no QF, inclui três diferentes seqüências de grauva-silito, as quais se apresentam metamorfisadas diferencialmente segundo sua posição estratigráfica na área. Esta associação transiciona lateral e verticalmente para a associação vulcanoclástica. Compõe-se de grauvas, quartzo-grauvas, arenitos e siltitos no setor norte, e conglomerados polimíticos ocorrem localmente no setor sul. Características como a ciclicidade, gradação interna e os contatos abruptos entre elas, indicam que esta associação de litofácies foi depositada por correntes de turbidez, nas quais é possível identificar divisões incompletas da seqüência de Bouma (1962), que correspondem aos níveis Ta-b-d e Td-e. Isto sugere, segundo a nomenclatura de Einsele (1992), que esses sedimentos foram depositados por correntes de alta e baixa densidade.

2.2.6 Associação de litofácies Litorânea

Restrita geograficamente na porção norte do Complexo Bação, é subdividida em quatro litofácies de arenitos i) com estratificação cruzada a grande e mediana escala, ii) com mareas onduladas, iii) com estratificação cruzada tipo espinha de peixe, e iv) com siltitos. Baltazar & Zucchetti (2007) sugerem que esta associação foi gerada em um sistema de dunas costeiras.

2.2.7 Associação de litofácies não marinha

É representada pelos sedimentos clásticos da Formação Casa Forte do Grupo Maquiné, ocorre na porção central e este do QF, constituída por três litofácies: 1) conglomerados e arenitos, 2) arenitos grosso granulares, e 3) arenitos de grão fino a médio. Esta litofácies é correlacionável com ambientes fluviais de rios entrelaçados.

2.2.8 Geocronologia do Supergrupo Rio das Velhas

Embora a importância econômica do QF devido à ocorrência de depósitos auríferos de classe mundial, o acervo de idades consistentes para a formação das rochas, do metamorfismo e principalmente da idade do evento de mineralização, é insuficiente e pouco conclusivo, de modo geral, a evolução tectonomagmática do QF, interpretada com base em análises isotópicas de U-Pb, Pb-Pb, Sm-Nd, Ar-Ar (Figura 4), evidenciam os principais eventos tectônicos, magmáticos e de hidrotermalismo.

Idades próximas a 3500 Ma. U-Pb em zircões detriticos das rochas dos grupos Nova Lima e Maquiné sugerem que os TTG seriam prováveis fontes dos sedimentos das rochas do Supergrupo Rio das Velhas. (Noce *et al.* 2007). Idades obtidas por Schrank & Machado, (1996b) de 3198 Ma. e Suñe *et al.* (2002) de 3809 Ma., apóiam esta hipótese.

Em basaltos da base do Grupo Nova Lima, Lobato *et al.* (2001^a) obtiveram a idade de 2927 ± 180 Ma., Sm-Nd em rocha total, que foi interpretada como a idade de geração do vulcanismo basáltico no Arqueano.

O vulcanismo félsico está representado pelos metarioritos das regiões de Piedade do Pamoeba e de Caeté. Machado *et al.* (1992,1996) obtiveram idades U-Pb em zircão ao redor de 2772 ± 6 Ma. e $2776 \pm 23/-10$ Ma., as quais foram interpretadas como idade de cristalização. Noce *et al.* (2002), publicou os resultados das análises U-Pb em zircões de rochas vulcanoclásticas de Rio Acima, Caeté e Rio Vermelho no QF, indicando três possíveis episódios de vulcanismo félsico na seqüência Rio das Velhas, com idades próximas a 3030 Ma., 2930 Ma., 2780 Ma. Datações U-Pb (SHRIMP e ID-TIMS) em rochas vulcanoclásticas efetuadas por Noce *et al.* (2004, 2005), forneceram idades entre 2792 ± 11 , 2773 ± 7 e 2751 ± 9 Ma. Para esses autores, o intervalo de 40 Ma entre 2792 e 2751 Ma limitaria o período do magmatismo félsico no Rio das Velhas, sem determinar se corresponde a um único evento ou a vários episódios curtos de magmatismo.

Segundo Schrank & Machado (1996b), a atividade metamórfica e o magmatismo que definem o "Evento Belo Horizonte" no período 2920 – 2834 Ma, esta registrada nas idades U-Pb

em zircão e monazita detrítica dos Complexos Bomfim e Belo Horizonte. Silva *et al.* 2000, fazem uma reconstrução da evolução do *greenstone belt* Rios das Velhas, no período de 2800 e 2690 Ma., baseados nos processos tectônicos modernos discutidos por vários autores como Machado & Carneiro, (1992); Machado *et al.* (1992); Noce *et al.* (1998^a), entre outros:

- 1) Fase de expansão do fundo oceânico, ca 2800 Ma com fluxos de lava basáltica e deposição de ciclos sedimentares químicos exalativos
- 2) Fase compressional inicial (2780- 2750Ma.), marca o principal período orogênico caracterizado por um magmatismo coeval bimodal com plutonismo tonalítico a 2780 ± 3 Ma (Schränk & Machado, 1996b; Noce, 2000; Schränk *et al.* 2002; Machado *et al.* 1992) e vulcanismo félsico a $2776 \pm 23/-10$ e 2772 ± 6 Ma. (Machado *et al.* 1992).
- 3) Fase compressional final (2750 – 2690 Ma.) Deposição das seqüências sedimentares e as intrusões granitóides calcio-alcálinos Pós a Tardi tectônicos.

O principal estágio de sedimentação do Supergrupo Rio das Velhas $2746 \pm 5 - 2717 \pm 8$ Ma. Hartmann *et al.* (2006). Uma Idade de 2694 ± 34 Ma. U-Pb SHRIMP em zircão do dique máfico que corta e desloca os corpos mineralizados da mina Córrego do Sítio (Unidade Ressedimentada) limitaria a sedimentação do Grupo Nova Lima e marca um novo limite para idade máxima de deposição (Velásquez 2006).

Segundo Romano (1989) e Noce (2000), um último episódio magmático de tipo granítico afetou o *greentone belt* Rios das Velhas por volta de 2600 a 2575 Ma., no arqueano.

O evento de mineralização de ouro no Supergrupo Rio das Velhas é assinalado por idades não conclusivas (Lobato *et al.* 2001; Belo de Oliveira *et al.* 1990; Noce & Machado, 1998); embora uma análise U-Pb SHRIMP em cristais de monazita hidrotermal do depósito Cuiabá, fornece uma idade de 2672 ± 14 Ma. (Lobato *et al.* 2007), indicando uma idade arqueana para a mineralização.

Figura 4 - Principais eventos tectono-magmáticos que afetaram o *Greenstone Belt* Rio das Velhas no QF. Modificado de Lobato *et al.* (2001) e Baltazar & Zuchhetti (2007).

2.2.9 Coberturas Proterozóicas

As seqüências estratigráficas Proterozóicas compostas por rochas metassedimentares empilhadas nos Supergrupo Minas, Grupo Itacolomí e Supergrupo Espinhaço repousam em discordância angular (inconformidade) sobre a seqüência tipo Supergrupo Rio das Velhas.

O Supergrupo Minas (Dorr 1957, Inda *et al.* 1984) é constituído por quartzitos com intercalações de filitos e níveis de metaconglomerados localmente mineralizados a ouro e urânio, filitos sericíticos carbonosos e ferruginosos do Grupo Caraça; formações ferríferas bandadas de origem química tipo Lago Superior do Grupo Itabira, e pelos quartzitos, filitos ferruginosos, metagrauvas, meta conglomerados e formações ferríferas do Grupo Piracicaba. O Grupo Itacolomi é composto por quartzitos, metaconglomerados, metarenitos e rochas máficas metamorfisadas. Ocorre de maneira restrita na porção NE do Quadrilátero Ferrífero. Os quartzitos do Supergrupo Espinhaço na Serra das Cambotas ocupam uma pequena área na porção nordeste do QF.

As idades que registram a sedimentação do Supergrupo Minas situam-se entre 2606 ± 47 e 2125 ± 4 Ma definido a partir de idades U-Pb (LA-ICPMS), em zircões detríticos da Formação Moeda e ao Grupo Sabará, respectivamente (Machado *et al.* 1996). Segundo Hartmann *et al.* (2006) a idade 2580 ± 7 Ma, obtida em zircões dos quartzitos da Formação Moeda delimitam a idade máxima desta.

A sedimentação do Grupo Itacolomi está limitada a uma idade mínima U-Pb obtida em zircões detríticos de 2059 ± 58 Ma (Machado *et al.* 1996).

O intervalo de formação do Supergrupo Espinhaço é de 1840 a 1715 Ma, segundo idades U-Pb em zircão (Chemale *et al.* 1994; Alckmin & Marshak, 1998). Para determinar o início da deposição do Supergrupo Espinhaço, em Minas Gerais, foram consideradas idades U-Pb em zircão de 1.77 e 1.72 Ga, (Brito Neves *et al.* 1995b) em tanto que, no estado de Bahia, para esse mesmo grupo, foram obtidas idades U-Pb em zircão de 1.74, 1.75 e 1.8 Ga (Babinski *et al.* 1993; Schobbenhaus *et al.* 1994).

2.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL DO QF

A abordagem da análise estrutural no QF apresenta diversas visões. Elas incluem conceitos desde: i) geossinclinal puro (Dorr 1969), ii) análises dos estilos de dobras e orientações de planos axiais, iii) xistosidades e fases de deformação (Ladeira & Viveiros 1984, Vieira & Oliveira 1988), iv) até feições originadas por cisalhamento não coaxial, em diferentes níveis estruturais e deformações polifásicas segundo Marshak & Alckmin (1989), Baltazar & Zucchetti (2007), entre outros.

Baseados em dados geológicos, estruturais e geocronológicos obtidos para o *Greenstone Belt* Rio das Velhas, Baltazar & Zucchetti (2007), o dividem em quatro domínios morfotectônicos definidos pelo estilo estrutural e segundo a direção das principais mega-estruturas de cada um deles. Em cada domínio se preservam estruturas planares e lineares, como resultado de três eventos deformacionais que afetaram o *Greenstone Belt* Rio das Velhas. As análises estruturais apóiam-se nas estruturas melhor preservadas em cada domínio e foram extrapoladas para todo o *greenstone belt*.

O primeiro evento compressivo gerou estruturas regionais, que incluem falhas reversas com direção leste e caimento para N, dobras recumbentes e isoclinais sub-horizontais com vergência sul, cujos eixos têm caimento NE e uma foliação S_1 plano-axial associada. Essa fase compressiva arqueana afetou unicamente ao Grupo Nova Lima. A estrutura principal neste domínio é a Falha Bem-te-vi de baixo ângulo e mergulho para o norte.

São reconhecidas na porção central do QF, estruturas bem preservadas, que correspondem a zonas de cisalhamento com movimentação sinistral (Açurui, Córrego Areão, Tapera, São Vicente e Raposos) e dobras isoclinais recumbentes com direção NW e vergência para SW. Uma foliação S_2 com orientação 060/35, plano axial às dobras definidas por S_0/S_1 que sugerem uma transposição da deformação. Essas estruturas representam um primeiro evento compressivo que afetou as rochas

dos Grupos Nova Lima e Maquiné. Mas não teve efeito sobre as rochas metassedimentares Proterozóicas do Supergrupo Minas depositadas por cima do Grupo Maquiné.

Para Suito *et al.* (2002) baseado na idade U-Pb em zircão detrítico dos arenitos da Serra dos Andaimes (Formação Palmital-Grupo Maquiné ou Associação de Litofácies Litorânea), a idade de geração das estruturas S_1 e S_2 é mais nova do que 2.75 Ga., e mais velha do que 2.6 Ga., esta é considerada como a idade mínima de deposição da base do Supergrupo Minas. Já Lobato *et al.* (2001) sugerem que a idade da estrutura S_2 é próxima a 2.67 Ga., idade mais provável do evento de mineralização no QF, já que os corpos de minério apresentam-se paralelos à foliação milonítica (S_2) na parte central das zonas de cisalhamento.

O segundo evento é de caráter extensivo, está representado pela sedimentação das rochas do Supergrupo Minas e pelo soerguimento de blocos do embasamento granito-gnáissico. Mediante este teria-se definido a estruturação atual do QF tipo domo e quilha (Alckmin & Marshak 1989). A Orogenia Brasileira, que ocorreu no Neoproterozóico, seria a responsável pela transposição, reorientação e reativação das estruturas pre-existentes e pela geração de grandes sistemas de falhas de empurrão e dobras isoclinais recumbentes de direção NS com vergência para W, (Chemale *et al.* 1991; Alkmim *et al.* 1994; Schrank e Machado, 1996a).

2.4 DEPÓSITOS DE OURO NO SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

Alguns depósitos mesotermiais em veios de quartzo localizados ao longo de estruturas de cisalhamento de alto ângulo dentro de terrenos *greenstone* exibem como feições características, deformação rúptil-dúctil, veios preenchendo fraturas e minérios embebidos em rochas com trama foliada desenvolvida em fácies xisto verde. Estes depósitos *lode* ocupam zonas de cisalhamento com mergulho alto e se desenvolvem sintectonicamente em regime de esforços compressivos e/ou transpressivos (Groves *et al.* 2003), contrário às mineralizações epitermais de quartzo e ouro que se associam com sistemas de falhas distensivos ou transtensivos (Sibson *et al.* 1988). Nos sistemas epitermais os veios de quartzo com ouro têm geometrias planas, forma corpos tabulares individuais ou em grupos dispostos paralela ou transversalmente às estruturas de cisalhamento (Biondi, 2003), geralmente a mineralização aparece em veios e raramente substitui a própria rocha hospedeira cisalhada e misturada a veios deformados.

Nos terrenos *greenstone* os depósitos em veios hospedam-se em seqüências vulcânicas máficas a ultramáficas de afinidade toleítica com rochas vulcânicas intermediárias cálcio-alcálicas, associadas com seqüências sedimentares clásticas (turbidíticas) e intrusões félsicas subordinadas.

Estas rochas hospedeiras comumente têm sido metamorfasadas em fácies xisto verde baixo a médio, e em fácies anfibolito que aparecem localmente restritas.

Os principais depósitos de ouro do *Greenstone Belt* Rio das Velhas ocorrem nas diferentes associações de litofácies do Grupo Nova Lima. A maioria dos depósitos de ouro (> 95%) se hospeda em BIF e "Lapa Seca" (rocha rica em quartzo e carbonato). O resto deles (~4%) aparece em rochas máficas - ultramáficas, rochas vulcanoclásticas e sedimentares (Lobato *et al.* 2001b, c). No QF os corpos mineralizados em ouro localizam-se principalmente em zonas de alteração hidrotermal relacionadas com estruturas de deformação (em zonas de cisalhamentos e de falhas, em zonas de charneira de dobras e de clivagem plano axial, e em juntas). Eles relacionam-se com a geração da foliação milonítica S₂ (060/35) que é subparalela ao bandejamento composicional das rochas encaixantes.

Na área de Pitangui, Frizzo *et al.* (1991), descrevem depósitos vulcanogênicos nos que o ouro está disseminado em níveis sulfetados e cloritizados das zonas de alteração do tipo silicática, muscovítica e propilitica desenvolvida ao longo de uma zona de cisalhamento dúctil-rúptil que afeta as rochas ultramáficas, máficas e/ou piroclásticas da área. Na escala do depósito o controle estrutural é estabelecido por falhas reversas de segunda e terceira ordem com atitude NW-SE. Segundo Ribeiro-Rodriguez *et al.* (1997), os depósitos auríferos do QF exibem três estilos de mineralização, caracterizados por diferentes classes e teores da mineralização (Figura 5), a deformação da rocha hospedeira e mineralogia do minério, esses estilos são:

- a. Stratabound associado com BIF; constituído por pirita e arsenopirita que substituem as bandas de minério de ferro das BIF ou do carbonato de ferro na "lapa seca" (Vieira, 1987, 1991), o ouro está associado com pirita.
- b. Sulfeto disseminado ao longo de zonas de cisalhamento em rochas vulcânicas e sedimentares ricas em ferro; constituídos por pirrotita com pirita e arsenopirita subordinadas. O ouro acompanha as arsenopiritas. Os grãos de ouro possuem dimensões entre 50-120 µm, quando encontrados em pirrotita, e entre 10-50 µm quando associados a pirita e arsenopirita. Já quando o ouro ocorre em quartzo ou em carbonato, os grãos são <20 µm (Lobato *et al.* 2001; Velásquez, 2006).
- c. Associado a veios de quartzo-carbonato, sulfetos em enriquecimentos silíceos locais que aparecem em zonas de cisalhamento que cortam as rochas metavulcânicas e metassedimentares.

Os modelos genéticos propostos para as mineralizações de ouro do QF são conflitantes: i) diferentes feições singenéticas e epigenéticas, ii) diversas interpretações de dados geocronológicos (Ladeira 1988, Vial *et al.* 1988, DeWitt *et al.* 2000, entre outros), e iii) variedade de eventos deformacionais sobrepostos.

Para Ladeira (1988), as mineralizações hospedadas tanto em *BIF* como na “lapa seca” (Mina Morro Velho), seriam de origem singenética, geradas por precipitação química de fluidos aquosos, termais, redutores e ascendentes que devido à coalêscencia com a água de mar depositaram-se no assoalho oceânico. Esta origem estaria refletida na distribuição uniforme das concentrações de ouro e na distribuição em bandas dos sulfetos.

Figura 5 - Modelo estrutural para as mineralizações de ouro hospedadas no Supergrupo Rio das Velhas no QF segundo Riberio-Rodrigues (1997).

Vieira (1987); Lobato *et al.* (2001, 2007), entre outros autores, propõem um modelo epigenético de substituição metamórfica, limitado a um único evento tectônico, deformacional que pós-data o metamorfismo máximo. Neste modelo os fluidos interagem com as rochas do Supergrupo Rio das Velhas e promovem a precipitação de minerais de alteração hidrotermal e ouro. Estes autores ressaltam que algumas feições observadas nos depósitos de ouro do Grupo Nova Lima seriam semelhantes às que apresentam os depósitos de origem epigenético metamórfico (*lode gold*) que ocorrem em outros *greenstone belt* no mundo. A idade de deposição do ouro das principais províncias auríferas em seqüências vulcanossedimentares arqueanas do mundo (Província Superior - Canadá, bloco *Yilgarn* - Austrália e Cráton de Zimbábue), é considerada entorno de 2.6 Ga. No QF o principal evento de mineralização no Grupo Nova Lima estaria relacionado ao final do Arqueano, com remobilizações posteriores associadas possivelmente aos ciclos orogênicos do Paleo e Neoproterozóico. Segundo Thorpe *et al.* 1984, um dos possíveis eventos de remobilização de Pb, seria próximos a 2400 Ma, e afetou algumas das mineralizações da

região do QF. A influência da orogênese Brasileira no QF foi sugerida por Silva (2006) na mineralização aurífera do depósito de Cuiabá (Tabela 1).

Para Lobato *et al.* (2001c), depois do evento tectono-metamórfico e magmático de 2780 a 2700 Ma., teria-se a mineralização aurífera em torno de 2670 Ma., que seria similar à idade de 2650 Ma., indicada por DeWitt *et al.* 1994, para a mineralização do depósito de São Bento. Dados U-Pb *SHRIMP* obtidos de cristais de monazita hidrotermal das minas Morro Velho e Cuiabá, fornecem uma idade de 2672 ± 14 Ma., que segundo os autores, representa a primeira idade confiável e precisa da mineralização de ouro associada com a evolução *Greenstone belt* Rio das Velhas (Lobato *et al.* 2007).

Tabela 1 - Idades isotópicas Pb-Pb e U-Pb em minerais de minérios no Supergrupo Rio das Velhas

Autor	Idade Modelo Pb-Pb Ma	Material datado	Interpretação da idade
Thorne <i>et al.</i> (1984)	2710	Galena de Veios de quartzo que cortam "lapa seca" Mina Bela Fama	Idade mínima da jazida.
	1935		Idade modelo
	2409 e 2418	Galena de Veios de quartzo que cortam BIF - Mina Calaba	Idade de mineralização
	2554	Galena de Veios de quartzo que cortam BIF - Mina Espromma III	Idade da mineralização
	2425	Galena de Veios de quartzo que cortam BIF - Mina Faria.	Idade da mineralização
DeWitt <i>et al.</i> (1994)	2493 e (2574)	Galena de Veios de quartzo que cortam "lapa seca" Mina Bacalhau	Idade da mineralização
	2569		
DeWitt <i>et al.</i> (1994)	2650	Apy - Py do depósito São Bento	Idade da mineralização e sedimentação
	2820	Rochas Mina Morro Velho	Idade da mineralização
Neco (1995)	U - Pb 2580	Rútilos hidrotermais de rocha vulcânica máfica mineralizada - Caeté	Idade da mineralização ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, 24% discordante)
DeWitt <i>et al.</i> (2000)	2720	Apy - Py RT, Mina São Bento.	Idade da mineralização e sedimentação
Silva (2006)	2730 - 2570	Pirita e Pirrotita - Mina Cuiabá	Do evento de mineralização
Velasquez (2006)	2694 ± 34	Zircão do dique máfico que corta a sequência metassedimentar, Mina Córrego do Sítio	Idade máxima de sedimentação
Lobato <i>et al.</i> (2007)	2672 ± 14	Monazita hidrotermal, Mina Cuiabá e Morro Velho	Idade da mineralização

Arsenopirita (Apy), pirita (Py), rocha total (RT).

3 DEPÓSITO DE OURO TURMALINA

A mina Turmalina localiza-se 6 km ao sul da cidade de Pitangui, aproximadamente 140 km a NW da cidade de Belo Horizonte, pertence à Mineração Serras do Oeste Ltda. (MSOL), divisão do *Grupo Jaguar Mining Inc.* A exploração de ouro na região de Pitangui começou com a empresa *Anglogold Ashanti Ltda.* nos anos de 1992 e 1993. No ano de 2006 a MSOL Ltda. completou a fase de exploração de superfície com um programa de sondagem de 93 furos para um total de 30196 m. Nesse período (1992-2006) produziu 373000 tn. de minério da zona oxidada e recuperou 35500 oz. de ouro pelo método de lixiviação em pilha. Essa exploração permitiu a correlação das zonas de mineralização e a avaliação das reservas minerais estimadas segundo os padrões do *Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum - CIM*. O total de reservas provadas e prováveis do minério foi de 2916000 tn com um conteúdo de ouro de 587000 oz (6.3g/tn, segundo publicado no site www.jaguar.com consultado em 21 mayo 2007).

O depósito de ouro explorado ocorre em sericita-clorita-biotita-quartzo xisto, encaixado entre metapelito rítmico e metatufito clorítico, correlacionáveis com a parte superior da unidade de rochas piroclásticas do Grupo Nova Lima. Para Frizzo *et al.* (1991), estes xistos fazem parte do Grupo Pitangui que aflora na faixa Pitangui – Matéus Leme. Este grupo faz parte de uma sucessão vulcanossedimentar arqueana metamorfisada em fácies xisto verde composta por rochas metamáficas e metaultramáficas na base, seguida por rochas metapiroclásticas na parte media e por rochas metassedimentares ao topo. Esta sucessão de rochas metavulcânicas e metassedimentares está em continuidade com o Supergrupo Rio das Velhas através da faixa da Serra do Curral e corresponderia à porção mais ocidental do *Greenstone Belt* Supergrupo Rio das Velhas (Romano, 1993) e o Grupo Pitangui de Frizzo *et al.* (1991), seria equivalente ao Grupo Nova Lima (Romano, 2006).

Com base na geologia da mina e nas análises de testemunhos de sondagens realizadas, os corpos mineralizados no depósito Turmalina são de três tipos descritos a seguir: i) corpos tabulares com baixo conteúdo em ouro (0.5 – 3 g/tn) nos quais os sulfetos que acompanham o ouro aparecem disseminados em biotita-clorita-quartzo xisto (corpos de maior continuidade e tamanho), ii) zonas de enriquecimento em sulfetos e ouro disseminados em quartzo-biotita xisto ao redor de veios de quartzo. O teor de ouro varia de 0.5 até 10 g/tn e, iii) veios de quartzo descontínuos e em boudins de tamanhos centimétricos até decimétricos com ouro disseminado, principalmente localizado na parte oeste do depósito. Estes veios apresentam os maiores teores em ouro 2-27 g/tn.

Atualmente na mina são explorados os corpos de tipo (i), aqui denominados A e B, dos quais o Corpo (A) Turmalina NE tem 200 m de extensão, mergulho de 60NE e espessura média de 3 m. Já o Corpo (B) Turmalina Principal tem 250 m de extensão, mergulho de 60NE e espessura média de 8 metros (Figura 6). Eles têm forma tabular, bandeamento composicional e estão dispostos paralelos a uma foliação que transpõe o acamamento sedimentar e se associam a uma zona de cisalhamento local com cinemática sinistral, caimento subvertical e orientada para NW a qual desloca os corpos de minério tanto no rumo como no sentido do mergulho. A forma, o sub-parallelismo com o acamamento das rochas hospedeiras, e o bandamento composicional foram critérios utilizados por Frizzo *et al.* (1991) para propor que a mineralização do depósito Turmalina é estratiforme.

Figura 6 - Distribuição dos corpos de minério (A superior e B inferior) explorados no depósito Turmalina segundo a posição relativa nos furos de sondagem.

Na região de Pintagui se reconhecem algumas estruturas, entre elas o cisalhamento Pará de Minas (constituído por várias falhas transcorrentes) que separa o embasamento cratônico do

complexo Campo Belo (ao sul) da sequência *greenstone belt* ao norte. A deformação das rochas apresenta duas fases principais, a fase D_0 é de natureza dúctil e afeta somente o topo da sequência metassedimentar. Está caracterizada por um sistema de dobras com direção axial NW-SE e com vergência aparentemente S-SW, xistosidade plano axial S_0 , penetrativa que transpõe S_0 , e uma lineação mineral e de crenulação em torno de N-S. Uma fase D_{a+1} , de caráter compressional progressiva, afeta o Supergupo Minas. Ela produz dobras com eixos axiais NE-SW até NW-SE, está associada com a xistosidade S_{a+1} cuja atitude varia N30 a N50. Esta fase compressiva deforma as estruturas geradas durante a fase D_0 . (Romano, 1989).

A análise estrutural efetuada tanto na superfície como nas galerias da mina Turmalina, mostra atitude variável da foliação principal (N35°W/45° - 70° N), lineações de estiramento (20° - 45° NE) e abundantes critérios cinemáticos que evidenciam cisalhamento sinistral, consistentes com o regime da deformação regional. Nos testemunhos de sondagem observam-se apófises granitóides que intruderam a sequência metavulcanossedimentar. As relações geométricas (em particular, o fato de que a foliação principal atravessa o contato em continuidade) sugerem que a intrusão antecedeu a fase principal de deformação. Em forma restrita a foliação produto de esforços transpressivos é profusamente recortada por veios de quartzo e sulfetos, (com atitude muito variável N25°W/50°SW por vezes em échelon, exibindo critérios cinemáticos transtensionais dextrógiros), refletindo episódios extensionais localizados.

Em síntese, à escala regional, as estruturas dominantes que se observam nas diferentes unidades, ora meta-sedimentares ora meta-vulcânicas do Grupo Nova Lima, refletem um regime de deformação transpressiva ao qual se associa dobramento polifásico, com vergência predominante para SW e desenvolvimento de foliação/recristalização metamórfica. A partição da deformação é notável, concentrando-se em zonas de cisalhamento (quilométricas - Lineamento de Pitangui), com cinemática sinistral e orientação geral NW-SE cavalgantes para o quadrante SW. A deformação cisalhante, induz imbricação tectônica e sobre-espessamento crustal, reativando o contato entre as unidades do Grupo Nova Lima e o Complexo Gnaissico-Migmatítico regional.

Os diferentes litotipos selecionados para análises e a sua relação com as profundidades nos furos de sondagens, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Relação de amostras usadas no estudo petrográfico.

TIPO DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO NA SONDAAGEM (m)
Rocha não mineralizada	T65: 454,78; 460,75
	T80: 459,472; 476,470, 477,20; 480,30; 493,50; 495,98
Corpo mineralizado A	T37: 233,18; 235,72; 239,84; 247,41; 248,89
	T62: 379,30; 383,65; 385,13; 381,06
	T64: 226,42; 227,91
	T65: 523,01
	T80: 507,15; 515,25
Rocha não mineralizada	T37: 282,70; 287,37

TIPO DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO NA SONDAGEM (m)
	T64:320.26 T65:548.29 T59:313.74 T80:519.15;520;527.55;530.50;536.50;542.75;545;549;567
Corpo Mineralizado B	T37: 288.69; 288.90;289.55;291.40;292.70;294.67;295.31;295.97;297.16 T59:331.39;330.37 T80:569.50;571;573.90;581.1;581.79;583.50;585
Rocha não mineralizada	T37:304.07;311.23;320.72;328.30;330.30;393.95 T53:374.10;355.75;379.90;363.20;378 T83:458.90;453.30;445.75;446.40;445 T80:587.90;588.10;586.20;595;598

De maneira simplificada, os litotipos hospedeiros do depósito Turmalina podem-se dividir em três seções de acordo com a sua relação com os corpos de minério que são descritos a seguir: i) rocha com hornblenda, biotita e plagioclásio alternado com rocha constituída por quartzo, plagioclásio An₃₅₋₅₀, biotita que localmente possui granada e clorita quando próximos aos corpos de minério, ii) rocha rica em cummingtonita na base dos furos que ocorrem num intervalo de até 50 m de espessura em contato abrupto com a unidade de xisto com quartzo e biotita suprajacente (Figura 7), e iii) ortognaisses em contato intrusivo com a sequência. A primeira unidade corresponderia à associação vulcanoclástica do Supergrupo Rio das Velhas no conceito de Baltazar & Zucchetti (2007).

Figura 7 - Contato entre rochas com cummingtonita com quartzo, biotita, clorita e muscovita, em detalhe observa-se a transição de banda de composição félsica para banda de composição máfica e variação no tamanho do grão. FMT80-593.

A mineralização (de sulfeto e ouro) do depósito Turmalina está relacionada a uma zona de cisalhamento de direção NW, oblíqua à orientação do pacote estratigráfico, que promoveu a passagem de soluções hidrotermais com sulfetos e ouro. Eventos tectônicos simultâneos e/ou posteriores à formação da mineralização causaram controle linear acompanhado de concentração de sulfetos. Ao NW do depósito Turmalina, ocorrem corpos silicificados, mineralizados com sulfetos cuja orientação e controle estrutural é condizente com a disposição dos alinhamentos

Penha-Onça de Pitangui-Pará de Minas. Estes corpos localmente foram deslocados na horizontal aproximadamente 40 m por uma falha subvertical orientada para NE.

As rochas hospedeiras do depósito de ouro Turmalina exibem associação mineral indicativa de condições de metamorfismo em fácies anfibolito, o controle estrutural dos corpos de minério com mergulho variável de (50-80°NE), a presença de foliação milonítica neles e de veios de quartzo deformados, sugerem que o depósito Turmalina apresenta feições características de depósitos tipo *lode gold*, nos termos da definição de Groves *et al.* (2003).

Em geral, a variação da profundidade dos litotipos no depósito de ouro apresenta uma estreita relação com um protolito estratificado, composicionalmente heterogêneo, o qual foi submetido a vários efeitos tectonometamórficos envolvendo compartimentação tectônica, milonitização, alteração hidrotermal associada, e acumulação de minérios poli-metálicos. Esquemáticamente, a rocha encaixante do depósito Turmalina apresenta variação composicional de topo para a base, segundo três setores descritos a seguir:

O **Sector I** representa entre 220 e 250 m de espessura. São bandas intercaladas de rocha foliada com biotita, quartzo e de rocha com cummingtonita, biotita e plagioclásio, que na vizinhança com os corpos de minério contém granada, nesta última, a concentração de granada e biotita aumentam para o contato com o minério. Para o contato com o corpo de minério, nos níveis com cummingtonita, podem ser encontradas clorita e muscovita, assim como bandas de granada com sulfetos disseminados.

O **Corpo de minério A** constitui até 5 m de espessura está conformado pelas seguintes variações em composição de topo para base: i) rocha com cummingtonita, clorita, biotita e plagioclásio, ii) banda de granada maciça com pirrotita e vênulas de quartzo com arsenopirita e ouro, iii) zona de minério constituída por quartzo, pirrotita, pirita, arsenopirita e ouro, que atinge até 3 m de espessura, iv) na base do minério aparece uma banda de turmalina alternada com bandas de quartzo+turmalina+pirrotita; v) banda de granada com pirrotita, arsenopirita e ouro que passa para granada maciça, vi) zona com clorita, granada e quartzo que grada para muscovita, clorita, biotita, quartzo, arsenopirita e ouro disseminado, além de vênulas de quartzo com arsenopirita e ouro.

O **Sector II** constitui uns 30 m de espessura. Corresponde a uma rocha foliada principalmente constituída por estauroлита, biotita, cummingtonita, quartzo e plagioclásio (An_{20-35}). Está localizado entre duas zonas de cisalhamento nas quais se encaixam os corpos do minério A no topo e B na base.

O **corpo de minério B** tem uns 8 m de espessura, de topo para base a composição mineral que varia em bandas e zonas segundo a descrição apresentada a seguir: i) no topo começa por uma

zona constituída por anfíbólios (cummingtonita, hornblenda, actinolita), clorita, muscovita, biotita e um pouco de granada disseminada; ii) banda de granada maciça com pirrotita, vênulas de quartzo com arsenopirita e ouro; iii) zona de minério a qual possui entre 2 e 4 m de espessura e contém principalmente quartzo, pirrotita, pirita, arsenopirita e ouro; iv) na base do minério ocorre uma banda de turmalina na qual observa-se a transição para banda de quartzo com turmalina e pirrotita seguida da banda com granada, pirrotita e vênulas de quartzo com arsenopirita; v) banda de granada maciça com pirrotita arsenopirita e ouro e; vi) rocha xistosa com granada, quartzo e clorita além de pirrotita, arsenopirita e ouro que grada para rocha sem granada, mas com vênulas de quartzo, arsenopirita e ouro.

O **setor III** possui uns 250 m de espessura. Nele predomina uma associação mineral derivada do metamorfismo de rochas máficas. Trata-se da rocha de aparência xistosa com cummingtonita e clorita que perde a clorita à medida que se afasta do contato com o minério. Localmente, esta rocha intercala-se com finas bandas de rocha com biotita, clorita, plagioclásio e quartzo e bandas onde além da cummingtonita, possui hornblenda. Na base aparece uma zona de uns 10 m de espessura constituída por estaurolita-cummingtonita-plagioclásio (An_{20-35}) xisto, para a base aflora uma rocha de composição máfica, constituída por cummingtonita, e plagioclásio; clorita rica em ferro que se relaciona localmente a zonas de fraturas. Para a base da coluna analisada mediante o uso de testemunhos de sondagem a rocha xistosa está em contato com ortogneisses cuja foliação mostra continuidade com a da rocha encaixante.

3.1 PETROGRAFIA

Mediante o estudo petrográfico de lâminas delgado-polidas obtidas de testemunhos de sondagem, escolhidos segundo sua posição estratigráfica, foram caracterizados os litotipos que hospedam o depósito de ouro Turmalina e foi feita a descrição dos minerais de minério (sulfetos e ouro) que estão tanto disseminados como nos corpos de minério A e B (tabela 2). O estudo petrográfico busca determinar as associações mineralógicas e texturais das fases de ganga da rocha e identificar alguns minerais e paragéneses que possam ser usados como indicadores da história tectonometamórfica ocorrida no depósito Turmalina. As abreviaturas dos minerais apresentadas em algumas figuras e no texto são segundo Kretz (1983) e complementadas segundo Spear (1993).

Setor I. Para o topo as rochas hospedeiras do depósito de ouro apresentam composição e textura descritas a seguir. São rochas foliadas nas quais há alternância de bandas com anfibólio e quartzo-feldspáticas. Por sua vez nas bandas que apresentam anfibólio podem-se apresentar

variações nas quais há presença de plagioclásio, clorita e biotita e outras porções nas quais se associa com clorita, muscovita, biotita e granada (Figura 8). Essas intercalações composicionais podem ser rítmicas e exibem espessuras, granulometria e texturas distintas, sendo que há variações na intensidade da deformação sendo transicionais entre o campo dos cataclasitos e o dos milonitos. Essas diferenças se refletem em variações de competência da rocha devido aos conteúdos de clorita, muscovita e anfibólio.

O arranjo destas rochas é definido por bandas milimétricas a centimétricas de quartzo, cumingtonita, hornblenda, biotita e clorita orientados. Nessas rochas há uma clara foliação marcada pela orientação de anfibólios que definem uma textura nematoblástica. As micas encontram-se embebidas na matriz de quartzo granoblástico e localmente ocorrem zonas ricas em quartzo onde a foliação é fracamente definida por orientação preferencial de micas (figura 9A).

Os cristais de quartzo têm contatos lobulares, extinção ondulatória e redução de tamanho no contato com o minerio. Plagioclásio, K-feldspato, biotita, zircão, são minerais comuns nos litotipos com quartzo e anfibólio. Já a presença de granada, turmalina, clorita, muscovita, rutilo, titanita, apatita e pirrotita restringem-se à vizinhança dos minérios. Grafita está restrita às bandas de granulometria fina para base do depósito.

Figura 8 - Esquema da posição dos corpos de minério no depósito de ouro e os litotipos encaixantes.

Neste setor a **biotita** é um dos minerais que marca muito bem a foliação principal S_2 , apresenta birrefringência de cor castanha claro até escuro ou verde escuro a castanha esverdeada. A biotita desenvolvida em arco poligonal definido S_1 mostra-se substituída por clorita. A biotita acicular e quartzo com bordas retas por recristalização incipiente denotam a obliteração de S_1 devida a S_2 (Figura 9B). A cummingtonita apresenta pleocroísmo verde claro a incoloro e geminação lamellar, sendo que raramente encontra-se em tons de roxo-alaranjado e marrom. A actinolita observa-se como cristais aciculares por vezes com habito radiado. A hornblenda encontra-se em pouca quantidade, porém ocorre com pleocroísmo que varia em tons de verde e amarelo. Nas bandas **quartzo-feldspáticas** os cristais de quartzo têm limites lobulados e ocorrem alongados paralelos à foliação principal, mostram diminuição de grão e extinção ondulante, indicando que as rochas foram submetidas a condições de metamorfismo dinâmico. Alguns cristais de quartzo se dispõem em mosaicos e ripas, com limites retos e terminações poligonais que sugerem recristalização por efeitos dinâmicos. Cristais xenoblásticos de plagioclásio, alongados com bordas retas a levemente curvadas, com geminação de tipo albita, e feldspato potássico que exibe substituição por argilo-minerais são as fases cristalinas dominantes.

Figura 9 - Aparência macroscópica e microscópica dos litotipos no depósito de ouro Turmalina. A) alternância de bandas micáceas e quartzosas. Fotomicrografias de texturas metamórficas. B) foliação metamórfica S_1 localmente preservada é truncada pela foliação S_2 (FMT80-569, lado maior da fotografia 2.6mm). C) texturas cataclásticas em áreas quartzo-feldspáticas com foliação S_2 definida pela orientação de micas. (FMT80-585 lado maior da fotografia 1.3mm).

A presença do minério de ouro se associa espacialmente a zonas de cisalhamento e coincide com a ocorrência de minerais considerados como derivados de condições de

metamorfismo em fácies anfibolito, os minerais observados são: i) **granada** com bordas corroídas e com texturas helicíticas, estaurolita idioblástica por vezes incluída em porfiroblastos de muscovita, ii) **muscovita** acicular orientada e disseminada na matriz de biotita fina que marca bem a foliação S_2 , iii) **clorita** fina de cor verde intensa, desenvolvidas em litotipos com anfibólio, onde constituem a matriz, disposta em bandas de foliação milonítica, orientadas segundo a foliação S_2 (Figura 10); clorita acicular, muito fina com cores de interferência anômalas que variam de azul a púrpura e pleocroísmo levemente esverdeado a amarelo. Os grãos de clorita estão em continuidade óptica com as primeiras e aparecem restritas a bandas de grão fino onde se concentrou a deformação, também aparecem formado arcos poligonais de dobras de crenulação.

Figura 10 - Fotomicrografia da textura lepidogranoblástica gerada pelos diferentes minerais micáceos e o quartzo. A) níveis de biotita (Bt) e quartzo (Qtz) com grão de granada (Grt) e clorita secundária (Chl, FMT80-459 lado maior da fotografia 5.2 mm). B) matriz de clorita que contém muscovitas largas e alongadas orientadas com a foliação (Ms_1), transversais à foliação principal S_2 (Ms_2) contendo inclusões de estaurolita (St); C) matriz de clorita fina orientada e com cor azul (FMT37-328 lado maior da fotografia 0.5 mm). D) clorita em contato e como inclusão em granada, FMT80-507.

O minério também se relaciona com minerais formados por processos de alteração hidrotermal derivados da instalação do mesmo como: i) turmalina disposta em bandas e associada a sulfetos; ii) cristais de clorita formada por alteração de minerais preexistentes (anfibólio e biotita),

concentração de granada em bandas com matriz de quartzo e sulfetos, iii) geração de porfiroblastos de muscovita que exibem re-equilíbrio nas bordas, os quais estão sobrepostos de maneira oblíqua a S_2 formados tardiamente ao cisalhamento e orientados.

Uma das características das rochas encaixantes do depósito é o aumento nas proporções de granada quando associada à pirrotita, chegando a formar bandas contínuas paralelas à foliação dominante (S_2). Essa concentração da granada é indicador da proximidade dos corpos mineralizados. Cristais de granada apresentam variadas relações com a foliação da rocha, eles ocorrem isolados e em agregados assim como disseminados em zonas nas quais o tamanho e abundância aumentam para o contato com os corpos de minério (Figura 11). **Cristais de granada no depósito Turmalina.** Diferentes hábitos de cristalização e tamanhos foram identificados, segundo suas texturas internas, quantidade e distribuição de inclusões. Quando observada a relação dos cristais de granada com a foliação da rocha notam-se diferentes estágios de desenvolvimento deste mineral. Existem duas zonas onde se formou granada: i) na rocha encaixante afastada dos corpos de minério, mas sob a influência de efeitos hidrotermais; ii) na zona onde se concentra o minério com ouro, arsenopirita e pirrotita, aqui a granada teve duas fases de crescimento. A granada quando ocorre fora da zona de minério com sulfetos de ferro e ouro, possui hábitos subidioblásticos a idioblásticos sem sobrecrecimentos de borda, formam agregados ou ocorrem como cristais individuais com limites bem definidos e tamanhos de 0.2 mm até 20 mm.

Figura 11 - Fotomicrografias da distribuição de granada. A) Alternância de bandas micaceas com abundante granada e quartzo separadas por vênulas de quartzo. B) granadas (Grt) cortando a foliação milonítica, disseminadas em bandas de composição micacea com sulfetos, FMT80-459 lado maior 3.25 mm. C) zona de

minério na qual a banda de sulfetos (opacos) com granadas (Grt) orientadas com a foliação (S_2) alterna-se com banda de granada com sulfetos e de clorita com sulfetos e granada, FMT80-498 lado maior 3.25 mm.

Quando estão associadas com minerais máficos geralmente as granadas exibem texturas helicíticas coerentes com a foliação externa, denotando rotação do cristal sem desenvolvimento de sombras de pressão, estas últimas, estão presentes se associados com bandas de composição quartzo-feldspática onde ocorre recristalização estática (Figura 12 B). As granadas quando dispostas em bandas nas zonas de minérios constituem agregados cujos cristais são subidioblásticos a xenoblásticos, têm aparência superficial escura e bordas corroídas, tamanhos de até 1 cm. Neles são comuns inclusões de quartzo, sulfetos e óxidos, e fraturas preenchidas por clorita (Figura 12C).

Figura 12 - Fotomicrografias de granada formadas longe dos corpos de minério. A) porfiroblastos de granada desenvolvidos em matriz de anfibólio e biotita, em banda de quartzo e pirrotita os cristais de quartzo exibem recristalização por migração de borda, rotação e redução de tamanho. Fraturas tardias preenchidas por clorita azul denotam efeitos hidrotermais superimpostos FMT80-476, lado maior 10 mm e 1.2mm. B) desenvolvimento sin-cinemático de granadas com sombras de pressão, trilha interna paralela à foliação, porfiroblastos com rotação e texturas helicíticas. Rocha deformada com estiramento do quartzo e fraturamento de granadas. Fotomicrografias C e D de granadas desenvolvidas na clivagem de crenulação (S_3) FMT80-453 lado maior 3.25 mm. C) cristais de granada idioblástica rotacionados, com trilhas de quartzo internas e orientadas concordantes com S_2 (T80-581 lado maior da fotografia 2.6 mm). D) cristal idioblástico de granada fraturado, alongado com a foliação de crenulação e textura helicítica sigmoidal de quartzo sobreposta (FMT80-459 lado maior 3.25 mm; FMT80-545, lado maior da fotografia 1.2mm).

Cristais isolados de granada quando em contato com matriz máfica exibem núcleos porosos e algumas bordas parcialmente descontínuas, a partir destes forma-se algumas vezes uma fase de sobrecrecimento mineral. Granadas tardi-cinemáticas mostram limites retos, texturas helicíticas constituídas por inclusões de quartzo, biotita, anfibólio e/ou sulfetos que estão orientadas segundo a foliação externa S_2 (Figura 13). Granada com duas fases de crescimento têm sombras de pressão, textura helicítica na fase sobrecrecida, feições que sugerem que cada um dos dois tipos de granada teve um comportamento cinemático independente perante a fixação da foliação S_2 na rocha (Figura 13).

Figura 13 - Fotomicrografias de cristais de granadas típicos das zonas de minérios. A) bandas de granada com sulfetos e de sulfetos com granada nas que os minerais estão orientados segundo a foliação S_2 (FMT80-498, lado maior da fotografia 3.25 mm). B) texturas internas e hábitos distintos para as duas fases diferentes

de granada desenvolvidas nos níveis quartzosos em contato com pirrotita (Po, FMT80-507, lado maior da fotografia 4.20 mm). C) cristais de granada nas que o núcleo evidencia textura e hábito e relação com a foliação da rocha diferente aos da borda, indicando dois estágios de crescimento. Setas indicam as sombras de pressão, linha em vermelho assinala o limite entre cristais (C: FMT80-459⁷, lado maior da fotografia 0.80 mm).

Os tipos de granada observados registram parte da história tectonometamórfica que atingiu os corpos de minério. A granada deformada e orientada (Grt₁) seria sin - S₂. A granada (Grt₂) restante, de sobrecrecimento de borda ao redor de núcleos pré-existentes (Grt₁) e as orientadas segundo a foliação de cremulação ou que cortam a continuidade de S₂ formam-se tardiamente em relação a S₂.

Entre os dois corpos de minério A e B (setor II) nos que se concentra a associação mineral pirrotita-arsenopirita-ouro, a rocha foliada está constituída por estaurolita, plagioclásio An₃₅₋₅₀, ortoclásio. Nesta zona observam-se camadas ricas em biotita e clorita secundária além da associação mineral estaurolita, plagioclásio An₂₀₋₃₅, anfibólio (cummingtonita, hornblenda, actinolita) e granada Figura 14. De modo geral, a quantidade de biotita e anfibólio é > 50%; ela é complementada por até 35% de quartzo, plagioclásio e K-feldspato, 5-10% de granada; o 5-10% restante é representado por pirrotita (4%), hematina, hematita, rutilo, titanita, apatita e estaurolita. Plagioclásio xenoblástico com limites lobados, anfibólio sub-idioblástico com bordas corroídas ou anfibólio com texturas fibro-radiais associados às bordas dos cristais de granada e cristais de muscovita subidioblástica tardia associadas a cristais de estaurolita, são as características dos principais minerais.

Os cristais de **estaurolita** têm hábito idio a subidioblástico, pleocroísmo em tons de amarelo, aparecem inclusos por vezes em muscovita grossa (Figura 14), e associados com plagioclásio xenoblástico e anfibólios subidioblásticos orientados segundo a foliação S₂. A ocorrência de certos minerais índice da fácies anfibolito pode relacionar-se com efeitos dinâmicos e hidrotermalismo em zonas de influência de cisalhamentos onde protolitos máficos teriam sido particularmente metamorfisados.

Figura 14 - Fotomicrografias de cristais de estauroлита (St). A) estauroлита em matriz de Biotita (bt), quartzo feldspatos na parte media do depósito (FMT80-549, lado maior da fotografia 0.39 mm). B) turmalina (Tur) e estauroлита (St) em níveis com anfibólio (Hbl) e pirrotita (Po) na base do depósito de ouro (FMT80-567, lado maior da fotografia 0.39 mm). C e D) detalhe do cristal de estauroлита (St) incluso em porfidoblastos de muscovita (Ms), Lâmina FMT80-542NC

No **setor III abaixo do corpo de minério B**, São rochas de cor verde escura, foliadas e com níveis bandados centimétricos de textura granonematoblástica, compostas por anfibólio, plagioclásio, granada, sulfetos e clorita, onde predominam bandas ricas em **anfibólio** idioblástico que se orientam no sentido da foliação S_2 . Alguns cristais de anfibólio exibem seção basal com típica clivagem a 56° e 124° (hornblenda), geminação simples lamelar e birrefringência com variações de cor entre segunda e terceira ordem. O anfibólio classifica-se como cummingtonita (Cum); hornblenda (Hbl) e actinolita (Act) pelas suas propriedades ópticas (Figura 15).

Figura 15 - Fotomicrografias das rochas metamáficas. A) cristais de anfibólio, plagioclásio e granada (Grt) associados a anfibólios hornblenda (Hbl), e cummingtonita (Cum) em seção basal, clorita secundária restrita a bandas e bordas de fraturas na rocha (FMT53-378, lado maior da fotografia 1.62 mm). B) detalhe do anfibólio tipo cummingtonita em seção basal (FMT53-378, lado maior da fotografia 0.90 mm). C) cristais de actinolita com diferentes hábitos, idioblásticos e orientados com S_2 dentro de bandas de biotita, FMT80-569. D) banda de anfibólio com actinolita acicular em disposição radiada sobrecrecidos a cristal de apatita (Ap), cummingtonita na matriz, cristal de granada (Grt) fraturada e clorita secundária preenchendo fratura. FT80-549 (lado maior 1.62 mm). E) Cummingtonita (Cum) geminada em contato com hornblenda (Hbl) e granada (Grt) (FMT53-378, lado maior 0.90 mm). F) actinolita (Act) geminada em contato com biotita (Bt), pirrotita (Po) e quartzo (Qtz).

Os cristais de cummingtonita são subidioblásticos a idioblásticos, estão orientados segundo a foliação S_2 , localmente exibem textura decussada, geminação simples lamelar, cores fortes de

birrefringência e pleocroísmo fraco com variações em tons de verde. Cristais idioblásticos de actinolita com hábito tabular, extinção oblíqua e por vezes ondulosa, orientados segundo a foliação S_2 aparecem localmente em bandas com biotita, cristais aciculares com hábito radial ou em agregados são restritos (Figura 15).

O **granito - gnaíse** provavelmente afetado pelo mesmo metamorfismo que apresentam as rochas graníticas arqueanas que intrudem a seqüência metassedimentar, é composto por cristais límpidos de quartzo (40%), 20% de plagioclásio (An_{10-30}), parcialmente saussuritizado e geminação polissintética de tipo albita, K-feldspato (35-40%) com texturas pertíticas, bordas corroídas e fraturadas, substituídos por argilominerais. Biotita (< 3%) com pleocroísmo variando em ton castanha escura a clara e parcialmente cloritizada, é orientada segundo a foliação milonítica na rocha. Observam-se também cristais de zircão (Figura 16) e muscovita secundária. A textura geral é granoblástica, onde os minerais exibem extinção paralela a S_2 e sub-grãos alongados dispostos em continuidade óptica.

Os cristais de feldspato exibem limites lobulados e corroídos, fraturamento e alteração de borda. Os cristais xenoblásticos de quartzo têm extinção ondulante, estão estirados e possuem bordas corroídas, eles passam localmente para cristais com limites retos ou poligonais com textura mosaico formando ripas de cristais em continuidade ótica, estas feições são típicas de deformação dúctil sobre-imposta ao protólito granítico.

Figura 16 - Fotomicrografias do Ortognaíse com textura granoblástica. A) Oligoclásio (Olg) saussuritizado FMT83-449, lado maior da fotografia 2.60 mm). B) relação textural dos minerais de quartzo (Qtz), biotitas (Bt), plagioclásio (Plg, FMT83-449, lado maior 2.6 mm).

Decorrente da instalação de zonas de cisalhamento e da mineralização aurífera, a rocha experimentou mudanças na composição de minerais induzidas pelos efeitos de vários processos de alteração hidrotermal. Esses processos hidrotermais tiveram incidência intensa em zonas onde a rocha exibe feições de milonitização, observam-se efeitos localizados com presença de alguns

minerais e sulfetos derivados da passagem de fluidos termais que permearam a rocha além da área de influência da deformação. Alguns dos minerais mais representativos e que seriam produto dos efeitos hidrotermais relacionados com a instalação do minério se descrevem a seguir.

3.2 ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL

A alteração hidrotermal de rochas metamáficas em grau metamórfico médio e fácies xisto verde, geralmente apresenta metasomatismo potássico e rico em magnésio, este produz minerais secundários como clorita, quartzo e sericita, zonas silicificadas e alteração argílica (Pirajno 2009). Nessas rochas máficas a remoção do Mg^{2+} forma clorita e anfibólio. No depósito aurífero Turmalina os minerais característicos de alteração hidrotermal como turmalina, apatita, hematita, muscovita e carbonatos estão associados aos corpos de minério. Os mais relevantes processos de hidrotermalismo correspondem à formação de minerais como quartzo (silicificação), de clorita distribuída em bandas e bordas de fraturas, de carbonato alojado em veios e nos interstícios entre cristais de quartzo da zona silicificada, de muscovita produto da alteração restrita e parcial de plagioclásio (alteração sericítica), e transformação parcial de biotita para clorita. A feição hidrotermal característica do depósito é a concentração de zonas silicificadas formando dois corpos de minério e a presença de bandas de turmalina localizadas na base dos mesmos, a ocorrência deste mineral se associa com metasomatismo rico em boro.

Minerais disseminados como carbonatos, sulfetos e o enriquecimento local em sílica, sugerem que as alterações hidrotermais no depósito Turmalina tiveram forte interação fluido-rocha. A forma tabular da mineralização seria decorrente da passagem de fluidos preferencialmente pelas discontinuidades mecânicas da rocha permeando-a, sendo esses efeitos hidrotermais mais intensos quanto mais próximos às estruturas de cisalhamento. A presença de minerais como turmalina e apatita, distribuídos restritamente em bandas e de sericita formada por substituição parcial de plagioclásio, indicam que os efeitos da alteração hidrotermal ocorreram tanto pela precipitação direta dos fluidos que gerou o minério como produto da alteração da rocha.

A formação de Turmalina, sulfetos e mica branca sucede principalmente em *bandas* de milonitos que exibem efeitos da deformação como redução de tamanho, estiramento, fraturas e dobramentos de cristais. A turmalina é idioblástica de granulação fina a grossa, mostra seção basal triangular e cores verde oliva, as seções tabulares apresentam leve zoneamento de núcleo para borda, esse zoneamento é irregular, de cor verde oliva nas bordas e verde claro no centro, possivelmente indicando o zoneamento composicional como resultado das variações na

temperatura de formação desse mineral. Para a base dos corpos de minério bandas de turmalina têm espessura < 5 cm (Figura 17), formando unidades estratiformes concordantes com a rocha hospedeira, com conteúdos de $\sim 80\%$ de turmalina do volume total (turmalinito) (Slack et al. 1984). Localmente aparece na forma de agregados maciços, imersas em massa de quartzo deformado, e na forma de níveis de quartzo-turmalina. Exibe textura granoblástica a nematoblástica e extinção ondulante.

Figura 17 - Fotomicrografia de cristais de turmalina distribuídos em bandas de milonitos. A) nível de turmalina na zona da mineralização com quartzo (Qtz) e pirrotita (Pó, FMT62-385, lado maior da fotografia 3,25 mm). B) turmalinas algumas muito deformadas em zona silicificada e milonitizada, ver quartzo (Qtz) deformado com extinção em cunha, dobrado, e redução de tamanho e alinhamento ripiforme, esta associado a cristais de pirrotita (Po) estirados e fraturados (FMT80-515).

A formação de clorita quando orientada segundo a foliação S_2 ocorre por condições de metamorfismo. Clorita orientada com pleocroísmo azul e violeta foram observadas de maneira restrita a algumas bandas próximas aos corpos de minério A e B. No caso das cloritas com pleocroísmo azul e violeta elas teriam sido influenciadas por fluidos hidrotermais relacionados com o minério, os quais modificaram sua composição aumentando o conteúdo em ferro. Clorita também é formada a partir da substituição quase completa de biotita associada à pirrotita e alojada em milonito (figura 18), também aparece clorita em bordas de fraturas ou preenchendo estas. Clorita derivada da alteração de granada com substituição parcial ou total é comum, mas espacialmente restrita, sendo que estas substituições podem ser indicativas do processo retrometamórfico.

Cristais de **muscovita** ocorrem principalmente no setor intermediário localizado entre os dois corpos de minério A e B, este mineral apresentam as seguintes características: granulação fina envolvidos na matriz de biotita e clorita, com birrefringência variando em cor azul e rosa forte de primeira ordem, e orientação da foliação S_2 . Porfiroblastos alongados de muscovita idioblástica e cores de interferência marrom a roxo de primeira ordem e orientados subparalelos a S_2 (Figura 19).

Figura 18 - Fotomicrografias de clorita. A) clorita (Chl) desenvolvida em rocha deformada e fraturada constituída por anfibólio (Anf), formando bandas, T53-378, lado maio 5.45 mm. B) clorita gerada por substituição parcial a partir da alteração da biotita (Bt) induzida por deformação e associada à pirrotita (Po, T65-480. C) clorita formando arco poligonal de cor verde e azul, hábito acicular (FMT80-570, lado maior 0.65 mm. D) Clorita derivadas da substituição total de biotita induzida por alteração hidrotermal (Bt), FMT65-590, lado maior 0.65 mm.

Porfiroblastos idioblásticos de muscovita com cor de interferência amarela a laranja de primeira ordem, disposta oblíqua à foliação, exibem bordas de reequilíbrio límpidas e núcleos com inclusões de estauroлита idioblástica dispostas segundo o alongamento do cristal hospedeiro (Figura 19). Muscovita fina é localizada em K-feldspato deformado com exoluções pertíticas.

Figura 19 - Fotomicrografias da ocorrência de muscovita. A) muscovita orientada em matriz de biotita cloritizada (Ms_1), muscovita grossa, larga, com bordas corroídas e sobrepostas à matriz cortando a foliação S_2 (Ms_2), apresenta bordas de reequilíbrio e inclusões no núcleo (lado maior 5.25 mm, FMT80-470). B) detalhe de muscovita larga oblíqua à foliação milonítica S_2 , note-se as bordas reequilibradas e núcleos com inclusões. C) muscovita restrita produto da alteração de granada (FMT80-459) e associada a hematita. D) cristais de muscovita como bordas corroídas, K-feldspato deformado com geração de textura pertítica e pirrotita (Po, lado maior 5.2 mm, FMT80-586 C).

O **quartzo** comumente apresenta fraturamento, rotação de cristais, limites interlobados, geminação em cunha, extinção ondulosa e recristalização dinâmica produto da deformação milonítica. Também ocorre intensamente recristalizado formando *ribbons* que em alguns lugares foram dobrados (figura 20). Cristais de grão fino a médio de feldspato têm textura poligonal granoblástica, o plagioclásio possui geminação polisintética de tipo albita. Quando deformados os feldspatos exibem limites parcialmente lobados e no K-feldspato observam-se exoluções pertíticas (Figura 20).

Figura 20 - Fotomicrografia de quartzo e feldspato. A). quartzo deformado ductilmente segundo a foliação S_2 marcada por ripas de quartzo (Qtz) e de pirrotita (Po) acompanhados de turmalina (Tur) do Corpo A (FMT37-235, lado maior da fotografia 0.65 mm). B) plagioclásio (Plg) alterados e com geminação polissintética de tipo albita, biotita (Bt), muscovita (Ms) e quartzo (Qtz) do Corpo B, em círculo vermelho alteração sericitica de plagioclásio, K-feldspato potássico perítico (FMT37-288, lado maior da fotografia 0.65 mm). C) leitos de quartzo (Qtz) e biotita (Bt) em rocha com textura lepidogranoblástica e poligonal com biotita (Bt) e muscovita (Ms, FMT80-587 lado maior 5.25 mm). D) quartzo (Qtz) com redução de tamanho, recristalização dinâmica, e deformação dúctil em milonito, estiramento de pirrotita (Po) e redução de tamanho de turmalina (Tur, FMT62-385).

Efeitos hidrotermais pouco expressivos geraram calcita e apatita, as ocorrências destes minerais consistem em cristais isolados de calcita idioblástica em níveis micaceos, em veios de quartzo ela aparece em cristais individuais e formando massas, este mineral foi observado sempre preenchendo fraturas ou ocupando espaços entre cristais de quartzo localizados nos corpos de minério (Figura 21).

A apatita apresenta-se como cristais isolados em bandas máficas e em leitos de quartzo, restrito a setores próximos onde se observou granada e às zonas dos corpos de minério. Este mineral encontra-se idioblástico exibindo fraturas preenchidas por pirrotita e bordas corroídas (figura 21).

Figura 21 - Fotomicrografias da ocorrência de calcita e apatita. A) calcita (Cal) em banda de biotita e clorita alojada em zona de fratura (FMT80-542, lado maior da fotografia 2.6 mm). B) cristais individuais de calcita em veio de quartzo fraturado (FMT80-519, lado maior da fotografia 1.30 mm). C e D) Cristais isolados de apatita fraturada em transição para banda de anfibólio, apatita e quartzo (Qtz) em C: FMT80-506; D: FMT-37 390, lado maior 2.6 mm).

A continuação apresenta-se a descrição petrográfica realizada no minério do depósito Turmalina.

3.3 MINEROGRAFIA

O minério de ouro do depósito Turmalina está encaixado em setores de alta silicificação dentro zonas de cisalhamento relacionado a granada-quartzo xisto / plagioclásio An_{40} -biotita-quartzo xisto (Figura 22), ele se apresenta como: i) corpos mineralizados em sulfetos e ouro disseminado, ii) zonas de enriquecimento em sulfetos ao redor de veios de quartzo iii) em veios de quartzo dobrados descontínuos e em *boudins* com arsenopirita e ouro. Semelhanças nos minerais constituintes, no teor de ouro e a proximidade espacial dos tipos de ocorrência permitem que atualmente no depósito turamlina sejam lavrados os três tipos de apresentação do minério. O minério comum em todos os

tipos de ocorrências do depósito é constituído por pirrotita, pirita e proporções subordinadas de arsenopirita, calcopirita, bem como cubanita, hematita, ouro. Quartzo como ganga. Entre as feições mais relevantes do depósito Turmalina está a ausência de camadas de carbonatos, o que o diferencia da maioria dos depósitos da região do Q.F. (Frizzo *et al.* 1991) e a presença de bandas de granada e de turmalina onde a deformação da rocha hospedeira é maior.

Figura 22 - Vista geral dos frentes de lavra e os tipos de corpos mineralizados, atualmente explorados conjuntamente. A) corpos tabulares com sulfetos e ouro disseminados em sericita-clorita-biotita-granada xisto. B) zonas de enriquecimento em sulfetos e ouro disseminados em rocha com granada, quartzo, biotita e muscovita, além de veios de quartzo com arsenopirita e ouro.

Os minerais que acompanham o minério aurífero apresentam-se orientados segundo a foliação milonítica da rocha e deformados, alguns mostram relações de intercrescimento, de inclusão e de exsolução. As características dos minerais opacos segundo sua abundância relativa no minério é descrita a seguir:

A Pirrotita (Po) é o sulfeto mais abundante, ele tem duas formas de apresentação (Figura 23). Como cristais isolados, disseminados e orientados segundo a foliação S_2 , associado com calcopirita e mais comumente com pirita. Em agregados policristalinos de aparência maciça, associados e inclusos em granadas, concentrados em leitos contínuos de quartzo e micas, paralelos à foliação milonítica (S_2). Os cristais são comumente xenoblásticos com limites retilíneos até irregulares em contato com a granada, e em agregados polygonizados (*annealing texture*) quando estão relacionados às zonas de alta silicificação. O tamanho médio dos cristais é de $300\mu m$, apresentam superfície límpida com poucas inclusões de quartzo. Alguns cristais de pirrotita têm texturas *flame* dadas pela exsolução de pentlandita. Está associada à calcopirita, cubanita e escassa esfalerita. Em veios de quartzo a pirrotita (Po) ocorre em cristais subidiomórficos e apresenta superfícies com textura porosa. Cristais de calcopirita xenoblásticos, cuja presença é bastante restrita, estão sempre em contato ou inclusos na pirrotita (figura 23).

Figura 23 - Fotomicrografias de ocorrências de pirrotita. A) pirrotita (Po) associada e incluída em granada (Grt, FMT80-507. B) pirrotita (Po) disseminada e orientada nas rochas metassedimentares em contato com arsenopirita (Apy) e Calcopirita (Cpy, FMT80-560). C) pirrotita (Po) nas zonas de alta silicificação (FMT80-549, lado maior 3.25 mm) e D) pirita (Py) pirrotita (Po) e calcopirita (Cpy) em veios de quartzo (FMT80-545, lado maior 0.26 mm).

Cristais isolados de **Pirita (Py)** aparecem disseminados (Figura 24), possuem aparência lisa e localmente porosa por vezes alterada a marcasita, e orientada segundo S_2 . Têm fases lisas sem inclusões, mas são comuns inclusões de pirrotita, quartzo ou arsenopirita. Quando está em veios de quartzo, cristais subidiomórficos a xenomórficos de tamanho menor a $100\mu\text{m}$ formam agregados e exibem limites irregulares entre si e truncam a pirrotita.

A **Arsenopirita** aparece como pequenos cristais levemente porosos, idiomórficos a subidiomórficos, cúbicos e losangulares com até $120\mu\text{m}$ de tamanho $70\mu\text{m}$. em média, apresentam inclusões de quartzo, calcopirita e ouro. A sua ocorrência está ligada ao ouro e observa-se nos corpos tabulares mineralizados assim como nos veios de quartzo. É comum estar em contato com hematita, concentrada em bandas em setores muito deformados, orientada segundo a foliação S_2 e por vezes fraturada e deformada.

Figura 24 - Fotomicrografias das relações texturais entre sulfetos. A) pirita (Py) em contato com arsenopirita (Po, lâmina FMT63-480). B) pirita (Py), pirrotita (Po) e arsenopirita (Apy) orientadas segundo a foliação S_2 (FMT65-480).

Cristais de hematita idioblásticos a subidioblásticos claramente orientados segundo a foliação (S_2) da rocha silicificada, comumente concentrados em bandas de silicatos hidrotermalizados constituídas por biotita e muscovita ou relacionados com a alteração hidrotermal de alguns cristais de granada (figura 25), estas hematitas são finas, idiomórficas e possuem poucas inclusões.

Figura 25 - Fotomicrografias de óxidos e sulfetos. A) cristais isolados subidioblásticos de hematita (Hmt) com inclusões de quartzo de pirrotita, FMT62-385. B) cristais idioblásticos de hematita concentrados em banda de biotitas e muscovitas FMT80-583. C) Hematita com oxi-exoluções de ilmenita e inclusões de

quartzo, pirrotita e arsenopirita embebidas em banda com abundante turmalina, FMT62-385. D) cristais de hematita inclusos em banda de turmalina associadas a arsenopirita, note-se a ocorrência de uma hematita sem inclusões no canto direito inferior da foto (Hmt) FMT80-583.

O **ouro** se apresenta em várias formas e ocorrências nas amostras observadas (Figura 26): i) a mais comum é livre em veios de quartzo deformados (*boudins*) onde se concentram os maiores teores do depósito, são grãos menores que 50µm com formas irregulares e alongadas, localiza-se por vezes entre planos de fraturas e associado com arsenopirita sugerindo correlação entre Au e As, ii) em forma subordinada também se apresenta incluso em pirrotita ou arsenopirita, e em óxidos de ferro ou mesmo em minerais metamórficos como biotitas disseminado na rocha intensamente silicificada (Figura 26).

Figura 26 - Fotomicrografias do ouro e suas principais formas de apresentação. A) ouro (Au) em contato com pirrotita (Po) (FMT80-507 lado maior 0.26 mm). B) arsenopirita (Apy) em contato com ouro livre e quartzo (Qtz), ouro livre preenchendo fratura junto com arsenopirita (FMT80-519, lado maior 0.26 mm). C) ouro livre em matriz de micas alteradas, relacionado com arsenopirita (Apy) e hematita (Hmt, FMT80-519 lado maior 1.30 mm). D) ouro associado a quartzo (Qtz) incluso em poros de óxidos de ferro (Hmt, lâmina FMT80-493 lado maior 0.26 mm).

3.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O estudo petrográfico permitiu constatar que nas rochas hospedeiras do depósito Turmalina se apresenta zoneamento composicional dos silicatos de origem metamórfica e hidrotermal o qual está vinculado com: i) os efeitos localizados de metamorfismo dinâmico derivados da atividade de zonas de cisalhamento no que se atingiram condições locais de fácies anfibolito, ii) a processos de metasomatismo associados à passagem de fluidos hidrotermais e sua interação fluido rocha, assim como à precipitação direta de minerais como por exemplo, turmalina, apatita e clorita.

A instalação de zonas de cisalhamento, a reativação da deformação milonítica da rocha e a conformação dos corpos de minério promovera desequilíbrios térmicos nos minerais metamórficos preexistentes, dessa foram geraram-se novos silicatos e novas associações minerais. A presença de turmalina restrita a algumas finas bandas com forte deformação milonítica, nas quais o quartzo exibe feições de deformação dúctil, pode estar vinculada com os processos de alteração hidrotermal local das rochas encaixantes ou como resultado de precipitação direta de fluidos hidrotermais. Registros da associação entre turmalina e depósitos auríferos são descritos na literatura para os depósitos de Golden Dike (Austrália) Mina Sigma (Província Superior, Canadá), depósitos no Cráton Kaapvaal da África do Sul (Plimer 1984, Groves *et al*, 1998), entre outros.

A presença e distribuição dos minerais de origem hidrotermal no depósito Turmalina estão relacionados com a variação composicional das rochas hospedeiras do depósito, já que exibe um zoneamento condizente com a forma tabular do depósito e sua posição em zonas de cisalhamento, justifica esta hipótese o fato que a turmalinização e a silicificação concentraram-se preferencialmente na rocha com deformação milonítica, a formação de muscovita na periferia dos corpos de minério sugerindo influência espacial diferenciada dos fluidos geradores do minério.

Dentre os mais significativos processos hidrotermais se destaca a silicificação, cloritização e a particular formação de sericita, o posicionamento da moscovita é restrita à zona entre eles, e a formação de óxidos de ferro-titânio. A ocorrência de apatita e calcita diretamente associados ao minério, representam efeitos tardios do processo hidrotermal de pouca relevância dentro do depósito Turmalina.

Das análises petrográficas dos minerais de origem hidrotermal nota-se que existem concentrações em bandas de granada e de turmalina, esta última espacialmente restrita e relacionada a intensa deformação da rocha. A cristalização de granada em bandas está associada à ocorrência de sulfetos e de quartzo onde exibe núcleos corroídos e sobrecrecimento de borda com textura helicítica o que sugere para este mineral uma gênese ligada ao metamorfismo dinâmico.

Os silicatos utilizados como indicadores de eventos deformacionais em este estudo e as características da trama da rocha permitem asseverar que: i) a estrutura interna da granada e sua relação com a foliação S_2 ora discordante ora concordante, depende do grau de deformação da rocha, ii) a cristalização da granada evidencia pelo menos dois estágios distintos, iii) a presença de estaurolita se dá exclusivamente nos milonitos e se associa a muscovita de origem hidrotermal, iii) a coexistência de cummingtonita e hornblenda sugere disequilíbrios de natureza química e térmica condizentes com um ambiente de metamorfismo dinâmico de rochas máficas e BIF, e percolação de fluidos, iv) foram reconhecidos cristais de muscovitas cujos hábitos, orientações e relações com a trama registrada na rocha sugerem gêneses diferentes que parecem se corresponder com a formação de estaurolita e com a percolação de fluidos.

Segundo as relações entre sulfetos e óxidos a sequência de cristalização de minerais teria a seguinte ordem: i) cristalização de pirrotita e calcopirita, ii) cristalização de pirita truncando os anteriores, iii) formação de óxidos de ferro-titânio incluindo pirrotita e pirita, iv) cristalização da associação arsenopirita e ouro (Figura 27).

Figura 27 - Fotomicrografias de relações entre sulfetos e óxidos. A) cristal de calcopirita em contato com cristal de pirrotita, truncados pelo crescimento de pirita, FMT62-385, pirrotita incluída em hematita que por sua vez esta em contato com arsenopirita, esta última também trunca a continuidade da pirrotita FMT62-385.

A proposta de associação mineral que representaria a gênese do depósito de ouro Turmalina se caracteriza pela formação de sulfetos de ferro, cobre e zinco, uma fase de cristalização de óxidos de ferro e titânio, a cristalização de sulfeto de ferro e arsênico além de ouro (Figura 28). Esta proposta esta baseada na premissa de que a gênese do minério do depósito Turmalina esta intimamente relacionada com a atividade episódica de zonas de cisalhamento a qual induz deformação rúptil-dúctil na rocha metavulvanossedimentar. Como resultado da análise minerográfica se tem:

- i) A passagem de um primeiro pulso de fluidos a partir do qual cristalizaram pirrotita e calcopirita (subordinada) afetou uma ampla zona, mas se concentrou nas áreas de maior deformação da rocha, deste modo se formaram bandas de pirrotita, mas também pirrotita disseminada na rocha hospedeira. Depois estes minerais foram deformados pela reativação do cisalhamento, principalmente os alojados nas zonas de fraqueza, e por sua vez foram truncados pelo sobre crescimento de pirita;
- ii) Um pulso de fluidos distinto do anterior a partir do qual depositaram pirita, e óxidos de ferro e titânio (hemohematita), orientados com a foliação dominante (S_2) e concentrados em microlitos milonitizados, representaria outra reativação dinâmica. Estes óxidos têm inclusões de pirrotita, pirita, quartzo e texturas de oxi-exolução. Hematitas finas produto da alteração total ou parcial de granadas de biotitas ocorrem restritamente, estas não possuem inclusões de sulfetos;
- iii) Tardamente ao pulso de fluidos anterior ou a partir de um diferente, cristalizaram arsenopirita e ouro. O sulfeto trunca a continuidade de cristais de pirrotita, pirita e hematita, está associado com ouro e se apresenta principalmente concentrado em bandas onde está orientado segundo a foliação S_2 , quando disseminado, exibe fraturas. O ouro foi observado associado a arsenopirita e a hematita secundária produto da alteração de biotita e granada. A formação de veios de quartzo com arsenopirita e ouro poderia estar ligada com a passagem destes fluidos. A posterior deformação e transposição de ditos veios são sugestivas de outro episódio de reativação milonítica.

Mineral	Pré-Metamorfismo > 2.1 Ga	Metamorfismo ~(2.1 - 1.9) Ga	Alteração Hidrotermal ~1.9 Ga
Pirrotita	— — — — —	— — — — —	— — — — —
Calcopirita, cubanita	— — — — —	— — — — —	
Pirita		— — — — —	— — — — —
Hemohematita		— — — — —	
Hematita 2		— — — — —	— — — — —
Arsenopirita			— — — — —
Ouro			

Figura 28 - Esquema proposto para a sequência de associação mineralógica do depósito de ouro Tumalina.

4 QUÍMICA MINERAL E TERMOBAROMETRIA

A caracterização das condições metamórficas numa rocha baseia-se nos cálculos de pressão e temperatura a partir de uma constante de equilíbrio (Spear & Peacock, 1989; Spear 1993). A hipótese fundamental na aplicação de alguma relação de equilíbrio é, obviamente, que as fases analisadas estejam em equilíbrio. Porém demonstrar esta condição é extremamente complexo e consequentemente resulta na maior fonte de erros na aplicação dos geotermobarómetros nas associações metamórficas, pois é sempre possível provar o desequilíbrio, mas é impossível demonstrar que pelo menos uma associação pode estar em equilíbrio (Spear & Peacock, 1989). Com base na petrografia detalhada junto às análises das relações texturais dos minerais metamórficos e os dos corpos de minério, foram analisados quimicamente minerais considerados essenciais para a obtenção de dados referentes às condições de formação e evolução metamórfica da região. Através do uso dos dados de química mineral, foram feitos cálculos termobarométricos com o intuito de obter as condições P-T do pico metamórfico do evento responsável pela geração das paragéneses das rochas que hospedam o depósito Turmalina.

4.1 QUÍMICA MINERAL

Os cálculos para determinar as quantidades de átomos por unidade de fórmula de cada elemento nos diferentes minerais se realizaram a partir de programas como *MINPET 2.02* (Richard, 1995), o módulo *AX Activity-Composition* (Powell & Holland, 2006) e mediante o uso de planilhas de cálculo em Excel® 2007. As medições das composições químicas dos principais minerais metamórficos realizaram-se no Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, como complemento das análises inicialmente obtidas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Na Universidade de Lisboa foi usada microsonda eletrônica, modelo *JEOL JXA 8200* sob as condições trabalho: voltagem de 15 kV, corrente de 10 nA e diâmetro de feixe de 5-10 µm. Já no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, as análises foram realizadas com a microsonda eletrônica, modelo *JEOL JXA 8600 Superprobe*. Para as análises de anfibólios, biotita, clorita, estauroilita, granada, muscovita, sulfetos, apatita e turmalina, utilizou-se um feixe de elétron com diâmetro de 5µm em tanto que para plagioclásio foi usado um feixe de 10 µm. Em todas as análises a corrente foi de ~20 nA e voltagem de 15 kV. Os

minerais e amostras analisadas neste item são apresentados na Tabela 3 e as composições dos minerais analisados se apresentam no apêndice B.

Tabela 3. Minerais analisados mediante microsonda eletrônica no depósito de ouro Turmalina coletadas a distintas profundidades e em distintos testemunhos de sondagens

Mineral	FMT 80														FMT 37			N560B
	459	470	472	477	480	515	530	536	542	562	569	573	585	586	235	247	288	
Antifóto	X	X	X		X	X	X	X										
Biotita	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X				X	X	X	X
Clorita	X		X	X			X			X	X				X	X	X	
Estatrolita									X			X						
Granada	X		X	X	X	X	X	X	X				X		X	X	X	X
Muscovita		X										X						
Plagioclásio				X		X	X	X	X		X			X			X	
Pirofita						X	X	X			X				X	X	X	X
Arsenopirita						X	X	X			X				X	X	X	X
Pirita						X	X	X			X				X	X	X	X
Apatita			X															
Turmalina			X									X						

4.1.1 Granada

A evolução térmica durante o metamorfismo de terrenos metamórficos derivado de atividade tectônica tem sido determinada com base nas mudanças medíveis da composição química durante a fase de crescimento de minerais como granada. Mudanças na composição destes minerais são consideradas indicadoras da história de pressão e temperatura das rochas metamórficas que os contem (Florence & Spear, 1991). Segundo Inui & Toriumi (2004) as superfícies de crescimento da granada estão sempre em equilíbrio termodinâmico com os minerais da matriz durante o metamorfismo progrado, mudando gradualmente sua composição principalmente em resposta às variações nas condições de P-T. Assim a composição química retida na granada representa a composição química em equilíbrio em diferentes tempos, sempre e quando a composição não se tenha re-homogeneizado por difusão intracristalina, como resultado da alteração das condições térmicas externas, o que gera a migração de elementos entre borda e interior do cristal, modificando a composição destas.

Decorrentes das análises químicas das amostras de granada da mina Turmalina se observaram várias feições de zoneamento conforme a distribuição de Fe, Mg, Mn e Ca, num total de 939 pontos analíticos obtidos em 49 cristais de granada (amostras obtidas nos furos FMT80 e FMT37). Os resultados analíticos indicam granadas ricas em almandina (Alm) com proporções variáveis e menores que 20% de piropo (Prp), grossularia (Grs) e espersatita (Sps). A razão $Fe/(Fe+Mg)$ permite diferenciar dois grupos composicionais de granadas almandínicas, i) $0.47 > X_{Alm} > 0.67$ e, ii) $0.68 > X_{Alm} > 0.79$. A distribuição das composições molares nos perfis permitiu

reconhecer um padrão de zoneamento próprio para cada grupo de granadas. No grupo um se incluem granadas com zoneamento concêntrico de crescimento durante o metamorfismo progrado e que representam uma formação primária sem interferências por difusão química (Cygan & Lasaga, 1982). No grupo dois foram reunidas as granadas com padrões de zoneamento diferentes às do grupo um, onde as modificações composicionais são possivelmente devidas à re-equilíbrios composicionais como resultados dos processos de metasomatismo que atuaram nas rochas do depósito.

As granadas do grupo um se relacionam principalmente a níveis com assembléias de biotita, muscovita, plagiocásio e quartzo se apresentam como porfiroblastos idioblásticos a subidioblásticos com tamanhos entre 0.5 a 1.5 mm (figura 29), parcialmente fraturados e com poucas inclusões. A composição química é caracterizada um zoneamento químico normal concêntrico (Hollister, 1966), figura 30, com núcleos ricos em Mn e Ca e bordas mais ricas em Fe e Mg. Segundo Vernon & Clarke (2008) a variação dos conteúdos de Mn e cálcio de núcleo para borda indica a tendência da granada em incorporar manganês no início de sua formação. A razão $Fe/(Mg+Fe)$ incrementa de 0.48 até 0.67 de núcleo para borda na granada deste grupo.

Figura 29 - Fotomicrografia dos porfiroblastos de granada da amostra FMT80-515. As setas indicam o sentido das análises de química mineral.

Figura 30 - Perfis composicionais das granadas da lamina FMT80-515 borda-núcleo-borda. Na figura X = número de análise, Y = fração molar.

As granadas do grupo *dois* ocorrem em presença de anfibólio e biotita em menor proporção, e plagioclásio e quartzo em baixas quantidades. Exibem perfis com zoneamento irregular como resposta às mudanças composicionais e de reação do mineral com a matriz, em consequência dos efeitos térmicos não estáticos do sistema durante seu crescimento. Os perfis apresentam, em termos gerais, variações leves nos conteúdos de Fe, mas que decrescem para as bordas do cristal, sendo que esta relação muitas vezes apresenta um comportamento inversamente proporcional entre Fe e Mg, gerado pela troca catiônica nas fases, principalmente devido à variação da temperatura. Nestas amostras apresenta-se uma diminuição em sentido núcleo - borda dos conteúdos de Ca, mas com aumento do Mn e com uma razão $Fe/Fe+Mg > 0.80$. Deste grupo foram separados dois subgrupos em função da presença ou ausência de inclusões. O **primeiro** subgrupo mostra inclusões de quartzo e óxidos, principalmente concentradas no núcleo e nos lugares intermediários. As bordas mais límpidas, eventualmente podem separar épocas de cristalização diferentes (figura 31).

Figura 31 - Fotomicrografia dos porfiroblastos de granada das amostras FMT37-235.7. Linhas vermelhas indicam as formas das inclusões e em preto diferentes épocas de cristalização. As setas indicam o sentido das análises de química mineral.

Os perfis composicionais apresentam uma distribuição das frações molares com as seguintes características: X_{Alm} 0.73 – 0.79, $0.05 < X_{Py} < 0.11$, $0.08 < X_{Grs} < 0.14$ e $X_{Sp} 0.04 - 0.07$. Variações pouco significativas em relação às concentrações, refletidas nos perfis, são em alguns casos devidas à interferências por inclusões e/ou fraturas (Figura 32).

Figura 32 - Perfis composicionais das granadas da lâmina FMT 37-235.7 borda-núcleo-borda. Na figura X = número de análises, Y = fração molar.

O **segundo subgrupo** é composto por cristais idioblásticos a subidioblásticos; por vezes arredondados, isolados em tamanhos menores a 200 μm ou em agregados policristalinos que não

exibem feições internas relacionadas com a orientação da matriz, apresentando faces limpidas ou com poucas inclusões (figura 33).

Figura 33 - Fotomicrografia dos porfiroblastos de granada das amostras T80-472, 480, 515. As setas indicam o percurso das análises de química mineral.

Em termos gerais, as frações molares do segundo subgrupo apresentam variações leves entre núcleo e borda (Figura 34), com variação molar para a molécula de almandina de 0.65 para 0.68, X_{Prp} entre 0.08 e 0.11 com diminuição notável para a borda, em tanto que X_{Grs} varia de 0.06 até 0.09. O valor de X_{Sps} apresenta leve aumento para bordas variando no intervalo de 0.14 para 0.17.

Figura 34 - Perfis composicionais das granadas da lamina FMT80-472, 480, 515 borda-núcleo-borda. Na figura X = número de análises, Y = fração molar.

A existência de porfiroblastos poiquilíticos de granada com abundantes inclusões de quartzo, rútilo e hematita, pode indicar que a constituição de bordas sobrecrecidas foi a partir um processo de nucleação durante o evento de metamorfismo progressivo (primeiro subgrupo). A composição química e as texturas específicas apresentadas pela granada do subgrupo dois sugerem uma distribuição quase uniforme das diferentes frações molares analisadas que seria produto de processos de homogeneização por difusão intracristalina gerada pelas temperaturas durante o pico metamórfico.

4.1.2 Biotita

Foram processadas 215 análises em biotita de 12 lâminas das amostras selecionadas e os resultados da plotagem no diagrama Al^{IV} vs $Mg/(Fe+Mg)$ de classificação de micas de Deer *et al.* (1992) (figura 35), agrupam-se no campo das biotitas verdadeiras na zona intermediária com tendência sutil para o campo da annita.

Figura 35 - Diagrama de classificação da biotita como função do X_{Mg} de (Deer *et al.* 1992). A composição das diferentes amostras é relacionada na legenda a sua posição referente aos corpos mineralizados A, B e gnaiss.

A variação da razão $Mg/(Fe+Mg)$ na biotita do depósito Turmalina define duas áreas, sendo a primeira $0.35 < X_{Mg} < 0.54$. Neste caso as biotitas estão associadas aos níveis mais superiores e por cima do corpo mineralizado B, como evidenciado nas análises dos furos FMT80 e FMT37. A biotita relacionada com o corpo mineralizado B, define um campo isolado e estreito com X_{Mg} entre

0.65 a 0.67, com o Al^{IV} variando entre 2.41 a 2.86. Já os valores de Ti variam no intervalo entre 0.14 e 0.20 para todas as análises.

No ortogneisse, a biotita tem razão $Mg/(Mg+Fe)$ entre 0.45 e 0.46 e o Al^{IV} entre 2.54 e 2.654, apresentando uma similaridade composicional com a biotita das rochas metavulcanossedimentares da Mina Turmalina. Na tentativa de determinar o nível no qual foi afetada a química da biotita do ortogneisse, foi usado o diagrama triangular $TiO_2-FeO+MnO-MgO$ (Nachit, 1986), definido para granitos. Neste diagrama as análises inserem-se no campo da **biotita secundária**, esta particularidade poderia corresponder a uma re-homogeneização produto da alteração hidrotermal.

4.1.3 Anfibólio

Análises de anfibólio foram realizadas em quatro lâminas nos litotipos com granada, anfibólio plagioclásio, quartzo e apatita. Em total se obtiveram 80 resultados correspondentes aos centros de cristais presentes nos níveis por cima do corpo mineralizado A e na porção entre os dois corpos de minério A e B, das lâminas FMT80-459, 472, 480 e 536 (Figura 36). As proporções catiônicas foram calculadas para 15 cátions (excluindo Na e K); para anfibólios Fe-Mg o cálculo foi feito para 13 cátions (excluindo Ca, Na e K), a estimativa do Fe^{3+} é com base no fator de Droop (1987), adequado para a coexistência de anfibólios Fe-Mg e cálcicos. Conforme Leake *et al.* (1997), um primeiro grupo de anfibólios e mais abundantes cumprem com as premissas: i) ocupação do sítios catiônicos na posição B (excessos de Mg , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Li) ≥ 1 , e ii) $(Ca+Na)_B < 1$, definindo o grupo de anfibólios de Mg-Fe-Mn- Li. Um segundo grupo de anfibólios apresenta composição cálcica com $(Na+K)_A < 0.5$ e $Ca_B \geq 1.50$ e $Ca_A < 0.50$.

Figura 36 – Diagrama de classificação composicional dos anfibólios analisados nas amostras FMT80-459, 472, 480 e 536, segundo Leake *et al.* (1997).

Os resultados analíticos mostram que os anfíbios entram no grupo das cummingtonitas em três lâminas analisadas (FMT80-459, 472, 480) a amostra FMT80-536 apresenta anfíbios que variam de Fe-hornblendas até actinolita. A Cummingtonita, exibe variações da razão $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ entre 0.51 até 0.66, o Si está entre 7.13 a 7.59 e os teores totais de Ca Na e K variam de 0.03 a 0.09 apfu. Anfíbios do grupo cálcico apresentam variações de Si de 6.94 a 7.89 e razão $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ entre 0.41 até 0.49 e só três dados têm proporções entre 0.50 e 0.59; os valores de Fe^{3+} variam no intervalo de 0.05 até 0.37, a quantidade de cálcio está entre 1.96 e 2.10, favorecendo a presença de ferrohornblendas e actinolitas (Figura 37).

Figura 37 – Diagrama de classificação composicional segundo os grupos de anfólios de Fe-Mg-Mn-Li e cálcicos para as amostras FMT80-459, 472, 480 e 536 (Leake *et al.*, 1997).

4.1.4 Feldspatos

Os feldspatos analisados representam 250 resultados composicionais obtidos em oito lâminas. Os resultados das análises para os feldspatos da mina Turmalina exibem dois grupos de plagioclásio, aparentemente relacionados com os litotipos nos quais se encontram (Figura 38). Nos

litotipos com plagioclásio, cummingtonita, quartzo e granada, o plagioclásio se concentra preferencialmente no campo do oligoclásio ($An_{20}-An_{35}$) com valores restritos no campo da andesina. O plagioclásio presente em bandas com granada, biotita, e quartzo exibe composição restrita ao campo da Andesina ($An_{35}-An_{50}$), com poucos valores que alcançam o intervalo da labradorita. Um perfil composicional em um cristal de plagioclásio mostrou uma variação entre núcleo e borda de An_{42-37} conforme a média dos plagioclásios analisados. As análises com conteúdos variáveis de K, que se inserem no campo dos feldspatos alcalinos, refletem os processos de alteração dos feldspatos por soluções hidrotermais, que favorecem a formação de sericita e caulinita, como observadas nas análises petrográficas. Dados extremos de anortita ou albita também foram identificados em núcleos de amostras das lâminas FMT80-472 e 515. Feldspato potássico, com teores de Or_{80} foram identificados em todos os litotipos analisados, mas em quantidades restritas.

Figura 38 - Diagrama composicional de classificação dos feldspatos presentes nas rochas do depósito Turmalina.

4.1.5 Clorita

Resultados das análises feitas em 78 núcleos de cristais de clorita de três dos litotipos identificados na Mina Turmalina permitiram classificar as cloritas como Ripidolitas *s.l.*, segundo a

classificação de Hey (1954), embora se apresentem leves tendências para pseudothuringita, picnoclorita e Brunvigita (figura 39). Já no campo das Ripidolitas, é observado que as cloritas relacionadas ao corpo de minério B, com alto conteúdo de Mg que varia de 6.32 até 6.43 a.p.u.f e razão média de $Fe/(Fe+Mg)$ de 0.29. Esse agrupamento se localiza no extremo direito do campo das ripidolitas e isolado das cloritas dos outros litotipos que incluem às associadas ao corpo de minério A. Razões $Fe/(Fe+Mg)$ entre 0.44 e 0.59; e quantidades de Mg menores, na faixa de 3.79 até 5.34 a.p.u.f, caracterizam o grupo dominante. As diferenças refletidas nas cores anômalas de birrefringência verde claro, violeta ou azul são o resultado do incremento nos conteúdos de Fe, Mn ou Cr, como observado nas análises químicas pontuais.

Figura 39 – diagrama de classificação das cloritas presentes no depósito aurífero Turmalina segundo a classificação de Hey (1954).

Cloritas são minerais comuns em rochas metamórficas de baixo a médio grau, e sua formação é quase restrita a temperaturas de cerca de 400 °C e poucos quilobares durante o aumento do grau de metamorfismo. Em rochas da zona da granada ou de mais alto grau, a clorita é produto das reações retrogradadas de minerais ferro-magnesianos como granada ou biotita (Deer et al. 1992). As características petrográficas indicam que, parte das cloritas do depósito Turmalina cristalizaram durante a fase principal da formação da foliação, em tanto que outra porção delas estão possivelmente relacionadas com os processos de alteração hidrotermal de biotita, anfibólio e granada na fase final do evento metamórfico.

4.1.6 Estauroлита

Obtiveram-se sete resultados analíticos em igual número de cristais de estauroлита que aparece no litotipo localizado para o teto do corpo de minério B. A associação mineralógica que acompanha este mineral não é clara, pois aparece em zonas restritas e a maioria das vezes contida em muscovita, embora apareçam em áreas de anfíbólio para a base do corpo B (ver figura 14). A estauroлита mostra valores de FeO entre 9,680 a 11,680%, e valores de XMg < 3,00, que segundo Deer *et al*, (1992) estão dentro do campo de estabilidade de ferro-estauroлитas + quartzo. Experimentalmente, estauroлитas com características composicionais parecidas a estas têm sido determinadas sob condições de pressões >1,5 kbar (2 -4 kbar) e temperaturas entre 500 e 700 °C (Deer *et al*, 1992, Hoschek 1969).

4.1.7 Sulfetos

Um total de 83 resultados das análises realizadas em sete lâminas do depósito em estudo e 20 análises em uma lâmina do depósito de ouro Satinoco, para comparação, é apresentado na figura 40; os resultados confirmaram a composição química que corresponde aos minerais identificados através das análises petrográficas, entre eles o principal é a arsenopirita o qual está associado com a mineralização de ouro, pois a pirrotita e pirita sejam mais abundantes e coexistam com outras fases minerais menos representativas que não foram objeto de estudo químico.

A pirrotita (Fe_{1-x}S , com x: 0-0,17) é o sulfeto mais abundante nas rochas do depósito Turmalina, com variação de ferro entre 59,235 e 61,865 % em peso, além de elementos menores como Ni e Co, em proporções inferiores a 0,391% em peso, porém quando analisados outros elementos como Au, Ag, Sb, encontra-se que o Au pode alcançar até 1,12%, como no caso de uma análise de pirrotita na amostra FMT37-235⁶. A pirita analisada corresponde a uma fase quase pura, com conteúdos de Fe variam entre 50,35 a 52,79 % em peso, Au de 0,851 % em peso e valores de As menores a 1% em peso.

Figura 40 - Diagrama ternário de classificação de sulfetos (Clark, 1960) do depósito de ouro Turmalina, arsenopirita (Apy), pirrotita (Po), pirita (Py).

Cristais de arsenopirita forneceram conteúdos de As entre 41,20 e 45,38 % em peso além de Sb com 1,180 % em peso e valores de até 0,550 % em peso para Au. Associações de arsenopirita, sulfosais de Sb e Au têm sido amplamente encontradas em depósitos de veios de quartzo em outros depósitos no Brasil e outros países, relacionando as concentrações do Au principalmente com a arsenopirita (Boyle, 1979). Valores para Ni e Co podem alcançar até 2,45% do peso total e a variação no conteúdo de Fe é $33,03 \pm 1,75\%$.

A composição química da arsenopirita revela a relação consistente entre As e S com a associação mineral. A correlação negativa entre esses dois elementos (figura 41) segue a substituição clássica $\text{FeAs}_{1-x}\text{S}_x$ o que implica o equilíbrio químico durante a formação da arsenopirita dos corpos A e B, mas a dispersão dos dados indicaria reações super-impostas durante processos retrógrados, favorecendo a presença de porosidade em cristais de arsenopirita, como descrito na petrografia.

Figura 41 - Conteúdo promedio de S e As (% Atom) em arsenopirita das amostras estudadas dos corpos de minério A e B.

A coexistência em equilíbrio de pirita e pirrotita indicam temperaturas acima de 400°C, temperatura similar à postulada para o equilíbrio termodinâmico entre pirita e arsenopirita e sendo inferior a 491°C o que delimitaria um possível intervalo de temperatura para a paragênese associada com a mineralização aurífera, entre 400 - 490°C.

4.2 TERMOBAROMETRIA

A geotermometria e geobarometria têm como objetivo o cálculo de temperaturas e pressões de equilíbrios termodinâmicos entre minerais de uma mesma suite paragenética, embora esta técnica tenha sido desenvolvida, inicialmente, para sua aplicação em rochas ígneas, atualmente é usada de modo generalizado para o estudo de rochas metamórficas, na determinação das condições que prevaleceram durante o metamorfismo. O método básico para esses cálculos termobarométricos se baseia nas relações de variação dos valores da entropia (ΔS), entalpia (ΔH), capacidade calorífica (ΔC_p) e volume molar (ΔV) dos minerais conhecidos de uma determinada paragênese mineral e da disponibilidade de calibrações experimentais, sejam pelos métodos tradicionais ou mediante estimativas usando bancos de dados internamente consistentes.

As calibrações termobarométricas clássicas são de dois tipos, as experimentais e as empíricas, no primeiro caso, a calibração depende das medidas em laboratório da constante de equilíbrio de uma determinada reação em função da temperatura e a pressão em experimentos sob condições químicas controladas; nas calibrações empíricas as medidas dependem da constante de equilíbrio em associações que ocorrem naturalmente, das quais, a temperatura e a pressão do equilíbrio são inferidas a partir de outros dados, como as paragéneses minerais ou dados de isótopos estáveis (Spear, 1989).

Os bancos de dados internamente consistentes (TWQ de Berman, 1991 ou THERMOCALC de Powell & Holland, 1988), utilizam dados termodinâmicos e modelos de atividade para todas as fases ou foram calibrados usando o mesmo conjunto de dados empíricos (Spear, 1993). Estes métodos garantem o grau de equilíbrio em que a amostra se encontra, eliminando (no possível) os erros sistemáticos e possibilitando a obtenção de resultados com coerência e significado geológico.

Com o intuito de determinar as condições do pico metamórfico, e, no possível o percurso retrometamórfico que se seguiu, foram calculadas as temperaturas do evento metamórfico responsável pela paragénesis mineral observada nas rochas do depósito Turmalina.

4.2.1 Termômetro Granada - Biotita

Calibrações reconhecidas na literatura para o par granada-biotita são empíricas, definidas para um grupo específico de rochas e a grande maioria destes para metapelitos e em menor proporção para metabásicas, restritas a certas condições de metamorfismo. Ainda que o tipo de rocha aqui analisada (metavulcanossedimentar) possa permitir o uso de diferentes termobarômetros, já que apresenta granada e biotita em equilíbrio no pico metamórfico, somente foi utilizado o termômetro de Ferry & Spear (1978), cujos resultados experimentais são satisfatórios para a troca catiônica de Fe-Mg em fases com temperaturas inferiores a 800°C. Os resultados obtidos a partir das análises que representam amostras de granada G1, G2 (A,B) e biotita da matriz, se encontram na tabela 4.

Tabela 4. Termômetro de troca catiônica Fe-Mg entre granada e biotita de Ferry & Spear 1978.

Amostra	grupo granada	T°C núcleo	T°C Borda	Amostra	grupo granada	T°C Núcleo	T°C Borda
515g2(8)	G1	500	437	37-235g1(1)	G2	606	586
515g3(7)	G1	501	499	480g2(9)	G2	592	530
515g7(12)	G1	496	411	480g1(7)	G2	612	515
515g6(11)	G1	467	433	480g3(10)	G2	565	494* /560
480g3(11)	G1	517	794	37-247g4(9)	G2	502	522* /532
				37247g1(9)	G2	512	531* /523

* Temperaturas registradas com análises intermediárias no perfil composicional.

Os resultados obtidos mediante o uso deste termômetro permitiram determinar temperaturas do pico metamórfico no intervalo entre 467 a 517°C, registrado nos núcleos. Temperaturas de fechamento registradas nas bordas de granada e biotita (em contato) variam entre 411 a 499°C. Para as granadas do tipo G2 (item 4.1.1), as temperaturas armazenadas nos núcleos destes cristais exibem valores mais altos (502 - 612°C), com temperaturas de borda aproximadamente de 515 a 586°C. Um único valor próximo aos 800°C foi obtido mediante o uso deste par, porém pode corresponder a biotita com conteúdos de Ti mais altos e granada com Ca e Mn mais altos. Deve ser considerado que valores deste tipo não foram mais registrados, razão pela qual é considerado como um valor anômalo que precisa ser analisado com mais detalhe para poder compreender o seu significado dentro dos valores de temperatura obtidos no depósito Turmalina.

4.2.2 Termômetro Anfibólio-Plagioclásio

O geotermômetro anfibólio-plagioclásio proposto por Holland & Blundy (1994), tem como base o conteúdo de Al^{IV} dos anfibólios cálcicos coexistentes com plagioclásios em rochas saturadas com sílica, já que em anfibólios o Al varia significativamente com a temperatura.

Como visto anteriormente, as rochas pertencentes ao intervalo entre os corpos de minério A e B apresentam condições térmicas maiores às dos outros litotipos, pelo qual foram usados núcleos de anfibólios e plagioclásios da amostra FMT80-536 (tabela 5), com o intuito de estabelecer as temperaturas registradas por esses minerais.

Tabela 5. Dados para o cálculo da temperatura segundo termômetro anfibólio-plagioclásio proposto por Holland & Blundy (1994)

ANFIBÓLIO	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16
SiO ₂	48.12	47.76	49.91	49.45	51.12	47.83	45.31	48.98	47.28	48.86	48.35
TiO ₂	0.06	0.05	0.13	0.09	0.1	0.08	0.05	0.08	0.08	0.02	0.09
Al ₂ O ₃	5.66	6.26	3.79	4.82	3.06	6.5	8.29	5.28	6.73	5.18	5.78
FeO*	21	20.62	20.34	20.49	20.12	21.09	21.46	20.95	20.97	20.52	21.18
MgO	8.71	8.49	9.6	9.07	9.93	8.37	7.48	8.78	8.46	9.12	8.31
MnO	0.42	0.44	0.45	0.46	0.52	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.46
CaO	12.88	12.82	13	12.97	12.94	12.83	12.78	12.91	12.89	12.74	12.79
Na ₂ O	0.56	0.65	0.34	0.47	0.31	0.66	0.78	0.51	0.64	0.51	0.55
K ₂ O	0.34	0.29	0.16	0.23	0.12	0.31	0.46	0.25	0.34	0.22	0.25
Sum	97.75	97.38	97.71	98.05	98.2	98.09	97.05	98.18	97.85	97.59	97.76
PLAGIOCLÁSIO	8	9	10	11	12	19	23	24	25	26	27
X _{Ab}	51.14	49.72	61.55	64.92	53.07	47.26	49.15	59.21	56.1	55.67	66.29
X _{An}	47.39	50.04	35.58	34	46.54	36.48	50.37	37.59	27.55	44.33	33.34
T (°C) HBI994	765	728.3	724.1	652.3	714	714.7	782.7	688.9	712.1	724.7	758.6

Segundo os resultados obtidos é possível estabelecer que pelo menos as rochas deste litotipo registraram temperaturas entre 652.3 e 782.7 °C (717.5 ± 65.2 °C).

4.2.3 Termômetro da Clorita

Vários pesquisadores têm desenvolvido separadamente métodos para determinar a composição da clorita, temperatura de formação e as relações destes parâmetros no uso como geotermômetro. Os diferentes termômetros são fundamentados em métodos que observam as condições estruturais ou composicionais da clorita. No geotermômetro de Hayes (1970), as observações estruturais reconhecem a mudança interna da clorita relacionada diretamente com as mudanças de temperatura. Calibrações empíricas iniciais de Cathelineu & Nieva (1985), mostram como os conteúdos de Al^{IV} aumentam com o aumento de temperatura, o que por sua vez é correlacionável com um aumento na relação Fe/(Fe+Mg) em ambientes geotermiais. Cathelineu (1988) modificou essa calibração e Kranidiotis & Maclean (1987) inserem uma correção de Al^{IV} para ser aplicado em ambientes vulcanogênicos. O modelo de Walshe (1986) define a clorita como uma solução sólida com seis componentes moleculares linearmente independentes (SiO₂, Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃, MgO e H₂O) e baseia o modelo no equilíbrio entre a clorita e a solução aquosa, usando propriedades termodinâmicas calibradas com dados de sistemas hidrotermais e geotermiais. Por último, existem os métodos teóricos que baseiam o cálculo das temperaturas nas reações químicas entre carbonatos e CO₂, cloritas e H₂O como o termômetro de Hutcheon (1990).

Para efeitos práticos, os termômetros aqui utilizados se referem aos relacionados com as variações de Al^{IV} e o cálculo das temperaturas para a clorita do depósito Turmalina utilizou as equações enunciadas na tabela 6.

Tabela 6 - Quadro resumo dos estudos relacionados com o termômetro empírico da clorita.

AUTOR	TEMPERATURA	CORREÇÃO DE Al^{IV}	INTERVALO DE CONFIABILIDADE
Cathelineu & Nieva, 1985	$T^{\circ}C = 213.3 * Al^{IV} + 17$		
Kranidiotis & Maclean, 1987	$T^{\circ}C = 106 * Al^{IV} + 18$	$Al^{IV} = Al^{IV} + 0.7[Fe/(Mg+Fe)]$	$0.18 < [Fe/(Mg+Fe)] < 0.64$
Jowett, 1987	$T^{\circ}C = 319 * Al^{IV} - 69$	$Al^{IV} = Al^{IV} + 0.1(Fe/[Fe + Mg])$	$Fe/(Fe + Mg) < 0.6$
Cathelineu, 1988	$T^{\circ}C = 321.98 * Al^{IV} - 61.92$		$Fe/(Mg+Fe) < 0.37$
Zang & Fyfe, 1995	$T^{\circ}C = 106 * Al^{IV} + 18$	$Al^{IV} = Al^{IV} + 0.88[Fe/(Mg+Fe) - 0.34]$	$0.78 < [Fe/(Mg+Fe)] < 0.81$

O cálculo de temperatura feito com as calibrações empíricas gerou dois grupos de resultados com diferenças entre grupos de até 500 °C. No primeiro grupo são correlacionáveis os resultados fornecidos das calibrações de Cathelineu & Nieva (1985), Kranidiotis & Maclean (1987) e Zang & Fyfe (1995), sendo que essas temperaturas oscilam no intervalo estreito de 405 a 496°C para as cloritas dos diferentes litotipos, alguns valores dispersos oscilam entre 250 a 372°C, ambos os intervalos com temperatura compatível com a temperatura de condições do metamorfismo de fácies xisto verde. O segundo conjunto de temperaturas, segundo as calibrações de Cathelineu (1988) e Jowett (1987) e oscilam entre 1054 a 1187°C, dados fora dessas tendências são poucos, mostrando valores entre 644 a 917°C (figura 42). Estes últimos dados entram no campo da fácies granulito, condição esta que não reflete o que evidenciam as rochas que ocorrem no depósito Turmalina.

Figura 42 - Diagrama de correlação das temperaturas obtidas segundo as calibrações de Cathelineu & Nieva, (1985); Kranidiotis & Maclean (1987) e Zang & Fyfe, (1995).

Após a comparação da distribuição dos valores de temperatura obtidos, foram selecionadas as temperaturas do primeiro grupo [Cathelineu & Nieva (1985), Kranidiotis & Maclean (1987) e

Zang & Fyfe (1995)], já que se consideraram coerentes com os dados de química mineral e as observações feitas na petrografia. Isto pode corresponder à cristalização de clorita progradada, hidrotermal ou mesmo cristalizada após do pico metamórfico que afetou as rochas do depósito de ouro Turmalina. Pelas evidências observadas na clorita pode ser determinado que as relações paragenéticas da clorita com os outros minerais metamórficos apresentam feições típicas de dois estágios relacionados ao desenvolvimento do evento metamórfico em fácies xisto verde. Além das características petrográficas descritas anteriormente, as razões $Fe/(Fe+Mg)$ entre 0.32 a 0.66 para os litotipos em amostras dos furos FMT37 e FMT80 caem dentro dos valores restritos para o intervalo de confiabilidade dos termômetros de Kranidiotis & Maclean (1987) e Zang & Fyfe (1995), mesmo no caso de ter cloritas magnesianas, como as do furo de sondagem FMT80, que apresenta valores por volta de 0.29.

4.2.4 Bancos de dados internamente consistentes

Após o uso do software THERMOCALC (*Holland & Powell, 1998), módulo *P-T average* e o TWQ (**Berman 1988, amostra FMT80-480b3b), os resultados obtidos apresentam boa correspondência analítica, e permitiram esboçar as condições de pressão e temperatura do pico metamórfico.

Os resultados para associações com cristais de granada de tipo G2, forneceram dados de temperaturas e pressões no núcleo entre 550°C e 3.5 Kbar (FMT80-530b2c) e 610°C e 4.4 Kbar (FMT80-530b4c). Análises em bordas obtidas mediante o uso dos programas THERMOCALC* e TWQ** da amostra FMT80-480b3b, exibem valores de 570°C e 6.3 Kbar e de 630°C e 7 Kbar, respectivamente, coerentes ao resultado da amostra FMT80-472b6b de 550°C e 6.6 Kbar. Para associações com granadas do tipo G1 foram obtidos valores nas bordas de 540°C e 4 Kbar.

4.2.5 Discussão de resultados

As relações texturais e mineralógicas evidenciadas nas rochas do depósito Turmalina apresentam variações nas condições de conformação da associação metamórfica que caracteriza a foliação milonítica onde estão presentes granada, biotita, clorita e anfibólio. Os cálculos termométricos obtidos para o pico metamórfico confirmam as observações petrográficas descritas no capítulo três onde se observaram vários estágios de cristalização dos minerais como produto de uma tectônica policíclica onde pelo menos dois eventos metamórficos são reconhecidos.

O metamorfismo nesta região do Cráton São Francisco alcançou a fácies anfibólito como caracterizado nesta pesquisa, marcado pela presença de estauroлита e a associação anfibólito – granada sugestiva de cristalização no pico metamórfico, além da coexistência de anfibólios cálcicos e ferromagnesianos, e nas temperaturas registradas nos núcleos/bordas dos cristais de granada. A fase tardia do metamorfismo está representada por processos alteração hidrotermal associados à mineralização de ouro. Alteração hidrotermal está caracterizada pela presença de sericita como produto da alteração de feldspatos alcalinos principalmente. A clorita e argilo-minerais ocorrem como resposta aos processos de lixiviação de anfibólito, granada, biotita e plagioclásios.

A presença de estauroлита, indicativa da fácies anfibólito em rochas metapelíticas, sugere que as temperaturas não ultrapassaram 670°C (Spear & Cheney, 1989) e as pressões 7 kbar, mesmo por que um aumento significativo na temperatura poderia gerar cianita por substituição da estauroлита, sendo que este fenômeno não foi observado no conjunto petrográfico analisado.

Plagioclásio da matriz presente no litotipo entre os corpos A e B não exibe variações apreciáveis na sua composição, mas nota-se um decréscimo na molécula de anortita de núcleo para borda (An_{42-37}), possivelmente indicando uma diminuição da temperatura associada ao metamorfismo retrogrado ou a um resfriamento leve nos estágios finais do pico metamórfico. Os anfibólios da serie cummingtonita-grunerita, embora se apresentem em um amplo intervalo de rochas, estão associados principalmente a rochas ígneas básicas e BIF que atingiram médio/alto grau metamórfico, variando da isógrada da biotita a da estauroлита (Klein, 1983). A coexistência de actinolita e hornblenda com anfibólios ferro-magnesianos (principalmente cummingtonita) representam temperaturas entre 400 e 750°C e pressões de 5 Kbar segundo Robinson *et al.* (1982).

A evolução metamórfica registrada em cristais de granada indica, de modo geral, que durante o evento deformacional deu-se em uma fase com incremento progressivo de temperatura e pressão seguido pela queda na pressão após o pico térmico (figura 43). O aumento de temperatura é validado pelas mudanças na proporção molecular de piropo entre núcleo e borda, como observado para as granadas-G1, embora não seja tão evidente no contexto geral para granadas-G2 (A, B). Porém é claro que ainda tendo comportamentos inversamente proporcionais entre ferro e magnésio, foi facilitada a formação de granadas-G1 em uma fase isoterma, como indicado pelos resultados da temperatura entre núcleo e borda da amostra FMT80-515; o que também favoreceu a cristalização de anfibólios com texturas fibroradiadas como resposta ao regime metamórfico em condições aproximadamente estáticas e em ausência de pressão dirigida que operava no momento. Segundo Spear (1993), o decréscimo do teor de cálcio na granada entre núcleo e borda, evidenciaria uma

queda na pressão durante a evolução do metamorfismo progrado, condição esta sistematicamente constante em todos os perfis gerados a partir da química mineral.

Os resultados obtidos segundo o termômetro de Holland & Blundy (1994), indicam temperaturas no intervalo 650-780°C, o que somado às temperaturas e pressões obtidas mediante o uso de THERMOCALC e TWQ de 550°C-610°C e 3.5-4 Kbar e 570°C-630°C e 6.3-7 Kbar, registradas em núcleos/bordas de granadas-G2, delimitam o pico metamórfico. A fase de resfriamento está marcada inicialmente pelos dados das bordas das granadas-G1 e pela cristalização das cloritas, em temperaturas no intervalo 405 a 496°C. As transformações mineralógicas tardias iniciam-se com a substituição composicional de biotitas, granadas e anfibólios por cloritas durante a fase metassomática que afetou as rochas do depósito Turmalina.

Figura 43. Trajetória P-T sugerida para as rochas do depósito de ouro Turmalina com base na química da granada.

A arsenopirita se caracteriza por apresentar certo equilíbrio composicional e não se modificar significativamente em processos subseqüentes, sendo ainda preservada em eventos hidrotermais de rápido resfriamento, essa asseveração explicaria a coexistência com pirrotita / pirita a temperaturas de equilíbrio no intervalo 400°C a 500°C, corroborando a relação do evento hidrotermal gerador da mineralização à fase tardia do metamorfismo Riachão.

5 ESTUDO MICROTERMOMÉTRICO DE INCLUSÕES FLUIDAS

Inclusões fluidas (IF) representam amostras dos fluidos que foram retidos em minerais durante seu crescimento, incorporadas por estes em descontinuidades como imperfeições nas faces de crescimento, fraturas e clivagens ou formadas depois da cristalização do mineral hospedeiro. Suas dimensões variam da ordem micrométrica a milimétrica. Estudos químicos indicam que os principais solutos desses fluidos são constituídos por cátions, tais como, Na, K, Ca, Mg, Fe, Ba, Mn, ânions de Cl, S, N, P, Si, metais como Au, Ag, Cu, Pb, Zn, U, espécies gasosas (CO_2 , CH_4 , N_2 , SO_2 , H_2S) e hidrocarbonetos (Pirajno 2009).

A identificação genética dos tipos de inclusões fluidas, universalmente utilizada, é discutida por Roedder (1984). Em forma resumida existem três tipos principais: **Primárias** quando formadas durante o crescimento do cristal hospedeiro; ocorrem isoladas ou em pequenos agregados e podem definir zonas de crescimento cristalino. **Secundárias** se formam após o término do crescimento do cristal; distribuem-se em planos de fraturas cicatrizadas que podem cruzar as zonas de crescimento ou mesmo as bordas do cristal. **Pseudo-secundárias** ocorrem em planos de fraturas cicatrizadas no interior de um único cristal, não cruzando os limites do mesmo. A sua análise microtermométrica está baseada em seu resfriamento e aquecimento efetuados em platinas especiais acopladas a um microscópio petrográfico convencional (Poty *et al.* 1976; Roedder, 1984). Na formação de depósitos minerais é geralmente assumido que inclusões primárias e pseudo-secundárias hospedadas em minerais transparentes especialmente associados com os minerais do minério são representativos da formação do mesmo (Wilkinson, 2001).

Petrográfica e microtermométricamente foram analisadas amostras dos níveis N506 SE no corpo A e N560 NW no corpo B. Os níveis silicificados contêm quartzo leitoso, maciço e rico em sulfetos como pirrotita, pirita e arsenopirita e ouro fino granular livre. Ao microscópio o quartzo apresenta dimensões variadas em matriz granoblástica com textura mosaico e em ripas; possuem limites lobados e efeitos de deformação como extinção ondulante, estiramento e formação de subgrãos dispostos em continuidade óptica paralela à foliação principal. As IF analisadas são primárias monofásicas (essencialmente compostas por CO_2 líquido ou gás), bifásicas compostas por $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{v})$ ou $\text{CO}_2(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{l ou g})$, trifásicas constituídas por $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$ ou $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{v}) + \text{sólido}$ e multifásicas com $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) +$ vários sólidos.

Inclusões fluidas aquosas bifásicas a temperatura ambiente, estão contidas em cristais de quartzo com leves evidências de deformação no **corpo de minério A** onde aparecem dispersas (zonas Z2, Z5 e Z6) com aparência primária e dispostas em trilhas (Zonas Z2T, Z5T e Z6T) de origem pseudo secundária pelo fato de não ultrapassarem os limites entre grãos. No **corpo de minério B** só foram observadas inclusões primárias retidas em cristais de quartzo com evidentes feições de deformação como extinção ondulante, subdivisão de grãos e limites lobados. A tabela 7 mostra a distribuição por zonas das inclusões fluidas que foram analisadas. Para o corpo de minério A (amostra N506 SE) foram analisadas 131 inclusões fluidas bifásicas constituídas por uma fase líquida essencialmente aquosa + uma fase vapor (figura 44), dispostas nas zonas Z2, Z5 e Z6 sendo delas 84 primárias e 47 distribuídas em trilhas (Z2T, Z5T, Z6T) que foram consideradas como pseudo secundárias.

Tabela 7- Relação de inclusões fluidas (IF) distribuídas por corpos de minério, zonas e tipo, constituídas por uma fase líquida essencialmente aquosa mais uma fase vapor, Aquocarbônicas e Carbônicas.

Aquosas		Aquocarbônicas		Carbônicas	
Minério A		Minério B			
Zona	No de IF	Zona	No de IF		
Z2	31	A	17	11	18
Z5	24	B2	10	15	3
Z6	29	B3	8	12	12
Z2T	32	B4	27	17	6
Z5T	12				
Z6T	3				
Total	131		62	45	39

Para o corpo de minério B (amostra N560 NW) se analisaram 146 IF primárias agrupadas nas zonas A, B2, B3 e B4 sendo que 62 correspondem a IF Aquosas, 45 são aquocarbônicas e 39 estão constituídas por fluidos essencialmente carbônicos. Nas quatro áreas analisadas ocorrem cristais de quartzo derivado dos processos de silicificação e milonitização dispostos em bandas deformadas intercalados com bandas de minerais máficos. Nesses cristais encontram-se inclusões bifásicas e trifásicas, cujas características composicionais permitiram seu agrupamento em três tipos (figura 44): a) 62 inclusões bifásicas (42%) essencialmente aquosas com razões $V_{\text{vapor}} / V_{\text{total}}$ variando principalmente entre 0.10 e 0.20; b) 65 inclusões bifásicas e trifásicas (31% dos dados) compostas por soluções aquosas salinas e voláteis ($\text{CO}_2 \pm \text{CH}_4 \pm \text{N}_2$), com razões $V_{\text{voláteis}} / V_{\text{total}}$ muito variáveis, situadas na faixa de 0.10 a 0.90; além de cristais quadrados. c) 39 inclusões (27%) essencialmente carbônicas com razões $V_{\text{voláteis}} / V_{\text{total}}$ próximas a 1. Também ocorrem inclusões compostas essencialmente por uma ou mais fases sólidas, contendo uma bolha de vapor. Trata-se de inclusões de fusões silicáticas que desenvolveram uma fase vapor, devido à separação de constituintes voláteis por imiscibilidade durante o resfriamento e cristalização das fases sólidas.

Constituem *melt inclusions* vítreas ou cristalinas, muito possivelmente induzidas pela compartimentação da deformação que gerou bandas miloníticas com feições locais ultramiloníticas, mas este tipo de inclusões não foi estudado. Os dados microtermométricos obtidos e os parâmetros calculados encontram-se no apêndice C tabela 2.

A apresentação dos resultados analíticos é abordada tendo em conta que se trata de corpos de minérios diferentes, agrupamento de inclusões fluidas com características e tipos de inclusões distintas; mas no caso das inclusões fluidas aquosas dos minérios A e B, como os parâmetros analisados são os mesmos, os dados obtidos no estudo microtermométrico se apresentam de maneira conjunta, mas eles são tratados e discutidos separadamente.

Figura 44 - Fotomicrografias de inclusões fluidas contidas em cristais de quartzo. As flechas indicam inclusões fluidas primárias distribuídas em forma aleatória (A) e em trilhas (B) para o corpo de minério A. Em (C e D) as inclusões fluidas (aquosas) setas azuis, (carbônicas) setas vermelhas e (aquocarbônicas) setas laranja, observadas no corpo de minério B do depósito aurífero Turmalina. Lado maior 0.032mm

5.1 INCLUSÕES FLUIDAS LÍQUIDAS ESSENCIALMENTE AQUOSAS

Para a determinação da composição e densidade das IF aquosas se utilizam as temperaturas do eutético (TE), da fusão do gelo (Tfg) e da homogeneização total (Thot). As TE foram medidas em 183 inclusões fluidas (131 no corpo de minério A e 62 no minério B, figura 45) cujos resultados estão na faixa de -62,9 a -40,5 °C. Esses dados de TE evidenciam para o minério A intervalos de temperaturas e tendências centrais notadamente distintos entre as inclusões das zonas analisadas. Valores de TE baixos, mas distribuídos em amplo intervalo de -63 a -51 °C ocorrem nas inclusões primárias da zona Z2 e nas pseudo-secundárias das zonas Z2T e Z5T. Nelas as tendências mais freqüentes estão, respectivamente, em torno de -58,9 e -51,9 °C. Já as temperaturas nas inclusões das zonas Z5 e Z6, distribuem-se no intervalo de -53,9 a -46,5 °C com média de -50,5 e -51,5 °C respectivamente. Nota-se que as temperaturas eutéticas das inclusões dispostas em trilhas apresentam comportamento semelhante às TE das inclusões primárias, sugerindo o mesmo sistema de fluidos nos dois casos.

No corpo de minério B as inclusões exibem três intervalos de distribuição das TE, possivelmente devido a composições distintas. Elas são mais baixas (-62,3 a -54,5 °C) nas IF dispostas na zona A, cuja média é de -56,5 °C. As TE mais elevadas foram medidas na zona B2 no intervalo -49,3 a -40,5 °C e média de -46,1 °C. Temperaturas intermediárias numa estreita faixa entre -55,7 e -50,2 °C foram encontradas nas zonas B3 e B4, cujas médias são respectivamente -53,9 °C e -52,3 °C, evidenciando características físicas e de composição similares. Esses valores indicam um sistema aquoso contendo NaCl e CaCl₂. Em sistemas compostos por H₂O+NaCl+CaCl₂ o eutético estável é de -52 °C (Davis *et al.* 1990). Temperaturas inferiores a este valor podem representar metaestabilidade do sistema (Davis *et al.* 1990), conforme mostram dados destes autores para casos parecidos. Segundo Roedder (1984) podem também corresponder à presença de outros íons (como CH₄, N₂) que rebaixam as temperaturas eutéticas das soluções.

Figura 45 - Histogramas de frequência para valores das temperaturas eutéticas das soluções aquosas do depósito aurífero Turmalina.

Para as inclusões fluidas aquosas do minério A foram medidas temperaturas de fusão do gelo (Tfg) em 84 inclusões primárias e em 47 dispostas em trilhas. Para o minério B foram medidas as temperaturas de fusão do gelo em 43 inclusões primárias (figura 46).

No caso do minério A, a maioria dos dados está no intervalo de -15.9 a 0 °C, distribuídos por zonas da seguinte maneira: na zona Z2, as Tfg se agrupam no intervalo de -11.7 a -0.5 °C e média próxima de -6.5 °C; um estreito intervalo de -2.4 a -0.5 °C com tendência central de -1.6 °C caracteriza as Tfg das inclusões da zona Z5, um arranjo de distribuição parecido a este último intervalo, exibe as Tfg da zona Z6 as quais estão agrupadas principalmente entre -5.7 e -1.8 °C e média de -3.8 °C, três dados extremos mostram baixas temperaturas entre -17.8 e -11.5 °C.

As temperaturas Tfg nas inclusões dispostas em trilhas da zona Z2T se dispersam entre -15.6 e 0 °C, com média de -7.3 °C e um arranjo com tendência bimodal; dessas, 88% estão no intervalo -11.0 a -4.6 °C. As Tfg das inclusões da zona Z5T apresentam um claro agrupamento entre -12.2 e -7.3 °C, com média -9.3 °C. Nota-se que as Tfg das inclusões em trilhas são menores que as das inclusões primárias. As Tfg das inclusões fluidas no minério B se distribuem em quatro zonas com dispersões distintas.

Na zona A os dados se agrupam principalmente entre -12.2 °C e -7.6 e média -8.8 °C, em forma parecida ao que ocorre na zona Z5T do corpo de minério A. Na zona B2, a Tfg apresenta valores entre -6.8 e -0.7 °C, com média em -3.4 °C. Valores de Tfg entre de -14.2 a -7.9 °C e média em torno de -11.7 °C, com um dado anômalo de -22.8 °C, apresentam-se na zona B3. Distribuição com tendência bimodal é observada nos dados de Tfg da zona B4, onde as Tfg variam de -15.9 a -0.3 °C, concentrados em dois intervalos -11.2 e -7.4 °C, com 63% dos dados, e entre -5.7 a -3.1 °C, com 26% dos dados (figura 46).

Figura 46 - Histogramas de frequência para a temperatura de fusão do gelo (Tfg) das inclusões fluidas aquosas dos minérios A e B do depósito aurífero Turmalina.

As temperaturas de homogeneização total (Thtot) são importantes, pois podem indicar as temperaturas mínimas de retenção dos fluidos contidos nas inclusões aquosas no caso de fluidos originais homogêneos e as próprias condições reais de T e P, quando ocorre o aprisionamento de fluidos imiscíveis (Roedder, 1984). Nas medidas feitas, todas ocorreram sempre para o estado líquido exceto em três inclusões da zona Z6 que homogeneizaram para o estado de vapor. No minério A elas constituem 67 dados de inclusões primárias (zonas Z2, Z5 e Z6) e 39 de inclusões dispostas em trilhas (zonas Z2T e Z5T). Já no minério B foram obtidas 18 temperaturas nas zonas B2 e B3. A descritiva da distribuição dos dados é mostrada na figura 47.

No minério A, a zona Z2 os 21 dados de Thtot medidas se agrupam entre 105.8 e 198 °C com um dado extremo de 237.9 °C, e média em torno de 160.6 °C. Os 23 valores dessas temperaturas obtidos nas inclusões da zona Z5 estão compreendidos entre 124.6 e 393.5 °C e média de 260.3 °C, sendo a maioria deles > 182 °C. As 25 temperaturas medidas nas inclusões da zona Z6 estão no intervalo de 140 a 406 °C com média de 220.9 °C, sendo grande parte dos dados < 240 °C. Ocorrem alguns dados extremos com temperaturas acima dos 360 °C, incluindo-se entre eles as temperaturas de três inclusões que homogeneizaram para vapor (g). Destaca-se que nesta zona existem inclusões com proporções Vvapor/Vtot elevadas (0.42 a 0.85), enquanto que nas demais zonas os valores desta razão são menores, e variam principalmente entre 0.1 e 0.25. Nas 39 inclusões fluidas aquosas dispostas em trilhas, as Thtot obtidas se agrupam em intervalos bem definidos com baixa dispersão (figura 47). Valores de Thtot entre 140.8 e 282.9 °C caracterizam uma bem definida faixa (29 medidas) na zona Z2T, cuja média é de 186.5 °C. O intervalo entre 171.2 e 208.5 °C constituído por 10 dados de Thtot medidos na zona Z5T com tendência central de 254.4 °C evidencia as distintas condições, já sugeridas nas demais zonas, em que homogeneizaram os fluidos retidos nos cristais de quartzo do minério A. De modo geral para o minério A, pode-se observar que as Thtot das zonas Z5 exibem maiores temperaturas que as das zonas Z2. No minério

B, as T_{htot} considerando-se todas as inclusões situam-se entre 145 e 415 °C, tendo a homogeneização ocorrido ora para o líquido, ora para o gás.

Figura 47– Histogramas de distribuição de frequências da temperatura de homogeneização total (T_{htot}) das inclusões fluidas dos minérios A e B do depósito aurífero Turmalina.

A salinidade das IF aquosas dos minérios A e B do depósito aurífero Turmalina é representada como o conteúdo de sais em % de equivalente em peso de NaCl. No total foram calculadas 84 salinidades de inclusões fluidas primárias, 47 de inclusões fluidas pseudo-secundárias no minério A, e 62 no minério B, sendo elas em sua maioria < 14% em peso de NaCl equivalente (figura 48).

Considerando os valores de salinidade obtidos para o minério A, destacam-se dois agrupamentos, a saber: i) um representado por 78 dados dispersos principalmente entre 16.0 e 6.4 % de equivalente em peso de NaCl; alguns valores extremos caracterizam as IF aquosas primárias e as dispostas em trilhas das zonas Z2 e Z2T e Z5T, estando a salinidade nesta última, num intervalo restrito entre 11.3 e 16.7%; ii) o segundo grupo é constituído por 53 dados nos quais a salinidade varia de 0.0 a 8.95% para a maioria delas, e três dados extremos com valores entre 15.7 a 19.4 % de equivalente em peso de NaCl.

Figura 48 - Histogramas de frequência dos valores de salinidade calculados para a totalidade das inclusões fluidas aquosas do depósito de ouro Turmalina.

No minério B ocorre alta dispersão dos dados de salinidade em % de equivalente em peso de NaCl, com tendência para valores acima de 11%. Os resultados do cálculo da salinidade nas zonas A e B3 são parecidos e se agrupam no intervalo entre 11.4 e 18.5 %, além de alguns dados extremos. Valores entre 5.17 e 15.4 % de equivalente em peso de NaCl caracterizam a zona B4, e estes diminuem para a zona B2 onde estão entre 4.1 e 10.4 %. Essa variação na salinidade pode ser explicada por exemplo por imiscibilidade e/ou mistura de fluidos. Notam-se alguns poucos dados extremos de salinidade próximos a 20 e a zero que acentuam as heterogeneidades nos resultados obtidos nas distintas zonas do minério B.

As densidades calculadas a partir das várias medidas microtermométricas (Figura 49) dispersam-se no intervalo entre 0.48 e 0.99 g/cm³, nas zonas Z5 e Z6, com uma concentração significativa de valores > 0.75 g/cm³ nas inclusões de Z2 e nas pseudo-secundárias do minério A, assim como em todas as do minério B.

Figura 49 – Histogramas de frequência dos valores das densidades das inclusões aquosas dos corpos de minério A e B do depósito Turmalina.

No caso do minério B, nas inclusões de composição essencialmente aquosa, é sugerida a presença de quantidades muito pequenas de voláteis, observadas às vezes pela formação de clatratos durante o resfriamento, cuja temperatura de fusão não foi possível medir. A sobreposição dos valores de salinidade calculados para o minério A sugerem que não existem grandes diferenças entre as inclusões aquosas primárias e as dispostas em trilhas das zonas Z2, Z2T e Z5T o que pode ser decorrente de composições similares durante a retenção dos fluidos. No entanto, em muitos casos os valores de salinidade das inclusões pseudo-secundárias são superiores aos das primárias.

Devem ser consideradas especialmente as inclusões dispostas em trilhas da amostra Z5, cujas maiores frequências de T_{total} e de salinidades apresentam menores dispersões, dispondo-se em faixas bastante restritas, que variam, respectivamente de 195 a 215 °C e de 11 a 17 % em peso de NaCl equivalente. Esses dados parecem sugerir que o aprisionamento dessas inclusões ocorreu

em uma etapa distinta, quando foram aprisionados fluidos mais salinos e mais frios, representativos de um estágio avançado de evolução dos mesmos durante a formação dos cristais de quartzo.

5.2 INCLUSÕES AQUOCARBÔNICAS E ESSENCIALMENTE CARBÔNICAS

Este tipo de inclusões fluidas só foram identificadas nas amostras do nível N560 NW do corpo de minério B. Correspondem a inclusões aquocarbônicas (bifásicas e trifásicas) e inclusões essencialmente carbônicas (monofásicas ou bifásicas). Nas inclusões aquocarbônicas foram medidas as temperaturas de homogeneização do CO_2 (T_{hCO_2}) e de homogeneização total (T_{htot}), de fusão do CO_2 (T_{fCO_2}), do gelo (T_{fg}) e a temperatura de fusão dos clatratos (T_{cl}).

Nas 72 medidas das temperaturas de fusão do CO_2 (T_{fCO_2}) feitas nas inclusões aquocarbônicas e carbônicas se obtiveram valores no intervalo entre -72.4 a -56.8 °C, sendo 56 dados abaixo de -58 °C (figura 50 A,B), sugerindo variações na composição da fase volátil pela presença de outros gases, além do CO_2 puro, cujo ponto triplo é -56.6 °C. Análises de espectroscopia micro-Raman mostraram que nesses casos houve quantidades variáveis de CH_4 e N_2 , junto ao CO_2 (Apêndice C, tabela 2). Em inclusões aquocarbônicas a salinidade varia de 0.99 a 21.9 % de equivalente em peso do NaCl, com maior concentração de dados entre 5 e 14 % de equivalente em peso de NaCl e um pequeno grupo ao redor de 2% de equivalente em peso do NaCl (figura 50C). Estes valores de salinidade foram calculados com base na temperatura de fusão de clatratos (T_{fcl} , figura D), utilizando-se os programas Q_2 (quando T_{fcl} foi menor que T_{hCO_2}) e *DENSITY* (quando T_{fcl} superou o valor de T_{hCO_2}) do *software Clathrates* de Bakker (2003). Em alguns casos, utilizou-se o programa ICE, incluído no *software fluid* do mesmo autor, com dados de T_{fg} e T_{fcl} , quando a fase volátil está presente em pequenas quantidades, não tendo sido possível observar a T_{hCO_2} .

Figura 50. Histogramas de frequência dos valores vários parâmetros da fase volátil para as inclusões fluidas aquocarbônicas e carbônicas do corpo de minério B do depósito Turmalina. A e B) temperaturas de fusão do CO₂. C) salinidade. D) temperaturas de fusão dos clatratos nas inclusões aquocarbônicas.

As temperaturas de homogeneização da fase volátil (CO₂ ± CH₄ ± N₂) nas 31 inclusões aquocarbônicas medidas se agrupam principalmente entre 0 e 26.6 °C com três dados medidos na zona B4 entre -26.1 e -45.9 °C; já nas 39 inclusões carbônicas as ThCO₂ obtidas, estão no intervalo -41.4 a 18.7 °C (figura 51 A) e um dado extremo próximo de 29 °C, essa variação e a resposta ampla variação dos valores das densidades da fase volátil (0.024 a 0.949 g/cm³). Nas inclusões essencialmente carbônicas a fase volátil apresenta, de modo geral, maiores densidades do que as obtidas para as inclusões aquocarbônicas (figura 51B), mostrando que o aumento do volume da bolha de vapor não deve ser decorrente de modificações posteriores por perda de água, já que nesse processo, um acréscimo em Vvoláteis/Vtotal implicaria na diminuição da densidade.

A temperatura de homogeneização total dos fluidos considerando-se todas as inclusões ocorreu em temperaturas entre 145 e 415 °C (figura 51C), tendo a homogeneização ocorrida tanto pela expansão como pela contração da fase CO₂. A temperatura de fusão de clatratos foi medida em 53 inclusões aquocarbônicas que deram como resultado temperaturas entre -3.1 e 11.2 °C, distribuídas em dois picos, um em torno dos 8 a 11 °C, e o outro, entre 2 e 6 °C

Figura 51 – Histogramas de frequências dos valores das temperaturas de homogeneização da fase volátil (ThCO₂) e total (Thtot) dos fluidos para as inclusões fluidas do corpo de minério B do depósito de ouro Turmalina

Nas 72 medidas das temperaturas de fusão do CO₂ (TfCO₂) feitas nas inclusões aquocarbônicas e carbônicas se obtiveram valores no intervalo entre -72.4 a -56.8 °C, sendo 56 dados abaixo de -58 °C (figura 52 A, B), sugerindo variações na composição da fase volátil pela presença de outros gases, além do CO₂ puro, cujo ponto triplo é -56.6 °C. Análises de espectroscopia micro-Raman mostraram que nesses casos houve quantidades variáveis de CH₄ e N₂, junto ao CO₂. Em inclusões aquocarbônicas a salinidade varia de 0.99 a 21.9 % de equivalente em peso do NaCl, com maior concentração de dados entre 5 e 14 % de equivalente em peso de NaCl e um pequeno grupo ao redor de 2% de equivalente em peso do NaCl. Estes valores de salinidade foram calculados com base na temperatura de fusão de clatratos (Tfcl).

Figura 52 – Histogramas de frequência dos valores vários parâmetros da fase volátil para as inclusões fluidas aquocarbônicas e carbônicas do corpo de minério B do depósito Turmalina: A e B) temperaturas de fusão do CO₂. C) temperaturas de fusão dos clatratos nas inclusões aquocarbônicas.

As densidades dos voláteis obtidas a partir do conjunto de medidas microtermométricas lançadas na figura 53 se caracterizam por ter: i) nas inclusões carbônicas valores entre 0.03 a 0.92 g/cm³, com principal faixa de resultados situada no intervalo de 0.66 a 0.92 g/cm³. Em dois casos, os valores muito baixos de densidade (0.024 e 0.032 g/cm³) se devem a inclusões cuja fase volátil homogeneizou para o gás em temperaturas bastante baixas (-41.2 e -41.4 °C – ver apêndice C, tabela 1). Nesta situação, a homogeneização do CO₂ ocorreu na presença de clatratos, pois essas temperaturas baixas não permitem que esses compostos entrem em dissolução; ii) nas inclusões aquocarbônicas os valores de densidade cobrem uma ampla faixa de 0.026 a 0.96 g/cm³, em função da variação de volume nessas inclusões. Observa-se que nas inclusões essencialmente carbônicas a fase volátil apresenta, de modo geral, maiores densidades do que as obtidas para as inclusões aquocarbônicas (figura 63B), mostrando que o aumento do volume da bolha de vapor não deve ser decorrente de modificações posteriores por perda de água, já que nesse processo, um aumento em Vvoláteis/Vtotal implicaria na diminuição da densidade.

Figura 53 – Histogramas de frequência para a salinidade e a densidade de voláteis das soluções Aquocarbônicas e Carbônicas do corpo de minério B do depósito aurífero Turmalina.

Em algumas inclusões com ThCO_2 muito baixas, as densidades obtidas podem representar valores inferiores aos reais devido à presença de algumas quantidades de $\text{CO}_2 \pm \text{CH}_4 \pm \text{N}_2$ que faziam parte da estrutura dos clatratos nessas temperaturas. Quando a ThCO_2 ocorre antes da dissolução dos compostos clatratos, as temperaturas reais podem ser obtidas resfriando lentamente a amostra até que o CO_2 fique com duas fases, antes porém da formação dos clatratos que deve ocorrer ao redor de -30°C , segundo discussões de Collins (1979). Posteriormente deve ser feito um lento aquecimento até que se observe a homogeneização, que nesse caso ocorre a uma temperatura real. Como nos casos discutidos acima, as temperaturas de homogeneização foram muito inferiores às de formação dos clatratos, não foi possível a obtenção dos valores reais de Thvoláteis sendo as densidades resultantes apenas aproximadas. Nas demais inclusões, foram obtidas Thvoláteis reais e, portanto as densidades são confiáveis.

No minério B a associação de três tipos de IF distintas nas mesmas zonas analisadas, sugere que existem variações nas razões volumétricas entre fases, e a ocorrência de vários processos hidrotermais responsáveis pelas diferenças nas composições e densidades dos fluidos retidos.

5.3 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Em muitos depósitos auríferos, processos indicativos de modificação das condições físicas dos fluidos (entre eles a geração de uma fase vapor) são utilizados como evidências relevantes para entender a deposição e concentração de minerais de minérios (Skinner 1997). Na formação de depósitos hidrotermais, em sistemas ricos em voláteis e mistura de fluidos, **boiling** e/ou **efervescência** são citados como os processos que promovem condições necessárias para a efetiva precipitação de minerais de minério em um determinado volume de rocha (Wilkinson 2001). Nos

sistemas hidrotermais o processo de separação de uma fase vapor levará ao aumento da salinidade da fase líquida residual, dessa maneira *boiling* contínuo pode causar a deposição dos elementos dissolvidos em dito fluido. No mesmo sentido, a presença de gases pode incidir na variação da temperatura de homogeneização e da salinidade do fluido. Para um sistema hidrotermal aquoso (**minério A** do depósito Turmalina) denomina-se *boiling* a geração de uma fase vapor resultante do aumento da temperatura, diminuição da pressão ou combinação de ambos (Roedder 1984). Para sistemas hidrotermais que contêm voláteis adicionais (**minério B** do depósito Turmalina) o processo de separação da fase vapor denomina-se também *efervescência*, já que neste caso o fenômeno é promovido unicamente pela diminuição da temperatura ou da pressão (Roedder 1984). Ressalta-se que imiscibilidade de fluidos pode ocorrer por processos de *boiling* ou por *efervescência*. Estes dois processos resultam na produção de uma fase vapor e induzem o aprisionamento de IF com valores de temperaturas de homogeneização e de salinidade que variam em amplos intervalos.

Para o corpo de minério A, diagramas de TE das inclusões aquosas mostram soluções com composições qualitativamente parecidas (ver diagrama salinidade vs TE, Figura 54), mas com diferentes relações volumétricas entre fases, claras dispersões nos valores de salinidade e temperaturas de homogeneização total.

No diagrama da Figura 54, nota-se de modo geral uma variação das TE entre -62 e -49 °C, uma tendência de altas TE nas IF das zonas Z5 e Z6 e baixa salinidade, sendo que dita temperatura diminui com o aumento da salinidade só na zona 2. A ampla faixa de valores das salinidades indica que esta: i) apresenta um comportamento real, ii) as variações de salinidades seriam decorrentes de diferentes proporções de íons dissolvidos nas soluções aquosas, iii) não estaria condicionada por valores distintos de TE indicativos de sistemas aquosos diferentes. Observando-se o diagrama salinidade vs TE (Figura 54), verifica-se que, em muitos casos, para uma faixa estreita de valores de eutéticos e, portanto, representativos de sistemas aquosos de composição semelhante, as salinidades variam amplamente, sugerindo que não está condicionada pelos valores de TE. Esse comportamento da salinidade nas IF analisadas poderia ser explicado por processos de imiscibilidade de fluidos, de misturas de fluidos ou de modificações que ocorreram nas inclusões após o seu aprisionamento. A imiscibilidade entre dois fluidos pode ocorrer por processos de *boiling* ou por *efervescência*.

Figura 54 - A) diagrama que relaciona a salinidade com as temperaturas eutéticas das inclusões fluidas aquosas do minério A. Homogeneização para o líquido(l), homogeneização para o gás(g), inclusões dispostas em Trilhas (T)

No corpo de **minério B** a co-existência de inclusões essencialmente aquosas com essencialmente carbônicas e aquocarbônicas nas quais as razões entre as fases são variáveis em amplo intervalo, poderiam ser consequência de aprisionamento de fluidos originalmente imiscíveis (Ramboz *et al.* 1982, Dugdale & Hagemann 2001). Segundo Ramboz *et al.* (1982) o aprisionamento de fluidos originalmente imiscíveis dá origem a dois tipos distintos de inclusões que correspondem aos termos extremos da imiscibilidade, umas compostas por fluidos essencialmente aquosos co-existent com outras essencialmente carbônicas. Segundo Roedder (1984), além desses termos extremos, podem ocorrer inclusões com amplas variações nas razões volumétricas entre as fases extremas.

Ramboz *et al.* (1982) apresenta quatro critérios para o reconhecimento do aprisionamento de fluidos originalmente imiscíveis. i) enfatiza que os tipos distintos de inclusões devem ocorrer na mesma região de uma dada amostra, com boas evidências de aprisionamento contemporâneo, ii) as inclusões mais ricas em água e as mais ricas em CO₂ devem homogeneizar numa mesma faixa de temperatura, porém com modos distintos de homogeneização, as primeiras pela contração da fase CO₂ e as segundas pela sua expansão, refletindo em densidades contrastantes, iii) diz respeito à crepitação das inclusões: se um dos tipos de inclusão ocorre crepitação antes da homogeneização, o outro se deve comportar de modo semelhante, quando as IF possuem morfologias e dimensões similares, iv) enfatiza que o histograma de frequência de medidas das temperaturas de homogeneização total deve ser assimétrico, apresentando alinhamento na direção das temperaturas mais elevadas, este critério também é discutido por Loucks (2000). Para a caracterização dos

processos responsáveis pelo comportamento das IP no depósito Turmalina são então considerados alguns parâmetros que foram obtidos a partir do estudo microtermométrico de IP.

A ocorrência de *boiling* explicaria as razões variáveis entre as fases de inclusões co-existent nas mesmas regiões de cada zona do corpo de minério A. Em certos casos, como na zona Z6, ocorrem inclusões representativas de termos extremos de imiscibilidade entre fluidos, nelas a razão $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ situa-se entre 0,10 e 0,77, valores que representam o primeiro critério enfatizado por Ramboz *et al.* (1982), como indicativo desse processo. No entanto, o segundo critério discutido por esses autores não foi suficientemente estabelecido, pois apenas se observou uma inclusão homogeneizando para a fase vapor. Em outras inclusões, as razões $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ apresentaram valores próximos a 1 e, embora tenham homogeneizado para o gás, não foi possível determinar com exatidão a T_{htot} . Dois casos de homogeneização para o gás em temperaturas muito elevadas mostradas no diagrama T_{htot} vs $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ (figura 55), pertencem a um grupo distinto de inclusões da zona Z6 que apresentam salinidades elevadas, mas sem evidências indicadoras de escape de fluidos. Dessas inclusões foram obtidas apenas duas medidas de T_{htot} e quatro de T_{fig} , uma vez que suas dimensões reduzidas não permitiram a observação das mudanças de fase.

Figura 55 - Diagrama de correlação entre temperaturas de homogeneização total vs as razões $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ das inclusões fluidas aquosas. Homogeneização para o líquido(l), homogeneização para o gás(g), inclusões dispostas em Trilhas (T).

Apesar de não ser identificado o segundo critério de Ramboz *et al.* 1982, sobre a ocorrência de *boiling* no minério A, observa-se que em todas as zonas, as inclusões primárias delimitam a curva *solvus* relativamente coincidentes e bastante pronunciadas (Figura 55), devido a seu provável aprisionamento a partir de um fluido em ebulição (*boiling*). As inclusões dispostas em trilhas se sobrepõem a essa curva *solvus*, porém em uma faixa de temperaturas menores (130 a 232

°C); sugerindo que seu aprisionamento deve ter sido em uma etapa posterior à das inclusões primárias, ainda provavelmente a partir de um fluido possivelmente em *boiling*, representando um estágio de evolução dos fluidos imiscíveis. O processo de *boiling* deve ter ocorrido em temperaturas pouco elevadas, como indicado pelas curvas *solvus* relativas às inclusões primárias e às dispostas em trilhas. Aprisionamento de fluidos em temperaturas mais elevadas é indicado por um grupo de inclusões primárias com salinidades relativamente elevadas e distribuição aleatória que ocorrem localmente na zona Z6 do minério A. No entanto, apenas foi possível em dois casos a determinação dos valores de T_{htotal} ao redor de 600 °C, uma vez que a maioria dessas inclusões possui dimensões pequenas.

Para o minério B, comprova-se o segundo critério por que para faixas de temperaturas semelhantes ocorrem tipos distintos de homogeneização das inclusões ricas em água e das enriquecidas em CO_2 . Além disso, a imiscibilidade também é sugerida pelos dados referentes às inclusões aquocarbônicas, as quais apresentam proporções distintas entre as fases, que, embora com certas dispersões, dispõem-se segundo uma curva *solvus* esquemática para esse sistema hidrotermal.

Segundo Roedder (1984), o *boiling* representa apenas um exemplo de imiscibilidade, na qual os fluidos separados possuem a mesma composição, como por exemplo, H_2O líquida e H_2O vapor. Deste modo se aplicaram os critérios de Ramboz *et al.* (1982) orientados a testar a ocorrência de *boiling*. Neste caso, de acordo com Roedder (1984), as temperaturas mais próximas do aprisionamento são representadas pelas T_{htotal} mais baixas, referentes às inclusões pertencentes aos termos extremos do *boiling*, isto é às que aprisionaram essencialmente a fase líquida e às que aprisionaram principalmente a fase vapor. No entanto, as temperaturas de homogeneização determinadas para o vapor muitas vezes apresentam valores imprecisos devido a que as inclusões que aprisionaram essencialmente o vapor desenvolvem com o resfriamento uma fina película de líquido, que dificulta observar quando a fase vapor realmente se expande até atingir as paredes da cavidade.

Muitas inclusões com pequenas razões volumétricas V_{vapor}/V_{total} , mais representativas das que originalmente aprisionaram essencialmente a fase líquida, homogeneizaram para o líquido em menores temperaturas. No entanto, não foram consideradas para a determinação das temperaturas reais de aprisionamento, pela dificuldade em observar a homogeneização de inclusões com semelhantes T_{htotal} para o vapor, embora, às vezes elas apresentem relações volumétricas maiores que 0,77, representativas do outro extremo da curva *solvus*. Desse modo, considera-se provável a existência de inclusões com homogeneização para o vapor em menores temperaturas mais representativas das condições reais de aprisionamento. Sugere-se que, o início do *boiling* deve

ter ocorrido em temperaturas menores que 390 °C, valor obtido a partir de inclusões que aprisionaram proporções extremas entre as fases ($V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ de 0,77 e de 0,42) e que, portanto, possuem T_{htotal} algo maior que a temperatura de aprisionamento.

As curvas *solvus* também podem ser vistas considerando a densidade total dos fluidos, calculada a partir dos dados microtermométricos, como pode ser observado, por exemplo, no caso do corpo de minério A (Figura 56A). Se comparadas as T_{htot} das inclusões dispostas em trilhas e das primárias nota-se que muitas das primeiras situam-se na parte superior da curva definida pelas inclusões primárias, o que é explicado por sua maior salinidade em relação às primárias (Figura 56B). Conforme discussões de Shepherd *et al.* (1985), com o aumento da salinidade, as curvas de miscibilidade deslocam-se para valores crescentes de temperaturas.

Outra evidência de imiscibilidade apontada por Bowers & Helgeson (1983) a ser verificada é dada pela diminuição sistemática da salinidade com o aumento de $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$, assim as inclusões mais ricas na fase volátil devem ser comparativamente menos salinas que as essencialmente aquosas. No diagrama salinidade vs $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ para todas as amostras (Figura 56C) observa-se, no caso do corpo de minério A, um grupo de inclusões com razões $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ e salinidades elevadas. Com exceção desse grupo, nota-se que inclusões primárias com pequenas variações volumétricas (0,05 a 0,18) entre as fases, apresentam amplas faixas de valores de salinidade, que podem variar de -0 até 16 % de equivalente em peso de NaCl. O mesmo ocorre para as inclusões dispostas em trilhas, embora elas apresentem uma tendência na direção de maiores salinidades em relação às primárias das respectivas zonas. Outro grupo de inclusões, como as da zona Z5 com alta dispersão das razões $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ apresentam faixas mais estreitas de valores de salinidade.

Figura 56 – A) Diagrama de correlação entre temperaturas de homogeneização total vs as razões $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ das inclusões fluidas aquosas. B) - Diagrama de T_{htot} vs d_{total} das inclusões aquosas. C) Diagrama de salinidade vs proporção volumétrica entre fases, para inclusões fluidas aquosas em quartzo do minério A. Inclusões dispostas em trilhas (T). Homogeneização para o líquido(L), homogeneização para o gás(g).

Os processos de *boiling* e de mistura de fluidos tornam-se mais claros, no caso do corpo de **minério A** quando são analisadas separadamente as relações entre as salinidades e $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ das diversas zonas estudadas. Na zona Z2 (figura 56A) a baixa dispersão volumétrica entre as fases (0.05 a 0.18) contrasta com a alta variação dos valores das salinidades (0.91 a 15.97 % em peso de NaCl equivalente) das inclusões primárias, sendo as inclusões dispostas em trilhas de modo geral mais salinas, o que sugere processos de misturas de fluidos. As inclusões primárias da zona Z5 (figura 56B) têm valores de $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ distribuídos em amplo intervalo e leve tendência da diminuição da salinidade com aumento na razão entre as fases, o que é sugestivo de processos de *boiling*, embora mascarada por dispersões de alguns pontos. Essa zona Z5 também apresenta uma clara separação em termos de salinidade com relação às inclusões dispostas em trilhas onde esse parâmetro é bem maior, o que também ocorre na zona Z6, com exceção de um grupo de inclusões primárias isoladas que apresentam elevadas salinidades.

Na zona Z6 (Figura 57C), observam-se agrupamentos de inclusões em função das variações tanto da salinidade como da razão $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$. Na distribuição desses valores destacam-se duas regiões: i) uma com pequena variação volumétrica (-0.07 a 0.2) e uma ampla faixa de valores de salinidade (-0 a -9.5% de equivalente peso de NaCl), que parece sugerir processos de misturas de fluidos; ii) a outra faixa apresenta uma faixa estreita de valores de salinidade, entre 2 e 5 % de equivalente em peso de NaCl, e maior variação na razão volumétrica $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ (entre 0.27 a 0.52). As IF dispostas em trilhas mostram alta salinidade (entre 12 e 15 % de equivalente de NaCl) baixa razão volumétrica (< 0.2) e as inclusões que homogeneizaram para o gás constituem um grupo com elevadas salinidades (entre 15 e 20 % de equivalente de NaCl) e alta razão volumétrica (entre 6 e 8). De modo geral, o decréscimo no valor da salinidade com o aumento da razão $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ sugere a existência de *boiling*, enquanto que a alta variação dos valores da salinidade para inclusões com $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ pouco variáveis parecem indicar um processo de mistura dos fluidos originais com outros menos salinos.

O diagrama da Figura 57D (T_{tot} vs salinidade) para as inclusões primárias do corpo de minério A parece mostrar claramente a existência de dois processos. Uma tendência de diluição dos fluidos originais, para soluções menos salinas e de menor temperatura, e uma tendência indicativa de *boiling* contínuo com aumento de salinidade e diminuição da temperatura, ambas discutidas em Shepherd *et al.* (1985) e Wilkinson (2001). Os dados nesse diagrama indicam que, no Minério A, o início da cristalização do quartzo e retenção de fluidos nesse mineral ocorreu em temperaturas elevadas, com posteriores processos de misturas de fluidos e *boiling* contínuo o qual deve ter ocorrido realmente em temperaturas inferiores a 390 °C, sugerindo-se para seu início temperaturas entre 300 e 350 °C, e que teve continuidade até temperaturas mais baixas (próximas a 100 °C - 150 °C).

Quando as inclusões são formadas a partir de um sistema originalmente imiscível (em *boiling*), se as duas fases são aprisionadas em inclusões distintas, podem ser determinadas as temperaturas e pressões de aprisionamento. No entanto, inclusões que aprisionam ambas as fases fornecem valores errôneos das densidades dos fluidos e das temperaturas e pressões de formação (Roedder 1984). No caso de *boiling*, a pressão real pode ser obtida a partir dos valores T_{h} mínimas, conhecendo-se a curva de imiscibilidade do fluido (Roedder 1984).

Segundo as características dos parâmetros físicos e químicos dos fluidos contidos nas inclusões aquosas primárias analisadas, interpreta-se que os cristais de quartzo que as aprisionaram devem ter começado a cristalizar em temperaturas elevadas (~600 °C), com aprisionamento de fluidos salinos registrados pelas inclusões primárias isoladas.

Figura 57 - Diagramas detalhados de vários parâmetros das inclusões aquosas do corpo de minério A do depósito Turmalina. A, B, e C) salinidade vs proporção volumétrica entre as fases. Inclusões dispostas em trilhas (T, T1..T3). D) Diagrama que relaciona as temperaturas de homogeneização dos fluidos com sua salinidade, mostrando os "trends" sugestivos de diluição e de "boiling". Homogeneização para gás (g) e para líquido (L)

A cristalização teve continuidade havendo, posteriormente, misturas dos fluidos originais com outros mais frios e menos salinos, que geraram as inclusões com a menor salinidade, além de processos que causaram *boiling* contínuo, o qual ocasionou o aprisionamento de inclusões cujas salinidades aumentam com a diminuição da temperatura. Isso porque a continuidade do *boiling* causa um aumento de salinidade dos fluidos residuais, uma vez que ocorre a separação das bolhas de vapor, sendo os componentes salinos particionados principalmente para a fase líquida. Essas relações são discutidas por Shepherd *et al.* (1985) e Wilkinson (2001), entre outros. As inclusões fluidas pseudo-secundárias e/ou secundárias teriam sido formadas a partir de possíveis processos de fissuramento cristalino e cicatrização das fissuras em baixas temperaturas possibilitando-se a retenção desses fluidos mais salinos, provavelmente também abaixo da curva *solvus*.

Como enfatizado anteriormente, Roedder (1984) mostra que no caso de imiscibilidade, as verdadeiras temperaturas de aprisionamento podem ser calculadas, considerando-se uma média das

T_{total} mais baixas, obtidas a partir de várias medidas, referentes aos tipos extremos de inclusões. As inclusões não pertencentes aos termos extremos, ou seja, as que aprisionam ambas as fases com diferentes razões volumétricas proporcionam temperaturas de homogeneização total superiores às de aprisionamento. Dessa forma, considerando-se no diagrama T_{total} x razão volumétrica relativo ao corpo de minério A (Figura 56B), observa-se a existência de inclusões coexistentes que homogeneizaram em temperaturas mínimas de 369.2 °C, 391.2 °C e 363.9 °C, para o líquido e de 390 °C para o vapor, os valores de 360 a 390 °C calculadas para a zona Z6 podem ser considerados como representativos dos termos extremos da etapa de *boiling*. Essa faixa de temperaturas foi utilizada para o cálculo de pressões mediante equações de Bakker (1998), Bodnar & Vityk (1994) e Bowers & Helgeson (1983) do pacote de programas *Fluids* de Bakker (2003), dando como resultado valores de pressão de 0.134 Kbar a 0.26 Kbar. No entanto, esses valores de pressão são bastante aproximados, uma vez que foi apenas observada uma inclusão que homogeneizou para o vapor, sendo as outras de difícil visualização. Assim, a temperatura onde ocorreu o *boiling* pode ter sido algo inferior, e como já discutido, situada entre 300 e 350 °C.

Diagramas de pressão vs temperatura para as zonas estudadas no corpo de minério A (Figura 67), exibem as isócoras calculadas cuja dispersão atesta tanto a variação das densidades (indicado pelas diferentes inclinações), como das pressões. Isso por que essas isócoras são representativas não apenas das inclusões que aprisionaram separadamente os termos extremos e sim das duas fases do sistema imiscível em diferentes proporções. Esses diagramas foram realizados apenas para mostrar as extremas variações das pressões, as quais, na realidade não indicam as condições reais de aprisionamento, por não serem representativas os termos extremos do sistema em *boiling*.

Figura 58 - Diagramas P vs T mostrando a faixa de variação das isócoras relativas às IF primárias do corpo de minério A. Foram consideradas as inclusões que apresentaram isócoras extremas e apenas algumas com isócoras intermediárias.

Embora os diagramas não representem as condições reais de aprisionamento, deve ser considerada a existência de flutuações reais de pressão, que ocorrem frequentemente durante processos de *boiling*, além das variações de salinidade ocasionadas por misturas de fluidos o que é comum em ambientes geológicos com metamorfismo dinamotérmico. Isto é coerente com um ambiente onde houve ativações e/ou reativações de zonas de cisalhamento como ocorreu no depósito Turmalina durante a deposição do ouro associado a quartzo e sulfetos.

No **CORPO DE MINÉRIO B** a co-existência de inclusões essencialmente aquosas com essencialmente carbônicas e aquocarbônicas nas quais as razões entre as fases são variáveis em amplo intervalo, poderia ser consequência de aprisionamento de fluidos originalmente imiscíveis (Ramboz *et al.* 1982, Dugdale & Hagemann 2001). Segundo Ramboz *et al.* (1982) o aprisionamento de fluidos originalmente imiscíveis dá origem a dois tipos distintos de inclusões que correspondem aos termos extremos da imiscibilidade. Assim, num sistema composto por $H_2O + CO_2$, seriam formadas inclusões compostas por fluidos essencialmente aquosos co-existent com outras essencialmente carbônicas. Segundo Roedder (1984), no caso de *boiling* ou eferescência, além dos termos extremos, podem também ocorrer inclusões com amplas variações nas razões

volumétricas entre as fases. Para o minério B, o primeiro critério de Ramboz *et al.* (1982) de verificação de *boiling* foi comprovado em todas as zonas estudadas do minério B onde inclusões aquosas co-existem com essencialmente carbônicas. A presença de inclusões aquocarbônicas com variações nas razões volumétricas entre as fases reforça a possibilidade de um processo de imiscibilidade (Roedder, 1984). Comprovou-se ainda o segundo critério por que para faixas de temperaturas semelhantes ocorrem tipos distintos de homogeneização das inclusões ricas em água e das enriquecidas em CO_2 . Além disso, a imiscibilidade também é sugerida pelos dados referentes às inclusões aquocarbônicas, as quais apresentam proporções distintas entre as fases, que, embora com certas dispersões, dispõem-se segundo uma curva *so/vix* esquemática para esse sistema hidrotermal (figura 59).

A salinidade e as razões volumétricas das inclusões de todas as zonas do minério B se distribuem em amplos intervalos. Quando analisados os valores de salinidades vs razões volumétricas entre as fases, considerando as inclusões aquosas e as aquocarbônicas (figura 59A), observa-se que os dois tipos agrupam-se em conjuntos distintos, tendo as primeiras razões volumétricas inferiores a 0,4 e amplo intervalo de salinidade, enquanto que as segundas mostram razões volumétricas muito dispersas e faixa de variação das salinidade principalmente entre 5 e 15% de peso equivalente de NaCl. No corpo de minério B, as salinidades de muitas inclusões essencialmente aquosas são mais elevadas que as das aquocarbônicas que por sua vez exibem maiores razões $\text{VCO}_2/\text{Vtotal}$. De modo geral, essas inclusões com maior volume da bolha que apresentam menores valores de salinidade, sugerem aprisionamento a partir de sistemas originalmente imiscíveis. As dispersões existentes seriam indicativas de outros processos associados como, por exemplo, mistura de fluidos.

Considerando os grupos de inclusões carbônicas e aquocarbônicas do corpo de minério B, observa-se ampla variação nos parâmetros TfCO_2 como em ThCO_2 . O amplo intervalo das TfCO_2 se deve à presença de outros voláteis, associados a esse componente, e identificados pela espectroscopia micro-Raman como CH_4 e N_2 em quantidades bastante variáveis (Apêndice C tabela 2).

A diminuição das TfCO_2 deve-se à ocorrência de CH_4 , uma vez que o N_2 tem pouca influência nessa temperatura (Roedder, 1984). Como discutem Roedder (1984), Shepherd *et al.* (1985) e Fuzikawa 1985, a presença de CH_4 causa diminuição da TfCO_2 , na temperatura do ponto crítico desse componente e, portanto, nas ThCO_2 . Desse modo, um diagrama que relaciona essas temperaturas deve apresentar uma correlação positiva, ou seja, o decréscimo simultâneo de ThCO_2 e de TfCO_2 . Essa relação é apresentada por várias inclusões no diagrama TfCO_2 vs ThCO_2 (trajetória definida pelas zonas B2, B3 e B4, Figura 59C), para as amostras do corpo de minério B.

(amostra N560 NW-B), embora existam certas dispersões, indicando que em parte, as variações nas temperaturas de homogeneização do CO_2 estão condicionadas às diferenças composicionais da fase volátil. No entanto, observa-se em algumas zonas estudadas (zonas A, B3 e B4) uma variação em ThCO_2 para TfCO_2 aproximadamente constantes, o que segundo Robert & Kelly (1987) e Dugdale & Hagemann (2001) é indicativo de flutuação da pressão, o que poderia ter sido responsável por processos de imiscibilidade de fluidos.

Figura 59- Diagrama correlacionando volumen de vapor com salinidade (A) e com T_{htot} (B) e diagrama para a relação temperaturas de fusão e de homogeneização do CO_2 (C) para as IF estudadas no corpo de minério B.

O terceiro critério orientado a identificar *boiling* não foi observado, uma vez que não houve casos de crepitação; o quarto critério também deixa dúvidas quanto a sua manifestação no caso do minério B já que o diagrama de temperatura de homogeneização não apresenta propriamente um afilamento na direção das temperaturas mais elevadas, devido à ocorrência de um pico em 345°C. As dispersões observadas destas temperaturas nas inclusões do corpo de minério B sugerem a existência de imiscibilidade (efervescência) efetivamente registrada em temperaturas ao redor de 250 °C. Loucks (2000) mostra que essas T_{htot} mínimas podem ser, na realidade, inferiores às reais de aprisionamento, como será discutido posteriormente.

A determinação mais precisa das temperaturas e pressões reais de aprisionamento dos fluidos imiscíveis pode ser feita a partir do cruzamento das isócoras relativas a inclusões essencialmente carbônicas e essencialmente aquosas (Roedder 1984). Considerando-se o cruzamento das isócoras (Figura 60) de inclusões próximas aos extremos do diagrama T_{tot} vs V_v/V_{total} (essencialmente carbônica da zona B2, com $T_{\text{tot}} = 235$ (gás) e $V_{\text{CO}_2}/V_{\text{total}} \sim 0.90$ e $T_{\text{voláteis}} = 18,7$ (l)), situada em um dos extremos do dito diagrama e uma inclusão essencialmente aquosa coexistente (IF 28 da mesma amostra, com $T_{\text{tot}} = 244.8$ (l) e $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}} = 0.20$) foram obtidas temperaturas e pressões de ~ 340 °C e ~ 1.3 kbar para o início da imiscibilidade. Outra evidência de imiscibilidade apontada por Bowers & Helgeson (1983) relaciona baixa salinidade com aumento de $V_{\text{CO}_2}/V_{\text{total}}$ já discutida.

Figura 1 - Diagrama P-T mostrando o cruzamento de isócoras relativas às inclusões pertencentes aos termos extremos da imiscibilidade, corpo de minério B, inclusões fluidas aquosas (aq) e carbônicas (carb).

Os resultados das IF do minério B sugerem a existência de aprisionamento a partir de fluidos originalmente imiscíveis, embora com ocorrência de outros processos associados, responsáveis pelas dispersões de parâmetros observadas em vários diagramas apresentados. A existência de modificações posteriores ao aprisionamento, comuns em zonas de cisalhamento, poderia explicar as variações nesses parâmetros e as dispersões dos pontos referentes a certas inclusões nos diagramas apresentados. Embora tenham sido estudadas apenas as inclusões que não apresentaram evidências de escape de fluidos e *necking down*, podem ter ocorrido modificações posteriores ao aprisionamento com subsequente cicatrização e obliteração das feições indicativas desses processos.

Modificações que causam a perda de água em inclusões originalmente compostas por $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, podem ocorrer quando as mesmas são interceptadas por micro-fraturas resultantes de

deformações superimpostas, havendo migração da água para a borda dos grãos. Desse modo, ocorre aumento de volume da fase CO_2 , com a conseqüente diminuição na sua densidade. Esse processo é discutido por Crawford & Hollister (1986) tendo sido confirmado pelos experimentos de Bakker & Jansen (1991). Essas modificações são também discutidas por Hollister (1990) quem mostra que deformações plásticas no cristal hospedeiro podem causar o escape seletivo da água nas inclusões previamente formadas, havendo conseqüentemente um reequilíbrio em suas densidades em resposta às mudanças nas pressões confinantes. Esse processo, além do aumento do volume da fase volátil pela perda de água, também seria responsável pelo enriquecimento de certos componentes tais como NaCl e CaCl_2 e, portanto, induz mudanças nas salinidades das inclusões. Desse modo, as inclusões modificadas com maiores proporções volumétricas da fase volátil seriam mais salinas e teriam densidades condizentes com as condições P-T que ocorreram durante o processo de deformação. Johnson & Hollister (1995) mostram que o escape de água das inclusões ocorre durante a recristalização por migração das bordas dos grãos de quartzo sendo suas densidades controladas pelas condições de pressão e temperatura reinantes durante os processos de migração e reaprisionamento dos fluidos.

A pesar das dispersões de alguns pontos analíticos lançados no diagrama salinidade vs $V_{\text{voláteis}}/V_{\text{total}}$ (Figura 61), ele não exibe propriamente as relações esperadas no caso de escape seletivo de água, isto significa que se houve modificações posteriores pela perda de água das inclusões pré-formadas, não foram relevantes ou não se encontram registradas nas inclusões estudadas. Assim, as maiores dispersões devem ser conseqüência de outros processos que ocorreram durante o aprisionamento.

O diagrama $d_{\text{voláteis}}$ vs $V_{\text{voláteis}}/V_{\text{total}}$ (Figura 61A) mostra que para um considerável número de inclusões no quartzo do minério B há aumento nas densidades e nas razões volumétricas, o que não seria esperado no caso de escape seletivo da água, conforme discutido antes. No mesmo sentido, nota-se no histograma de freqüências das densidades da fase volátil que as inclusões essencialmente carbônicas ($>V_{\text{CO}_2}/V_{\text{total}}$) possuem maior densidade que as aquocarbônicas, sugerindo que se houve modificações posteriores pela perda de água, elas não foram significativas. No diagrama salinidade vs $V_{\text{vapor}}/V_{\text{total}}$ (figura 59 já discutida), a tendência de diminuição da salinidade com o aumento das proporções volumétricas da fase volátil, seria sugestiva de imiscibilidade, mas muitas inclusões aquosas e aquocarbônicas possuem salinidades extremamente baixas, o que poderia ser decorrente de etapas de misturas de fluidos durante o aprisionamento das inclusões. O fato é que este diagrama não mostra as relações esperadas no caso de modificações por escape seletivo da água.

Os dados lançados no diagrama T_{total} vs salinidade (Figura 61B) também apresentam uma tendência de aprisionamento a partir de fluidos imiscíveis, conforme discussões de Shepherd *et al.* (1985) e Wilkinson (2001). No entanto, podem ser delimitados nesse diagrama certos campos nos quais existe decréscimo da salinidade e da temperatura de homogeneização, sugerindo a existência de misturas do fluido original, com soluções menos salinas e mais frias. Portanto, além dos processos de imiscibilidade existe evidência de mistura de fluidos durante o aprisionamento das inclusões e formação do quartzo do corpo de minério B.

Figura 61 – Diagramas de, A) densidade da fase volátil versus relações volumétricas entre fases, B) Salinidade vs T_{tot} para o corpo de minério B.

Nas zonas estudadas no corpo de minério B, foram observadas inclusões compostas por material escuro com uma fase de gás ou vapor, e inclusões constituídas por fases sólidas transparentes com uma bolha de vapor, muitas vezes deformada (*melt inclusions*) que sugerem temperaturas elevadas de formação. Depois do início da cristalização do quartzo, com a diminuição da temperatura, ocorreram processos de misturas de fluidos e imiscibilidade. Na amostra N560 NW-B, os dados microtermométricos comprovam aprisionamento de fluidos aquocarbônicos originalmente imiscíveis (efervescência) cujo início ocorreu em temperaturas em torno de 300 a 350 °C. No minério A, pelos resultados obtidos com os estudos das inclusões fluidas, observou-se a existência de uma etapa mais antiga de aprisionamento e formação do quartzo em temperaturas ao redor de 600 °C, registrada em umas poucas inclusões preservadas. Também no corpo de minério A ocorreu *boiling* que começou em temperaturas ao redor de 340 °C o que resultou no aprisionamento de inclusões aquosas salinas ricas em líquidos co-existent com outras ricas em vapor. Em ambos os casos, a imiscibilidade foi contínua e se estendeu até temperaturas mais baixas próximas a 100 °C.

Na amostra N560 NW-B, se registram temperaturas máximas de 413 °C, embora não seja descartada a existência de inclusões aprisionadas a maiores temperaturas, que tiveram posterior reequilíbrio com fluidos mais frios e de menor salinidade. Maiores temperaturas também são

indicadas pela presença de inclusões de fusões silicáticas (*melt inclusions*) que podem ter sido formadas pela fusão parcial da rocha devido a algum episódio de aumento localizado de temperatura.

Considerando os diagramas que relacionam a pressão e temperatura referentes a todas as zonas estudadas na amostra N560 NW-B (figura 62), com as isócoras representativas das inclusões que aprisionaram fases que mais se aproximam dos termos extremos do sistema $H_2O + CO_2$, podem ser observadas as possíveis condições de aprisionamento dos fluidos imiscíveis para cada zona em particular. Esses diagramas mostram que o cruzamento das isócoras quando são consideradas conjuntamente todas as zonas ocorre nos intervalos de T e P que variam de 255 a 340 °C e 1 a 2.1 Kb, respectivamente.

Nas zonas B2 e B3 foram observadas inclusões com razões volumétricas V_{CO_2}/V_{total} de 0.20, que homogeneizaram pela expansão da fase aquosa, associadas cogeneticamente com outras de razões V_{CO_2}/V_{total} de 0.80 a 0.90 que homogeneizaram pela expansão da fase CO_2 em temperaturas semelhantes, situadas nos intervalos de 235 a 239 °C (B2) e de 253 a 278 °C (B3). Loucks (2000) mostra que essas mínimas T_{htotal} , na realidade fornecem uma estimativa imprecisa e subestimada das condições de aprisionamento. Isso porque, nos ambientes geológicos propícios ao desenvolvimento da imiscibilidade ocorrem frequentemente flutuações de pressão e de temperaturas em escalas de tempo que são relativamente curtas se comparadas à duração do crescimento do cristal. O crescimento rápido do cristal normalmente causa o aprisionamento de inclusões de morfologias muito irregulares que tendem posteriormente (em menores temperaturas) a se tornar mais regulares de modo a minimizar sua energia de superfície. Além disso, nas amostras naturais raramente as inclusões são seladas exatamente ao mesmo tempo. O selamento em etapas ligeiramente distintas pode causar variações nas temperaturas reais de aprisionamento, mesmo em inclusões aprisionadas em uma única zona de crescimento do mineral.

Figura 62 - Diagramas de isócoras para as zonas da amostra N560 NW (zonas A, B2, B3, B4) do corpo de minério B do depósito aurífero Turmalina

Como foram estudadas inclusões dispersas nos cristais e consequentemente, pertencentes a mais de uma zona de crescimento mineral, é normal que ocorram variações nas temperaturas reais de formação das inclusões. Desse modo, as temperaturas e pressões obtidas a partir do cruzamento das isócoras nas zonas B2 (200 a 340 °C/1.2-1.3 Kbar) e B3 (260 a 320 °C/1.2 – 2.1 Kbar), podem ser representativas das condições reais de aprisionamento a partir de fluidos originalmente imiscíveis, mesmo apresentando em alguns casos valores superiores às T_{htotal} mínimas. As variações apresentadas pelas temperaturas obtidas a partir de isócoras significativas são coerentes com os processos de flutuação comuns nos ambientes geológicos onde ocorre imiscibilidade de fluidos e também pelo fato das inclusões estarem distribuídas em várias zonas de crescimento do cristal.

No caso das zonas A e B4, embora não tenham sido obtidas as T_{htotal} , o cruzamento das isócoras representativas das inclusões com maiores V_{CO_2}/V_{total} com as de menores razões volumétricas entre as fases forneceu valores de temperaturas e pressões coerentes com os obtidos nos casos anteriores. Valores de 300 a 325 °C e pressão de 1.3 a 1.6 Kb (zona A) e de 255 a 310 °C / 1 a 2 Kb (zona B4), que sugerem condições próximas às reais de aprisionamento a partir de fluidos originalmente imiscíveis.

A diminuição da temperatura, a mistura de fluidos e a imiscibilidade são apontadas, por McCuaig & Kerrich (1998), Mikucki (1998) e Drummond & Ohmoto, (1985), entre outros como as causas responsáveis pela deposição de ouro em veios. Segundo Mikucki (1998), o ouro é transportado sob a forma de complexos clorados em temperaturas superiores a 550 °C, sendo insignificante a contribuição desses complexos para a solubilidade do ouro em temperaturas menores que 400 °C.

McCuaig & Kerrich (1998) discutem que a desestabilização dos complexos auríferos que promovem a remoção do ouro em solução e sua deposição é ocasionada devido a modificações na química dos fluidos que se relacionam com o estado de oxidação/redução e pH dos mesmos, e que podem decorrer dos processos de mistura de fluidos e imiscibilidade. Esses autores, além de Mikucki (1998) indicam que a deposição do ouro está relacionada ao resfriamento do fluido, ao estado de oxidação, ao aumento de pH (especialmente para os complexos Au-Cl), e à diminuição na concentração de enxofre no fluido (especialmente no caso dos complexos Au-S). Se o Au está em solução formando um complexo clorado, sua precipitação será efetiva quando ocorre o aumento de pH (diminuição de H^+). Assim por exemplo $Au + 2Cl^- + H^+ + (1/4)O_{2(g)} = AuCl_2^- + (1/2)H_2O$ (quanto menor a acidez [$> pH$] menor será sua solubilidade; maior fugacidade (fO_2) implica em maior solubilidade).

O aumento de pH pode ser causado pela imiscibilidade de fluidos, devido à partição preferencial das espécies voláteis ácidas (CO_2 , H_2S , CH_4 , SO_2 , H_2) para a fase vapor (Drummond & Ohmoto, 1985). A participação direta do CO_2 no transporte e deposição do Au é controversa, Phillips & Evans (2004) consideram que isso ocorre pela fraca ligação química entre esses dois componentes e ressaltam que a maneira mais aceita de transporte do ouro é por meio de complexos sulfetados e clorados. Para Klein & Fuzikawa (2010) o CO_2 pode agir indiretamente para o transporte do ouro, ao facilitar a imiscibilidade, com a separação de uma fase vapor, causando a partição das espécies com enxofre e cloro preferencialmente para essa fase, a qual age como ligante para os metais. Tendo em conta que com a imiscibilidade ocorre modificação da química dos fluidos, ela pode desestabilizar os complexos auríferos e, conseqüentemente, causar a deposição do ouro. A ação do CO_2 na criação e evolução da fase vapor contendo metais também é discutida por Lowenstern (2001); para esse autor, grandes quantidades de Cu e, possivelmente, Au poderiam ser transportadas por um vapor rico em CO_2 , como também sugeriu Lai & Chi (2007).

Nas amostras dos dois corpos de minério estudados mediante inclusões fluidas, comprovou-se que os fluidos que geraram o depósito aurífero Turmalina tiveram temperaturas superiores a 400 °C, sugerindo um transporte de ouro sob a forma de complexos clorados cuja deposição esteve relacionada com a diminuição da temperatura e com as modificações na química do fluido. Tais

mudanças seriam decorrentes de processos de mistura e imiscibilidade de fluidos hidrotermais que teriam sido movimentados pela ativação e reativação das zonas de cisalhamento que hospedam o depósito. A deposição do ouro teve continuidade durante todo o processo de cristalização do quartzo sempre promovida por mecanismos e processos resultantes da atividade dinamotérmica.

As características de Salinidade e Temperatura de homogeneização total das inclusões do depósito Turmalina permitem ubica-lo dentro dos parâmetros reconhecidos para os rangos típicos das inclusões fluidas de diferentes depósitos. Em termos gerais, as inclusões fluidas do depósito Turmalina correspondem com as características de depósitos Lode Gold para o corpo de minério B e de depósitos epitermais e lode Gold para o corpo de minério A. A dispersão dos dados para o corpo de minério A e sua visível diferença com os dados do corpo B, levam a confirmar as diferenças genéticas entre eles,

Figura 63 – Diagrama de Salinidade vs Temperatuar de homogeneização Total das inclusões fluidas dos corpos de minério A e B. Para referencia é colocado o diagrama de (Wilkinson 2001) dos rangos típicos para os diferentes depósitos.

6 GEOCRONOLOGIA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

Estudos isotópicos quando aplicados a depósitos minerais constituem uma ferramenta importante na determinação do modelo genético de uma mineralização, caracterizando e avaliando a fonte dos fluidos hidrotermais e dos processos de interação entre os fluidos e as rochas encaixantes na conformação dos depósitos. O cálculo da idade de rochas e minerais, e das características petrogenéticas do sistema hidrotermal auxiliam na compreensão dos processos metalogenéticos envolvidos. O conhecimento destas características em depósitos minerais facilita a delimitação de novos alvos econômicos após a comparação isotópica entre depósitos de uma mesma região. Neste capítulo se apresentam os dados isotópicos obtidos para as rochas e minerais do depósito de ouro Turmalina com o intuito de caracterizar temporalmente os episódios tectono-metamórficos que atuaram na área e a relação com a evolução térmica dos processos de formação da mineralização de ouro do depósito Turmalina durante o tempo geológico.

6.1 ROCHAS ENCAIXANTES

O depósito de ouro Turmalina está hospedado em rochas com sericita, clorita, biotita e quartzo, encaixado entre metapelito rítmico e metatufito clorítico, cor-relacionáveis com a parte superior da unidade de rochas piroclásticas do Grupo Nova Lima, a assembleia mineralógica da rocha hospedeira é constituída por granada+biotita+clorita+plagioclásio+anfíbólio+quartzo e minerais acessórios como estauroлита, apatito e ouro. A continuação serão apresentados os resultados obtidos a partir de 76 análises isotópicas realizadas aplicando diferencialmente as sistemáticas Sm-Nd, Rb-Sr, Pb-Pb, K-Ar e U-Pb tanto em amostras de rocha total como em concentrados de minerais.

6.1.1 Resultados Sm-Nd

Os dados analíticos obtidos em 20 análises isotópicas Sm-Nd nestas rochas, sendo nove amostras em rocha total e 11 em concentrados monomineralícas, são apresentados na tabela 7. As rochas metavulcanossedimentares, exibem teores de Sm entre 2.75 e 4.17 ppm, e de Nd entre 12.89 e 22.38 ppm, valores estes considerados como baixos, quando comparados com a média estimada para a crosta continental pré-cambriana (de 4.5 ppm para Sm e de Nd>25 ppm, Taylor &

McLennan, 1985). As amostras apresentam razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ entre 0.1093 e 0.1306 e de 0.511022 e 0.511453, respectivamente.

Tabela 8 - Dados analíticos Sm-Nd das rochas metavulcano-sedimentares e minerais do depósito de ouro Turmalina.

AMOSTRA	MATERIAL	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	erro ¹	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	erro (2s)	f_{smNd}	T_{DM}^1 (Ga)	T_{L}^2 (Ga)
FMT80-453	Rocha Total	2.850	13.867	0.124	0.000731	0.511235	0.000014	-0.37	3.13	-7.87
FMT80-499.95	Rocha Total	3.804	18.094	0.127	0.000760	0.511382	0.000011	-0.35	2.96	-6.05
FMT80-549	Rocha Total	4.044	19.098	0.128	0.000757	0.511395	0.000012	-0.35	2.97	-5.80
FMT80-579.5	Rocha Total	2.754	12.897	0.129	0.000760	0.511368	0.000014	-0.34	3.06	-6.86
FMT80-586.2	Rocha Total	2.964	16.407	0.109	0.000645	0.511022	0.000015	-0.44	2.98	-8.35
FMT37-288	Rocha Total	4.717	22.381	0.127	0.000700	0.511360	0.000013	-0.35	3.00	-6.99
FMT62-381	Rocha Total	4.138	19.158	0.131	0.000800	0.511453	0.000012	-0.34	3.00	-5.21
FMT83-453	Rocha Total	3.558	17.071	0.126	0.000700	0.511309	0.000012	-0.36	3.10	-6.96
N560NW	Rocha Total	2.534	12.429	0.123	0.000700	0.511319	0.000009	-0.37	2.90	-6.23
FMT80-453	Granada	4.006	10.242	0.237	0.001514	0.512851	0.000011	0.20	---	---
FMT80-453	Biotita	2.848	14.851	0.116	0.000683	0.511185	0.000007	-0.41	---	---
FMT80-476.9	Granada	1.681	2.482	0.409	0.002469	0.515304	0.000014	1.08	---	---
FMT80-499.95	Granada	3.714	8.361	0.269	0.001639	0.513316	0.000009	0.37	---	---
FMT80-549	Plagioclásio	0.916	3.805	0.146	0.000860	0.511661	0.000020	-0.26	---	---
FMT80-549	Granada	2.583	5.653	0.276	0.001642	0.513483	0.000006	0.40	---	---
FMT80-579.5	Plagioclásio	0.105	0.594	0.107	0.000631	0.511281	0.000025	-0.46	---	---
FMT37-248.17	Granada	2.994	8.377	0.216	0.001290	0.512732	0.000011	0.10	---	---
FMT65-454.78	Granada	2.806	4.164	0.407	0.002428	0.515333	0.000008	1.07	---	---
FMT83-453	Plagioclásio	1.108	5.856	0.115	0.000700	0.511266	0.000012	-0.42	---	---
N560NW	Granada	3.123	9.957	0.190	0.001100	0.512237	0.000013	-0.04	---	---

Os pontos analíticos relativos às amostras de rocha total, quando lançados no diagrama isocrônico situam-se próximos de uma reta com inclinação relativa à idade 3.04 Ga. (Figura 64). Que deve ser interpretada como a média das idades dos protólitos crustais dos sedimentos que originaram essas rochas, hipótese confirmada pelas idades modelo Sm-Nd manto empobrecido situadas entre 3.1 e 2.9 Ga (Tabela 8), demonstrando que o sistema Sm-Nd, na escala de rocha total, não foi afetado isotopicamente por eventos metamórficos posteriores.

Figura 64 - Diagrama Sm-Nd para os dados isotópicos das amostras analisadas. Os símbolos em vermelho indicam rochas com alteração hidrotermal pervasiva. Em verde amostra com menor alteração hidrotermal.

Os resultados isotópicos Sm-Nd obtidos para as rochas hospedeiras do depósito Turmalina sugerem que a proveniência dos sedimentos é oriunda de rochas arqueanas, provavelmente de natureza básica, visto que os valores de $\epsilon\text{Nd}_{\text{TDM}}$ situam-se entre +1.2 e +2.47, o que indica pouca contaminação crustal (Figura 65).

A idade do vulcanismo básico na área do QF foi determinada a partir de análises Sm-Nd em rocha total de uma suíte de rochas máficas do Grupo Nova Lima, a qual indicou a idade de 2.92 ± 0.17 Ga com razão inicial $(R_i) {}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd} = 0.5088$ (Lobato *et al.* 2001a). De maneira similar, Silva (2006), no estudo de geoquímica isotópica das rochas máficas da Mina Cuiabá obteve uma idade de 2.97 ± 0.17 Ga. $m\text{swd} = 0.17$ (2σ), com base na comparação destes dados pode-se sugerir que a fonte do Nd das rochas metavulcanossedimentares hospedeiras da mineralização são as rochas máficas do Grupo Nova Lima.

A evolução isotópica do Nd das rochas estudadas, representadas no diagrama da figura 64 permite inferir que o sistema rocha total permaneceu fechado, durante o tempo geológico, apesar do evento de alteração hidrotermal do Riachão ter afetado essas rochas, como evidenciado em alguns minerais como plagioclásios levemente sericitizados, cloritas reequilibradas e biotitas, anfibólios e granadas cloritizadas.

Figura 65 - Diagrama de evolução isotópica do Nd para as amostras de rocha total analisadas do depósito Turmalina.

Com a finalidade de datar o pico metamórfico do evento responsável pela formação da associação mineral metamórfica das rochas hospedeiras da mineralização foram realizadas datações usando o par Granada - Rocha Total em 4 amostras (tabela 8). Os resultados obtidos através das isócronas Sm-Nd foram 2076 ± 60 Ma, 2099 ± 53 Ma, 2138 ± 29 Ma, e 2184 ± 39 (Figura 66). As idades foram interpretadas como a idade do pico metamórfico em fácies anfibolito (600°C) que seria responsável pela formação da associação mineral metamórfica desta rocha. Uma datação RT-Grt-Pl da amostra FMT80-549 forneceu uma idade de 2134 ± 56 Ma e $Ri^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.509602 \pm 0.000066$ com $\epsilon_{\text{Nd}(2.1)}$ entre -8,35 e -5,21, adicionalmente resultados para amostras de Rocha Total e de minerais como biotita e plagioclásio quando lançados juntos no diagrama $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ vs $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, sugerem idade de ~ 2100 Ma.

Figura 66 – Isochronas Sm-Nd do par granada- RT das amostras FMT80-499.95; N560NW-B; FMT80-549; FMT80-453 respectivamente

Dez amostras de rocha total analisadas pelo método Sm-Nd foram também analisadas pelo método Rb-Sr (tabela 9) com o objetivo de datar o evento metamórfico através de isócrona Rb-Sr. Os resultados analíticos das rochas metavulcanossedimentares indicam concentrações de Rb de 55.57 a 170.57 e de Sr entre 24.07 e 297.84, enquanto que a razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ varia de 0.7283 a 1.11. Valores anômalos de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de algumas amostras (por exemplo FMT80-453, 579.5) são devidos a quantidades significativas de biotita na rocha, mas não foram considerados nos cálculos.

Tabela 9. Resultados analíticos Rb-Sr das rochas metavulcanossedimentares e gnaisses do depósito de ouro Turmalina assim como das rochas com clorito de aflorante na área vizinha.

AMOSTRA	MATERIAL	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	erro (1s)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	erro (2s)	$\epsilon^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2.1)
FMT80-453	Rocha Total	222.295	4.443		1.85008	6.56837	0.00280	-0.327
FMT80-499.95	Rocha Total	73.894	143.861	1.493	0.00861	0.73233	0.00006	0.707
FMT80-549	Rocha Total	95.755	145.216	1.921	0.01185	0.77446	0.00006	0.716
FMT80-579.5	Rocha Total	170.568	89.831	5.590	0.04784	0.88275	0.00006	0.714
FMT80-586.2	Rocha Total	55.570	297.838	0.541	0.01293	0.72769	0.00005	0.711
FMT37-231	Rocha Total	60.200	159.300	1.097	0.00400	0.74397	0.00003	0.711
FMT37-288	Rocha Total	131.400	52.700	7.350	0.04000	0.90239	0.00005	0.680
FMT42-166.90	Rocha Total - granito	69.363	190.822	1.060	0.02066	0.78597	0.00008	0.754

AMOSTRA	MATERIAL	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/$ ^{86}Sr	erro (1s)	$^{87}\text{Sr}/$ ^{86}Sr	erro (2s)	$\epsilon^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2.1)
FMT33-368	Rocha Total	109.341	328.788	0.967	0.03533	0.75568	0.00010	0.726
FMT62-381	Rocha Total	150.972	24.073	18.872	0.15100	1.10919	0.00009	0.538
FMT43-453,30	Rocha Total	147.379	172.571	2.492	0.00353	0.79277	0.00005	0.717
N560NW-2	Rocha Total	98.590	2.250	181.641	1.65000	5.14180	0.00146	-0.359
VMM4-4	Rocha Total-cloritoide*	18.933	71.748	0.765	0.01183	0.72773	0.00003	0.703
FMT80-453	Biotita	299.098	5.074	293.730	2.33451	8.09014	0.00513	
FMT80-453	Granada	27.058	2.586	31.197	0.32624	1.01797	0.00074	
FMT80-549	Biotita	73.710	96.256	2.230	0.02272	0.77057	0.00013	
FMT80-579.5	Biotita	229.433	29.674	24.492	0.20034	1.67413	0.00056	
FMT80-586.2	Rocha com Sericita	231.886	45.905	15.235	0.13237	1.13573	0.00007	
FMT37-248,17	Biotita	221.592	13.741	54.583	0.43517	2.44051	0.00086	
FMT37-288	Biotita	234.703	23.475	31.328	0.25310	1.55324	0.00099	
FMT37-294,67	Biotita	230.342	25.373	28.666	0.23356	1.63859	0.00046	
FMT37-393	Anfíbol - Cumm	96.298	38.412	7.393	0.06026	0.90132	0.00056	
N560NW	Biotita	146.891	3.190	196.569	1.64000	5.56512	0.00474	

Nota: As concentrações de Rb e Sr foram obtidas por diluição isotópica (DI) e corrigidas para o valor do branco analítico; As razões isotópicas $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ foram normalizadas para o valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.1190$; O valor médio para a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ do padrão NBS-983 durante a análise foi 0.710237 ± 0.000012 .

Quando os resultados obtidos (rochas metavulcanossedimentares, gnaiss, amostra com cloritoide pertencente) foram lançados no diagrama isocrônico $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, evidenciam um arranjo linear cuja inclinação é relativa à idade de ~2140 Ma, sugerindo esta como a idade do evento metamórfico regional. Esse resultado encontra-se dentro dos limites do erro das idades obtidas pelo método Sm-Nd para a idade de metamorfismo que afetou a sequência. O elevado valor obtido para a $R_i^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7111$ indica que a re-homogeneização isotópica é o resultado de uma possível recristalização dos protólitos cristais arqueanos durante esse evento metamórfico. Fato este confirmado pelos valores de Z_{Nd} calculados para 2100 Ma entre -5.21 e -8.35 (tabela 8).

Com o objetivo de obter a idade da época de resfriamento regional deste evento metamórfico à temperatura de 350°C, foi realizada a análise isotópica Rb-Sr em concentrado de biotita - rocha total de uma das amostras. O ponto analítico relativo a esta biotita foi lançado em um diagrama isocrônico em conjunto com a amostra em rocha total e definiram uma reta com idade de 1886 ± 30 Ma e $R_i^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.7146 ± 0.00054 (Figura 67). Essa idade está relacionada ao momento quando as rochas atingiram a temperatura de 350°C durante o resfriamento do evento metamórfico Paleoproterozóico, isto também é suportado pelas idades de 1660 Ma K-Ar em biotita pertencente à rocha metavulvassedimentar, e de 1720 Ma obtida em biotita pertence ao gnaiss.

Figura 67 - Diagrama isocrônico Rb-Sr para o par RT - mineral, em paragênese com granada, associada ao pico metamórfico e RT-Biotita (A - FMT37.288).

6.1.2 Análises Pb-Pb

As análises Pb-Pb para as rochas metavulcanossedimentares mostram composições isotópicas de Pb com razões $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ que variam de 16,027 a 17,751 e $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ entre 15,118 a 15,384 com valores para $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ entre 35,463 e 37,148 (Tabela 10).

Tabela 10 - Resultados analíticos Pb-Pb em rocha total do depósito de ouro Turmalina

AMOSTRA	MATERIAL	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	erro'	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	erro'	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	erro'
FMT37-235,79	Rocha Total	17,751	0,015	15,376	0,015	37,131	0,015
FMT37-289,95	Rocha Total	17,760	0,014	15,384	0,015	37,148	0,014
FMT37-294,67	Rocha Total	16,027	0,016	15,203	0,016	35,463	0,016
FMT37-363	Rocha Total - canningtonito	16,142	0,008	15,118	0,008	35,486	0,008
FMT80-476,9	Rocha Total	16,575	0,006	15,189	0,006	36,168	0,007
FMT65-454,78	Rocha Total	17,616	0,009	15,554	0,011	36,939	0,012
FMT-83-445,9	Rocha Total - granito	23,857	0,007	16,710	0,009	38,525	0,011

No diagrama $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, os pontos analíticos exibem um arranjo linear que definem uma reta com inclinação relativa à idade de ca. ~2875, indicando a possível idade de formação dos protólitos das rochas metavulcanossedimentares. Idades modelo Pb-Pb em rochas básicas são interpretados como o tempo de colocação da sequência ou de rehomogeneização do sistema rocha total durante um metamorfismo regional (Roddick 1984). De igual maneira Dupré & Arnadt (1990) interpretaram a idade modelo Pb-Pb em rochas máficas da sequência *greenstone belt* no mundo, como sendo a idade de cristalização ou a idade do evento de alteração hidrotermal que afetou

isotópicamente o sistema. Tendo em conta que, as amostras aqui analisadas têm um protolito máfico, que foi exposto a vários eventos tectono-metamórficos e hidrotermais posteriores, é possível que essa idade Pb-Pb de ca. ~2875, represente a idade do protolito crustal das rochas analisadas, tendo em vista que eventos metamórficos e hidrotermais produzem a perda de Pb das rochas afetadas, mas não modifica de forma significativa a composição isotópica de Pb dessas rochas, permitindo a obtenção das idades originais.

6.1.3 Análises U-Pb

Com a finalidade de definir a idade da rocha granítica deformada (gneisse) que ocorre na zona mineralizada e definir a relação entre essa rocha intrusiva e a mineralização, foram separados dez cristais de zircão com formas prismáticas e terminações bipiramidais para análises U-Pb *in situ*, através da microsonda iónica de alta resolução do tipo SHRIMP. Os pontos analíticos (*spot*) em cada zircão são mostrados nas imagens de Catodoluminescência (CL) da figura 68. Nessas imagens é possível observar a presença de alguns núcleos herdados, áreas de reabsorção e zonas com zoneamento oscilatório rítmico possivelmente decorrente de origem magmática como resultado da interação de diversos elementos químicos, como Zr Si e ETRS (Vavra 1990). As estruturas observadas em imagens de CL sugerem variações de composição com dois extremos: i) com baixo teor de elementos traços (próxima do zircão puro empobrecido em U que se refletem como zonas de alta luminescência, ii) zonas enriquecidas em elementos traços com altos teores de U, que são as porções com baixa luminescência. É normalmente aceite que zircões com zoneamento oscilatório são decorrentes de cristalização ígnea, enquanto que zoneamento setorial é mais comum em porções de zircões devidas de sobre crescimentos metamórficos (Vavra 1990).

Os pontos analisados cobrem duas porções com luminescências diferentes, a saber: i) dois pontos (2.1. 4.1) que correspondem a núcleos herdados com teor de U entre 29 e 352 ppm; e razão Th/U que varia entre 0.56 e 0.99 e ii) seis pontos em setores com fino zoneamento oscilatório e teores de U entre 160 até 941 ppm e razão Th/U entre 0.40 e 0.51.

Figura 68 - Imagens de cátodoluminescência na que se identificamos *spots* das análises realizadas.

Os pontos analíticos relativos às análises U-Pb *SHRIMP*, que se referem às zonas oscilatórias típicas de eventos de cristalização ígnea, definem uma linha discórdia que intercepta a curva Concórdia em $2664\text{--}35\text{}/\pm 36\text{ Ma}$, ($m\text{swd} = 0.50$) (figura 69), esta idade se interpreta como a época de cristalização da rocha granítica protólito do gnaíse.

A precisão da idade obtida para esta rocha de origem ígnea permite determinar a idade máxima de deposição das rochas metavulcanossedimentares hospedeiras do depósito Turmalina e assumir-la como anterior ao intrusivo granítico que posteriormente foi afetado pelo metamorfismo durante o Riachão. Os pontos relativos ao núcleo do zircão (pontos em vermelho) não estão homogeneizados com os pontos analíticos relativos às zonas oscilatórias, provavelmente sendo herdados de rochas anteriores à formação do protólito granítico do gnaíse estudado.

Figura 69 - Diagrama Concórdia U-Pb da amostra de zircão pertencente à rocha de origem ígnea granítica, em vermelho pontos analisados em núcleos herdados.

6.2 RESULTADOS ISOTÓPICOS DA MINERALIZAÇÃO AURÍFERA TURMALINA

Os dois corpos de minério estudados (A e B) encontram-se hospedados em áreas silicificadas dentro de zonas de cisalhamento orientadas NW-SE, oblíquas à orientação do pacote estratigráfico. O minério é constituído por pirrotita, pirita, calcopirita bem como cubanita e proporções subordinadas de arsenopirita, hematita, ouro e quartzo como ganga.

Os resultados da aplicação dos métodos Rb-Sr e Pb-Pb foram obtidos diretamente sobre os minerais de minério, sendo analisados concentrados de pirrotita, arsenopirita e também do quartzo associado à mineralização. Foi também datada a alteração hidrotermal, através de análise Rb-Sr em sericita e rocha total. Estas análises permitiram caracterizar a idade do principal evento de circulação hidrotermal, bem como as rochas fontes dos fluidos mineralizantes.

6.2.1 Análises Rb-Sr

As composições isotópicas Rb-Sr obtiveram-se a partir de medidas em seis amostras de minerais relacionados com o minério aurífero do depósito Turmalina, são elas duas pirrotitas, três

arsenopiritas e uma amostra de mistura entre estes sulfetos. Os resultados analíticos constam na Tabela 11. As concentrações de Rb nas pirrotitas variam de 13,18 – 20, e de Sr entre 3,6 e 4,2 e a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varia de 0,887 a 1,197. Para as arsenopiritas os valores de Rb estão entre 1,2 – 2,7 e o Sr entre 1,1 e 2,9.

Tabela 11 - Resultados isotópicos Rb-Sr para amostras de minério

Amostra	Material	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Erro (1s)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Erro (2s)
FMT37-235.79	Pirrotita	13,185	3,611	10,753	0,763	0,887201	0,000254
FMT37-282.79	Pirrotita	20,283	4,237	14,520	1,714	1,197761	0,000376
N560E32C	Pirrotita	20,333	12,639	4,745	0,632	0,903583	0,000357
FMT37-282.79	Arsenopirita	1,595	2,884	1,614	0,027	0,792194	0,000216
FMT37-294.67	Arsenopirita	1,153	1,139	2,967	0,037	0,833090	0,000334
FMT37-295.21+31	Arsenopirita	2,669	1,899	4,130	0,085	0,861593	0,000296

Os dados analíticos para as amostras de arsenopirita, quando lançados no diagrama $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ apresentam uma boa colinearidade e baixa dispersão, fornecendo uma idade de 2029 ± 100 Ma ($m_{\text{swd}} = 1,8$) interpretada como a idade de cristalização dos sulfetos analisados. A R_i $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de $0,7454 \pm 0,0037$ é indicativa de uma fonte na crosta rasa para os fluidos mineralizantes (Figura 70). A idade de 2029 ± 100 Ma para o evento hidrotermal está em conformidade com as obtidas mediante a sistemática Rb-Sr quando avaliadas as paragéneses próprias da alteração hidrotermal (RT-Sericita) de $1929 \pm 2,6$ Ma.

Figura 70 - Diagrama $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dos sulfetos de tipo arsenopirita associados ao ouro no depósito de ouro Turmalina.

Com a finalidade de se obter a idade do evento de alteração hidrotermal e compará-la com a idade da arsenopirita foi analisado o par rocha-total – sericita proveniente de rocha fortemente alterada. A sericita apresentou relação $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ elevada, da ordem de 15 e a rocha total apresenta relação baixa de $\sim 0,5$, fato este que permite a obtenção de uma idade precisa. Por tanto a análise no par RT-Sericita da amostra T80-586.2, proporcionou a idade de $1928,6 \pm 2,6$ Ma com R_i $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,71267 \pm 0,00002$ (Figura 71).

Figura 71 - Diagrama isocrônico Rb-Sr para o par RT – mineral, em parâgenese com granada, associada ao pico metamórfico RT-Biotita (A - FMT37.288) e isócrona RT-Sericita (B - FMT80-586.2) relacionada com o evento de alteração hidrotermal.

Essa idade está próxima de 2,0 Ga obtida para o concentrado de arsenopirita e, conseqüentemente este valor próximo de 2,0 definiria a idade do evento principal de circulação hidrotermal, a uma temperatura em torno de 350 °C, que é considerada a temperatura de fechamento do sistema Rb-Sr em sericita.

6.2.2 Análises Pb-Pb

Foram obtidas as composições isotópicas de Pb de minerais de minério e de minerais associados à mineralização cujos dados analíticos constam da Tabela 12.

A presença de sulfetos de composição química e características texturais diferentes nas mineralização em estudo, como pirita, arsenopirita e pirrotita, sugere que a assinatura isotópica do chumbo poderia ser produto da remobilização deste a partir de fontes distintas decorrentes de condições geodinâmicas variáveis durante a geração do depósito, como sugerido pelos graus de deformação das rochas que encaixam o minério. Essas variações foram registradas nos resultados

isotópicos das amostras minerais estudadas, indicando um padrão de composição isotópica complexo para o chumbo.

As composições isotópicas de Pb nas pirrotita apresentam razão $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 17.857 e 21.764 ppm, a razão $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ varia entre 15.527 e 15.984 e a do $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ de 37.463 a 41.600. Por outro lado as razões isotópicas de Pb para a arsenopirita correspondem a valores para a razão $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 17.468 a 19.594, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ de 15.097 a 15.723 e $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ de 36.923 a 38.999, definindo no diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Figura 72) dois grupos isotópicamente diferentes. A distribuição dos pontos analíticos não determina uma isócrona, mas a melhor reta de ajuste define uma reta de mistura com inclinação relativa à idade de 2538 Ma, idade esta sem significação geológica.

Tabela 12- Análises Pb-Pb (mineral) dos sulfetos do depósito Turmalina

Amostra	Material	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro ¹	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro ¹	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro ¹
T37-235.79	Pirrotita	18.941	0.003	15.597	0.006	38.263	0.006
T37-282.79	Arsenopirita	19.594	0.007	15.723	0.007	38.999	0.008
T37-282.79	Pirrotita	19.667	0.010	15.744	0.009	38.950	0.009
T37-294.67	Arsenopirita	15.006	0.009	15.097	0.009	34.585	0.009
T37-295.21+31	Arsenopirita	18.845	0.008	15.670	0.008	38.437	0.008
N560E32C	Sulfetos (py+po)	13.736	0.007	14.653	0.008	33.394	0.009
SI 11/275.47	Pirrotita	14.594	0.018	14.738	0.018	33.934	0.018
T62-383	Arsenopirita	17.468	0.008	15.341	0.008	36.923	0.008
T37-244.92	Quartzo	18.471	0.039	15.526	0.028	37.816	0.029
N560NWB	Quartzo	14.675	0.011	14.963	0.011	34.219	0.012
T62-383	Quartzo	14.706	0.037	14.950	0.035	34.241	0.036
T37-289.95	Arsenopirita	18.484	0.008	15.549	0.010	38.532	0.012
T37-289.95	Arsenopirita	18.030	0.008	15.506	0.008	37.888	0.007
T37-289.95	Arsenopirita	18.533	0.017	15.564	0.017	38.342	0.017
T37-289.95	Arsenopirita	18.301	0.040	15.511	0.039	37.785	0.039
T37-289.95	Arsenopirita	18.943	0.008	15.615	0.008	37.359	0.009

Os dois grupos com composições isotópicas de Pb distintas, correspondem ao grupo da pirrotita + quartzo e mais uma amostra de arsenopirita, com as composições isotópicas menos radiogênicas (menores do que $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16$) e o grupo mais radiogênico, constituído pelas amostras de produtos de lixiviados da arsenopirita, arsenopirita total e uma amostra de pirrotita. Quando são lançados em diagrama Pb-Pb os pontos analíticos de todos os sulfetos analisados por dissolução total, pode ser observado que os pontos situam-se próximos de uma reta com inclinação relativa a idade 2750 Ma (figura 72) e com intercepto na curva de evolução isotópica de Pb de Stacey & Kramers (1975) (curva SK) em 2822 Ma.

Figura 72 – Diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para pirrotita com arsenopirita subordinada; a curva de evolução isotópica de Pb de Stacey & Kramers (1975) encontra-se lançada para referência

Quando considerados somente os resultados analíticos dos produtos de lixiviado de arsenopirita (amostras mais radiogênicas) observa-se que os pontos analíticos definem uma reta com inclinação relativa à idade de 1960 Ma, com intercepto na curva SK em 2130 Ma. Idades relacionadas ao arqueano tardio para as mineralizações de ouro do Quadrilátero Ferrífero já foram apresentadas por Noce (1995), Thorpe *et al.* (1984) e Silva (2006), mostrando que se trata de um importante evento de formação de depósitos auríferos do tipo orogênico tanto no QF, como no mundo, sendo coerente com o principal período de metalogênese aurífera do planeta ~2670 Ma. Entretanto, uma interpretação alternativa seria que os pontos analíticos no diagrama Pb-Pb definiriam várias retas paralelas, com idades em torno de 2000 Ma, mas constituídas por Pb de distintas origens a partir de fontes de idades diferentes, variando desde 2780 Ma até 2000 Ma aproximadamente, conforme ilustrada na figura 73.

Com a finalidade de definir melhor a idade da mineralização aurífera se analisou detalhadamente a arsenopirita, como mineral co-genético do ouro, com o uso da técnica de lixiviação de Pb por etapas que permite datar diretamente minerais de minério através de isócrona Pb-Pb.

Figura 73 - Diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, para os sulfetos associados com o minério de ouro; a curva de evolução isotópica de Pb de Stacey & Kramers (1975) encontra-se lançada para referência.

Os pontos analíticos relativos aos produtos de lixiviados definem uma reta com inclinação relativa de $195 \pm 330 \text{ Ma}$ ($m_{\text{swd}} = 0.56$). O elevado valor do erro está possivelmente relacionado ao fato da razão $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ nos produtos de lixiviados ser muito homogênea e os pontos não estarem bem colineares. Essa idade é interpretada como próxima da idade de cristalização da arsenopirita ocorrida durante o evento hidrotermal que afetou a área de estudo. Na Figura 74 se observa que o intercepto superior deste alinhamento com a curva modelo Stacey & Kramers (1975) é em 2118 Ma., indicando que o Pb contido na arsenopirita foi separado de seu reservatório predominantemente neste momento, durante o evento tectono-metamórfico do Riachão, previamente definido neste trabalho.

Figura 74 - Diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para arsenopirita segundo os resultados da lixiviação de Pb por etapas.

As amostras de minerais de minério e de ganga aqui analisadas foram lançadas no diagrama Pb-Pb onde constam também para referência as curvas de evolução isotópica do Pb para os quatro reservatórios geoquímicos da Terra estabelecidas pelo modelo da Plumbotectônica Doe & Zartman, 1979. Zartman & Doe, 1981 (Figura 75), a saber, crosta superior, crosta inferior, manto e o ambiente orogênico, curva esta que assume que no início da história da Terra predominavam orogêneses com grande envolvimento de material do manto e nas orogêneses atuais ocorre um predomínio de material da crosta superior.

A distribuição dos pontos analíticos nos diagramas uranogênico e thorogênico indica que a composição isotópica do Pb no depósito Turmalina é heterogênea. Esta heterogeneidade está relacionada às distintas origens do Pb que foram incorporados nos minerais estudados. Essa variedade de origens deve-se principalmente ao fato dos fluidos hidrotermais terem se originado e circulado nas rochas metavulcanossedimentares hospedeiras da mineralização, que possui grande heterogeneidade. Dessa forma as rochas encaixantes do minério contribuíram parcialmente com o Pb incorporado por este, essa interação deveu ter ocorrido em um ambiente orogênico desenvolvido em condições de crosta rasa (deformação dútil-dútil das rochas).

Figura 75 - Modelo de evolução terrestre do Pb (Zartman & Doe 1981) para as amostras do depósito Turnalina nos diagramas uranogênico (A) e toriogênico (B) o minério está distribuído paralelamente nas linhas da crosta superior e o ambiente orogênico.

6.3 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Evidências dos distúrbios isotópicos nas rochas do Grupo Nova Lima na área de Pitangui como consequência dos eventos estruturais, térmicos e de alteração hidrotermal que afetaram essas rochas foram reconhecidas durante o estudo de geologia isotópica realizado neste trabalho. Os dados confirmam que a atuação de um evento metamórfico de grau médio ocorrido no Paleoproterozóico, atingiu a fácies anfibólito e afetou as rochas do noroeste do Quadrilátero Ferrífero e atovou, pelo menos, um evento de alteração hidrotermal que temporariamente se associa à fase final deste metamorfismo. Esse hidrotermalismo seria o responsável pela geração da mineralização aurífera nesta parte do distrito mineiro. Desse modo, os resultados da aplicação das sistemáticas Sm-Nd, Rb-Sr, Pb-Pb e U-Pb em amostras de rocha total, em concentrados de silicatos (granada, biotita, plagioclásio e sericita), de sulfetos (arsenopirita, pirrotita) e de quartzo, se mostraram úteis na determinação temporal dos eventos e processos geológicos, propostos como parte dos objetivos desta pesquisa e são coerentes com os dados já publicados para essa região do QF, por outros autores.

No Paleoproterozóico, um processo metasomático Orosiriano, posterior ao pico metamórfico, registrado nas análises isotópicas, demonstra que durante esse evento tectono-metamórfico na região, se deu a instalação ou reativação de zonas de cisalhamento transcorrentes a nível regional pertencentes ao sistema Pitangui. Essas zonas de cisalhamento formaram o ambiente favorável para a deposição dos sulfetos e ouro do depósito Turmalina e puderam ter a contribuição de fluidos adicionais gerados durante o metamorfismo. Segundo esses mesmos dados, não houve modificações isotópicas fortes durante a orogênese Brasileira para essa zona do Cráton de São Francisco ou se as houve, estas não foram detectadas pelas técnicas aplicadas aos sistemas isotópicos analisados.

As idades obtidas pelo sistema Sm-Nd para amostras de rochas total indicam que a rocha com biotita, clorita, quartzo e a rocha com hornblenda, plagioclásio An_{20-30} e biotita, derivam de uma fonte arqueana, em tanto que as idades modelo T_{DM} de 2.9 a 3.1 Ga., e os valores de ϵ_{Nd} +1.2 a +2.47 sinalam protólitos compatíveis com rochas do Complexo Metamórfico Campo Belo com quase nula residência crustal antes de ser erodidos e depositados novamente como parte das seqüências sedimentares do Grupo Nova Lima. Os protólitos das rochas do depósito Turmalina, não apresentam um fracionamento isotópico do Nd após o momento de diferenciação manto-crosta (~3.04 Ga), mesmo durante os processos metamórficos que os afetaram no Arqueano e no Paleoproterozóico esta hipótese é apoiada pelo grau de fracionamento da razão $^{147}Sm/^{144}Nd$ nestas

rochas que tem um valor da $f_{Sm/Nd}$ (-0.35 a -0.44) que indica o grau de perturbação isotópica para as rochas no Arqueano.

Isócronas minerais usando granadas são amplamente aceites para definir idades de pico termal do evento metamórfico que as gerou; ao aplicar essa metodologia em quatro amostras das rochas com granada do depósito Turmalina, as idades isocrônicas obtidas caracterizam o evento metamórfico gerador das granadas num intervalo estreito entre 2076 ± 60 Ma a 2184 ± 39 Ma. Regionalmente esse intervalo de idades é coerente com o evento tectonotermal Riachão ('Transamazônico') que atua no sul do Cráton de São Francisco. Apesar que os isótopos de Sr não permitam ser utilizados como indicadores geocronológicos confiáveis devido à mobilidade do Rb, é claro que a assinatura isotópica do Sr foi re-homogeneizada durante esse evento, como visto nos resultados da datação Rb-Sr em RT, que se bem apresenta erro muito alto de ~ 300 Ma, indica uma idade de ~ 2.1 Ga. Em concordância com essas idades, datações em biotita forneceram valores de 1886 ± 30 Ma por Rb-Sr e de 1659 ± 23 Ma, pelo método K-Ar, não obstante é de lembrar a condição de re-equilíbrio químico nas biotitas, como mostrado no capítulo anterior, e que essa condição pode ser o efeito do evento de alteração hidrotermal que pós-data o pico metamórfico.

Em resumo, o evento metamórfico atuante na porção mais ocidental do *Greenstone Belt* Rio das Velhas teve um período de duração relativo entre 2184 ± 39 Ma a 1886 ± 30 , com uma taxa de resfriamento da ordem de 1.2 °C/Ma.

Análises de arsenopirita associada ao processo de alteração hidrotermal definem uma isócrona Rb-Sr de 2029 ± 100 Ma. Não em tanto, a idade do lixiviado de Pb por etapas de um concentrado de arsenopirita resulta em uma idade de ~ 1951 . Essas idades comprovam que após o período principal do metamorfismo Riachão as rochas de Turmalina foram afetadas por eventos que involucraram o passo de fluidos hidrotermais carregados de sulfetos e ouro, que foram remobilizados e precipitados gerando o depósito de ouro Turmalina.

Regionalmente na área do QF, tem sido reportadas idades que marcam o evento tectonometamórfico Paleoproterozóico, granadas de xistos pelíticos da Formação Sabará forneceram uma idade isocrônica Sm-Nd de 2095 ± 65 Ma, reflexo da atuação do metamorfismo Paleoproterozóico (Marshak *et al.* 1997), essa idade se sobrepõe às idades U-Pb em monazita e titanita de gnaisses e pegmatitos associados ao metamorfismo de fácies anfibolito durante a orogénia riachiana (Machado *et al.* 1992; Noce *et al.* 1998). Idades próximas de ~ 1800 Ma têm sido também sugeridas por Olivo *et al.* (1996); Schrank & Machado (1996); Noce (1995), para um evento de alteração hidrotermal regional que pós-data o evento metamórfico Paleoproterozóico na região nordeste do QF.

7 EVOLUÇÃO E CONSIDERAÇÕES METALOGENÉTICAS FINAIS

Neste capítulo final são apresentadas de forma integrada as interpretações alcançadas neste estudo. Os resultados obtidos ressaltam a importância da aplicação de técnicas analíticas de geologia isotópica combinadas com estudos petrográficos e minerográficos detalhados, particularmente auxiliados pela caracterização físico-química dos fluidos geradores do minério, na compreensão da evolução metalogenética do depósito aurífero Turmalina.

As rochas do *Greensone belt* Rio das Velhas na área de estudo (NW do Quadrilátero Ferrífero, Sul Cráton de São Francisco) foram afetadas por processos de deformação e metamorfismo durante vários eventos tectonometamórficos, registrados no Arqueano e Paleoproterozóico e um magmatismo ácido em 2664 ± 35 determinada por U-Pb SHRIMP em zircão. Esta idade é interpretada como a idade máxima de deposição das rochas metavulcanossedimentares (para a base) do grupo Nova Lima. Os processos de alteração hidrotermal associados às principais mineralizações de ouro no Quadrilátero Ferrífero são condizentes em gênese e idade com o maior evento metalogenético em ouro no mundo há ~2670 Ma. No entanto, depósitos de menor rango econômico são reconhecidos no QF por apresentarem diferenças em estilos de mineralização, tipos de rochas encaixantes e possivelmente em idade respeito ao principal evento de mineralização, tal é o caso do depósito de ouro Turmalina, estes são importantes desde o ponto de vista econômico, mas principalmente como marcadores de eventos tectônicos que ocorreram na região.

As rochas do Grupo Nova Lima encaixantes do depósito Turmalina foram metamorfisadas facilitando o desenvolvimento de minerais da fácies anfibolito com posterior re-equilíbrio para fácies xisto verde. Isto é comprovado pela presença de estauroлита, restrita a uma zona no meio dos dois corpos de minério que atingiu condições de pressão e temperatura da ordem de 610 °C e 6.6 Kbar. O re-equilíbrio da associação mineral metamórfica de fácies anfibolito para xisto verde é caracterizada por: 1) actinolitas e cloritas formadas pela alteração de hornblenda, 2) cloritização de granada e biotitas, 3) saussuritização de plagioclásio, e 4) sericitização, silicificação e incipiente carbonatação.

A mineralização no depósito Turmalina é tectonicamente controlada pela actividade de zonas de cisalhamento. Os corpos de minério estão hospedados em rochas

metavulcanossedimentares que foram deformadas em regime rúptil-dúctil, e confinados em zonas silicificadas. Processos hidrotermais favoreceram o desenvolvimento de reações químicas que delimitam várias áreas típicas de alteração silícea, propilítica, saussurítica gerando níveis de quartzo, clorita, sericita, e a precipitação de sulfetos de ferro e ouro. As interpretações resultado das análises petrográficas em lâminas de rochas se resumem na postulação de uma associação mineral que explica a formação do minério em três pulsos distintos, dispostos preferencialmente em níveis cloritizados e sulfetados, associados espacialmente a quartzo, esses pulsos mineralizantes seriam: i) precipitação de pirrotitas algumas com assinatura isotópica arqueana, calcopirita e observa-se texturalmente pirita truncado pirrotita ii) formação de pirita, óxidos de ferro – titânio vinculados com a alteração localizada de minerais da rocha encaixante, iii) cristalização de arsenopirita e ouro, as vezes incluso na primeira, e livre.

Análises de inclusões fluidas confirmaram que os fluidos mineralizantes do depósito aurífero Turmalina apresentaram condições físico-químicas distintas na formação dos dois corpos de minério estudados, essas diferenças consistem em:

- i) a existência de várias etapas de aprisionamento de fluidos marcadas por uma etapa mais antiga e formação de quartzo em temperaturas ao redor de 600 °C, observadas no corpo de minério A em umas poucas inclusões preservadas. No corpo de minério B as temperaturas máximas foram da ordem de 413°C, embora não seja descartada a existência de inclusões aprisionadas a maiores temperaturas, que puderam ter posterior reequilíbrio devido à passagem de fluidos mais frios e de menor salinidade;
- ii) no corpo de minério A, a precipitação de minerais ocorreu a partir de processos com dinâmicas cuja origem involucra a participação relevante da variação da pressão e da temperatura, essa variação é indicada pela ocorrência de *boiling* que deu como resultando o aprisionamento de inclusões aquosas salinas ricas em líquido coexistentes com outras ricas em vapor, cujo início aconteceu em temperaturas semelhantes. No corpo de minério B, a cinética dos fluidos é vinculada com mistura de fluidos assim como com a variação da pressão ou da temperatura, isto é indicado pelo aprisionamento de fluidos aquocarbônicos originalmente imiscíveis (efervescência), cujo início ocorreu em temperaturas de 300 a 350 °C e avançou para temperaturas menores;
- iii) Nos dois corpos de minério estudados, temperaturas superiores a 400 °C mostram um transporte de ouro sob a forma de complexos clorados, sendo sua deposição relacionada com a diminuição da temperatura e com as modificações na química do fluido, provenientes dos processos de mistura e imiscibilidade de fluidos com assinaturas isotópicas para o Pb que indicam remobilizações a partir de fontes diversas com idades distintas.
- iv) A mineralogia das rochas encaixantes e do minério assim como os minerais de alteração hidrotermal mostram que os fluidos mineralizantes teriam sido remobilizados pela atividade episódica das zonas de

cisalhamento do sistema Pitangui, a precipitação do ouro esteve intimamente ligada com a cinética de formação da arsenopirita e com processos de silicificação. A associação de minerais metamórficos de fácies anfibolito com granada e estaurolita com minerais máficos como eumingtonita e o reequilíbrio de plagioclásio, assim como a ocorrência de óxidos de ferro-titânio e pirita, sugere a mobilização de íons a partir de rochas máficas e sequências BIF, possivelmente pertencentes a níveis crustais mais profundos do grupo Nova Lima.

- v) Os resultados da geoquímica isotópica Pb-Pb para os sulfetos resultam em três agrupamentos que exibem no diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, retas paralelas com pendentes similares relativas à idade de ~1950 Ma, cujos interceptos com a curva de referência SK (1975) ocorrem em distintas idades que variam entre 2780 e 2000 Ma, sugerindo que os fluidos hidrotermais que originaram os sulfetos e o ouro no depósito Turmalina interagiram com essas variadas litologias.

Os resultados de geocronologia apontam que os protólitos dos metassedimentos hospedeiros do depósito Turmalina provêm de uma fonte arqueana máfica com idade T_{DM} de 3.1 Ga. Isócronas Sm-Nd em mineral granada-RT, limitaram o evento metamórfico Riachão ao intervalo de tempo entre 2076 ± 60 Ma e 2184 ± 39 Ma o qual seria o responsável pelo metamorfismo em fácies anfibolito das rochas hospedeiras do depósito Turmalina, assim como pela ativação e/ou reativação das zonas de cisalhamento nas que os minerais de minério se precipitaram. Dados Rb-Sr (Rocha total, RT- mineral) corroboram o re-equilíbrio deste sistema isotópico nas rochas encaixantes do depósito de ouro durante o evento tectonometamórfico há 2134 ± 56 Ma complementado pela idade Rb-Sr em biotita - RT em 1860 ± 30 , assim como pelas idades K-Ar em biotita de ~1744 e ~1680 Ma. Os fluidos hidrotermais tiveram sua relevância na modificação da mineralogia da rocha encaixante com a formação de quartzo, biotita, clorita e muscovita. O processo hidrotermal, que se sobreimprime às assembleias metamórficas ocorreu no final do evento metamórfico. Esse hidrotermalismo é registrado pela isócrona mineral Pb-Pb em lixiviado de arsenopirita ~1951, por Rb-Sr em arsenopirita em ~2029, pela isócrona Rb-Sr em sericita - RT em 1929 ± 2.6 Ma. O conjunto de dados Sm-Nd, Rb-Sr e K-Ar em diferentes minerais determinaram uma taxa de resfriamento em $1.5^\circ\text{C}/\text{Ma}$ para as rochas da região de Pitangui. Estes dados geocronológicos para as rochas e o minério do depósito Turmalina representam a evolução termocronológica do mesmo, que é resumida na figura 76.

Em conclusão propõe-se para o depósito de ouro Turmalina um modelo coerente com uma gênese de tectônica colisional (orogênica), nos termos da definição de Groves *et al.* 2003. No qual a idade da mineralização, o controle estrutural da mineralização e as características da zona de alteração hidrotermal associadas à zona de cisalhamento Pará de Minas (Lineamento Pitangui), assim como os rasgos texturais dos corpos de minério, indicam que dita mineralização de ouro é

epigenética relacionada com o evento metamórfico regional que afetou o Grupo Nova Lima no Paleoproterozóico.

Desse modo, o depósito teria sido formado por fluidos mineralizantes os quais foram gerados ou remobilizados de maneira sincrônica com a partição da deformação que por sua vez é decorrente da instalação e/ou reativação crustal do sistema de cisalhamento Pitangui – Pará de Minas. Os efeitos dinamo-térmicos dessa compartimentação tectônica geraram metamorfismo em fácies anfibolito em torno de 2100 Ma, e o pico térmico deste evento tectônico teria chegado aos 600°C. Esses dados estariam representando um evento orogênico Riachão comumente reportado na literatura (Transamazônico) no QF. A deposição do ouro ocorre na fase final do evento metamórfico sob condições de fácies xisto verde (300 - 400°C, 1- 2.5 kbar) como resposta ao decréscimo na temperatura e teria ocorrido há 1950 Ma, valor que representa a idade da mineralização a qual é pouco registrada no *greenstone belt* Rio das Velhas. Em termos geocronológicos e metalogenéticos consideram-se estes dados inéditos para oeste do cráton São Francisco.

Figura 76 - Modelo de evolução termocronológica para o depósito aurífero Turmalina

Como é evidente nos dados obtidos neste estudo, eventos tectonometamórficos posteriores ao do Riachão, não perturbaram significativamente os sistemas isotópicos dos minerais como granadas nem mesmo minerais de temperaturas de fechamento menores como biotitas ou minerais de alteração hidrotermal. Isto é indicativo de que o ciclo orogênico Brasilano não teve influência relevante para gerar re-equilíbrio isotópico nas rochas do setor ao oeste do QF.

O depósito Turmalina apresenta características genéticas vinculadas com a atividade das zonas de cisalhamento transcorrente Pitangui – Pará de Minas e por tanto com uma possível fase colisional de uma orogênese datada no Riachão e registrada em todo o Quadrilátero Ferrífero. A idade mínima de deposição do grupo Nova Lima (associação de fácies vulcano-clástica) seria de 2.664 Ga, determinada por U-Pb SHRIMP em zircão de uma rocha granítica milonitizada (gnaisse) que está em contato intrusivo com a sequência metavulcanossedimentar. Esta idade é parecida à idade $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ concordante de $ca\ 2.691 \pm 11\text{Ma}$ obtida num dique máfico (U-Pb SHRIMP em zircão) que corta a fácies ressedimentada no depósito aurífero Córrego do Sítio ao leste do QF reportada por Velásquez (2006, inédito) e interpretada como a idade mínima de deposição do topo do grupo Nova Lima.

8 REFERÊNCIAS

- Alkmim F. F., Marshak S. 1998. Trans-Amazonian orogeny in the southern São Francisco Cráton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90: 29-58.
- Alkmim, F.F., Jordt-Evangelista, H., Marshak, S., Brueckner, H., 1994. Manifestações do evento Trans-Amazônico no Quadrilátero Ferrífero, MG. 38th Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Camboriú, pp. 75-76.
- Almeida F.F.M., 1976. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7 (4): 349-364.
- Arndt N.T., Albarède F., Nisbet E.G., 1997. Mafic and ultramafic magmatism. In: M.J. de Wit and L.D. Ashwal, Editors, *Greenstone Belts*, Clarendon Press, Oxford. 233-254 p.
- Babinski M., Chemale F., Van Schmus W.R., 1993. A idade das formações ferríferas bandadas do Supergrupo Minas e sua correlação com aquelas da África do sul e Austrália. *Anais, II Simpósio do Cráton do São Francisco*, 152-153p.
- Bakker R.J., 2003. FLUIDS, package of computer programs for fluid inclusion studies Program 1: *Chemical Geology*, vol 194: 3-23.
- Bakker R.J., Jansen B.H., 1991. Experimental a post-entrapment water loss from synthetic CO₂-H₂O inclusions in natural quartz. *Geochem. Cosmochim. Acta* (55): 2215 - 2230.
- Bakker R.J., 1997. CLATHRATES, package of computer programs for fluid inclusion studies Program 5 *Computers & Geosciences*, vol 23: 1-18.
- Bakker R.J., 1998 *Geol. Soc., London, Spec. Publ.*, vol. 137: 75-105
- Baltazar O.F., Zucchetti M., 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Achaean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews* vol. 32(3-4):477-492.
- Baltazar, O.F., 1996. Geologia estrutural. In: CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Rio das Velhas: Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM- Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte.
- Baltazar, O.F., 1998. Geologia estrutural. In: M. Zucchetti and O.F. Baltazar (Eds.), Projeto Rio das Velhas — Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000. 2nd edition,

- Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 49-53.
- Baltazar, O.F., Pedreira, A.J., 1998. Associações litofaciológicas. In: M. Zucchetti and O.F. Baltazar (Eds.), Projeto Rio das Velhas- Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100,000. 2nd edition, Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 43-47.
- Baltazar, O.F., Rosière, C.A., Corrêa Neto, A.V., Silva, J.N., 1995. Geologia estrutural do Grupo Maquiné, Supergrupo Rio das Velhas, na porção central do Quadrilátero Ferrífero (MG). 5th Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Sociedade Brasileira de Geologia, Gramado, p. 11-13.
- Baltazar, O.F., Zucchetti, M., 2000. Rio das Velhas greenstone belt structural evolution, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. 31th International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil, CD-ROM.
- Basei, M.A.S., Siga JR, O., Sato, K., Sproesse, W. 1995. A metodologia Urânio -Chumbo na Universidade de São Paulo: princípios metodológicos, aplicações e resultados obtidos. Anais da Academia Brasileira de Ciência vol 67(2):221-237.
- Belo de Oliveira, O.A., 1990Vieira, M.B.H., Greco, F.M., 1990. Alteração hidrotermal relacionada a zonas de cisalhamento dúctil em depósitos auríferos no Quadrilátero Ferrífero. Congresso Brasileiro de Geologia, Sociedade Brasileira de Geologia, Natal, Brazil, p.110.
- Berman R.G., 1988. Internally-Consistent Thermodynamic Data for Minerals in the System $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{TiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$. Journal of Petrology, vol 29 (2):445-522.
- Berman R.G., 1991. Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique, with petrological applications. The Canadian Mineralogist, vol. 29 (4): 833-855
- Biondi, J.C., 2003. Processos Metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros. Ed. Oficina de Textos. 528p.
- Bodnar, R., Vityk, M., 1994. Interpretation of microtermometric data for $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ fluid inclusion. In Vivo.B.Frezzotti (Eds) Fluid inclusions in minerals Short Course , p 117-130.
- Bouma, A.H., 1962, Sedimentology of some flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation: Amsterdam, Elsevier, 168p.
- Bowers, T.S., Helgeson, H.C., 1983. Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ on phase relations in geologic systems: equations of state for $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ fluids athigh pressures and temperatures. Geochim. Cosmochim Acta vol 47: 1247-1275

- Boyle, R. W., 1979, The geochemistry of gold and its deposits: Canada Geological Survey Bulletin, vol. 280: 1-584.
- Brito Neves B.B., Sá J.M., Nilson A.A., Botelho N.F., 1995b, A tectogênese estateriana nos blocos paleoproterozóicos da América do Sul e processos subsequentes. *Geonomos*, vol 3 (2): 1-21.
- Brueckner, H.K., Cunningham, D., Alkmin, F.F., Marshak, S. 2000, Tectonic implications of Precambrian Sm-Nd São Francisco cráton and adjacent Araçuaí and Ribeira belts, Brazil. *Precambrian Research*, vol 99: 255-269.
- Campbell et al. 1989 L.H. Campbell, R.W. Griffiths and R.E.T. Hill, Melting in an Archaean mantle plume: heads it's basalts, tails it's komatiites, *Nature*, vol 339: 697-699.
- Carneiro M. A., Jordt-Evangelista, H., Teixeira W., 1997 Eventos magnéticos arqueanos de natureza cálcio-alcalina e tholeiítica no quadrilátero ferrífero e suas implicações tectônicas. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 27 (1): 121-128
- Cathelineau M., Nieva D. 1985. A chlorite solid solution geothermometer – The Los Azufres (Mexico) geothermal system. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, vol. 91: 235-244
- Cathelineu, M., 1988. Cations site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Mineralogy*, vol 23: 471 - 485
- Chemale Jr et al. 1992, Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um modelo. *Pesquisas* vol. 18 (2): 104 - 127
- Chemale Jr., F., Rosière, C.A., Endo, I., 1991, Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um modelo. *Pesquisas*, vol 18 (2), 104-127.
- Chemale Jr., F.; Rosière, C.A.; Endo, I. 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, vol 65: 25-54
- Clark LA., 1960. The Fe-As-S system—Phase relations and applications. *Economic Geology*, vol 55(7): 1345-1381.
- Collins PLF, 1979. Gás hidratés in CO₂-bearing fluids and the use freezing data for estimation os salinity. *Economic Geology* vol. 74 (6): 1345-1444.
- Cordani U.G, Kawashita K, Mueller G, Quade H, Reimer V, Roeser H, 1980. Interpretação tectônica e petrológica de dados geocronológicos do embasamento no borde sudeste do Quadrilátero Ferrífero/MG. *An. Academia Brasileira de Ciências*, vol 52 (4): 785-799.
- Corrêa Neto, A.V., Baltazar, O.F., 1995. Compartimentação estrutural do greenstone belt Rio das Velhas no interior do Quadrilátero Ferrífero (MG). 5th Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Sociedade Brasileira de Geologia, Gramado, pp. 15-17.

- Corrêa Neto, A.V., Baltazar, O.F., Silva, S.L., 1994. Evolução estrutural do setor setentrional do greenstone belt Rio das Velhas (MG). 38th Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Camboriú, pp. 69–70.
- Crawford, M.L., Hollister, L.S., 1986. Metamorphic fluids: the evidence from fluid inclusions in: Walther, J.V., Wood, B.J. (Eds) *Fluid rock interaction during metamorphism*. 1–35p.
- Cygan, R.T., Lasaga, A.C., 1982. Crystal growth and the formation of zoning in garnets. *Contributions to mineralogy and petrology*, vol 79: 187 – 200.
- Davis, D.W., Lowenstein, T.K., Spencer, R.J., 1990. Melting behavior of fluid inclusion in laboratory-grown halite crystals in the system $\text{NaCl-H}_2\text{O}$, $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$, $\text{NaCl-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$, and $\text{NaCl-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$. *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol 54, 591–601.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., 1992. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman Scientific and Technical (Eds).
- DePaolo D.J., 1988. Age dependence of the composition of continental crust: evidence from Nd isotopic variations in granitic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, vol 90: 263–271.
- DeWitt E.D., Thorman C.H., Zartman R.E., Wooden J.L., Landis G.P., 2000. Geology and origin of gold deposit in iron-formation, Brazil and United States. 15p. (inédito).
- DeWitt, E., Thorman, C.H., Ladeira, E., Zartman, R.E., Landis, G.P., Wooden, J.L., 2000. Origin and age of gold deposits at São Bento and Morro Velho, Brazil. 31th International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, CD-ROM.
- DeWitt, E., Landis, G.P., Zartman, R.E., Garayp, E., Martins Pereira, S.L., Prado, M.G.B., Viera, F.W.R., Thorman C.H., 1994. Isotopic and fluid inclusion data on the age and origin of São Bento and Morro Velho gold deposits, Minas Gerais, Brazil. In: Thorman, C.H., Lane, D.E. (Eds), *U.S. Geological Survey Research on Mineral Deposits. Part A: Programs and Abstracts*, V.E. McKelvey Forum on mineral and Energy Resources, 9, Circular 1103-A. Denver. CD-ROM.
- Doe B.R., Zartman R.R., 1979. *Plumbotectonics I, the Phanerozoic*. In: H.L. Barnes. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. 2ed. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Dorr J.V.N., 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. USGS, 110. *Profesional Paper*, 641-A.
- Dorr J.V.N., Gair J.E., Pomerene J.B., Ryncarson G.A., 1957. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero, Brazil. DNPM/DFPM, Rio de Janeiro. 31p (avulso 81).
- Droop, G.T.R. 1987. A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses using stoichiometric criteria. *Mineralogy Magazine* vol 51, 361:431–435.

- Drummond, S.E., Ohmoto, H., 1985. Chemical evolution and mineral deposition in boiling hydrothermal systems. *Economic Geology*, 80 (1), 126-147.
- Dugdale, A.L., Hagemann, S.G. 2001. The Pronzewing lode-gold deposit, Western Australia: P-T-X evidence for fluid immiscibility caused by cyclic decompression in gold-bearing quartz-veins. *Chemical Geology* 173, 59-90.
- Einsele G, 1992. *Sedimentary Basins: evolution, facies and sediment budget*. Springer-Verlag, Berlin.
- Endo, I., 1997. Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da placa sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais. PhD thesis, Instituto Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 2 volumes, 243 pp.
- Endo, I., Fonseca, M.A., 1992. Sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas no Quadrilátero Ferrífero-MG: geometria e cinemática. 6th Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Sociedade Brasileira de Geologia, Ouro Preto. *Revista da Escola de Minas* 45 (1/2), pp. 28-31.
- Féboli, W.L., Signorelli, N., 1996. Sinopse Geológica da Folha Itabirito: Projeto Rio das Velhas. Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Belo Horizonte, pp. 34-43.
- Fernandes & Carneiro 2000. O complexo metamórfico Campo Belo (Cratón São Francisco Meridional): unidades litodêmicas e evolução tectônica. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(4): 671-378.
- Ferry J.M. Spear F.S., 1978. Experimental calibration of partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contributions to mineralogy and petrology*. Vol. 66:113-117.
- Florence, F.P., Spear, F.S; 1990. Effects of diffusional modification of garnet growth zoning on P - T path calculations. *Contributions to mineralogy and Petrology*, 107:487-500. Springer-Verlag.
- Frizzo, C., Takai, V., Scarpelli, W. 1991. Auriferous mineralization at Pitangui, Minas Gerais. In LADEIRA, E.A ed. *BRAZIL GOLD'91*. Rotterdam, Balkema. P 579-583.
- Funaro, V.M.B., Pestana, M.C., Garcia, E.M., Rebello MAF., Ayello, M.A.B., Carvalho, M.J., Nascimento, M.M., Paschoalino, R.A., Cardoso, S.C., Lombardi, V.V., 2009. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: document eletrônico e impresso. Parte I. 2da Edição. 102pp
- Fuzikawa K, 1985. Inclusões fluidas: métodos usuais de estudo e aplicações. *Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, Contribuições à Geologia e Petrologia*. Belo Horizonte, SBM/CBMM, 29-44 p.

- Groves D., Goldfarb, R., Robert, F., Hart C.J.R. 2003. Gold Deposits in Metamorphic Belts: Overview of Current Understanding, Outstanding Problems, Future Research, and Exploration Significance. *Economic Geology* Vol. 98, 2003, pp. 1–29.
- Groves, D.I. Goldfarb, R., Gebre-Mariam, M., Hagemann, Sg., Robert, F., 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* Vol. 13:7–27.
- Hartman L., Endo I., Suita M.T., Santos J.O., Frantz J.C., Carneiro M., McNaughton N.J., Barley M.E. 2006. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U-Pb isotopes. *Journal of South American Earth Sciences*, 20: 273–285.
- Hayes, J.B., 1970. Polytypism of chlorite in sedimentary rocks. *Clays & Clay Minerals* vol 18:285–306.
- Herz, N., 1970. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey Professional Paper 641-B, 58 pp.
- Hey, H.M., 1954. A new review of the chlorites. *Mineralogical Magazine*. Vol. 30: 277–279.
- Holland, T.J.B., Blundy, J., 1994. Nonideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contribution to Mineralogy and Petrology* vol 116:433–447.
- Holland, T.J.B., Powell, R. 1998. An internally-consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest. *Journal of Metamorphic Geology* Vol 16: 309–343.
- Hollister L.S., 1990. Enrichment of CO₂ in fluid inclusions in quartz by removal of H₂O during crystal-plastic deformation. *J. Structural Geology* (12) 895–901.
- Hollister, L.S., 1966. Garnet zoning: An interpretation based on the Rayleigh Fractionation model. *Science*. vol 154: 1647–1651.
- Hoschek, G. 1969. The stability of staurolite and chloritoid and their significance in metamorphism of pelitic rocks. *Contribution to mineralogy and petrology* vol 22(3): 208–232.
- Hutcheon, I. 1990. Clay carbonate reactions in the Venture area, Scotia Shelf, Nova Scotia, Canada: in *Fluid mineral interactions: a tribute to H.P. Eugster*. R.J. Spencer and I.M. Chou (Eds) The Geochemical Society Special Publication vol 2: 199–212.
- Inda, H.A.V., Schorscher, J.H.D., Dardene, M.a., 1984. O cráton de São Francisco e a faixa de dobramentos Araçuaí.
- Inui, M., Toriumi, M. 2004. A theoretical study on the formation of growth zoning in garnet consuming chlorite. *Journal of Petrology* 45,7, 1369–1392.

- Johnson, E.L., Hollister, L.S., 1995. Syndeformational fluid trapping in quartz: determining the pressure-temperature conditions of deformation from fluid inclusions and the formation of pure CO₂ fluid inclusions during grain-boundary migration. *Journal of Metamorphic Geology* 13, 239-249.
- Kawashita K., 1972. O método Rb/Sr em rochas sedimentares. Aplicação para as bacias do Paraná e Amazonas. Tese de Doutorado. IG/USP, 111p
- Klein, 1983, R.C. (Eds.), *Iron-Formation: Facts and Problems*. Amsterdam: Elsevier, p. 417-469, 1983.
- Klein, E.L., Fuzikawa, K., 2010. Origin of the CO₂-only fluid inclusions in the palaeoproterozoic Carará vein-quartz gold deposit, Ipitinga Auriferous District, SE-Guiana Shield, Brazil: Implications for orogenic gold mineralization. *Ore Geology Reviews*, 37, 31-40.
- Kranidiotis, P., MacLean, W.H. 1987. Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. *Economic Geology* vol 82: 1898-1911.
- Kretz, R. 1983.: Symbols for rock-forming minerals. *Am. Mineral.* 68, 277-279.
- Ladeira, E.A., 1988. Metalogenia dos depósitos de ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C.E.S. (Coords.) *Principais Depósitos Minerais do Brasil*. Vol. III, Brasília, DNPM/CVRD, 301-375 p.
- Ladeira, E.A., 1980. Metallogenesis of gold at the Morro Velho mine, and in the Nova Lima district, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Department of Geology of University of Western Ontario, Canada, Unpublished PhD. Thesis, 272p. London, Ontario, Canada.
- Ladeira, E.A., Viveros JFM., 1984. Hipóteses sobre a reestruturação do Quadrilátero Ferrífero com base nos dados disponíveis. Belo Horizonte, sociedade Brasileira de Geologia, núcleo de Minas Gerais, 4: 18 p.
- Lai, J., Chi, G. 2007. CO₂-rich fluid inclusions with chalcopyrite daughter mineral from the Fenghuangshan Cu-Fe-Au deposit, China: implications for metal transport in vapour. *Mineralium Deposita* 42, 293-299.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W., Youzhi, G., 1997. Nomenclature of amphiboles: report of subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names *Canadian Mineralogist* (35): 219-246.

- Lobato, L.M.; Ribeiro-Rodrigues, L.C.; Vieira, F.W.R. 2001b. Brazil's premier gold province. Part II: geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, 36 (3-4): 249-277.
- Lobato, L.M.; Ribeiro-Rodrigues, L.C.; Zucchetti, M.; Noce, C.M.; Baltazar, O.F.; Silva, L.C.; Pinto, C.P. 2001c. Brazil's premier gold province. Part I: The tectonic, magmatic, and structural setting of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, 36 (3-4): 228-248.
- Lobato, L.M.; Santos, J.O.S.; McNaughton, N.J.; Fletcher, I.R.; Noce, C.M. 2007. U-Pb SHRIMP monazite ages of giant Morro Velho and Cuiabá gold deposits, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews* vol 32: 674-680.
- Lobato, L.M.; Ribeiro-Rodrigues, L.C.; Costa, M.N.S.; Martins, M.; Lehne, E.; Alves, J.V.; Tassinari, C.C.G.; Vieira, F.W.R.; Biasi, E.E.; Silva, R.C.; Pereira, C.A.; Noce, C.M., 2001a. Depósito de Ouro Cuiabá, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Caracterização de depósitos auríferos em distritos mineiros brasileiros. Brasília, DNPM/ ADIMB, p. 3-77.
- Lockzy L., Ladeira E.A., 1976. Geologia estrutural e introdução à tectônica, Edgar Bucher Ltda, 528p.
- Loucks, R.R., 2000. Precise geothermometry on fluid inclusion population that trapped mixtures of immiscible fluids. *American Journal of Science* 300, 23-59.
- Lowenstern, J.B., 2001. Carbon dioxide in magmas and implications for hydrothermal systems. *Mineralium Deposita*, 36, 490-502.
- Ludwig K., 2008. ISOPLOT v. 3.7. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel: Special publication No. 4. Berkley Geochronological Research Center.
- Machado N, Carneiro M.A., 1992. U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the southern São Francisco shield, Brazil. *Canadian Journal Earth Science*, 29: 2341-2346.
- Machado N, Schrank A, Abreu F.R, Knauer L.G, Almeida-Abreu P.A, 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: Simpósio Geológico Minas Gerais, 5, Belo Horizonte, 1989. SBG. Boletim, 10: 171-175.
- Machado, N., Valladares, C., Heilbron, M., Valeriano, C. 1996. U-Pb geochronology of the central Ribeira belt Brazil and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Research* vol 79: 347-361.
- Machado, N.; Noce, C.M.; Ladeira, E.A.; Oliveira, O.B. 1992. U-Pb geochronology of archaic magmatism and proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Cráton, Brazil. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 104: 1221-1227.

- Marshak S., Alkmim F.F., 1989. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, 8 (3): 555-571.
- Marshak S., Alkmim F.F., Jordt Evangelista H., 1992. Proterozoic crustal extension and the generation of dome-and-keel structure in an Archean granite-greenstone terrane. *Nature*, 357: 491-493.
- McCuaig T.C., Kerrich, R., 1998. P-T-t deformation –fluid characteristics of lode gold deposits: evidence from systematic. *Ore Geology reviews*, Vol. 12: 381-453.
- Mikueki, E.J., 1998. Hydrothermal transport and depositional processes in Archean lode gold system: A review. *Ore Geology reviews*, Vol. 13:307 – 321.
- Nacht S. M. 1986 Geochemical characters and tectonic evolution of the Chitradurga Schist Belt: an Archean suture (?) of the Dharwar Cráton, India. In: deWitt, M.J., Ashwal, L.D. (Eds.), Workshop on Tectonic Evolution of Greenstone Belts. Lunar and Planetary Institute Technical Report, vol. 86-10, pp. 160-161
- Noce C.M., 1995. Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP, São Paulo. 128p.
- Noce C.M., 2000. Geochronology of the Quadrilátero Ferrífero: a review. *Geonomos*, 7 (1,2): 15-23.
- Noce C.M., Machado N., Teixeira W., 1998. U-Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco Cráton). *Revista Brasileira de Geociências*, 28(1): 95-102.
- Noce C.M., Zucchetti M., Baltazar O.F., Armstrong R., Dantas E.L., Renger F.E., Lobato L.M., 2005. Age of felsic volcanism and the role of ancient continental crust in the evolution of the Neoproterozoic Rio das Velhas Greenstone belt (Quadrilátero Ferrífero, Brazil): U-Pb zircon dating of volcanoclastic graywackes. *Precambrian Research*, 141: 67-82.
- Noce, C.M., Machado, N., Teixeira, W., 1994. O complexo Belo Horizonte e a evolução arqueana do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. 38th Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Camboriú, pp. 68-69.
- Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Piazzana, D., Armstrong R., Laux, J.H., Campos, C.M., Medeiros, S.R., 2004. Ages of sedimentation of the kinzigitic complex and of a late orogenic thermal episode in the Araçuaí orógeno, northern Espírito Santo State, Brazil: Zircon and monazite U-Pb SHRIMP and TIMS data. *Revista Brasileira de Geociências* vol 349: 587 – 592.

- Noce, C.M., Tassinari, C.G., Lobato, L.M., 2007. Geochronological framework of the Quadrilátero Ferrífero, with emphasis on the age of gold mineralization hosted in Archean greenstone belts. *Ore Geology Reviews* 32, 500–510.
- Noce, C.M.; Dantas, E.L.; Lobato, L.M.; Zuccheti, M.; Baltazar, O.F. 2002. Múltiplos eventos de vulcanismo no Greenstone Belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero (MG): Novos dados U-Pb, implicações geotectônicas e metalogenéticas. In: Cong. Bras. Geol., 41, João Pessoa. Resumos. p. 522.
- Oliveira, A.H., Guitarrari, M.M., Achôa, A.B., Costa, M.P., Carneiro, M.A., Fonseca, M.A., 1997. Tectônica compressiva (NE–SW) nas rochas do Supergrupo Rio das Velhas, borda NW do Complexo Metamórfico Bação, QF, MG. 9th Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Sociedade Brasileira de Geologia, Belo Horizonte, Boletim, vol. 14, pp. 70–71.
- Pedreira A.J, Silva S.L., 1996. Sistemas deposicionais do Greenstone Belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero M.G, 39 Congresso Brasileiro de Geologia Salvador Anais, 1: 138–140.
- Phillips, G.N., Evans, K.A., 2004. Role of CO₂ in the formation of gold deposits. *Nature*, 429, 860–863.
- Pirajno F., 2009. Hydrothermal processes and mineral systems. Springer-Verlag, Australia, pp 1243.
- Plimer, I.R., 1984. The mineralogical history of the Broken Hill lode, N.S.W: *Australian Journal of Earth Sciences*, v. 31, p. 379–402.
- Poty, B., Leroy, J., 1976. A new device for measuring temperatures under the microscope: the Chaixmecca microthermometry apparatus. *Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallografie*.
- Powell, R., Holland T.J.B., 1988. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: III Applications to geobarometry, worked examples and computer program. *Journal Metamorphic Geology*, vol 6: 173–204.
- Powell R., Holland T.J.B. 1985. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 1. Methods and worked example. *Journal of Metamorphic Geology*, vol 3, 327–342.
- Ramboz C., Pichavant M., Weisbrodt A., 1982. Fluid immiscibility in natural processes: use and misuse of fluid inclusion data. II Interpretation of inclusion data in terms of immiscibility. *Chem. Geol.* Vol 37:29–48.
- Ribeiro-Rodrigues, L.C.; Vieira, F.W.R.; Friedrich, G.; Chemale Jr, F.; Oliveira, C.G. 1997. Structural styles of greenstone-hosted gold mineralization in the Quadrilátero Ferrífero,

- Minas Gerais, Brazil. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Brasília, Extended Abstracts, p. 363-364.
- Richard, L.L., 1985. MINPET Geological Software Mineralogical and Petrological data processing system. Copyright
- Robert, F., Kelly, W.C., 1987. Ore forming fluids in Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Economic Geology*, 82, 1464-1482.
- Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. *Reviews in Mineralogy* 12, 644 p.
- Romano A.W., 2006. Relatório final Folha Pará de Minas SE-23-Z-C-IV escala 1:100,000. Programa Geologia do Brasil, UFMG/CPRM. Belo Horizonte
- Romano A.W., 1989. Evolution tectonique de la région NW du Quadrilatère Ferrifère, Minas Gerais, Brésil. Thèse Docteur, Université de Nancy I, 259p.
- Romano A.W., 1993. o Supergupo Rio das Velhas da faixa Matéus Leme-Pitangui—parte meridional do cratón de São Francisco, MG - e sue sistema de alteração hidrotermal. *GEONOMOS*, 1(1): 16-32.
- Rynearson, G.A., Pomerene, J.B., Dorr II, J.V., 1954. Contato basal da Série Minas na parte ocidental do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, Avulso, vol. 34, pp. 1-18.
- Sato K, Tassinari C, Kawashita K, Petronilho L, 1995. O método geocronológico Sm-Nd no IGe/USP e suas Aplicações. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 67: 313-335.
- Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Derze, G.R., Asmus, H.E., 1984. Geologia do Brasil Brasília. DNPM. 501p.
- Schorscher J.H.D. 1976. Polimetamorfismo do Pré-cambriano na região de Itabira, Minas gerais, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto. Resumos, 194-195.
- Schorscher, J.H.D. 1978. Komatiitos na estrutura "greenstone belt" Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: 30 Congresso Brasileiro de Geologia, Recife. Anais, SBG, 1: 292-293.
- Schrank, A. Machado, N. 1996b. Idades U-Pb em monazitas e zircões do distrito aurífero de Caeté, da mina de Cuiabá e do depósito de Carrapato, Quadrilátero Ferrífero (MG). In: Cong. Bras. Geol., 39, Salvador. Anais, 6: 473-475.
- Schrank, A., Machado, N., 1996a. Idades U-Pb em monazitas e zircões das minas de Morro Velho e Passagem de Mariana – Quadrilátero Ferrífero (MG). 39th Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Salvador, pp. 470-472.

- Schrank, A., Machado, N., Stern, R. 2002. Eventos no Arqueano com base em idades U/Pb – SHRIMP de zircões detriticos em metassedimentos da Mina de Morro Velho – Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais. In: Cong. Bras. Geol., 41, João Pessoa. Resumos. p. 219.
- Scott Wilson (2006).
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H., Alderton D. H. M., 1985. A practical guide to fluid inclusion studies. Glasgow, Blackie & Sons Limited. 239 p.
- Sibson R.H., Francois R.K., Howard P., 1988. High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*, Vol. 16: 551-555.
- Silva C.M.G, 2006. Aplicação de isótopos radiogênicos da mineralização da Mina Cuiabá Greenstone Belt Rio das Velhas (M.G.). Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Tese de doutoramento 138p.
- Silva, L.C., Noco, C.M., Lobato, L.M., 2000. Dacitic volcanism in the course of Rio das Velhas (2800-2969 Ma) Orogeny: a Brazilian Archean analogue (TTD) to the modern adakites. *Revista Brasileira de Geociências* vol.30: 384 – 387
- Skinner B., 1997. Hydrothermal mineral deposits: what we do and don't know. In: Barnes H.L. (Ed) *Geochemistry of the hydrothermal ore deposits*. New York, JWiley & Sons, Inc. pp 1-29.
- Slack, J.F., Herriman, N., Barnes, R.G., Plimer, I.R. 1984. Stratiform tourmalinites in terranes and their geologic significance. *Geology* vol 12(12): 713-716
- Spear F.S., 1989. Petrological determination of metamorphic pressure-temperature-time paths. In: Spear F.S., Peacock, S.M., 1989. *Metamorphic pressure-temperature-time paths. Short course in geology*, American Geophysics union, Washington D.C., 1-55
- Spear, F., Peacock, S.M. 1989. *Metamorphic pressure-temperature-time paths*. American Geophysical Union (Eds). Vol7:102pp
- Spear, F.S. 1993: *Metamorphic phase-equilibria and Pressure – Temperature – Time Paths*. Mineralogical Society of America, Washington, D.C.
- Spear, F.S., Cheney, J.T. 1989. A petrogenetic grid for pelitic schists in the system $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-MgO-K}_2\text{O-H}_2\text{O}$, *Contribution to mineralogical petrology* vol 101:149-164
- Stacey J.S, Krammers J.D, 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26: 207-221.
- Steiger, R.H. Jaeger, E., 1977. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constant in geo – and cosmochemistry. *Earth and Planetary Science Letters* vol.36:359 - 362

- Stern R.A. 1998. High Resolution SIMS determination of radiogenic trace-isotope ratios in minerals. In Cabri L.J., Vaughan D.J. (eds): modern approaches to ore and environment Science and mineralogy. Mineralogical Association of Canada Short Course Series, 27: 241-268.
- Suita, M.T.F.; Hartmann, L.A.; Endo, I.; Santos, J.O.S., McNaughton, N.J. 2002. The oldest detrital zircon in South America – 3,8 Ga, determined by Shrimp geochronology from a Quadrilátero Ferrífero sandstone. In: Cong. Bras. Geol., 41, João Pessoa. Resumos, p. 528.
- Tassinari, C.C.G., Mellito, K., Babinski, M., 2003. Age and origins of the Cu (Au-Mo-Ag) Salobo 3A ore deposit, Carajas Mineral Province, Amazonian Craton, Northern Brazil. Episodes, China 26 (1): 2-9
- Taylor, S.T.R., McLennan, S.M. 1987. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell scientific, Boston. 312p.
- Teixeira W., Sabaté, P., Barbosa, J., Noce, C.M., Carneiro, M.A., 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton in: International Geological Congress 31. Rio de Janeiro. CPRM. 101-131pp.
- Teixeira W; Carneiro M.A; Noce C.M; Machado N; Sato K; Taylor P.N, 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archaean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. Precambrian Research, 78: 151-164.
- Thiery et al (1994 a, b
- Thorpe, R.I.; Cummings, G.L.; Krstic, D. 1984. Lead isotope evidence regarding the age of gold deposits in the Nova Lima District, Minas Gerais. Rev. Bras. Geoc., 14(3): 147-152.
- Vavra G., 1990. On the kinematics of zircon growth and its petrogenetic significance: A cathodoluminescence study. Contribution to mineralogical petrology, 106: 90-99.
- Velásquez, M.E. 2006. Composição isotópica de Pb-Sr e Nd da mineralização de ouro do depósito Corrego do Sítio, Q.F.: Implicações na modelagem conceitual. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP.
- Vernon, R.H., Clarke, G.L., 2008. Principles of metamorphic Petrology. Cambridge University Press. Uk. 446p.
- Vial, D.S. 1988. Mina de ouro de Cuiabá, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C.E.S. (Coords.). Principais Depósitos Minerais do Brasil Vol. III, Brasília, DNPM/CVRD, p. 413-419.
- Vieira F.W.R, 1991. Textures and processes of hydrothermal alteration and mineralization in the Nova Lima group, Minas Gerais, Brazil. In: Ladeira E.A. (ed.) Proceedings of Gold' 91, the

- Economics, Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits. Rotterdam, A.A. Balkema, 319-325p.
- Vieira, F.W.R. & Oliveira, G.A.I. 1988. Geologia do distrito aurífero de Nova Lima, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C.E.S. (Coords.). Principais Depósitos Minerais do Brasil. Vol. III, Brasília, DNPM/CVRD, p. 377-391.
- Vieira, F.W.R. 1987. Gênese das mineralizações auríferas da mina Raposo. Sociedade Brasileira de Geologia, Anais do simpósio Geológico de Minas Gerais 4. 343-368.
- Vieira, F.W.R. 1988. Processos epigenéticos da formação dos depósitos auríferos e zonas de alteração hidrotermal do Grupo Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero Minas Gerais. In: Cong. Bras. Geol., 35, Belém. Anais, Belém, vol. 1, p. 76-86.
- Walsh, J.L., 1986. A six-component chlorite solid solution model and conditions of chlorite formation in hydrothermal and geothermal systems. *Economic Geology* vol 81: 681 – 703.
- Weisbrod, A., Poty, B., Touret, J., 1976. Les inclusions fluides en géochimie-pétrologie: tendances actuelles. *Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie*, 99, 140-152.
- Wetherill G.W., 1956. Discordant uranium-lead ages. *Transaction American Geophysical Union*, 37: 320-326.
- Wilkinson J.J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos* (55): 229-272.
- Williams I., 1998. U-Th-Pb Geochronology by Ion microprobe. In: McKibben M.A, Shanks III W.C, Ridley W.I. Applications of microanalytical technique to understanding mineralizing processes. *Economic Geology*, 7: 1-35.
- www.jaguar.com (consultado em 21 mayo 2007)
- Zang, W., Fyfe, W.S., 1995. Chloritization of the hydrothermally altered bedrock at the Igarapé Bahia gold deposit, Carajás, Brazil. *Mineralium Deposita* vol30: 30-38.a's
- Zartman, R.E., Doe B.R.; 1981. Plumbotectonics – the model. *Tectonophysics*, 75: 135-162.
- Zucchetti, M.; Lobato, L.M.; Baltazar, O.F., 2000a. Volcanic and volcanoclastic features in Archean rocks and the their tectonic environment, Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, MG-Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 30 388-392.

APÊNDICES

Apêndice A: METODOLOGIAS E FUNDAMENTOS TEÓRICOS DOS METODOS ISOTÓPICOS APLICADOS

As análises isotópicas U-Pb (TIMS), Sm-Nd, Rb-Sr e K-Ar foram realizados no Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – CPGEO, e uma análise U-Pb (SHRIMP II) em zircão da amostra F79, foi feita no *Beijing SHRIMP Centre, institute of Geology, Achinese Academy of Geological Sciences*.

No CPGEIO a preparação de amostras para obtenção de concentrados de rocha total ou de minerais, seguiu os procedimentos de Basei *et al.* (1995). As análises isotópicas tiveram em conta as metodologias descritas por Kawashita (1972), Sato *et al.* (1995) e Tassinari *et al.* (2003) entre outros. No *Beijing SHRIMP Centre, Institute of Geology - Chinese Academy of Geological Sciences* são seguidos os procedimentos analíticos e os métodos de calibração descritos em detalhe por Stern e (1998) e Williams (1998).

No laboratório de preparação de amostras no CPGEIO, cada amostra de rocha é fragmentada com martelo, triturada em pilão de aço até obter fração 60-100 mesh, depois lavada no ultra-som e secada em lâmpadas aquecedoras, para logo ser pulverizada em moinho de bolas. Os concentrados de minerais são obtidos a partir da amostra ser britada e peneirada (60 -100 mesh e 100 - 150 mesh), a fração magnética é retirada com imã de mão e com separador isodinâmico tipo Frantz. A separação mineral complementa-se com separação em meio denso através do uso de líquidos pesados (Bromofórmio: $\delta = 2,81$ g/cc e Iodeto de metileno: $\delta = 3,32$ g/cc). A purificação das amostras é pelo método de catação manual com auxílio de lupa binocular, posteriormente o concentrado é lavado com água destilada no ultra-som por 20 minutos, secada e enviada ao laboratório limpo para análises química.

No laboratório limpo as amostras passam por quatro fases principais: pesagem, ataque químico, separação de íons e por último, leitura no espectrômetro de massas, os procedimentos individuais para cada sistemática isotópica são descritos a seguir:

O método Pb-Pb convencional, através da dissolução total foi utilizado em amostras de pirita, arsenopirita, quartzo cinza e quartzo branco. O procedimento de rotina no CPGEO-USP para a análise isotópica de Pb, é sintetizado a seguir:

Pesagem (20 - 100 mg de sulfetos e 500 mg de quartzo, 100mg de rocha total.)

Digestão em HF+HNO₃ para silicatos, e em HCl-HNO₃ para sulfetos

Adição de HCl 6N

O condicionamento da amostra com HBr 0,7N (amostras de rocha total, sulfetos).

Na coluna de troca iônica a amostra recebe a resina AG-1-X8 (200-400 *mesh*) para depois fazer a extração do Pb em meio clorídrico 6N.

Adição de 5 µl de H₃PO₄ 0,25N ao concentrado final do Pb

Secado por evaporação.

A leitura do Pb é feita num espectrômetro VG-354 com multicoletor, para isso o concentrado de Pb é dissolvido em 2µl de sílica gel e depositado em monofilamento de Re previamente aquecido (0,8Å). Os procedimentos de branco durante a realização das análises foram de 100 pg para os sulfetos e 130 pg para rocha total. As razões isotópicas foram corrigidas para fracionamento de massa de 0,12% a.m.u.⁻¹ usando análises múltiplas do padrão internacional NBS 981. Para o tratamento dos resultados e cálculo das idades foram usadas as constantes de decaimento recomendadas por Steiger & Jaeger (1977) e os programas ISOPLOT3.7 de Ludwig (2008) e da Plumbotectônica de Zartman & Doe (1981).

Pelos métodos Sm-Nd e Rb-Sr foram analisadas amostras de rocha total (as mesmas analisadas pelo método Pb-Pb) e amostras de sulfetos. No CPGEO quando se analisa Rb-Sr e Sm-Nd na mesma amostra, se faz apenas um procedimento de abertura química, neste

sentido esses métodos descrevem-se juntos. Durante a separação cromatográfica se faz a extração inicial dos elementos de terras raras e a separação posterior do Sm e do Nd.

Os elementos Rb e Sr são separados através da técnica convencional de extração por troca catiônica conforme os procedimentos descritos por Kawashita (1972). Em amostras com teores de Rb e/ou Sr menores de 50 ppm e/ou maiores de 650 ppm, determinados previamente por fluorescência de raios-X, utiliza-se a técnica de diluição isotópica usando os traçadores ^{87}Rb e ^{84}Sr . Para amostras com teores de Rb e/ou Sr entre 50-650 ppm, o Sr é coletado e se utiliza o teor de Rb, com desvio padrão em torno de 2%. Para o cálculo dos teores de Sm e Nd das amostras utiliza-se diluição isotópica com traçador misto ^{150}Nd - ^{149}Sm . Esta técnica consiste na determinação da concentração de um elemento a partir da mistura da amostra mais um traçador (*spike*), cuja concentração e composição isotópica são perfeitamente conhecidas. A descrição segue a continuação:

Pesagem de rochas + traçadores, pesos são calculados segundo os teores de Rb e Sr predeterminados, sulfetos + traçadores pesam-se 500mg.

A digestão de rochas + traçadores se faz com $\text{HF}+\text{HNO}_3$ 3:1.

sulfetos + traçadores usa-se $\text{HCl}-\text{HNO}_3$ na proporção 3:1

Para conversão da amostra adiciona-se HCl 6N que elimina os resíduos.

Refluxo da resina + amostra em meio HCl 2,62N usando uma trompa de vácuo

Para a separação do Rb e Sr usa-se colunas de vidro *pyrex* com resina de troca catiônica AG 50W-X8 (200-400 *mesh*).

Lavagem sucessiva da resina usando HCl 2,6N, até a fração em que o elemento desejado é liberado da resina.

Coleta dos concentrados de Rb e Sr, Sm, Nd, e ETR adicionam-se 200 μl de HNO_3 .

Evaporação dos concentrados com ETR adiciona-se HCl 0,26N

A extração do Sm e Nd é feita em coluna com resina LN.

E finalmente se faz a eluição do Sm e do Nd em meio HCl 0,26 e 0,5 N, respectivamente.

O Rb e o Sr são analisados no espectrômetro de massa multi-coletor Micromass VG 354, quando depositados no filamento de Ta, junto com a 2 μl de H_3PO_4 . En tanto, que o Sm e o Nd são depositados em filamentos diferentes de Ta e Re, respectivamente e analisados por separado, o Sm no espectrômetro de massa VG-354, e o Nd no espectrômetro de massa Finnigan 262-multicoletor.

As medidas das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ normalizaram-se para valores de $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$ e a reprodutibilidade é controlada pelo padrão internacional NBS 987 com valor médio de $0,71028 \pm 0,00006$ (2σ). Os controles das análises de Sm e Nd são feitos com leituras do padrão La Jolla com valores de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,511849 \pm 0,000025$ (1σ) e BCR-1 com $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512662 \pm 0,00005$ (2σ). As idades modelos são calculadas com relação ao manto empobrecido (DM), segundo as equações apresentadas por DePaolo (1988) para o estágio simples.

O método K-Ar foi utilizado em amostras de Biotita, concentrada nos tamanhos 60 - 100 mesh. O procedimento analítico seguido no CPGeo é dividido em duas partes, extração de Ar e leitura do potássio:

Extração de Ar. Em sistema de ultra vácuo com pressão inferior a 10^{-7} mmHg.

A amostra é colocada em recipiente de molibdênio, inserida em uma garrafa de vidro de quartzo, levada até a fusão total em um forno de indução que pode atingir os 1200°C

Adição do spike de ^{39}Ar em quantidade conhecida

Purificação em forno de titânio e forno de cobre

Concentração de gases em linha de vácuo mediante carvão ativado

Resfriamento de gases usando nitrogênio líquido (-183°C).

A determinação das razões isotópicas de Ar no espectrômetro de massa Nuclide MS-1 com fonte tipo NIER. O potássio é analisado numa outra alíquota da mesma amostra a qual é previamente diluída, a concentração do potássio obtida é lida num espectrofotômetro de chama do tipo Micronal B-262 com padrão interno de lítio. O tratamento dos dados obtidos é feito com o software ISOPLOT3.7 de Ludwig (2008).

Resultados das análises de geoquímica isotópica/geocronologia obtidos até o momento são: 13 amostras de rocha total por Sm-Nd e Rb-Sr. Oito minerais de ganga (granada, biotita, plagioclásio, muscovita) por Sm-Nd e Rb-Sr. 11 minerais de minério e um lixiviado de cinco pontos por Pb-Pb. Três minerais de ganga por K-Ar (biotita), além de duas amostras de zircão por U-Pb (*SHRIMP*, *TIMS*).

O estudo de química mineral teve início na Universidade de São Paulo e complementado no departamento de Geociências da Universidade de Lisboa, os resultados das análises e os cálculos das fórmulas estruturais para os minerais são apresentados por extenso no anexo 1. Os cálculos geotermobarométricos baseados nas análises das composições químicas de minerais como granada, biotita, anfibólio, clorita, estauroлита, entre outros, propor-se determinar as condições de pressão e temperatura do pico metamórfico e a trajetória retrometamórfica sobre-imposta às rochas presentes na área de estudo. Para esses cálculos foram usadas varias calibrações experimentais e/ou empíricas além da aplicação de programas com bancos de dados termodinâmicos internamente consistentes como *THERMOCALC* e *TWO*, quando pertinente.

As medições microtermométricas, foram realizadas a partir da observação ótica de laminais bipolidas no Laboratório de Microtermometria de inclusões fluidas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, usando uma platina de aquecimento-resfriamento do tipo CHAIXMECA MTM-85 acoplada a um microscópio petrográfico. A precisão estimada é de 0,2°C para temperaturas de homogeneização do CO₂ e N₂, fusão do CO₂ e de clatatos. Para temperaturas de homogeneização total a precisão varia entre 2- 5°C. As medições semi-quantitativas Raman foram efetuados no Laboratório de espectroscopia Raman do Depto. de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal de Minas Gerais, usando um espectrômetro Raman LABRAM-HR 800 Horiba/Jobin Yvon equipado com microscópio confocal e laser He-Ne (20 mW) a temperatura ambiente. Os dados termométricos foram interpretados baseados nas equações de Thiéry *et al.* (1994 a, b), a composição, densidade, salinidade e isocoras calculadas com os programas *FLUIDS* (Bakker, 2003) e *CLATHRATES* (Bakker, 1997).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Serão descritas de maneira resumida as bases teóricas dos métodos isotópicos, microtermométricos e geotermobarométricos usados neste estudo:

MÉTODOS ISOTÓPICOS

Os átomos na natureza possuem estados de alta energia que tendem a se transformar em átomos com menor energia. Esse processo de decaimento radiativo de um elemento químico sugere a redução gradual da massa e da atividade do núcleo mediante processos de estabilização espontânea que modificam a relação prótons/nêutrons. Com a liberação de partículas alfa e beta e radiação gamma, formam-se átomos de um novo elemento estável ou radiogênico.

A lei do decaimento radioativo é uma função que descreve quantos núcleos radioativos existem numa amostra a partir do conhecimento do número inicial de núcleos radioativos e da taxa de decaimento ou constante de desintegração (λ), matematicamente expressada como:

$$dN/dt = -\lambda N$$

Integrando a expressão acima se obtém a lei do decaimento radioativo:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

inicial do isótopo radioativo no momento
de fechamento do sistema para o tempo
zero ($t = 0$).

Onde $N(t)$ é o número de átomos
radioativos no instante t ; N_0 = quantidade

Em geologia, o cálculo de idades de minerais e rochas é obtido mediante a Equação Fundamental da Geocronologia, fórmula baseada na lei de decaimento radioativo,

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$t = \left(\frac{1}{\lambda} \right) \ln \left(\frac{N_0}{N} \right)$$

Se $N_0 = N + F$, então:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[1 + \frac{F}{N} \right]$$

Onde: N = número de átomos do isótopo
radioativo (elemento-pai) medido hoje na
amostra; F = número de átomos do isótopo
radiogênico (elemento-filho) medido hoje
na amostra; t = tempo decorrido desde o
fechamento do sistema isotópico (idade do
sistema); λ = constante de desintegração do
elemento-pai.

O cálculo da idade de uma rocha ou mineral utilizando qualquer dos métodos geocronológicos (Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, K-Ar, Ar-Ar, e Re-Os), pressupõe que: i) sistema em equilíbrio isotópico inicial ($t=0$); ii) sistemas fechados e não modificados posteriormente, iii) a quantidade inicial do elemento radiogênico (F) seja zero ou conhecida, e iv) λ seja constante ao longo do tempo geológico.

As idades também podem ser obtidas através do cálculo de idades isocrônicas, onde os valores resultantes das análises isotópicas de amostras co-genéticas definem arranjos lineares que obedecem à equação da linha reta ($y = b + mx$):

$$F = F_0 + N(e^{\lambda t} - 1)$$

$$\text{Onde } m = e^{\lambda t} - 1 \text{ e } b = F_0$$

O melhor arranjo linear é definido por modelos de regressão linear, onde a medida da precisão dos dados, que corresponde ao valor médio do desvio padrão (*Mean Square Weighted Deviates*, MSWD), é ajustada a uma linha simples de pendente positiva.

As idades registradas por cada sistema isotópico têm relação com uma temperatura particular da história de resfriamento das rochas "temperatura de fechamento" (Dodson 1973). Estas temperaturas constituem marcadores temporais característicos dos estágios da evolução no espaço pressão-temperatura. Dessa forma, em cada sistema geocronológico, a temperatura de fechamento é variável, ela depende dos parâmetros intrínsecos à cinética difusiva (coeficiente de difusão, taxa de resfriamento, granulação efetiva) do sistema estudado, e também do modelo de difusão adotado (Dodson 1973, 1896, Lasaga et al. 1977, Giletti 1991, Spear 1991, Eiler et al. 1992, Jenkin et al. 1995). Assim, a metodologia isotópica assume implicitamente que as idades obtidas, refletem temperaturas características, abaixo das quais a cinética do processo difusivo deixa de ser eficiente e, conseqüentemente, o decaimento radioativo passa a evoluir como um sistema fechado.

Geocronologia U-Th-Pb

O decaimento radioativo do U e Th para isótopos estáveis de Pb é a base para vários métodos de datação amplamente utilizados (U-Pb, Pb-Pb, Th-Pb), devido a que são dos mais precisos e exatos geocronômetros conhecidos na determinação das idades de rochas terrestres e extraterrestres (Faure & Mensing, 2005).

O comportamento isotópico dos sistemas U-Pb e Pb-Pb estão baseados na presença de dois isótopos radioativos do U, ^{235}U e ^{238}U que se desintegram finalmente para ^{207}Pb e ^{206}Pb respectivamente, e de um terceiro, produto do decaimento radioativo do ^{232}Th , o ^{208}Pb . Como esses isótopos encontram-se sempre associados, é possível usar de maneira conjunta três cronômetros diferentes ($^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) que permitem o cálculo da idade e interpretar se o sistema isotópico se manteve aberto ou fechado. O ^{204}Pb é considerado não radiogênico ou estável, devido a que o Pb inicial presente no retículo cristalino de um mineral é incorporado à estrutura do cristal no momento da cristalização e portanto, pode-se considerar que o Pb presente num grão de zircão é inteiramente radiogênico (Mortensen & Tosdal, 1998).

Devido ao comportamento geoquímico destes elementos, e a sua mobilidade na fase líquida dos processos de fusão das rochas, o U e o Th se concentram nos produtos ricos em

silica, assim as rochas graníticas da crosta continental são enriquecidas em U e Th quando comparadas com rochas básicas e ultrabásicas, resultando em uma baixa razão U/Pb para o manto. A crosta inferior apresenta alta razão U/Th, devido à fuga de água durante os processos metamórficos de alto grau. O Pb é solúvel, em moderadas a altas temperaturas em ambientes metamórficos, hidrotermais e magmáticos, em tanto que a baixas temperaturas é geralmente insolúvel ou gera complexos com a matéria orgânica. As diferenças no comportamento geoquímico destes elementos permitem definir razões U/Pb e Th/Pb, características para cada um dos reservatórios terrestres. A razão $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ é amplamente utilizada como parâmetro petrogenético (μ) na determinação do ambiente geoquímico que prevalecia durante a formação do mineral analisado.

Método U-Pb

O sistema U-Pb é amplamente utilizado como um dos métodos de datação mais adequado e eficaz na obtenção de idades precisas de cristalização de rochas vulcânicas félsicas e intrusões máficas a félsicas, em particular, aquelas que têm sido metamorfisadas ou alteradas hidrotermalmente. Este método é aplicado principalmente em minerais acessórios como zircão, monazita, baddeleyita e titanita, devido a: 1) as concentrações de U e Th, representam o maior constituinte, 2) altas temperaturas de bloqueio de cada um deles e 3) baixas concentrações de Pb comum.

A determinação das concentrações de U, Th e Pb no mineral são obtidas mediante técnicas analíticas adequadas. A composição isotópica do Pb e U é determinada em um espectrômetro de massa; esses dados isotópicos são utilizados no cálculo das idades radiométricas mediante a equação fundamental da geocronologia, que fornece duas idades radiométricas para um mesmo par de elementos de um único material:

$$t = \frac{1}{\lambda_1} \ln \left[1 + \frac{\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_t - \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_i}{\frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}}} \right]$$

$$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right) = \frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} * (e^{\lambda_2 t} - 1)$$

$$^{238}\text{U}: \lambda_1 = 1,55125 * 10^{-10} \text{ anos}^{-1} \quad t_{1/2} = 4,468 * 10^9 \text{ anos.}$$

$$^{235}\text{U}: \lambda_2 = 9,8485 * 10^{-10} \text{ anos}^{-1} \quad t_{1/2} = 0,7038 * 10^9 \text{ anos}$$

$$\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right) = \frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} * (e^{\lambda_1 t} - 1)$$

^{204}Pb é o chumbo comum do material analisado. O valor i refere-se ao tempo inicial ($t=0$), o valor t refere-se hoje

Os dados obtidos das análises podem ser apresentados e interpretados de duas formas diferentes, pelo método de isócronas e pelo método da Concórdia. No método isocrônico, cada decaimento

radioativo é avaliado separadamente como uma relação simples de elemento radioativo-elemento radiogênico (^{238}U vs ^{206}Pb , ^{235}U vs ^{207}Pb , e ^{232}Th vs ^{208}Pb). A menor dispersão dos pontos, geralmente, forma uma linha reta, cuja pendente indica a idade da amostra analisada. A idade é concordante só em amostras com sistemas fechados e com a mesma razão isotópica inicial de Pb. O sistema de decaimento comumente usado é ^{238}U vs ^{206}Pb devido à grande quantidade de ^{238}U nos ambientes geológicos ($^{238}\text{U}/^{235}\text{U}=137,88$).

O método da Concórdia, amplamente usado para interpretar os dados U-Pb é baseado nos trabalhos do conceito de Curva Concórdia de Wetherill (1956), a qual representa o lugar geométrico dos pontos com idades concordantes obtidas mediante os cronômetros $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. A gráfica é construída desenvolvendo as seguintes equações que dependem do tempo (t).

$$\left(\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}\right) = (e^{\lambda t} - 1) \quad \text{e} \quad \left(\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}\right) = (e^{\lambda t} - 1) \quad * \text{ isótopo radiogênico}$$

Os dados analíticos discordantes, que não se situam sobre a curva Concórdia, podem ser relativos a amostras que tiveram perda ou ganho de Pb devido a eventos geológicos posteriores. A linha que une esses pontos é denominada "Discórdia" e os interceptos (superior e inferior) desta linha com a curva Concórdia são interpretados, respectivamente, como a idade de cristalização do mineral e a idade estimada do evento geológico que ocasionou a perda episódica do chumbo.

O diagrama Concórdia Tera & Wasserburg (1972), é outro tipo de representação da curva Concórdia que não requer do conhecimento da razão inicial $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Neste modelo a razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ é medida diretamente, e as idades não têm correção do ^{204}Pb , pelo qual este modelo é utilizado para datar rochas fanerozóicas. A curva Concórdia é construída resolvendo as equações matemáticas para os parâmetros X e Y da equação da reta, respectivamente:

$$\left(\frac{^{238}\text{U}}{^{206}\text{Pb}^*}\right) = \left(\frac{1}{e^{\lambda t} - 1}\right) \quad \text{e} \quad \left(\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{206}\text{Pb}^*}\right) = \left(\frac{1}{137,88}\right) \left(\frac{e^{\lambda t} - 1}{e^{\lambda t} - 1}\right) \quad * \text{ isótopo radiogênico}$$

MÉTODO Pb-Pb

O sistema Pb-Pb, ou Pb comum é amplamente usado em pesquisas sobre gênese de depósitos minerais, embora seja utilizado como um método para datação, o método oferece informação acerca da origem do Pb contido nas rochas ou minerais do depósito estudado.

A idade isocrônica Pb-Pb pode ser adquirida através de um conjunto de rochas ou minerais cogenéticos cujas composições isotópicas se alinham em uma reta no diagrama

$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Para que exista alinhamento dos pontos, as amostras analisadas deveram ter a mesma razão inicial de Pb, diferentes razões de U/Pb e seu sistema deve ter-se mantido fechado para U e Pb desde a época da última homogeneização isotópica, assim a idade encontrada é a mesma idade da formação da rocha ou do metamorfismo, responsável pela homogeneização isotópica do Pb. O cálculo de idades se faz através da equação:

$$\left(\frac{\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} - b_0}{\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} - a_0} = \frac{1}{137,88} \left(\frac{e^{\lambda_2 T} - 1}{e^{\lambda_1 T} - 1} \right) \right)$$

$$^{238}\text{U}: \lambda_1 = 1,55125 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1},$$

$$^{235}\text{U}: \lambda_2 = 9,8485 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1},$$

$$T = 4,55 \times 10^9 \text{ anos},$$

T = tempo desde que o Pb foi removido da sua fonte

$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ = razões isotópicas do Pb no tempo t , a_0 , b_0 = razões isotópicas do Pb primitivo da Terra há 4,55 Ga.
 $^{238}\text{U}/^{235}\text{U} = 1/137,88$.

A idade isocrônica pode também ser obtida por meio da técnica de lixiviação de Pb (Frei & Kamber, 1995), onde é feita uma extração gradual do Pb, o que permite a maximização do espalhamento das composições isotópicas de Pb em um diagrama isocrônico.

A composição isotópica do Pb nos reservatórios terrestres é a soma do Pb radiogênico (desintegração de U e Th) e de Pb comum primordial, misturados durante a formação da terra (Nier *et al.*, 1941). Assim minerais ricos em Pb e pobres em U e Th, como a galena, registram a composição isotópica da fonte do qual o Pb foi removido, durante o tempo de cristalização do mineral na crosta continental ou no manto litosférico.

O método de datação de Pb comum proposto independentemente por Holmes (1946) e Houtermans (1946), conhecido como de estágio simples, assume que: i) a terra foi um fluido homogêneo, ii) U, Th e Pb foram distribuídos uniformemente, iii) a composição isotópica do Pb é a mesma em qualquer parte, iv) a razão U/Pb é modificada só pelo decaimento radiogênico do U para Pb. Este modelo foi aplicado por Patterson (1956), para determinar a idade de alguns meteoritos (cinco), assumindo que o Pb contido é primordial e que há permanecido quase constante desde o momento de sua cristalização durante a formação do sistema solar, por comparação entre a idade obtida de $4,55 \pm 0,07$ Ga. e a idade da terra, é assumido que os **corpos do sistema solar se formaram na mesma época. ACLARAR!!!**

A diferença de idades radiogênicas obtidas pelo método de estágio simples em relação com as obtidas por outros métodos tem mostrado que o Pb raramente tem uma evolução em estágio simples e não evoluiu constantemente desde a formação da terra como o postulado por

Holmes (1946) e Houtermans (1946). Atualmente as curvas mais usadas são as propostas por Stacey & Kramers (1975) e Cumming & Richards (1975).

Stacey & Kramers (1975) desenvolveriam o modelo de curva de crescimento crustal em duplo estágio, baseados no conceito de evolução do Pb em dois reservatórios com razões U/Pb e Th/Pb diferentes. O primeiro estágio inicia no manto num $t=4,57$ Ga, segundo as razões isotópicas de Pb primordial obtida a partir do meteorito *Canyon Diablo* e $\mu=7,2$. O segundo estágio iniciou-se há 3,7 Ga, com valor de $\mu=9,7$ após a principal diferenciação geoquímica da terra. Segundo esse modelo, a idade modelo Pb-Pb representa o tempo no qual uma fase mineral possui composição isotópica idêntica à do reservatório do qual o Pb foi extraído, satisfazendo a equação transcendental

Os dados de isótopos de Pb são tipicamente apresentados sobre os diagramas de co-variância toriogênica, que compara a razão $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e no diagrama uranogênico que correlaciona a razão $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, fornecendo informação importante sobre a história Th/U e U/Pb da amostra, segundo a distribuição dos pontos nos diagramas.

O modelo da Plumbotectônica idealizado por Doe & Zartman (1979) e modificado por Zartman & Doe (1981), utiliza as características distintivas de U/Pb e Th/U, das diferentes partes de uma terra em evolução, e sugere três reservatórios crustais idealizados para U, Th e Pb, além de um ambiente orogênico onde os componentes provenientes dos outros reservatórios, se misturam por processos de deformação crustal, magmatismo, sedimentação e/ou metamorfismo, a cada 400 Ma, na história da Terra. As curvas mostram como a composição isotópica do Pb evoluiu com o tempo, tornando-se mais radiogênica. Vários estudos isotópicos de Pb aplicados a depósitos minerais e magmatismo, discutem os dados isotópicos de Pb em referência com este modelo de reservatório.

Método Sm–Nd

Sm e Nd são elementos das terras raras (ETR) com comportamentos geoquímicos semelhantes, o que possibilita que em um sistema de rocha total, a razão Sm/Nd não seja modificada significativamente em processos posteriores como hidrotermalismo ou intemperização (Faure, 1986; De Paolo, 1988).

O ^{147}Sm é um isótopo radioativo que se transforma no isótopo radiogênico ^{143}Nd , desde a formação da terra, a evolução isotópica do ^{143}Nd está condicionada fundamentalmente pelo decaimento radioativo do ^{147}Sm , com uma constante de desintegração $\lambda_{\text{Sm}} = 6,54 \times 10^{-12} \text{ anos}^{-1}$ e uma meia vida de $1,06 \times 10^{11} \text{ Ma}$, a evolução do ^{147}Sm é descrita em termos do reservatório CHUR (*Chondritic uniform reservoir*, DePaolo & Wasserburg 1976). Esse modelo assume que o Nd evoluiu a partir de um reservatório, cuja razão Sm/Nd é igual à razão Sm/Nd dos

meteoritos condriticos. Ao comparar a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ da amostra com a razão do CHUR é obtido o indicador petrogenético *epsilon* de Nd (ϵNd). Este parâmetro normalmente é determinado para a idade da formação da rocha e permite identificar se o Nd é proveniente de fontes "empobrecidas ou enriquecidas" na razão Sm/Nd. O Sm fica concentrado preferentemente no manto e, portanto, a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ aumenta no manto em relação à crosta. De modo contrário, os processos de caráter crustal (fusão parcial, metamorfismo, diagêneses) não modificam significativamente as razões Sm/Nd.

DePaolo (1981) apresentou o modelo de formação da crosta (T_{DM}) calculada com base na idade modelo dois estágios, onde o primeiro estágio é a evolução a partir de um reservatório progressivamente empobrecido no tempo e o segundo estágio é a evolução da crosta continental.

A regressão das razões isotópicas atuais da rocha até interceptar a curva isotópica de Nd para o manto empobrecido (DM), estabelece a idade modelo Sm-Nd T_{DM} as que indicam a idade do processo de diferenciação manto-crosta oceânica (DePaolo 1988 e 1991, Sato *et al.* 1995). Segundo Arndt & Goldstein (1987), McLennan *et al.* (1993) se a evolução da rocha está relacionada à mistura de diferentes fontes ou com a fusão de rochas de origem crustal mais antigas, a idade modelo obtida é considerada como o tempo de residência crustal e representa a média das idades das diferentes fontes envolvidas que alimentaram a bacia sedimentar original.

O ϵNd é o indicador petrogenético, obtido da comparação entre a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ da amostra para a época de sua formação com a razão de um reservatório condritico uniforme padrão (CHUR) (Faure 1986). Este parâmetro permite diferenciar a derivação de uma fonte mantélica ou crustal, sendo que material juvenil é sugerido por valores positivos ou levemente negativos de ϵNd , e material retrabalhado (de origem sedimentar ou anatético) por valores altamente negativos de ϵNd .

A idade isocrônica Sm-Nd é obtida a partir de um conjunto de amostras cogenéticas, cujas composições isotópicas são lançadas no diagrama $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$. O alinhamento dos pontos define uma reta. O significado da idade isocrônica em rocha total é interpretado como a idade da cristalização das rochas ígneas ou a idade de metamorfismo, caso sejam datados minerais de uma mesma assembléia metamórfica. A interpretação geológica de uma isócrona de dois pontos (rocha total-mineral) requer que a rocha total represente um sistema fechado, e que tenha sido o último reservatório no qual o mineral se equilibrou (Mezger *et al.* 1992).

Em rochas com alteração hidrotermal, as razões isotópicas Sm/Nd são mais elevadas e variáveis, sendo possível obter a idade de formação da mineralização à que estão associados os

fluidos hidrotermais (Sato *et al.*, 1995). Em minerais cogenéticos a idade pode ser interpretada como a idade de cristalização magmática para minerais ígneos ou se os minerais analisados forem neo-formados a idade será relativa ao episódio responsável pela neo-formação desses minerais.

Método Rb – Sr

O sistema Rb-Sr se baseia na desintegração do isótopo radioativo ^{87}Rb para o isótopo radiogênico ^{87}Sr , através da emissão de partículas β^- , γ e liberação de energia (Dickin 1995). A desintegração lenta e constante do ^{87}Rb ($\lambda = 1,42 \times 10^{-11}$ anos $^{-1}$) durante o tempo geológico possibilita que a avaliação das composições isotópicas de Rb e Sr permitam calcular a idade do evento geológico e obter a natureza de sua fonte através da razão isotópica inicial do sistema.

Este par de elementos tem comportamento geoquímico diferente, o Sr é relativamente imóvel em condições hidrotermais, enquanto que o Rb é mais móvel, e dessa forma apresentam certo fracionamento nos processos de diferenciação manto-crosta. Durante a cristalização de magmas, o Sr se concentra no plagioclásio, enquanto, ao passo que o Rb permanece na fase líquida; conseqüentemente, a razão Rb/Sr do magma residual aumenta gradualmente durante os processos progressivos de cristalização. Assim, quanto mais diferenciado é o material, maior é a razão Rb/Sr (Faure 1986).

Pela ampla distribuição do Rb e o Sr em muitos minerais o método Rb-Sr pode ser usado em ampla variedade de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Em amostras de rocha total, o cálculo da idade modelo Rb-Sr é efetuado com uma amostra, onde o valor da razão isotópica inicial é convencionalmente estimado em torno de 0,705 que corresponde à razão inicial média das rochas ígneas pré-cambrianas. A idade isocrônica é obtida a partir de um conjunto de amostras de rocha e/ou minerais cogenéticos onde o alinhamento dos pontos define uma isócrona, cujo coeficiente angular é proporcional à idade e o intercepto desta reta com a ordenada indica a razão isotópica inicial do sistema, conforme a equação:

$$\tau = \frac{1}{\lambda_{\text{Rb}}} \ln \left(1 + \frac{\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}} - \left(\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}} \right)_0}{\frac{{}^{87}\text{Rb}}{{}^{86}\text{Sr}}}} \right)$$

Onde: $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ é a razão isotópica inicial; $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})$ é a razão isotópica medida; $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})$ é a razão isotópica medida no espectrômetro.

A interpretação da idade Rb-Sr depende do comportamento do ^{87}Sr no retículo cristalino do mineral em que foi formado, como o Sr tem menor raio iônico que o Rb, sua mobilidade é maior durante um pulso termal (Cordani *et al.* 1980, Ruiz *et al.* 1984), de modo que ao atingir a temperatura de bloqueio, o mineral retém ^{87}Sr , e a idade calculada em minerais é então uma idade de resfriamento. Se o sistema foi danificado por um evento térmico posterior à formação da rocha, e este afetasse a

temperatura de bloqueio dos minerais, o ^{87}Sr movimenta-se para minerais empobrecidos em Rb até que ocorra uma rehomogeneização isotópica e a idade refletiria a idade do evento térmico.

A relação Rb/Sr aumenta à medida que ocorrem os processos de cristalização e fusão parcial envolvidos na diferenciação manto-crosta os quais favorecem o enriquecimento de Rb nas rochas da crosta e o empobrecimento de este elemento no manto. Assim, a ponderação das composições isotópicas do $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no tempo geológico permite inferir a fonte do fluido formador da rocha como sendo originado no manto ou crosta inferior se a razão inicial (Ri) está aproximadamente no intervalo 0,702-0,706; ou na crosta continental superior se a razão inicial (Ri) é maior que 0,706.

Em rochas com alteração hidrotermal, se os fluidos mineralizantes que interagem com as rochas encaixantes gerarem a redistribuição e re-equilíbrio do sistema isotópico Rb-Sr com respeito aos minerais da rocha hidrotermalizada, torna-se possível determinar a idade do evento hidrotermal. A alteração permite a re-homogeneização isotópica, enquanto que a ausência de Rb na estrutura de alguns minerais permite a determinação da razão inicial de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no sistema isotópico. No caso de não se ter a homogeneização isotópica do sistema Rb-Sr durante o evento hidrotermal ou ocorrer atuação de eventos pós-mineralização que puderam abrir o sistema Rb-Sr, os resultados podem produzir retas de misturas cujas inclinações refletem idades sem significado geológico.

Método K - Ar

A interpretação das idades obtidas pelo método K-Ar é baseada na temperatura de fechamento térmico dos minerais e na difusão do Ar no interior do sistema cristalino (fechado). Estes princípios são descritos em detalhe por Faure (1986), Dickin (1995), McDougall & Harrison (1999). O metal alcalino potássio está presente em grande quantidade de minerais. Compõe-se de três isótopos, do qual o ^{40}K é radioativo, e sua abundância é de 0,01167 em relação aos outros dois isótopos. O ^{40}K decai em ^{40}Ca e ^{40}Ar . O valor total (produto de dois processos de decaimento) da constante de decaimento do ^{40}K é $\lambda = 5,543 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1}$.

Na interpretação dos dados K-Ar utiliza-se o conceito de temperatura de fechamento que representa o momento em que a velocidade de difusão do argônio no sistema torna-se praticamente nula. As temperaturas de fechamento do anfíbio de $450 \pm 50^\circ\text{C}$, biotita $300 \pm 50^\circ\text{C}$ e muscovita $350-400^\circ\text{C}$, entre outros minerais, não são valores absolutos, a deformação, presença de fluidos, variações de composição nas fases minerais, tamanho da amostra, e as taxas de resfriamento podem modificar significativamente esses valores (Dahl 1996, Villa 1997). A muscovita, particularmente em condições de baixo grau de metamorfismo na zona da diagênese pode apresentar temperaturas de fechamento

variáveis. Valores sugeridos de 100°C até 140°C para a zona de diagênese, para a anquizona (150-250°C), e de 260±30°C para rochas no limite entre a fácies xisto verde e a fácies sub-xisto verde, onde as rochas são formadas a temperaturas de 250° a 350°C (Hunziker 1979, Elliot *et al.* 1991).

A interpretação de idades dentro do contexto metamórfico está limitada pela relação entre as condições de metamorfismo (principalmente temperatura) e a temperatura de fechamento do sistema cristalino. No caso das análises de rocha total, considera-se que o gás liberado está relacionado diretamente com a fase potássica, tendo como possíveis inconvenientes, o intererescimento de minerais com diferentes temperaturas de fechamento ou em rochas de baixo grau metamórfico, a preservação de heranças detriticas como ocorre nos feldspatos (Dallmayer & Takasu 1992, Clauer & Chauduri 1995).

REFERÊNCIAS

- Ardt N.T, Goldstein S, 1987. Use and abuse of crust formation ages. *Geology*, 15: 893-895.
- Basei *et al.* (1995).
- Cordani U.G, Kawashita K, Mueller G, Quade H, Reimer V, Roeser H, 1980. Interpretação tectônica e petrológica de dados geocronológicos do embasamento no borde sudeste do Quadrilátero Ferrífero/MG. *An. Academia. Brasileira de Ciências*, 52 (4): 785-799.
- Cumming G.L, Richards J.R, 1975. Ore lead isotope ratios in a continuously changing earth. *Earth and Planetary. Science Letters*, 28: 155-171.
- Dallmeyer R.D, Takasu A, 1992. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of detrital muscovite and whole-rock slate/phyllite, Narragansett Basin, RI-MA, USA: implications for rejuvenation during very low-grade metamorphism *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110 (4): 515 – 527.
- DePaolo D.J, 1988. Age dependence of the composition of continental crust: evidence from Nd isotopic variations in granitic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 90: 263-271.
- Dickin A. P, 1995. *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge University Press. 490p.
- Dodson M.H., 1973. Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems. *Contribution of mineralogical and petrology*, v. 40:259-274.
- Dodson M.H., 1986. Closure profiles in cooling systems. *Matériaux Sciences, Forum*, v.7:145-154.
- Doe B.R, Zartman R.R, 1979. Plumbotectonics I, the Phanerozoic. In: H.L. Barnes. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2ed. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Droop, G.T.R 1987. A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses using stoichiometric criteria. *Mineralogy Magazine* 51, 361: 431-435.
- Eiler J.M., Baumgartner L.p., Valley J.W., 1992. Inter-crystalline stable isotope diffusion: a fast grain boundary model. *Contribution to mineralogy and petrology*, v. 112: 543-557.
- Einsele G, 1992. *Sedimentary Basins: evolution, facies and sediment budget*. Springer-Verlag, Berlin.
- Faure G, 1986. *Principles of Isotope geology*. John Wiley & Sons. 589p.
- Faure G, Mensing T.M, 2005. *Isotopes. Principles and Applications*. 3ed. New York, John Wiley & Sons, 896p.
- Giletti B.J., 1991. Rb and Sr diffusion in alkali feldspars with implications for cooling histories of rocks. *Geochemical et Cosmochemical Acta*, v. 55: 1331-1343.
- Holmes A, 1946. An estimate of the age of the earth. *Nature*, 157:680-684.

- Houtermans F.G, 1946. Die isotonenhäufigkeiten im natürlichen Blei und das Alter des Urans. *Naturwissenschaften*, 33:185-186, 291.
- Hunziker JC, 1979. Potassium-Argon dating. In: Jäger E, Hunziker JC, (eds), *Lectures in isotope*
- Ireland T., Williams, S., 2003. Considerations in Zircon Geochronology by SIMS. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53 (1): 215-241.
- Jenkin GRT., Rogers G., Fallick AE., Farrow, CM., 1995. Rb-Sr closure temperatures in bi-mineralic rocks: a mode effect and test for different diffusion models. *Chemical Geology (Isotope Geoscience)*, v.122: 227-240.
- Kawashita K, 1972. O método Rb/Sr em rochas sedimentares. Aplicação para as bacias do Paraná e Amazonas. Tese de Doutorado. IG/USP. 111p.
- Lasaga AC., Richardson, SM., Holland HD., 1977. the mathematics of cation diffusion and exchange between silicate minerals during retrograde metamorphism. In: Saxena, S.K. (ed) *energetics of geological processes*, Springer-Verlag, Berlin, 353-388.
- Ludwig K, 2008. ISOPLOT v. 3.7. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel: Special publication No. 4. Berkley Geochronological Research Center.
- McDougall I, Harrison T.M, 1999. *Geochronology and thermochronology by the Ar/Ar method*. Oxford University Press. 269p.
- McLennan S.M, Hemming S, McDaniel D.K, Hanson G.N, 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. In: Johnsson, M. J., Basu, A., Ed., *Processes Controlling Composition of Clastic Sediments*. Geological Society of America Special Paper, 284: 21-40.
- Mezger K, Krogstad E.J, 1997. Interpretation of discordant U-Pb zircon ages: An Evaluation. *Journal of Metamorphic Geology*, 17: 127-140.
- Munhá J., Tassinari, C.C. 1999. Modelos de difusão em termocronologia metamórfica I: Filosofia e Métodos. *Revista Brasileira de Geociências*. V.29(4):599-602
- Nacht Nier A.O, Thompson R.W, Murphey B.F, 1941. The isotopic constitution of lead and the measurement of geologic time. III *Physiscs Reviews*, 60:112-116.
- Ruiz J, Jones L.M, Kelly W.C, 1984. Rubidium- strontium dating of ore deposits hosted by Rb-rich rocks, using calcite and other common Sr-bearing minerals. *Geology*, 12: 259-262.
- Rutherford E, Soddy F, 1902. The cause and nature of radioactivity, Part I. *Philos Mag.*, 4 (ser. 6): 370-396.

- Sato K, Tassinari C, Kawashita K, Petronilho L, 1995. O método geocronológico Sm-Nd no IGc/USP e suas Aplicações. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 67: 313-335.
- Spear F.S., 1991. On the interpretation of peak metamorphic temperatures in the light of garnet diffusion during cooling. *Journal of metamorphic geology*. V. 9:379-388.
- Steiger, R.H., Jaeger, E., 1977. Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constant in geo- and cosmochemistry. *Earth and Planetary Science Letters* vol.36:359 - 362
- Stern R.A., 1998. High Resolution SIMS determination of radiogenic trace-isotope ratios in minerals. In Cabri L.J, Vaughan D.J (eds): modern approaches to ore and environmental mineralogy. Mineralogical Association of Canada Short Course Series, 27: 241-268.
- Tassinari, C.C.G., Mellito, K., Babinski, M., 2003. Ege and origins of the Cu (Au-Mo-Ag) Salobo 3A ore deposit, Carajas Mineral Province, Amazonian Craton, Northern Brazil. *Episodes, China* 26 (1): 2-9
- Tera F, Wasserburg G.J., 1972. U-Th-Pb systematics in three Apollo 14 basalts and the problem of initial Pb in lunar rocks. *Earth Planetary Science Letters*, 14: 281-304.
- Thompson AB., 1976. Mineral reactions in pelitic rocks. II. Calculation of some P-T-X(Fe-Mg) phase relations. *American Journal Science* Vol. 276:425-454.
- Thorpe, R.L.; Cummings, G.L.; Krstic, D. 1984. Lead isotope evidence regarding the age of gold deposits in the Nova Lima District, Minas Gerais. *Rev. Bras. Geoc.*, 14(3): 147-152.
- Vavra G., 1990. On the kinematics of zircon growth and its petrogenetic significance: A cathodoluminescence study. *Contribution mineralogical petrology*, 106: 90-99.
- Wetherhill G.W., 1956. Discordant uranium-lead ages. *Transaction American Geophysical Union*, 37: 320-326.
- Williams I., 1998. U-Th-Pb Geochronology by Ion microprobe. In: McKibben M.A, Shanks III W.C, Ridley W.I. Applications of microanalytical technique to understanding mineralizing processes. *Economic Geology*, 7: 1-35.
- Zartman, R.E., Doe B.R., 1981. Plumbotectonics – the model. *Tectonophysics*, 75: 135-162.

ANEXO B. Dados Analíticos de Química Mineral

Neste anexo se apresentam os resultados analíticos de química mineral do estudo realizado no depósito de Ouro Turmalina. Nas grutas se fizeram 939 pontos analíticos distribuídos em perfis em 49 cristais de grutas selecionados em 10 filonas escolhidas de dois freios de sondagem OT80 e o T37, ver tabela a continuação:

T37-235 7-GR1

Pomos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
1	37.576	0.024	21.236	33.017	2.394	2.588	2.963	0.226	100.024	6.036	0.003	4.020	4.435	0.326	0.620	0.510	15.950	75.292	10.522	8.657	5.529
2	37.814	0.013	21.083	33.152	2.282	2.628	3.025	0.209	100.206	6.061	0.002	3.983	4.443	0.310	0.628	0.519	15.946	75.304	10.643	8.803	5.250
3	36.999	0.028	21.115	32.963	2.204	2.636	3.155	0.211	99.311	5.996	0.003	4.032	4.467	0.302	0.637	0.548	15.985	75.023	10.696	9.200	5.081
4	37.365	0.062	21.191	33.013	2.193	2.610	3.089	0.215	99.738	6.021	0.008	4.024	4.448	0.299	0.627	0.533	15.960	75.295	10.613	9.026	5.066
5	37.609	0.040	20.892	32.816	2.103	2.612	3.205	0.230	99.507	6.068	0.005	3.972	4.427	0.287	0.628	0.554	15.941	75.078	10.654	9.395	4.873
6	37.738	0.044	21.032	33.021	2.092	2.674	3.080	0.177	99.858	6.063	0.005	3.982	4.436	0.285	0.640	0.530	15.941	75.299	10.871	8.998	4.832
7	37.471	0.056	21.201	33.116	1.989	2.707	3.069	0.192	99.801	6.027	0.007	4.019	4.454	0.271	0.649	0.529	15.956	75.454	10.997	8.959	4.590
8	37.246	0.075	21.226	33.050	1.997	2.706	3.128	0.202	99.630	6.006	0.009	4.034	4.456	0.273	0.650	0.540	15.968	75.277	10.989	9.128	4.607
9	37.137	0.069	20.986	33.023	1.930	2.730	3.309	0.189	99.373	6.008	0.008	4.001	4.468	0.264	0.658	0.574	15.982	74.908	11.041	9.617	4.434
10	37.678	0.048	21.184	32.884	1.700	2.692	3.642	0.086	99.914	6.039	0.006	4.002	4.408	0.231	0.643	0.625	15.954	74.615	10.890	10.588	3.907
11	37.653	0.062	21.112	33.187	1.574	2.627	3.650	0.097	99.962	6.039	0.007	3.991	4.451	0.214	0.628	0.627	15.958	75.184	10.611	10.594	3.612
12	37.674	0.051	20.793	32.483	1.620	2.508	4.137	0.106	99.372	6.073	0.006	3.950	4.378	0.221	0.603	0.714	15.946	74.001	10.187	12.075	3.738
13	37.809	0.062	21.029	32.443	1.659	2.502	4.066	0.110	99.680	6.069	0.007	3.978	4.355	0.226	0.599	0.699	15.934	74.082	10.186	11.895	3.837
14	38.019	0.068	21.167	31.935	1.686	2.399	4.677	0.100	100.051	6.072	0.008	3.984	4.265	0.228	0.571	0.800	15.928	72.725	9.740	13.646	3.889
15	37.954	0.088	20.971	31.739	1.779	2.356	4.651	0.102	99.640	6.087	0.011	3.963	4.256	0.242	0.563	0.799	15.921	72.629	9.612	13.636	4.123
16	37.481	0.067	21.151	32.781	1.826	2.361	3.930	0.066	99.663	6.032	0.008	4.011	4.411	0.249	0.566	0.678	15.955	74.715	9.594	11.476	4.215
17	37.986	0.079	21.089	31.966	1.727	2.181	4.723	0.094	99.845	6.083	0.010	3.980	4.280	0.234	0.521	0.810	15.918	73.225	8.907	13.861	4.007
18	37.426	0.054	21.114	32.534	1.789	2.096	4.476	0.118	99.607	6.033	0.007	4.011	4.385	0.244	0.504	0.773	15.956	74.249	8.528	13.088	4.135
19	37.807	0.060	20.991	32.407	1.793	2.048	4.637	0.069	99.812	6.071	0.007	3.973	4.352	0.244	0.490	0.798	15.935	73.963	8.333	13.559	4.145
20	37.783	0.064	21.118	33.002	1.889	2.009	4.153	0.060	100.078	6.060	0.008	3.992	4.426	0.257	0.480	0.714	15.936	75.316	8.174	12.143	4.366
22	37.311	0.069	21.007	33.010	2.065	1.970	4.017	0.039	99.488	6.032	0.008	4.002	4.462	0.283	0.475	0.696	15.958	75.434	8.026	11.761	4.779
23	37.605	0.041	21.208	33.135	2.081	1.971	4.001	0.029	100.071	6.039	0.005	4.014	4.449	0.283	0.472	0.688	15.950	75.508	8.008	11.681	4.803
24	37.166	0.045	20.961	32.942	2.032	1.955	4.057	0.017	99.175	6.028	0.005	4.006	4.467	0.279	0.473	0.705	15.964	75.411	7.979	11.899	4.711
25	37.074	0.056	21.130	33.408	2.116	1.929	3.762	0.028	99.503	6.003	0.007	4.032	4.523	0.290	0.466	0.653	15.974	76.256	7.850	11.002	4.892
26	37.654	0.063	21.093	33.413	2.078	1.838	4.151	0.017	100.307	6.042	0.008	3.989	4.483	0.282	0.440	0.714	15.956	75.744	7.429	12.056	4.771
27	37.235	0.054	20.787	33.525	2.178	1.832	4.046	0.035	99.692	6.028	0.007	3.966	4.539	0.299	0.442	0.702	15.982	75.881	7.393	11.733	4.993
28	37.117	0.052	21.104	33.229	2.045	1.880	4.075	0.019	99.521	6.007	0.006	4.025	4.497	0.280	0.454	0.706	15.975	75.739	7.640	11.900	4.721
29	37.422	0.056	21.033	33.260	2.111	1.832	4.220	0.060	99.994	6.029	0.007	3.994	4.481	0.288	0.440	0.728	15.967	75.469	7.411	12.268	4.851
30	37.757	0.041	21.038	33.189	2.044	2.005	4.175	0.053	100.302	6.053	0.005	3.975	4.449	0.278	0.479	0.717	15.955	75.117	8.091	12.107	4.686
31	38.298	0.049	21.026	32.859	2.013	1.967	4.566	0.068	100.846	6.093	0.006	3.942	4.572	0.271	0.467	0.778	15.929	74.250	7.924	13.219	4.607

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gr	Sp
32	37.169	0.038	20.925	33.032	1.995	2.001	4.219	0.045	99.424	6.019	0.005	3.994	4.473	0.274	0.483	0.732	15.979	75.029	8.103	12.278	4.590
34	37.918	0.059	20.996	32.873	1.932	2.083	4.329	0.048	100.238	6.071	0.007	3.961	4.401	0.262	0.497	0.743	15.942	74.559	8.423	12.580	4.438
35	38.127	0.040	20.973	32.972	1.917	2.122	4.248	0.049	100.448	6.088	0.005	3.947	4.403	0.259	0.505	0.727	15.934	74.700	8.571	12.330	4.399
36	42.631	0.003	19.696	31.668	1.770	2.087	3.563	0.000	101.418	6.601	0.000	3.594	4.100	0.232	0.482	0.591	15.601	75.858	8.913	10.935	4.294
37	37.380	0.112	21.153	32.985	1.896	2.226	4.072	0.034	99.858	6.013	0.014	4.010	4.437	0.258	0.534	0.702	15.968	74.811	9.001	11.832	4.355
38	37.072	0.164	20.960	33.087	1.849	2.205	4.095	0.042	99.474	5.997	0.020	3.996	4.476	0.253	0.532	0.710	15.984	74.963	8.907	11.887	4.243
39	37.517	0.058	21.043	32.867	1.827	2.243	4.173	0.076	99.804	6.036	0.007	3.990	4.422	0.249	0.538	0.719	15.962	74.591	9.076	12.134	4.200
40	37.562	0.075	21.044	32.284	1.777	2.296	4.592	0.089	99.719	6.039	0.009	3.987	4.340	0.242	0.550	0.791	15.958	73.272	9.291	13.353	4.085
41	37.284	0.074	21.032	32.853	1.850	2.320	4.036	0.013	99.462	6.018	0.009	4.001	4.434	0.253	0.558	0.698	15.972	74.608	9.393	11.743	4.255
42	36.487	0.085	21.096	32.257	1.782	2.241	5.000	0.047	98.995	5.934	0.010	4.043	4.387	0.245	0.543	0.871	16.034	72.547	8.986	14.407	4.059
43	36.736	0.087	21.108	33.005	1.843	2.391	4.201	0.033	99.404	5.952	0.011	4.030	4.471	0.255	0.577	0.729	16.023	74.140	9.576	12.091	4.193
45	36.541	0.070	20.986	32.552	1.838	2.337	4.553	0.054	98.931	5.949	0.009	4.026	4.431	0.253	0.567	0.794	16.030	73.293	9.381	13.134	4.191
46	36.531	0.081	20.880	32.689	1.867	2.360	4.196	0.067	98.671	5.963	0.010	4.017	4.462	0.258	0.574	0.734	16.018	74.018	9.527	12.173	4.282
47	36.845	0.090	20.969	32.720	1.862	2.486	3.884	0.060	98.916	5.987	0.011	4.016	4.446	0.256	0.602	0.676	15.994	74.339	10.070	11.306	4.285
48	36.964	0.093	21.082	32.711	1.847	2.438	3.955	0.082	99.172	5.989	0.011	4.026	4.432	0.253	0.589	0.687	15.987	74.351	9.880	11.517	4.252
49	36.871	0.069	21.145	33.025	1.795	2.499	3.932	0.056	99.392	5.967	0.008	4.033	4.469	0.246	0.603	0.682	16.008	74.488	10.049	11.363	4.101
50	36.938	0.081	21.108	32.531	1.806	2.489	4.186	0.050	99.189	5.980	0.010	4.027	4.404	0.248	0.601	0.726	15.996	73.665	10.049	12.145	4.142
51	37.981	0.101	21.046	32.879	1.822	2.604	3.665	0.057	100.155	6.070	0.012	3.964	4.394	0.247	0.620	0.628	15.935	74.619	10.536	10.657	4.188
52	37.856	0.061	20.940	32.605	1.729	2.547	4.103	0.075	99.916	6.067	0.007	3.955	4.370	0.235	0.609	0.705	15.948	73.844	10.284	11.906	3.966
53	38.129	0.075	21.007	32.551	1.761	2.479	4.117	0.087	100.206	6.088	0.009	3.953	4.346	0.238	0.590	0.704	15.927	73.931	10.038	11.980	4.051
54	37.584	0.079	21.126	32.537	1.776	2.488	4.223	0.074	99.887	6.030	0.010	3.995	4.365	0.241	0.595	0.726	15.963	73.643	10.040	12.246	4.071
55	37.812	0.084	20.775	32.396	1.707	2.489	4.312	0.067	99.642	6.077	0.010	3.935	4.353	0.232	0.596	0.742	15.946	73.482	10.066	12.531	3.922
56	37.594	0.074	21.052	32.506	1.731	2.540	4.383	0.069	99.949	6.029	0.009	3.979	4.359	0.235	0.607	0.753	15.972	73.206	10.199	12.647	3.948
57	37.614	0.060	21.150	32.219	1.709	2.520	4.409	0.065	99.746	6.035	0.007	3.999	4.323	0.232	0.603	0.758	15.958	73.073	10.190	12.812	3.926
58	37.661	0.073	21.129	32.292	1.716	2.398	4.496	0.071	99.836	6.041	0.009	3.994	4.331	0.233	0.573	0.773	15.954	73.282	9.702	13.072	3.944
59	37.963	0.107	20.836	32.290	1.747	2.427	4.569	0.041	99.980	6.078	0.013	3.931	4.323	0.237	0.579	0.784	15.944	72.988	9.781	13.232	4.000
60	37.421	0.088	20.719	32.118	1.797	2.444	4.497	0.059	99.143	6.050	0.011	3.948	4.342	0.246	0.589	0.779	15.965	72.901	9.890	13.078	4.131
61	37.618	0.088	20.922	32.115	1.750	2.482	4.502	0.057	99.534	6.051	0.011	3.966	4.319	0.238	0.595	0.776	15.956	72.855	10.039	13.085	4.021
62	37.424	0.083	20.900	32.306	1.736	2.456	4.408	0.035	99.348	6.037	0.010	3.973	4.357	0.237	0.591	0.762	15.967	73.272	9.931	12.809	3.988
63	37.834	0.061	20.978	32.322	1.773	2.519	4.459	0.054	100.000	6.057	0.007	3.958	4.327	0.240	0.601	0.765	15.956	72.926	10.133	12.890	4.052
64	37.510	0.042	21.097	32.393	1.721	2.562	4.281	0.062	99.668	6.029	0.005	3.996	4.353	0.234	0.614	0.737	15.968	73.306	10.337	12.412	3.945
65	37.503	0.077	21.024	32.481	1.813	2.572	4.294	0.039	99.803	6.024	0.009	3.980	4.363	0.247	0.616	0.739	15.977	73.148	10.327	12.390	4.135
66	37.137	0.078	20.804	32.275	1.833	2.491	4.288	0.063	98.969	6.022	0.010	3.975	4.376	0.252	0.602	0.745	15.981	73.242	10.078	12.467	4.213

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
67	37.652	0.058	21.102	32.613	1.851	2.492	4.120	0.068	99.956	6.038	0.007	3.988	4.373	0.251	0.596	0.708	15.961	73.770	10.050	11.940	4.241
68	37.465	0.061	21.050	32.368	1.863	2.493	4.122	0.063	99.485	6.034	0.007	3.996	4.359	0.254	0.599	0.711	15.961	73.596	10.106	12.008	4.290
69	37.739	0.066	20.711	32.577	1.880	2.452	4.122	0.079	99.626	6.075	0.008	3.929	4.385	0.256	0.588	0.711	15.953	73.814	9.905	11.966	4.314
70	37.448	0.082	21.117	32.552	1.896	2.465	4.108	0.070	99.738	6.022	0.010	4.002	4.377	0.258	0.591	0.708	15.967	73.763	9.959	11.926	4.351
71	38.096	0.105	20.945	32.130	1.974	2.239	4.006	0.085	99.580	6.114	0.013	3.961	4.312	0.268	0.536	0.689	15.893	74.283	9.229	11.866	4.622
72	37.910	0.110	20.836	32.342	2.060	2.250	4.046	0.084	99.638	6.094	0.013	3.947	4.347	0.280	0.539	0.697	15.919	74.139	9.196	11.883	4.783
73	38.017	0.117	20.712	32.062	2.092	2.262	3.984	0.085	99.331	6.122	0.014	3.930	4.317	0.285	0.543	0.687	15.899	74.015	9.310	11.783	4.891
74	37.644	0.129	20.700	32.247	2.185	2.187	3.889	0.070	99.051	6.091	0.016	3.948	4.363	0.299	0.528	0.674	15.919	74.402	8.996	11.496	5.106
75	37.526	0.117	20.775	32.214	2.188	2.185	3.823	0.096	98.924	6.081	0.014	3.968	4.365	0.300	0.528	0.664	15.921	74.529	9.013	11.332	5.127
76	37.815	0.136	20.770	32.402	2.262	2.222	3.825	0.094	99.526	6.092	0.016	3.943	4.365	0.309	0.534	0.660	15.920	74.393	9.095	11.251	5.260
77	37.356	0.152	20.852	32.251	2.312	2.298	3.792	0.091	99.104	6.049	0.019	3.979	4.367	0.317	0.555	0.658	15.943	74.058	9.408	11.156	5.377
80	37.737	0.239	20.426	31.875	2.510	2.094	3.941	0.108	98.930	6.117	0.029	3.902	4.320	0.345	0.506	0.684	15.903	73.785	8.642	11.688	5.885
81	37.964	0.549	19.534	31.772	2.519	2.338	4.004	0.087	98.767	6.166	0.067	3.739	4.315	0.347	0.566	0.697	15.897	72.835	9.556	11.760	5.849

T37-235.7-GR2A

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
1	37.193	0.046	21.141	33.096	2.545	2.615	2.746	0.151	99.533	6.011	0.006	4.027	4.473	0.348	0.630	0.475	15.970	75.468	10.631	8.022	5.878
2	36.861	0.020	21.326	33.278	2.430	2.564	2.797	0.092	99.368	5.971	0.002	4.071	4.508	0.333	0.619	0.485	15.991	75.814	10.414	8.164	5.607
3	37.232	0.039	21.202	33.056	2.370	2.657	2.767	0.086	99.409	6.014	0.005	4.036	4.465	0.324	0.640	0.479	15.963	75.576	10.830	8.105	5.488
4	37.564	0.009	21.242	33.417	2.268	2.659	2.844	0.061	100.064	6.028	0.001	4.017	4.484	0.308	0.636	0.489	15.963	75.778	10.750	8.263	5.209
5	37.311	0.030	21.378	33.334	2.159	2.638	2.829	0.058	99.787	6.003	0.004	4.053	4.484	0.294	0.633	0.496	15.967	75.910	10.710	8.400	4.980
6	37.241	0.027	21.300	33.183	2.156	2.675	2.906	0.051	99.539	6.005	0.003	4.047	4.474	0.294	0.643	0.502	15.968	75.658	10.874	8.489	4.979
7	36.933	0.034	21.427	33.338	2.099	2.724	2.949	0.055	99.559	5.962	0.004	4.076	4.500	0.287	0.656	0.510	15.995	75.598	11.013	8.568	4.821
8	36.796	0.039	21.281	33.458	2.018	2.646	3.030	0.047	99.315	5.961	0.005	4.063	4.532	0.277	0.639	0.526	16.003	75.866	10.697	8.803	4.635
9	36.977	0.026	21.201	33.352	2.051	2.815	3.090	0.052	99.564	5.972	0.003	4.035	4.504	0.281	0.678	0.535	16.007	75.105	11.302	8.915	4.678
10	37.141	0.045	21.056	33.245	1.972	2.738	3.055	0.054	99.306	6.007	0.005	4.013	4.496	0.270	0.660	0.529	15.981	75.492	11.085	8.888	4.535

11	36.976	0.027	21.177	33.206	1.886	2.799	3.082	0.057	99.210	5.985	0.003	4.040	4.495	0.259	0.675	0.534	15.991	75.374	11.327	8.963	4.336
12	37.962	0.056	21.226	32.955	1.859	2.742	3.271	0.100	100.171	6.064	0.007	3.996	4.402	0.251	0.653	0.560	15.932	75.039	11.131	9.543	4.287
13	37.541	0.025	21.189	33.196	1.831	2.688	3.379	0.116	99.965	6.026	0.003	4.008	4.456	0.249	0.643	0.581	15.967	75.152	10.849	9.801	4.198
14	37.569	0.024	21.406	33.146	1.794	2.736	3.341	0.065	100.081	6.015	0.003	4.039	4.437	0.243	0.653	0.573	15.963	75.124	11.056	9.702	4.118
15	37.568	0.024	21.341	33.107	1.809	2.776	3.332	0.033	99.990	6.018	0.003	4.029	4.435	0.245	0.663	0.572	15.965	74.975	11.208	9.668	4.149
16	37.497	0.033	21.441	33.075	1.755	2.739	3.371	0.067	99.978	6.008	0.004	4.049	4.431	0.238	0.654	0.579	15.963	75.077	11.085	9.804	4.035
17	37.294	0.045	21.262	33.133	1.687	2.693	3.654	0.031	99.799	5.995	0.005	4.028	4.453	0.230	0.645	0.629	15.986	74.751	10.832	10.562	3.855
18	37.798	0.023	21.500	33.206	1.745	2.687	3.463	0.029	100.451	6.024	0.003	4.038	4.425	0.236	0.638	0.591	15.955	75.125	10.838	10.038	3.999
19	37.336	0.077	21.230	32.897	1.770	2.554	3.803	0.047	99.714	6.006	0.009	4.024	4.425	0.241	0.612	0.655	15.973	74.570	10.322	11.045	4.064
20	37.324	0.038	21.246	32.764	1.839	2.542	3.816	0.048	99.617	6.008	0.005	4.030	4.410	0.251	0.610	0.658	15.972	74.383	10.289	11.100	4.229
21	37.853	0.018	20.801	33.014	1.935	2.469	3.910	0.026	100.026	6.072	0.002	3.932	4.428	0.263	0.590	0.672	15.960	74.381	9.918	11.286	4.415
22	37.178	0.007	21.180	32.684	2.036	2.449	3.887	0.018	99.439	6.001	0.001	4.029	4.412	0.278	0.589	0.672	15.983	74.126	9.903	11.295	4.677
23	37.045	0.055	20.987	33.014	2.134	2.314	4.226	0.124	99.899	5.981	0.007	3.993	4.457	0.292	0.557	0.731	16.016	73.832	9.226	12.109	4.834
24	37.501	0.048	20.771	32.765	2.203	2.235	4.087	0.144	99.754	6.050	0.006	3.949	4.420	0.301	0.538	0.706	15.970	74.100	9.012	11.842	5.046
25	37.448	0.051	20.702	32.645	2.341	2.156	4.196	0.040	99.579	6.050	0.006	3.941	4.410	0.320	0.519	0.726	15.973	73.798	8.690	12.153	5.360
26	37.179	0.041	20.847	32.834	2.335	2.193	4.028	0.026	99.483	6.017	0.005	3.976	4.444	0.320	0.529	0.698	15.990	74.168	8.832	11.657	5.342
27	37.423	0.045	21.044	32.705	2.371	2.205	3.808	0.000	99.601	6.034	0.005	3.999	4.410	0.324	0.530	0.658	15.961	74.471	8.952	11.109	5.468
28	37.300	0.020	20.819	32.911	2.350	2.144	3.967	0.000	99.511	6.033	0.002	3.968	4.451	0.322	0.517	0.687	15.981	74.466	8.649	11.500	5.385
29	37.181	0.052	20.906	32.819	2.287	2.139	3.848	0.009	99.241	6.026	0.006	3.993	4.448	0.314	0.517	0.668	15.971	74.794	8.691	11.236	5.279
30	37.697	0.041	20.795	32.930	2.285	2.106	3.874	0.022	99.750	6.073	0.005	3.948	4.436	0.312	0.506	0.669	15.948	74.905	8.541	11.290	5.264
31	37.490	0.018	20.995	33.057	2.277	2.170	3.788	0.035	99.830	6.039	0.002	3.986	4.453	0.311	0.521	0.654	15.966	74.984	8.776	11.009	5.231
32	37.732	0.049	20.842	32.839	2.286	2.215	3.800	0.055	99.818	6.072	0.006	3.952	4.419	0.312	0.531	0.655	15.946	74.682	8.981	11.072	5.265
33	37.278	0.016	20.811	32.825	2.241	2.198	3.798	0.052	99.219	6.043	0.002	3.976	4.449	0.308	0.531	0.660	15.968	74.807	8.931	11.089	5.173
34	38.028	0.049	21.048	33.014	2.312	2.193	3.861	0.076	100.581	6.072	0.006	3.961	4.408	0.313	0.522	0.660	15.942	74.672	8.843	11.189	5.296
35	37.344	0.044	21.003	33.019	2.323	2.156	3.776	0.086	99.751	6.026	0.005	3.994	4.456	0.317	0.519	0.653	15.971	74.952	8.725	10.982	5.341
36	37.668	0.036	20.993	32.981	2.241	2.147	3.726	0.092	99.884	6.060	0.004	3.980	4.437	0.305	0.515	0.642	15.945	75.209	8.729	10.886	5.176

T37-235.7- GR2B

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
--------	------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-------	-------	----	----	----	----	----	----	----	-------	-----	----	-----	----

1	37.876	0.097	21.062	32.899	2.134	2.221	4.168	0.040	100.497	6.051	0.012	3.966	4.395	0.289	0.529	0.713	15.954	74.163	8.926	12.038	4.872
2	37.393	0.084	21.152	32.925	2.134	2.272	3.935	0.043	99.938	6.013	0.010	4.009	4.427	0.291	0.545	0.678	15.972	74.527	9.169	11.412	4.892
3	36.996	0.102	21.422	32.968	2.160	2.217	3.999	0.065	99.929	5.959	0.012	4.066	4.440	0.295	0.532	0.690	15.995	74.534	8.936	11.583	4.946
4	37.291	0.095	21.235	33.023	2.136	2.239	3.998	0.053	100.070	5.994	0.011	4.023	4.439	0.291	0.537	0.688	15.983	74.543	9.011	11.563	4.883
5	37.387	0.084	20.976	33.055	2.147	2.269	3.942	0.054	99.914	6.020	0.010	3.981	4.451	0.293	0.545	0.680	15.979	74.573	9.126	11.394	4.906
6	37.307	0.098	21.053	33.230	2.140	2.221	3.912	0.049	100.010	6.006	0.012	3.994	4.473	0.292	0.533	0.675	15.985	74.894	8.925	11.296	4.885
7	37.046	0.094	21.164	33.272	2.116	2.195	3.901	0.034	99.822	5.979	0.011	4.025	4.490	0.289	0.528	0.674	15.997	75.061	8.829	11.275	4.835
8	37.302	0.092	20.996	33.158	2.130	2.177	3.968	0.040	99.863	6.013	0.011	3.989	4.469	0.291	0.523	0.685	15.981	74.882	8.765	11.481	4.872
9	37.620	0.078	21.081	33.040	2.201	2.229	4.063	0.027	100.339	6.028	0.009	3.981	4.427	0.299	0.532	0.697	15.973	74.333	8.941	11.711	5.015
10	37.314	0.098	21.243	33.000	2.126	2.210	4.020	0.043	100.054	5.997	0.012	4.024	4.435	0.289	0.530	0.692	15.979	74.587	8.906	11.641	4.867
11	37.990	0.083	20.951	32.998	2.153	2.154	3.957	0.033	100.319	6.078	0.010	3.950	4.415	0.292	0.514	0.678	15.937	74.845	8.710	11.499	4.946
12	37.226	0.045	20.752	33.051	2.092	2.101	4.083	0.030	99.380	6.032	0.005	3.963	4.478	0.287	0.508	0.709	15.981	74.866	8.485	11.849	4.800
13	37.268	0.063	20.804	32.547	2.186	1.990	4.419	0.055	99.332	6.036	0.008	3.971	4.408	0.300	0.481	0.767	15.970	74.020	8.069	12.876	5.035
14	37.266	0.072	20.847	32.888	2.209	1.970	4.263	0.029	99.544	6.028	0.009	3.974	4.448	0.303	0.475	0.739	15.976	74.577	7.964	12.385	5.073
15	37.549	0.109	20.883	32.856	2.206	2.031	4.266	0.038	99.938	6.043	0.013	3.961	4.422	0.301	0.487	0.736	15.963	74.374	8.197	12.372	5.058
16	37.645	0.066	21.230	33.039	2.299	2.038	4.195	0.032	100.544	6.022	0.008	4.002	4.420	0.311	0.486	0.719	15.969	74.453	8.188	12.112	5.247
17	37.102	0.071	21.084	33.046	2.216	2.055	4.364	0.057	99.995	5.983	0.009	4.007	4.456	0.303	0.494	0.754	16.005	74.185	8.225	12.552	5.039
18	37.533	0.020	20.849	33.724	2.234	2.251	3.290	0.030	99.931	6.049	0.002	3.960	4.545	0.305	0.541	0.568	15.969	76.273	9.077	9.533	5.117
19	37.981	0.070	20.949	33.328	2.030	2.407	3.843	0.069	100.677	6.061	0.008	3.940	4.447	0.274	0.573	0.657	15.961	74.728	9.622	11.040	4.610
20	37.412	0.053	20.968	33.041	1.842	2.503	3.737	0.074	99.630	6.030	0.006	3.983	4.453	0.251	0.601	0.645	15.972	74.826	10.106	10.843	4.225
21	36.551	0.067	21.001	32.910	1.655	2.514	3.794	0.069	98.561	5.965	0.008	4.039	4.491	0.229	0.612	0.663	16.007	74.916	10.203	11.065	3.816
22	37.910	0.044	21.332	32.758	1.596	2.457	4.202	0.104	100.403	6.045	0.005	4.009	4.368	0.216	0.584	0.718	15.945	74.216	9.924	12.197	3.662
24	37.317	0.035	20.596	32.838	2.018	2.459	3.498	0.186	98.947	6.065	0.004	3.945	4.463	0.278	0.596	0.609	15.959	75.062	10.021	10.244	4.672
25	37.402	0.022	20.623	32.994	2.158	2.374	3.227	0.144	98.944	6.077	0.003	3.949	4.483	0.297	0.575	0.562	15.946	75.767	9.720	9.494	5.019
26	37.226	0.013	20.448	33.249	2.157	2.366	3.067	0.177	98.703	6.075	0.002	3.933	4.537	0.298	0.576	0.536	15.957	76.292	9.679	9.016	5.013
27	37.777	0.039	20.757	33.185	2.227	2.396	2.996	0.168	99.545	6.096	0.005	3.948	4.478	0.304	0.576	0.518	15.925	76.198	9.809	8.814	5.179
29	37.246	0.023	20.533	33.071	2.429	2.272	2.954	0.168	98.696	6.077	0.003	3.948	4.512	0.336	0.553	0.516	15.946	76.259	9.341	8.727	5.673
31	37.650	0.064	19.850	32.560	2.517	3.021	2.713	0.181	98.556	6.136	0.008	3.813	4.437	0.347	0.734	0.474	15.949	74.048	12.249	7.905	5.798

T37-235.7-GR3

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gr	Sp
1	37.667	0.021	20.892	33.001	2.143	2.560	3.221	0.044	99.549	6.068	0.003	3.967	4.446	0.292	0.615	0.556	15.946	75.238	10.406	9.408	4.948

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
2	37.322	0.032	20.902	33.001	2.080	2.536	3.252	0.055	99.180	6.041	0.004	3.987	4.467	0.285	0.612	0.564	15.961	75.352	10.324	9.513	4.810
3	36.994	0.025	20.810	32.907	2.039	2.616	3.287	0.061	98.739	6.020	0.003	3.991	4.478	0.281	0.635	0.573	15.981	75.049	10.637	9.604	4.710
4	36.937	0.038	20.884	32.876	2.061	2.575	3.319	0.046	98.736	6.011	0.005	4.005	4.474	0.284	0.625	0.579	15.982	75.048	10.480	9.707	4.765
5	36.953	0.028	20.919	33.248	1.971	2.516	3.283	0.017	98.935	6.006	0.003	4.007	4.519	0.271	0.610	0.572	15.987	75.673	10.210	9.573	4.544
7	37.064	0.000	20.817	33.203	1.935	2.591	3.176	0.028	98.814	6.027	0.000	3.989	4.515	0.266	0.628	0.553	15.979	75.717	10.534	9.279	4.469
8	36.867	0.000	20.944	33.118	1.928	2.612	3.272	0.019	98.760	5.999	0.000	4.017	4.506	0.266	0.634	0.570	15.992	75.406	10.603	9.545	4.446
9	36.850	0.004	20.879	33.079	1.924	2.572	3.389	0.024	98.721	6.001	0.000	4.007	4.505	0.265	0.624	0.591	15.995	75.256	10.432	9.878	4.433
10	37.311	0.020	20.779	33.273	1.850	2.546	3.391	0.051	99.221	6.042	0.002	3.966	4.506	0.254	0.615	0.588	15.973	75.568	10.309	9.867	4.256
11	37.744	0.028	20.812	32.948	1.789	2.506	3.471	0.116	99.414	6.086	0.003	3.955	4.442	0.244	0.602	0.600	15.933	75.439	10.230	10.182	4.149
12	38.200	0.060	20.467	32.042	1.767	2.135	3.878	0.091	98.640	6.182	0.007	3.904	4.336	0.242	0.515	0.672	15.859	75.204	8.934	11.661	4.200
13	37.791	0.048	21.064	32.616	1.840	2.202	3.839	0.140	99.540	6.082	0.006	3.995	4.390	0.251	0.528	0.662	15.914	75.284	9.062	11.353	4.302
14	36.722	0.034	21.024	33.290	1.961	2.119	3.477	0.061	98.688	5.994	0.004	4.044	4.543	0.271	0.516	0.608	15.980	76.513	8.683	10.229	4.565
15	37.159	0.023	21.237	33.123	1.895	2.096	3.691	0.068	99.292	6.015	0.003	4.051	4.483	0.260	0.506	0.640	15.957	76.131	8.589	10.869	4.411
16	37.363	0.063	21.058	33.446	1.906	2.059	3.722	0.111	99.728	6.031	0.008	4.006	4.514	0.261	0.495	0.644	15.958	76.333	8.378	10.883	4.406
17	37.089	0.069	21.107	33.008	1.916	1.978	4.087	0.093	99.347	6.009	0.008	4.030	4.471	0.263	0.478	0.709	15.968	75.513	8.068	11.979	4.440
18	36.956	0.057	21.032	33.053	1.929	1.965	4.061	0.069	99.122	6.004	0.007	4.027	4.490	0.265	0.476	0.707	15.976	75.614	8.014	11.903	4.469
19	37.522	0.070	20.965	33.344	1.950	1.907	3.847	0.081	99.686	6.056	0.008	3.988	4.500	0.267	0.459	0.665	15.942	76.393	7.790	11.292	4.525
20	36.808	0.047	20.838	33.516	1.979	1.952	3.506	0.043	98.689	6.014	0.006	4.012	4.579	0.274	0.475	0.614	15.974	77.062	8.002	10.328	4.609
21	37.720	0.030	20.675	33.191	1.969	1.882	4.086	0.084	99.637	6.091	0.004	3.934	4.481	0.269	0.453	0.707	15.939	75.821	7.665	11.959	4.556
22	37.241	0.035	20.922	33.676	1.990	1.940	3.762	0.049	99.615	6.027	0.004	3.991	4.558	0.273	0.468	0.652	15.973	76.588	7.866	10.962	4.584
23	37.100	0.319	20.719	33.457	1.931	1.870	3.837	0.051	99.284	6.024	0.039	3.964	4.542	0.266	0.453	0.667	15.955	76.626	7.636	11.259	4.479
24	37.299	0.075	21.048	33.749	1.983	1.911	3.547	0.042	99.654	6.029	0.009	4.010	4.562	0.271	0.461	0.614	15.957	77.213	7.795	10.397	4.595
26	37.242	0.053	20.862	33.445	2.001	1.916	3.750	0.022	99.291	6.040	0.006	3.988	4.536	0.275	0.463	0.652	15.960	76.547	7.818	10.996	4.639
27	37.518	0.060	20.952	33.356	1.938	1.832	3.956	0.057	99.669	6.057	0.007	3.986	4.503	0.265	0.441	0.684	15.943	76.411	7.482	11.611	4.496
29	37.190	0.056	20.950	33.188	1.957	1.964	3.924	0.076	99.305	6.029	0.007	4.003	4.499	0.269	0.475	0.682	15.963	75.947	8.013	11.505	4.536
30	37.199	0.048	20.958	33.007	1.968	2.124	3.984	0.110	99.398	6.023	0.006	3.999	4.469	0.270	0.513	0.691	15.971	75.202	8.628	11.629	4.541
31	37.765	0.038	20.803	32.579	1.966	2.299	3.867	0.087	99.404	6.090	0.005	3.953	4.393	0.268	0.553	0.668	15.929	74.682	9.396	11.357	4.565
32	37.044	0.026	20.857	32.609	2.053	2.354	3.851	0.068	98.862	6.022	0.003	3.996	4.433	0.283	0.570	0.671	15.977	74.417	9.578	11.260	4.745
33	37.241	0.044	20.917	32.738	2.125	2.341	3.756	0.084	99.246	6.030	0.005	3.992	4.433	0.291	0.565	0.652	15.968	74.615	9.512	10.968	4.905
34	37.218	0.037	21.007	32.564	2.108	2.364	3.690	0.102	99.090	6.030	0.005	4.011	4.412	0.289	0.571	0.641	15.959	74.617	9.658	10.833	4.892
35	36.920	0.046	21.013	32.551	2.187	2.408	3.595	0.074	98.794	6.005	0.006	4.028	4.427	0.301	0.584	0.626	15.976	74.547	9.832	10.548	5.073
36	36.954	0.044	20.955	32.467	2.173	2.373	3.639	0.045	98.650	6.015	0.005	4.020	4.419	0.300	0.576	0.635	15.970	74.532	9.712	10.703	5.052
37	37.567	0.028	20.970	32.326	2.233	2.417	3.667	0.003	99.211	6.063	0.003	3.989	4.363	0.305	0.582	0.634	15.939	74.151	9.885	10.777	5.188

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
38	37.607	0.051	21.037	32.440	2.327	2.362	3.760	0.000	99.584	6.052	0.006	3.990	4.366	0.317	0.567	0.648	15.946	74.021	9.609	10.992	5.378
39	37.392	0.052	21.035	32.287	2.403	2.321	3.709	0.000	99.199	6.043	0.006	4.006	4.363	0.329	0.559	0.642	15.948	74.034	9.489	10.896	5.581
40	37.091	0.071	20.983	32.411	2.496	2.300	3.563	0.000	98.915	6.021	0.009	4.014	4.400	0.343	0.557	0.620	15.963	74.329	9.404	10.469	5.798
41	37.403	0.035	20.612	32.510	2.620	2.337	3.442	0.023	98.982	6.071	0.004	3.943	4.412	0.360	0.565	0.598	15.954	74.325	9.526	10.082	6.067
42	37.738	0.043	20.641	32.586	2.711	2.290	3.111	0.041	99.161	6.106	0.005	3.936	4.409	0.372	0.552	0.539	15.920	75.082	9.407	9.184	6.327

T37-235.7-GR5

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
1	37.649	0.083	21.145	32.451	2.544	2.252	3.755	0.011	99.890	6.045	0.010	4.001	4.357	0.346	0.539	0.646	15.944	73.998	9.156	10.970	5.876
2	37.167	0.093	21.181	32.400	2.474	2.287	3.827	0.012	99.441	6.002	0.011	4.031	4.375	0.338	0.551	0.662	15.971	73.827	9.291	11.172	5.710
3	37.080	0.070	21.320	32.441	2.457	2.255	3.807	0.000	99.430	5.989	0.009	4.058	4.381	0.336	0.543	0.659	15.974	74.020	9.173	11.129	5.878
4	37.103	0.058	21.183	32.463	2.399	2.278	3.837	0.003	99.324	6.000	0.007	4.037	4.389	0.329	0.549	0.665	15.975	73.998	9.258	11.206	5.539
5	37.215	0.065	21.065	32.807	2.411	2.296	3.684	0.000	99.543	6.010	0.008	4.009	4.430	0.330	0.553	0.637	15.977	74.456	9.290	10.712	5.542
6	37.508	0.067	21.174	33.043	2.396	2.349	3.557	0.009	100.103	6.021	0.008	4.005	4.435	0.326	0.562	0.612	15.969	74.733	9.472	10.307	5.488
7	36.958	0.062	21.224	32.937	2.377	2.285	3.560	0.013	99.416	5.981	0.008	4.048	4.457	0.326	0.531	0.617	15.988	74.892	9.263	10.371	5.474
8	37.157	0.066	21.123	32.813	2.406	2.214	3.677	0.016	99.472	6.006	0.008	4.024	4.435	0.329	0.534	0.637	15.974	74.731	8.990	10.729	5.550
9	37.491	0.063	21.016	32.648	2.351	2.194	3.930	0.002	99.695	6.039	0.008	3.989	4.397	0.321	0.527	0.678	15.959	74.241	8.895	11.450	5.415
10	36.824	0.078	21.010	32.465	2.362	2.132	4.183	0.031	99.085	5.983	0.010	4.025	4.411	0.325	0.516	0.728	15.996	73.754	8.635	12.175	5.435
11	37.148	0.061	21.128	32.240	2.325	2.142	4.464	0.061	99.569	5.998	0.007	4.020	4.353	0.318	0.516	0.772	15.984	73.052	8.653	12.959	5.336
12	38.013	0.065	20.901	32.991	2.618	1.704	4.256	0.107	100.655	6.083	0.008	3.942	4.415	0.355	0.407	0.730	15.938	74.753	6.884	12.355	6.008
13	37.499	0.109	20.735	33.188	2.458	1.571	4.145	0.180	99.885	6.063	0.013	3.951	4.487	0.337	0.379	0.718	15.948	75.791	6.396	12.128	5.685
14	37.322	0.077	21.173	34.261	2.211	1.441	3.489	0.046	100.020	6.028	0.009	4.030	4.627	0.302	0.347	0.604	15.948	78.689	5.901	10.267	5.143
16	37.958	0.093	20.931	33.493	2.099	2.067	3.488	0.035	100.164	6.087	0.011	3.956	4.491	0.285	0.494	0.599	15.924	76.515	8.419	10.209	4.857
18	37.328	0.062	21.291	34.447	1.974	1.942	3.034	0.037	100.115	6.012	0.008	4.041	4.639	0.269	0.466	0.524	15.960	78.654	7.906	8.876	4.565
19	37.513	0.098	20.808	33.507	1.977	1.743	3.919	0.050	99.615	6.065	0.012	3.965	4.530	0.271	0.420	0.679	15.941	76.784	7.121	11.506	4.589
20	37.643	0.037	20.852	33.851	2.184	1.481	3.754	0.038	99.840	6.080	0.004	3.969	4.572	0.299	0.357	0.650	15.931	77.795	6.068	11.053	5.084
21	37.700	0.038	20.817	33.876	1.999	1.490	3.780	0.025	99.725	6.091	0.005	3.964	4.577	0.274	0.359	0.654	15.923	78.055	6.121	11.159	4.665
22	37.247	0.046	20.762	33.642	1.978	1.604	3.794	0.049	99.122	6.059	0.006	3.981	4.576	0.273	0.389	0.661	15.945	77.577	6.594	11.209	4.620
23	36.888	0.050	20.547	33.757	2.088	1.563	3.666	0.015	98.574	6.046	0.006	3.969	4.627	0.290	0.382	0.644	15.963	77.861	6.427	10.834	4.878
24	36.821	0.040	20.764	33.688	2.132	1.603	3.814	0.018	98.880	6.017	0.005	3.999	4.604	0.295	0.391	0.668	15.978	77.281	6.556	11.210	4.954
25	37.130	0.079	21.052	33.170	2.085	1.614	4.181	0.140	99.451	6.022	0.010	4.024	4.498	0.286	0.390	0.726	15.957	76.225	6.613	12.310	4.853

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
26	37.254	0.053	21.020	33.551	2.182	1.697	3.997	0.022	99.776	6.022	0.006	4.005	4.535	0.299	0.409	0.692	15.969	76.413	6.891	11.663	3.033
27	37.459	0.097	20.738	33.246	2.179	1.740	4.062	0.037	99.558	6.062	0.012	3.955	4.499	0.299	0.420	0.704	15.949	75.975	7.089	11.893	3.043
28	37.455	0.053	20.994	33.023	2.193	1.823	4.217	0.021	99.779	6.041	0.006	3.990	4.454	0.300	0.438	0.729	15.958	75.228	7.404	12.308	3.060
29	37.177	0.053	20.780	33.016	2.169	1.950	4.067	0.038	99.250	6.034	0.006	3.975	4.481	0.298	0.472	0.707	15.973	75.207	7.919	11.869	3.004
30	37.577	0.053	21.222	32.649	2.174	2.038	4.258	0.025	99.996	6.033	0.006	4.015	4.383	0.296	0.488	0.732	15.953	74.304	8.269	12.416	3.011
31	37.957	0.047	20.992	32.517	2.390	2.053	4.360	0.048	100.364	6.072	0.006	3.957	4.349	0.324	0.490	0.747	15.944	73.595	8.284	12.643	3.479
32	37.432	0.037	20.925	32.852	2.569	2.160	3.739	0.067	99.781	6.038	0.004	3.978	4.431	0.351	0.519	0.646	15.968	74.502	8.233	10.864	3.901
33	40.954	0.012	19.825	30.706	2.353	2.232	3.284	0.034	99.400	6.488	0.001	3.702	4.068	0.316	0.527	0.557	15.659	74.392	9.641	10.194	3.774

T80-515.25-GR7

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL S	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp	
1	37.884	0.003	20.836	29.488	6.310	2.812	2.727	0.085	100.145	6.073	0.000	3.936	3.953	0.857	0.672	0.468	15.959	66.435	11.295	7.871	14.398
2	38.128	0.006	21.271	29.305	6.293	2.833	2.783	0.051	100.670	6.064	0.001	3.987	3.897	0.848	0.672	0.474	15.942	66.158	11.403	8.050	14.389
3	37.917	0.012	21.099	28.933	6.517	2.802	3.120	0.064	100.464	6.051	0.001	3.968	3.861	0.881	0.667	0.533	15.963	64.979	11.219	8.977	14.824
4	37.855	0.037	21.274	28.495	6.704	2.773	3.361	0.061	100.560	6.032	0.004	3.995	3.797	0.905	0.659	0.574	15.966	63.983	11.101	9.669	15.246
5	37.939	0.017	20.908	28.192	6.914	2.725	3.477	0.072	100.244	6.067	0.002	3.940	3.770	0.936	0.650	0.596	15.961	63.342	10.916	10.009	15.734
6	38.447	0.039	20.365	27.604	7.107	2.607	3.352	0.071	99.592	6.171	0.005	3.852	3.705	0.966	0.624	0.576	15.898	63.102	10.625	9.817	16.455
7	37.137	0.021	21.329	27.778	7.254	2.821	3.423	0.040	99.803	5.972	0.003	4.042	3.735	0.988	0.676	0.590	16.005	62.366	11.292	9.846	16.495
8	37.782	0.039	21.009	27.840	7.545	2.694	3.295	0.041	100.245	6.046	0.005	3.962	3.725	1.023	0.643	0.565	15.968	62.553	10.792	9.485	17.170
9	37.911	0.045	21.550	26.998	7.533	2.654	3.377	0.059	100.127	6.045	0.005	4.050	3.600	1.017	0.631	0.577	15.925	61.800	10.831	9.904	17.465
10	39.063	0.042	21.358	27.184	7.587	2.700	3.311	0.037	101.282	6.141	0.005	3.957	3.573	1.010	0.633	0.558	15.876	61.888	10.959	9.658	17.495
11	37.686	0.043	20.759	27.352	7.869	2.588	3.464	0.078	99.839	6.061	0.005	3.934	3.678	1.072	0.620	0.597	15.967	61.640	10.398	10.002	17.961
12	37.813	0.009	21.123	27.531	8.003	2.549	3.339	0.058	100.425	6.044	0.001	3.979	3.680	1.083	0.607	0.572	15.966	61.924	10.222	9.622	18.232
13	37.123	0.050	20.854	25.247	10.039	2.277	3.829	0.027	99.446	6.008	0.006	3.977	3.417	1.376	0.549	0.664	15.997	56.888	9.147	11.054	22.911
15	37.737	0.122	21.003	23.041	11.978	1.944	4.865	0.144	100.834	6.026	0.015	3.952	3.076	1.620	0.463	0.832	15.984	51.349	7.724	13.891	27.036
16	38.187	0.114	21.100	22.115	12.180	1.800	5.715	0.055	101.266	6.051	0.014	3.940	2.930	1.635	0.425	0.970	15.965	49.164	7.134	16.278	27.425
17	37.967	0.058	21.274	21.732	12.139	1.950	6.141	0.000	101.261	6.012	0.007	3.970	2.877	1.628	0.460	1.042	15.996	47.898	7.663	17.341	27.098
18	37.935	0.045	21.066	22.009	12.238	1.853	5.743	0.000	100.889	6.035	0.005	3.950	2.928	1.649	0.439	0.979	15.985	48.838	7.331	16.327	27.504
19	37.741	0.091	21.121	22.361	12.180	1.843	5.275	0.149	100.761	6.024	0.011	3.973	2.984	1.646	0.439	0.902	15.979	49.978	7.344	15.105	27.572
20	38.223	0.134	20.881	22.627	12.004	1.857	5.160	0.199	101.085	6.077	0.016	3.913	3.008	1.616	0.440	0.879	15.950	50.612	7.406	14.788	27.195
21	37.848	0.072	20.857	23.456	11.541	1.949	4.828	0.177	100.728	6.050	0.009	3.929	3.135	1.562	0.464	0.827	15.977	52.351	7.755	13.806	26.088
22	37.735	0.055	21.228	24.554	10.911	2.089	4.287	0.000	100.859	6.015	0.007	3.988	3.273	1.473	0.496	0.732	15.984	54.781	8.309	12.254	24.655
23	37.729	0.042	21.040	25.651	10.137	2.225	3.907	0.116	100.847	6.027	0.005	3.961	3.426	1.371	0.530	0.669	15.988	57.141	8.837	11.151	22.871
24	37.682	0.078	21.061	26.138	9.339	2.363	3.804	0.088	100.553	6.026	0.009	3.969	3.495	1.265	0.563	0.652	15.980	58.496	9.428	10.907	21.168
25	37.620	0.017	21.124	26.699	8.576	2.450	3.597	0.070	100.153	6.031	0.002	3.991	3.579	1.164	0.586	0.618	15.971	60.185	9.846	10.388	19.580
26	36.896	0.037	21.238	27.676	7.479	2.649	3.492	0.069	99.536	5.961	0.004	4.044	3.739	1.023	0.638	0.604	16.013	62.266	10.626	10.066	17.042
27	37.666	0.049	20.528	27.731	7.294	2.592	3.398	0.045	99.303	6.085	0.006	3.908	3.746	0.998	0.624	0.588	15.955	62.892	10.481	9.873	16.754
28	37.854	0.033	21.397	28.231	6.978	2.696	3.362	0.074	100.625	6.028	0.004	4.015	3.759	0.941	0.640	0.574	15.961	63.565	10.823	9.699	15.913
29	38.294	0.020	21.210	28.604	6.767	2.739	3.387	0.064	101.085	6.067	0.002	3.960	3.790	0.908	0.647	0.575	15.950	64.019	10.929	9.712	15.340
30	37.961	0.013	21.225	28.932	6.723	2.805	3.121	0.057	100.837	6.039	0.002	3.979	3.848	0.906	0.665	0.532	15.970	64.666	11.178	8.937	15.219
31	38.359	0.039	20.960	29.526	6.334	2.840	2.836	0.042	100.936	6.091	0.005	3.922	3.920	0.852	0.672	0.482	15.944	66.145	11.343	8.140	14.372

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
32	37.416	0.000	21.309	29.574	6.421	2.849	2.702	0.052	100.323	5.994	0.000	4.023	3.962	0.871	0.680	0.464	15.994	66.282	11.384	7.759	14.575
33	37.236	0.013	21.198	29.618	6.354	2.834	2.662	0.048	99.963	5.990	0.002	4.019	3.984	0.866	0.680	0.459	15.999	66.532	11.350	7.661	14.456
34	37.636	0	21.233	29.622	6.515	2.772	2.512	0.021	100.311	6.025	0.000	4.006	3.965	0.883	0.662	0.431	15.972	66.745	11.136	7.252	14.868
35	37.233	0.023	21.134	29.745	6.647	2.662	2.353	0.029	99.826	6.003	0.003	4.016	4.010	0.908	0.640	0.406	15.986	67.239	10.728	6.815	15.218
36	36.783	0	21.516	29.469	6.997	2.482	2.309	0.047	99.603	5.951	0.000	4.102	3.987	0.959	0.599	0.400	15.998	67.068	10.071	6.733	16.129

T80-515-25-GR11

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
2	35.783	0.004	22.098	29.511	7.238	2.491	2.121	0.021	99.267	5.825	0.000	4.239	4.017	0.998	0.605	0.370	16.055	67.070	10.093	6.176	16.661
3	37.141	0.023	21.483	29.878	6.628	2.653	2.322	0.060	100.188	5.969	0.003	4.069	4.015	0.902	0.636	0.400	15.994	67.451	10.678	6.716	15.155
4	37.397	0.059	21.301	29.610	6.553	2.798	2.447	0.033	100.198	5.998	0.007	4.026	3.971	0.890	0.669	0.420	15.982	66.733	11.243	7.066	14.958
5	37.265	0.004	21.245	29.391	6.650	2.692	2.596	0.077	99.920	5.999	0.000	4.030	3.956	0.907	0.646	0.448	15.986	66.418	10.846	7.516	15.220
6	37.518	0.030	21.184	28.404	7.132	2.719	3.080	0.107	100.174	6.016	0.004	4.003	3.808	0.969	0.650	0.529	15.979	63.942	10.913	8.883	16.261
7	37.234	0.045	21.066	28.371	7.256	2.661	3.094	0.072	99.799	6.000	0.005	4.001	3.823	0.990	0.639	0.534	15.994	63.858	10.678	8.922	16.541
8	37.837	0.011	21.039	27.766	8.052	2.651	3.089	0.105	100.550	6.047	0.001	3.962	3.710	1.090	0.632	0.529	15.971	62.248	10.596	8.873	18.283
9	37.893	0.030	21.009	27.380	8.310	2.589	3.211	0.114	100.536	6.055	0.004	3.956	3.658	1.125	0.617	0.550	15.964	61.492	10.367	9.239	18.902
10	37.487	0.062	20.731	26.715	8.996	2.491	3.235	0.108	99.825	6.044	0.008	3.939	3.602	1.228	0.599	0.559	15.979	60.152	10.000	9.332	20.516
11	37.940	0.059	20.887	25.729	9.616	2.274	3.524	0.177	100.206	6.082	0.007	3.946	3.449	1.306	0.543	0.605	15.938	58.425	9.206	10.253	22.116
12	37.772	0.045	20.954	24.711	10.536	2.129	3.812	0.169	100.128	6.064	0.005	3.964	3.317	1.432	0.510	0.656	15.949	56.083	8.615	11.084	24.219
13	37.196	0.040	20.917	23.325	11.351	1.946	4.502	0.122	99.399	6.021	0.005	3.990	3.157	1.556	0.470	0.781	15.979	52.940	7.875	13.091	26.094
14	37.434	0.033	20.956	23.190	11.902	1.917	4.539	0.087	100.058	6.023	0.004	3.974	3.120	1.622	0.460	0.782	15.986	52.138	7.684	13.075	27.103
15	37.827	0.116	20.703	21.968	12.044	1.776	5.210	0.146	99.790	6.084	0.014	3.924	2.954	1.641	0.426	0.898	15.940	49.918	7.195	15.168	27.719
16	37.914	0.081	20.776	21.687	12.733	1.744	5.113	0.199	100.247	6.080	0.010	3.926	2.908	1.729	0.417	0.878	15.948	49.017	7.028	14.806	29.149
17	37.713	0.069	20.816	21.762	12.694	1.766	5.110	0.173	100.103	6.059	0.008	3.941	2.924	1.727	0.423	0.880	15.962	49.108	7.105	14.774	29.013
18	37.199	0.066	20.884	22.022	12.626	1.846	4.747	0.125	99.515	6.018	0.008	3.981	2.979	1.730	0.445	0.825	15.984	49.843	7.449	13.765	28.943
19	37.381	0.094	20.813	22.308	12.603	1.803	4.685	0.169	99.856	6.032	0.011	3.958	3.010	1.722	0.434	0.810	15.978	50.368	7.258	13.553	28.821
20	37.566	0.093	20.827	22.439	12.400	1.803	4.785	0.140	100.053	6.044	0.011	3.949	3.019	1.690	0.432	0.825	15.970	50.603	7.249	13.825	28.322
21	38.412	0.074	20.768	23.796	11.580	1.990	4.332	0.197	101.149	6.107	0.009	3.891	3.163	1.559	0.472	0.738	15.939	53.327	7.951	12.438	26.284

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
22	37.353	0.048	20.946	24.944	11.052	2.175	3.795	0.136	100.449	6.003	0.006	3.967	3.352	1.504	0.521	0.653	16.007	55.582	8.641	10.834	24.943
23	37.825	0.047	20.950	24.977	11.048	2.151	3.726	0.184	100.908	6.044	0.006	3.945	3.337	1.495	0.512	0.638	15.978	55.783	8.565	10.662	24.991
24	37.984	0.040	20.898	26.748	9.178	2.412	3.334	0.070	100.664	6.066	0.005	3.933	3.572	1.241	0.574	0.570	15.962	59.952	9.639	9.574	20.835
25	38.245	0.023	21.074	27.782	7.994	2.653	3.375	0.000	101.146	6.065	0.003	3.938	3.684	1.074	0.627	0.573	15.964	61.830	10.527	9.623	18.019
26	37.925	0.044	21.041	27.754	7.571	2.676	3.262	0.000	100.273	6.059	0.005	3.962	3.708	1.024	0.637	0.558	15.954	62.548	10.752	9.419	17.281
27	38.290	0.014	20.782	28.357	7.050	2.705	3.247	0.000	100.445	6.105	0.002	3.905	3.780	0.952	0.643	0.555	15.941	63.752	10.842	9.353	16.053
28	37.604	0.029	21.193	28.882	6.691	2.795	3.042	0.040	100.276	6.018	0.003	3.997	3.865	0.907	0.667	0.522	15.980	64.846	11.188	8.751	15.215
29	37.950	0.000	20.930	29.291	6.515	2.736	2.764	0.058	100.244	6.074	0.000	3.948	3.920	0.883	0.653	0.474	15.952	66.107	11.009	7.992	14.892
30	37.997	0.000	21.049	29.560	6.540	2.704	2.720	0.049	100.619	6.063	0.000	3.958	3.944	0.884	0.643	0.465	15.958	66.442	10.836	7.833	14.889
31	38.765	0	20.946	29.744	6.671	2.574	2.468	0.043	101.211	6.139	0.000	3.909	3.938	0.895	0.608	0.419	15.907	67.215	10.371	7.146	15.269
32	38.293	0.052	20.318	29.812	6.993	2.291	2.363	0.039	100.161	6.152	0.006	3.847	4.005	0.952	0.549	0.407	15.918	67.744	9.282	6.880	16.095

T80-515.25-GR12

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
1	38.377	0.019	20.682	29.661	7.165	2.270	2.382	0.087	100.643	6.134	0.002	3.896	3.964	0.970	0.541	0.408	15.916	67.386	9.195	6.933	16.487
2	37.914	0.041	20.905	29.716	6.805	2.542	2.355	0.033	100.311	6.076	0.005	3.948	3.982	0.924	0.607	0.404	15.945	67.295	10.263	6.833	15.608
3	38.164	0.018	20.984	29.648	6.760	2.558	2.479	0.013	100.624	6.089	0.002	3.945	3.955	0.913	0.608	0.424	15.937	67.029	10.311	7.181	15.479
4	38.523	0.011	20.942	29.713	6.747	2.699	2.573	0.076	101.284	6.106	0.001	3.912	3.938	0.906	0.638	0.437	15.937	66.539	10.776	7.382	15.303
5	38.127	0.033	21.097	29.247	6.719	2.691	2.678	0.044	100.636	6.075	0.004	3.962	3.897	0.907	0.639	0.457	15.940	66.049	10.835	7.748	15.368
6	38.675	0.026	21.252	29.091	6.964	2.680	2.853	0.034	101.575	6.097	0.003	3.949	3.835	0.930	0.630	0.482	15.925	65.259	10.719	8.200	15.823
7	37.808	0.010	20.969	28.789	7.143	2.679	3.017	0.038	100.453	6.047	0.001	3.953	3.850	0.968	0.639	0.517	15.975	64.455	10.694	8.654	16.197
8	37.648	0.039	21.202	28.510	7.306	2.635	3.048	0.060	100.448	6.021	0.005	3.996	3.813	0.990	0.628	0.522	15.976	64.049	10.554	8.773	16.624
9	38.035	0.009	21.087	28.257	7.485	2.614	3.068	0.051	100.606	6.065	0.001	3.963	3.768	1.011	0.621	0.524	15.953	63.600	10.490	8.847	17.063
10	38.004	0.007	21.019	28.160	7.620	2.627	3.146	0.044	100.627	6.062	0.001	3.951	3.756	1.029	0.625	0.538	15.962	63.150	10.503	9.039	17.307
11	38.140	0.009	21.063	27.105	8.556	2.528	3.038	0.046	100.485	6.084	0.001	3.959	3.615	1.156	0.601	0.519	15.936	61.365	10.204	8.812	19.619
12	37.757	0.022	20.840	27.048	8.896	2.437	3.014	0.068	100.082	6.065	0.003	3.945	3.633	1.210	0.584	0.519	15.959	61.105	9.816	8.724	20.355
13	37.765	0.000	21.173	26.660	9.197	2.394	3.284	0.040	100.513	6.037	0.000	3.989	3.564	1.245	0.571	0.562	15.968	59.977	9.602	9.466	20.956
14	37.375	0.018	21.136	26.155	9.301	2.362	3.584	0.060	99.991	6.010	0.002	4.005	3.517	1.267	0.566	0.617	15.985	58.936	9.489	10.347	21.227
15	37.706	0.035	21.145	25.854	9.054	2.338	3.952	0.050	100.134	6.039	0.004	3.991	3.462	1.228	0.558	0.678	15.961	58.419	9.419	11.441	20.721
16	37.516	0.045	21.153	25.464	9.193	2.267	4.120	0.046	99.804	6.028	0.005	4.006	3.421	1.251	0.543	0.709	15.964	57.748	9.166	11.971	21.115
17	37.848	0.000	21.027	25.784	8.985	2.241	3.992	0.011	99.888	6.070	0.000	3.974	3.458	1.220	0.536	0.686	15.943	58.608	9.082	11.626	20.685

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
18	37.922	0.012	21.021	26.041	9.237	2.274	3.674	0.047	100.228	6.070	0.001	3.965	3.485	1.252	0.543	0.630	15.946	58.972	9.181	10.660	21.186
19	37.653	0.045	21.041	26.389	9.204	2.382	3.429	0.024	100.167	6.038	0.005	3.977	3.539	1.250	0.569	0.589	15.968	59.500	9.575	9.906	21.019
20	38.278	0.000	21.112	26.741	9.140	2.461	3.229	0.041	101.002	6.080	0.000	3.952	3.551	1.229	0.583	0.549	15.944	60.061	9.855	9.292	20.792
21	38.017	0.000	21.048	27.116	8.896	2.478	3.151	0.073	100.779	6.062	0.000	3.955	3.615	1.201	0.589	0.538	15.961	60.824	9.910	9.056	20.211
22	37.665	0.020	21.058	27.407	8.391	2.545	3.040	0.075	100.201	6.040	0.002	3.980	3.675	1.140	0.608	0.522	15.968	61.814	10.234	8.784	19.168
23	37.481	0.009	21.140	27.369	8.228	2.587	3.019	0.053	99.886	6.025	0.001	4.005	3.679	1.120	0.620	0.520	15.971	61.945	10.439	8.754	18.862
24	37.373	0.010	21.207	27.660	7.958	2.590	3.045	0.062	99.905	6.010	0.001	4.019	3.719	1.084	0.621	0.525	15.979	62.524	10.438	8.819	18.219
25	37.980	0.000	21.139	28.007	7.760	2.666	3.070	0.047	100.669	6.053	0.000	3.971	3.733	1.047	0.633	0.524	15.961	62.862	10.669	8.828	17.641
26	38.224	0.064	21.223	28.414	7.438	2.680	2.943	0.036	101.022	6.065	0.008	3.968	3.770	0.999	0.634	0.500	15.944	63.857	10.738	8.474	16.930
27	37.568	0.000	21.408	28.555	7.307	2.716	2.869	0.022	100.445	6.004	0.000	4.032	3.816	0.989	0.647	0.491	15.980	64.206	10.888	8.265	16.641
28	37.632	0.014	21.220	28.885	6.870	2.766	2.698	0.035	100.120	6.030	0.002	4.007	3.870	0.932	0.661	0.463	15.965	65.304	11.149	7.815	15.731
29	37.657	0.012	21.118	29.315	6.743	2.714	2.504	0.065	100.128	6.041	0.001	3.992	3.932	0.916	0.649	0.430	15.962	66.336	10.949	7.260	15.454
30	37.325	0.01	21.41	29.636	6.732	2.664	2.377	0.037	100.191	5.991	0.001	4.050	3.978	0.915	0.638	0.409	15.982	66.975	10.734	6.882	15.409
31	37.802	0	21.4	29.492	6.885	2.475	2.285	0.029	100.368	6.046	0.000	4.033	3.944	0.933	0.590	0.392	15.937	67.325	10.073	6.683	15.919

T80-472 -GR3

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
1	37.695	0.034	17.607	33.426	0.897	3.329	4.189	0.101	97.278	6.251	0.004	3.441	4.635	0.126	0.823	0.744	16.024	73.244	13.005	11.760	1.991
2	35.956	0.035	20.976	33.441	1.194	1.361	5.504	0.064	98.531	5.913	0.004	4.065	4.598	0.166	0.334	0.970	16.050	75.781	5.499	15.980	2.740
3	36.104	0.035	20.559	32.676	1.851	1.179	5.852	0.172	98.428	5.954	0.004	3.996	4.506	0.259	0.290	1.034	16.043	74.011	4.761	16.982	4.246
4	36.098	0.052	20.574	32.853	1.990	1.181	5.581	0.055	98.384	5.953	0.006	3.998	4.530	0.278	0.290	0.986	16.042	74.455	4.772	16.205	4.568
5	35.979	0.024	20.764	33.147	1.959	1.225	5.323	0.079	98.500	5.930	0.003	4.033	4.569	0.273	0.301	0.940	16.050	75.104	4.949	15.452	4.496
6	36.172	0.054	20.534	32.964	1.854	1.210	5.553	0.080	98.421	5.962	0.007	3.989	4.543	0.259	0.297	0.981	16.037	74.725	4.890	16.128	4.257
7	35.871	0.022	20.479	32.685	1.651	1.223	5.928	0.084	97.943	5.942	0.003	3.998	4.527	0.232	0.302	1.052	16.056	74.061	4.941	17.209	3.789
8	36.021	0.061	20.788	33.129	1.664	1.218	5.814	0.097	98.792	5.920	0.008	4.026	4.553	0.232	0.298	1.024	16.060	74.556	4.887	16.764	3.793
9	36.196	0.072	20.580	32.746	1.637	1.202	6.095	0.119	98.647	5.951	0.009	3.988	4.502	0.228	0.295	1.074	16.046	73.825	4.831	17.605	3.738
10	36.037	0.087	20.638	32.608	1.621	1.166	6.148	0.121	98.426	5.938	0.011	4.008	4.493	0.226	0.286	1.085	16.047	73.765	4.703	17.819	3.714
11	37.379	0.027	20.399	32.384	1.709	1.200	5.890	0.102	99.090	6.083	0.003	3.912	4.407	0.236	0.291	1.027	15.958	73.935	4.885	17.229	3.952
12	36.419	0.035	20.653	32.749	1.714	1.224	5.572	0.036	98.402	5.985	0.004	4.000	4.501	0.239	0.300	0.981	16.010	74.759	4.982	16.297	3.963
13	36.630	0.052	20.814	32.755	1.715	1.261	5.721	0.074	99.022	5.981	0.006	4.005	4.472	0.237	0.307	1.001	16.010	74.325	5.101	16.632	3.941
14	36.396	0.076	20.548	32.390	1.605	1.211	6.051	0.130	98.407	5.984	0.009	3.982	4.453	0.224	0.297	1.066	16.015	73.736	4.915	17.649	3.701
15	36.742	0.073	20.623	32.401	1.549	1.270	6.116	0.109	98.883	6.003	0.009	3.971	4.426	0.214	0.309	1.070	16.003	73.522	5.138	17.780	3.560
16	36.318	0.056	20.702	32.283	1.485	1.298	6.382	0.109	98.633	5.956	0.007	4.001	4.427	0.206	0.317	1.121	16.036	72.910	5.226	18.467	3.397
17	36.748	0.090	20.677	32.427	1.458	1.291	6.110	0.090	98.891	6.000	0.011	3.978	4.427	0.202	0.314	1.069	16.000	73.642	5.227	17.778	3.354
18	36.649	0.069	20.575	32.510	1.318	1.383	6.043	0.052	98.599	5.999	0.008	3.969	4.450	0.183	0.338	1.060	16.007	73.798	5.597	17.575	3.030
19	36.197	0.049	20.877	32.669	1.258	1.398	5.805	0.055	98.308	5.948	0.006	4.043	4.489	0.175	0.342	1.022	16.025	74.463	5.681	16.952	2.904
20	40.667	0.058	17.910	29.983	0.868	2.390	4.704	0.063	96.643	6.617	0.007	3.435	4.080	0.120	0.580	0.820	15.658	72.863	10.355	14.646	2.136
21	37.185	0.048	20.750	33.094	1.048	1.395	5.522	0.000	99.042	6.043	0.006	3.974	4.497	0.144	0.338	0.961	15.964	75.700	5.689	16.183	2.428
22	36.425	0.088	20.646	32.917	1.187	1.402	5.769	0.041	98.475	5.976	0.011	3.992	4.516	0.165	0.343	1.014	16.017	74.794	5.680	16.794	2.732
23	36.349	0.056	20.593	33.042	1.203	1.357	5.752	0.036	98.388	5.974	0.007	3.989	4.541	0.167	0.333	1.013	16.024	75.011	5.492	16.730	2.766
24	36.283	0.060	20.636	32.604	1.346	1.335	5.625	0.049	97.938	5.983	0.007	4.010	4.495	0.188	0.328	0.994	16.005	74.858	5.465	16.547	3.130
25	36.225	0.091	20.637	32.600	1.487	1.348	5.692	0.061	98.141	5.967	0.011	4.006	4.490	0.207	0.331	1.005	16.018	74.426	5.487	16.649	3.438
26	35.917	0.051	20.557	32.436	1.762	1.296	5.797	0.083	97.899	5.945	0.006	4.010	4.489	0.247	0.320	1.028	16.044	73.788	5.256	16.896	4.060
27	36.915	0.098	20.633	32.510	1.798	1.241	5.855	0.056	99.106	6.015	0.012	3.962	4.430	0.248	0.301	1.022	15.991	73.811	5.023	17.031	4.135
28	36.146	0.062	20.683	32.441	2.037	1.283	5.754	0.002	98.408	5.947	0.008	4.010	4.463	0.284	0.315	1.014	16.040	73.456	5.179	16.693	4.672
29	35.675	0.004	20.600	32.833	2.055	1.230	5.169	0.077	97.643	5.932	0.001	4.037	4.565	0.289	0.305	0.921	16.049	75.081	5.015	15.144	4.760
30	36.228	0.060	20.843	32.500	2.039	1.236	5.507	0.060	98.473	5.954	0.007	4.037	4.466	0.284	0.303	0.970	16.020	74.160	5.028	16.100	4.712
31	36.702	0.052	20.877	32.449	2.074	1.227	6.053	0.054	99.488	5.968	0.006	4.001	4.412	0.286	0.297	1.054	16.025	72.932	4.917	17.430	4.721
32	36.763	0.059	20.822	32.527	2.078	1.210	6.033	0.065	99.557	5.976	0.007	3.989	4.421	0.286	0.293	1.051	16.023	73.064	4.846	17.362	4.728
33	36.883	0.021	20.826	33.277	2.015	1.281	5.140	0.055	99.498	5.999	0.003	3.992	4.526	0.278	0.311	0.896	16.003	75.309	5.169	14.903	4.619

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
34	36.150	0.026	20.747	33.015	1.934	1.288	5.285	0.079	98.524	5.949	0.003	4.024	4.543	0.270	0.316	0.932	16.036	74.964	5.214	15.375	4.448
35	36.636	0.050	20.559	32.695	1.819	1.308	5.661	0.063	98.791	5.998	0.006	3.967	4.476	0.252	0.319	0.993	16.012	74.101	5.285	16.438	4.176
36	35.942	0.060	20.718	32.841	1.764	1.290	5.615	0.062	98.292	5.929	0.007	4.028	4.530	0.246	0.317	0.992	16.050	74.433	5.213	16.305	4.049
37	36.683	0.021	20.723	32.862	1.643	1.352	5.812	0.093	99.189	5.983	0.003	3.983	4.482	0.227	0.329	1.016	16.022	74.042	5.431	16.778	3.749
38	36.546	0.013	20.597	33.447	1.505	1.379	5.245	0.218	98.950	5.990	0.002	3.978	4.584	0.209	0.337	0.921	16.020	75.758	5.569	15.221	3.453
39	36.989	0.029	20.652	33.547	1.172	1.357	5.559	0.175	99.480	6.016	0.004	3.959	4.563	0.161	0.329	0.969	16.001	75.769	5.464	16.086	2.681
41	37.474	0.052	19.951	33.091	1.191	1.715	5.03	0.06	98.564	6.122	0.006	3.841	4.520	0.165	0.418	0.880	15.952	75.551	6.981	14.714	2.754
42	36.059	0.03	20.68	32.957	1.603	1.389	5.501	0.02	98.23899	5.944	0.004	4.017	4.543	0.224	0.341	0.971	16.044	74.724	5.615	15.980	3.681
43	36.527	0.036	20.714	32.565	1.8	1.435	5.671	0.018	98.766	5.976	0.004	3.994	4.455	0.249	0.350	0.994	16.023	73.656	5.787	16.434	4.123
44	36.233	0.081	20.694	32.395	1.899	1.312	5.943	0.04	98.59701	5.948	0.010	4.004	4.447	0.264	0.321	1.045	16.040	73.173	5.284	17.199	4.344
45	36.527	0.061	20.589	32.429	1.976	1.327	5.633	0.014	98.556	5.990	0.008	3.979	4.447	0.274	0.324	0.990	16.013	73.680	5.375	16.397	4.547
46	36.439	0.005	20.747	32.743	1.726	1.372	5.664	0.028	98.724	5.969	0.001	4.005	4.485	0.239	0.335	0.994	16.028	74.089	5.535	16.420	3.956
47	36.148	0.073	20.664	33.112	1.395	1.386	5.625	0.019	98.422	5.946	0.009	4.006	4.555	0.194	0.340	0.991	16.042	74.909	5.590	16.304	3.196
48	36.527	0.074	20.484	33.118	1.298	1.425	5.571	0.034	98.531	5.994	0.009	3.961	4.544	0.180	0.349	0.979	16.017	75.079	5.760	16.181	2.980
49	36.91	0.056	20.578	33.352	1.325	1.411	5.552	0.035	99.219	6.012	0.007	3.950	4.543	0.183	0.343	0.969	16.006	75.248	5.676	16.049	3.028
50	36.197	0.025	20.71	33.033	1.489	1.42	5.498	0.044	98.416	5.953	0.003	4.014	4.543	0.207	0.348	0.969	16.037	74.876	5.739	15.967	3.418
51	37.306	0.000	20.603	32.902	1.481	1.386	5.648	0.000	99.326	6.053	0.000	3.940	4.464	0.204	0.335	0.982	15.977	74.592	5.602	16.405	3.401
52	39.955	0.063	18.507	30.581	1.079	1.825	5.075	0.080	97.165	6.507	0.008	3.552	4.165	0.149	0.443	0.885	15.709	73.814	7.854	15.694	2.638
53	39.119	0.056	18.911	31.750	1.074	1.870	4.975	0.042	97.797	6.373	0.007	3.631	4.325	0.148	0.454	0.868	15.805	74.626	7.836	14.982	2.557
54	36.411	0.065	20.638	32.745	1.691	1.325	5.813	0.093	98.781	5.968	0.008	3.987	4.488	0.235	0.324	1.021	16.030	73.970	5.336	16.824	3.869
55	36.781	0.075	20.771	32.483	1.922	1.191	5.831	0.113	99.167	5.997	0.009	3.991	4.428	0.265	0.289	1.018	15.999	73.785	4.823	16.970	4.422
56	36.444	0.076	20.568	32.653	1.996	1.059	6.076	0.117	98.989	5.973	0.009	3.972	4.475	0.277	0.259	1.067	16.032	73.630	4.257	17.554	4.559
57	36.799	0.052	20.806	33.002	2.039	1.090	5.608	0.069	99.465	5.991	0.006	3.992	4.493	0.281	0.265	0.978	16.006	74.673	4.397	16.257	4.673
58	36.597	0.073	20.771	33.327	2.279	0.966	5.338	0.054	99.405	5.976	0.009	3.997	4.550	0.315	0.235	0.934	16.017	75.406	3.897	15.474	5.223
59	35.817	0.049	20.847	32.753	2.208	0.887	5.816	0.071	98.448	5.913	0.006	4.056	4.522	0.309	0.218	1.029	16.053	74.401	3.592	16.927	5.080
60	35.991	0.074	20.824	32.558	2.150	0.834	6.083	0.014	98.528	5.928	0.009	4.042	4.484	0.300	0.205	1.073	16.042	73.968	3.378	17.706	4.947
61	37.067	0.085	20.316	32.822	2.249	0.880	5.804	0.058	99.281	6.049	0.010	3.907	4.479	0.311	0.214	1.015	15.986	74.418	3.557	16.860	5.165
62	35.912	0.061	20.486	32.963	2.266	0.869	5.662	0.120	98.339	5.945	0.008	3.997	4.563	0.318	0.214	1.004	16.049	74.811	3.516	16.464	5.209
63	36.453	0.032	20.639	33.024	2.387	0.837	5.625	0.109	99.106	5.978	0.004	3.989	4.529	0.332	0.205	0.988	16.024	74.815	3.381	16.327	5.477
64	36.545	0.095	20.170	32.415	2.177	0.813	6.259	0.193	98.667	6.018	0.012	3.914	4.463	0.304	0.200	1.104	16.014	73.523	3.288	18.189	5.001
65	35.974	0.035	20.677	32.532	2.168	0.919	5.664	0.089	98.058	5.953	0.004	4.032	4.502	0.304	0.227	1.004	16.026	74.575	3.756	16.635	5.034
66	36.178	0.022	20.669	33.473	1.146	1.388	5.368	0.047	98.291	5.959	0.003	4.012	4.610	0.160	0.341	0.947	16.032	76.099	5.626	15.636	2.639
67	38.444	0.000	17.200	32.928	0.762	3.176	4.070	0.083	96.663	6.382	0.000	3.365	4.571	0.107	0.786	0.724	15.935	73.868	12.703	11.698	1.731

T80-480-GR2

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	TOTAL	Alm	Py	Gro	Sp
1	37.762	0.043	20.820	34.383	1.406	1.939	2.674	0.071	99.098	6.120	0.005	3.976	4.659	0.193	0.468	0.464	15.887	80.541	8.098	8.025	3.336
2	35.672	0.013	21.354	35.087	1.203	2.025	2.710	0.029	98.093	5.888	0.002	4.154	4.843	0.168	0.498	0.479	16.033	80.868	8.321	8.002	2.808
3	36.250	0.013	21.154	34.929	1.000	2.098	2.750	0.067	98.261	5.957	0.002	4.097	4.800	0.139	0.514	0.484	15.993	80.844	8.657	8.155	2.344
4	36.210	0.035	21.061	34.843	0.970	2.190	2.732	0.061	98.102	5.958	0.004	4.084	4.794	0.135	0.537	0.482	15.995	80.599	9.032	8.097	2.273
5	36.175	0.009	20.911	34.817	0.874	2.236	2.832	0.051	97.905	5.965	0.001	4.064	4.801	0.122	0.550	0.500	16.002	80.377	9.203	8.376	2.044
6	36.491	0.012	20.890	34.850	0.845	2.321	2.693	0.060	98.162	5.993	0.001	4.043	4.786	0.118	0.568	0.474	15.984	80.496	9.558	7.969	1.977
7	36.277	0.018	20.945	34.896	0.785	2.305	2.829	0.027	98.082	5.967	0.002	4.060	4.799	0.109	0.565	0.498	16.001	80.359	9.463	8.347	1.831
8	36.229	0.032	20.987	34.882	0.741	2.339	2.854	0.030	98.094	5.958	0.004	4.067	4.796	0.103	0.573	0.503	16.005	80.264	9.596	8.414	1.727
9	36.030	0.051	20.953	34.656	0.738	2.309	2.951	0.050	97.738	5.948	0.006	4.076	4.784	0.103	0.568	0.522	16.008	80.035	9.507	8.732	1.726
10	36.454	0.030	20.930	34.690	0.689	2.391	2.898	0.048	98.130	5.984	0.004	4.049	4.761	0.096	0.585	0.510	15.988	79.998	9.831	8.562	1.609
11	37.089	0.012	20.690	34.403	0.722	2.411	2.846	0.038	98.211	6.064	0.001	3.987	4.703	0.100	0.588	0.498	15.941	79.860	9.978	8.464	1.697
12	36.540	0.015	20.857	34.290	0.717	2.395	2.917	0.017	97.748	6.009	0.002	4.042	4.715	0.100	0.587	0.514	15.968	79.701	9.925	8.687	1.688
13	36.614	0.011	20.942	34.627	0.793	2.401	2.899	0.043	98.330	5.995	0.001	4.041	4.741	0.110	0.586	0.509	15.983	79.740	9.858	8.553	1.850
14	36.740	0.040	20.935	34.569	0.763	2.403	2.890	0.069	98.409	6.007	0.005	4.034	4.726	0.106	0.586	0.506	15.971	79.783	9.888	8.546	1.784
15	36.366	0.043	20.705	34.094	0.765	2.276	3.240	0.058	97.547	6.002	0.005	4.027	4.705	0.107	0.560	0.573	15.979	79.145	9.420	9.636	1.799
16	36.946	0.061	20.885	34.412	0.825	2.395	3.087	0.064	98.675	6.022	0.007	4.012	4.690	0.114	0.582	0.539	15.965	79.158	9.822	9.098	1.922
17	36.875	0.032	20.790	34.369	0.857	2.345	3.067	0.070	98.405	6.029	0.004	4.006	4.699	0.119	0.572	0.537	15.964	79.288	9.645	9.065	2.002
18	36.917	0.045	20.768	34.465	0.751	2.362	2.893	0.066	98.267	6.040	0.006	4.004	4.715	0.104	0.576	0.507	15.952	79.885	9.761	8.591	1.763
19	37.106	0.005	20.870	34.446	0.740	2.387	2.906	0.051	98.511	6.049	0.001	4.010	4.696	0.102	0.580	0.508	15.945	79.783	9.857	8.624	1.736
20	36.733	0.048	20.737	34.531	0.763	2.382	2.915	0.042	98.151	6.022	0.006	4.007	4.734	0.106	0.582	0.512	15.969	79.775	9.811	8.628	1.785
21	37.153	0.038	20.623	34.508	0.703	2.370	2.938	0.036	98.369	6.068	0.005	3.969	4.713	0.097	0.577	0.514	15.943	79.862	9.779	8.711	1.648
22	37.033	0.078	20.773	34.563	0.739	2.415	2.824	0.066	98.491	6.044	0.010	3.995	4.717	0.102	0.588	0.494	15.949	79.942	9.959	8.368	1.731
23	36.895	0.069	20.633	34.473	0.721	2.388	2.950	0.057	98.186	6.043	0.009	3.983	4.722	0.100	0.583	0.518	15.957	79.724	9.846	8.741	1.689
24	36.964	0.047	20.683	34.479	0.777	2.339	2.833	0.061	98.183	6.053	0.006	3.991	4.721	0.108	0.571	0.497	15.946	80.061	9.683	8.428	1.827
25	36.521	0.043	20.594	34.355	0.814	2.259	2.909	0.053	97.548	6.028	0.005	4.006	4.741	0.114	0.556	0.514	15.964	80.018	9.381	8.681	1.920
26	37.136	0.020	20.465	34.091	0.885	2.244	2.977	0.028	97.846	6.093	0.002	3.957	4.677	0.123	0.549	0.523	15.926	79.648	9.347	8.911	2.094
27	36.701	0.071	20.601	34.478	0.902	2.199	2.735	0.058	97.745	6.044	0.009	3.998	4.748	0.126	0.540	0.483	15.948	80.526	9.157	8.184	2.134
28	37.110	0.091	20.430	34.533	1.023	2.081	2.803	0.066	98.137	6.087	0.011	3.949	4.736	0.142	0.509	0.493	15.927	80.552	8.654	8.377	2.417
29	36.566	0.101	20.364	34.321	1.157	1.928	2.818	0.063	97.318	6.058	0.013	3.976	4.755	0.162	0.476	0.500	15.941	80.678	8.080	8.487	2.755
30	35.188	0.162	18.899	32.632	1.088	3.700	2.156	0.075	93.900	6.030	0.021	3.816	4.676	0.158	0.945	0.396	16.041	75.725	15.308	6.410	2.557

Química mineral de Biotitas

T80-470-BT1

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.11	1.49	17.03	23.96	0.02	8.76	0.07	9.16	95.60	5.45	0.174	3.12	3.11	0.00	2.04	0.02	1.81
2	34.54	1.47	16.65	24.78	0.02	8.60	0.40	9.34	95.80	5.40	0.173	3.07	3.24	0.00	2.01	0.12	1.86
3	34.84	1.43	16.48	24.69	0.00	8.84	0.07	9.14	95.48	5.44	0.168	3.04	3.23	0.00	2.07	0.02	1.82
4	33.87	1.48	16.62	24.94	0.03	8.78	0.08	8.36	94.15	5.37	0.176	3.10	3.31	0.00	2.09	0.02	1.69
5	34.31	1.45	16.64	24.95	0.00	8.97	0.05	8.91	95.28	5.38	0.171	3.08	3.27	0.00	2.11	0.02	1.78
6	35.13	1.55	16.68	24.41	0.00	8.57	0.06	9.44	95.83	5.47	0.181	3.06	3.17	0.00	2.00	0.02	1.87
7	35.00	1.48	16.87	24.49	0.00	8.78	0.12	9.23	95.97	5.43	0.173	3.09	3.18	0.00	2.05	0.04	1.83
8	34.36	1.53	16.77	25.02	0.03	8.74	0.07	9.07	95.58	5.38	0.180	3.09	3.27	0.00	2.05	0.02	1.81
9	34.32	1.48	16.81	25.00	0.00	8.82	0.06	9.13	95.61	5.37	0.174	3.10	3.27	0.00	2.07	0.02	1.82

T80-470-BT2

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.26	1.54	18.26	20.97	0.15	9.45	0.14	9.32	95.09	5.42	0.178	3.31	2.70	0.02	2.18	0.04	1.83
2	34.87	1.60	18.09	21.16	0.16	9.65	0.15	9.45	95.13	5.38	0.185	3.29	2.73	0.02	2.23	0.05	1.86
3	34.14	1.59	17.80	21.46	0.22	9.82	0.06	9.28	94.36	5.33	0.186	3.27	2.80	0.03	2.30	0.02	1.85
4	32.68	1.28	18.43	22.26	0.19	10.72	0.07	7.81	93.44	5.14	0.151	3.42	2.93	0.03	2.53	0.02	1.57
5	34.10	1.57	18.25	21.10	0.20	9.54	0.10	9.40	94.26	5.32	0.184	3.35	2.75	0.03	2.23	0.03	1.87
6	33.76	1.64	18.24	20.87	0.21	9.80	0.13	8.97	93.63	5.29	0.193	3.37	2.73	0.03	2.31	0.04	1.79

T80-470-BT3 Granito

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.49	1.48	18.08	20.86	0.13	9.33	0.16	9.43	94.96	5.46	0.171	3.28	2.69	0.02	2.16	0.05	1.85

2	34.58	1.46	18.11	20.63	0.20	9.43	0.15	9.49	94.03	5.39	0.171	3.33	2.69	0.03	2.21	0.04	1.89
3	35.02	1.36	18.28	20.45	0.18	9.85	0.17	9.39	94.70	5.40	0.158	3.32	2.64	0.02	2.28	0.05	1.85
Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
4	34.70	1.34	18.20	21.18	0.21	9.76	0.07	8.81	94.26	5.38	0.156	3.33	2.75	0.03	2.27	0.02	1.74
5	34.93	1.41	17.62	20.62	0.20	9.44	0.14	9.15	93.51	5.46	0.166	3.25	2.70	0.03	2.22	0.04	1.83
6	34.48	1.41	18.40	20.76	0.22	9.57	0.16	9.42	94.41	5.35	0.164	3.37	2.70	0.03	2.23	0.05	1.87
7	34.82	1.29	18.24	20.67	0.20	9.65	0.10	9.59	94.57	5.40	0.150	3.33	2.68	0.03	2.24	0.03	1.90

T80-470-BT4

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	34.68	1.47	18.24	20.15	0.23	9.50	0.11	9.58	93.97	5.40	0.172	3.35	2.62	0.03	2.22	0.03	1.90
2	33.68	1.44	18.18	20.95	0.19	9.90	0.10	9.19	93.63	5.29	0.170	3.36	2.75	0.03	2.33	0.03	1.84
3	33.87	1.36	18.04	20.92	0.21	9.91	0.08	9.24	93.63	5.32	0.160	3.34	2.75	0.03	2.33	0.02	1.85
4	33.50	1.43	18.26	20.59	0.19	9.59	0.12	9.60	93.28	5.29	0.170	3.40	2.72	0.03	2.27	0.04	1.93
5	34.16	1.54	18.16	20.80	0.21	9.79	0.08	9.45	94.18	5.33	0.180	3.34	2.71	0.03	2.29	0.02	1.88
6	33.48	1.54	17.91	21.26	0.18	9.89	0.09	9.15	93.49	5.28	0.182	3.33	2.80	0.02	2.34	0.03	1.84

T80-470-BT5

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	34.78	1.39	18.04	21.27	0.18	9.94	0.06	9.08	94.74	5.38	0.162	3.29	2.75	0.02	2.31	0.02	1.79
2	33.56	1.49	18.40	21.36	0.20	9.92	0.12	9.23	94.27	5.24	0.175	3.39	2.79	0.03	2.33	0.04	1.84
3	34.13	1.54	18.15	21.00	0.17	9.74	0.11	9.41	94.22	5.32	0.180	3.34	2.74	0.02	2.28	0.03	1.87
4	34.14	1.51	18.36	20.97	0.19	9.73	0.11	9.50	94.50	5.31	0.176	3.36	2.73	0.03	2.27	0.03	1.89
5	33.69	1.38	18.01	21.88	0.19	10.19	0.06	8.77	94.18	5.27	0.162	3.32	2.86	0.03	2.39	0.02	1.75
6	33.11	1.32	17.99	22.10	0.15	10.44	0.07	8.31	93.50	5.22	0.157	3.34	2.91	0.02	2.47	0.02	1.67
7	33.47	1.47	18.12	21.70	0.20	10.27	0.08	8.88	94.19	5.24	0.173	3.34	2.84	0.03	2.41	0.02	1.77

8	34.75	1.52	17.96	21.07	0.18	9.75	0.15	9.15	94.51	5.39	0.177	3.28	2.73	0.02	2.27	0.04	1.81
9	34.44	1.52	18.00	21.39	0.21	9.70	0.12	9.46	94.82	5.34	0.177	3.29	2.78	0.03	2.26	0.04	1.87
10	34.44	1.55	18.02	21.29	0.18	9.64	0.15	9.35	94.61	5.35	0.181	3.30	2.77	0.02	2.25	0.05	1.85
11	32.07	1.00	18.35	23.48	0.23	12.02	0.06	6.36	93.57	5.04	0.118	3.40	3.08	0.03	2.83	0.02	1.27
12	34.27	1.44	18.27	21.34	0.18	10.00	0.16	9.22	94.87	5.31	0.168	3.34	2.76	0.02	2.33	0.05	1.82
13	34.59	1.56	18.05	21.18	0.16	9.72	0.16	9.28	94.70	5.36	0.182	3.30	2.74	0.02	2.26	0.05	1.84
14	33.97	1.42	17.89	21.60	0.18	10.20	0.08	9.18	94.51	5.29	0.167	3.29	2.82	0.02	2.39	0.02	1.82
15	34.50	1.67	17.90	21.20	0.23	9.65	0.10	9.57	94.80	5.35	0.195	3.27	2.75	0.03	2.25	0.03	1.89
16	33.45	1.45	18.06	21.06	0.14	10.24	0.06	9.18	93.64	5.26	0.171	3.34	2.77	0.02	2.41	0.02	1.84
17	33.75	1.50	18.20	20.99	0.17	9.85	0.10	9.42	93.99	5.28	0.177	3.36	2.75	0.02	2.31	0.03	1.88
18	34.45	1.50	18.11	20.77	0.22	9.77	0.06	9.48	94.34	5.36	0.175	3.32	2.70	0.03	2.28	0.02	1.88
19	33.87	1.53	18.34	20.80	0.17	9.74	0.07	9.45	93.97	5.30	0.180	3.38	2.72	0.02	2.29	0.02	1.89
20	33.76	1.58	18.25	20.91	0.22	9.73	0.06	9.57	94.07	5.28	0.185	3.36	2.74	0.03	2.29	0.02	1.91
21	34.70	1.55	17.96	20.94	0.17	9.68	0.10	9.40	94.50	5.38	0.181	3.29	2.72	0.02	2.26	0.03	1.86
22	33.94	1.59	18.06	20.80	0.18	9.75	0.08	9.53	93.92	5.31	0.187	3.33	2.72	0.02	2.29	0.02	1.90
23	34.22	1.54	18.08	20.76	0.13	9.81	0.11	9.49	94.15	5.34	0.180	3.32	2.71	0.02	2.30	0.03	1.89
24	34.33	1.61	18.03	20.97	0.20	9.68	0.07	9.55	94.43	5.34	0.188	3.31	2.73	0.03	2.26	0.02	1.90
25	34.28	1.58	17.97	20.76	0.16	9.81	0.04	9.50	94.11	5.35	0.186	3.30	2.71	0.02	2.30	0.01	1.89
26	33.70	1.51	17.96	21.05	0.13	10.03	0.04	9.28	93.70	5.29	0.178	3.32	2.76	0.02	2.36	0.01	1.86
27	34.13	1.03	19.30	20.41	0.18	10.07	0.05	7.78	92.95	5.31	0.121	3.54	2.66	0.02	2.35	0.02	1.55
T80-470- BT6																	
Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	Na2O	K2O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	34.67	1.48	18.23	21.48	0.17	9.88	0.09	9.24	95.22	5.35	0.171	3.31	2.77	0.02	2.29	0.03	1.82
2	34.00	1.48	18.57	21.28	0.17	9.64	0.10	9.48	94.71	5.28	0.173	3.40	2.77	0.02	2.25	0.03	1.88

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
3	34.51	1.53	18.33	20.96	0.17	9.62	0.21	9.50	94.83	5.34	0.178	3.34	2.71	0.02	2.23	0.06	1.88
4	34.17	1.50	18.49	21.01	0.17	9.50	0.11	9.59	94.54	5.31	0.175	3.39	2.73	0.02	2.22	0.03	1.90
5	34.32	1.54	18.47	21.03	0.20	9.58	0.07	9.45	94.65	5.32	0.179	3.38	2.73	0.03	2.23	0.02	1.87
6	34.67	1.46	18.37	21.03	0.22	9.56	0.13	9.54	94.96	5.36	0.170	3.35	2.72	0.03	2.22	0.04	1.88
7	34.18	1.45	18.34	20.83	0.19	9.60	0.11	9.57	94.27	5.33	0.170	3.37	2.71	0.03	2.25	0.03	1.90
8	34.98	1.49	18.18	20.65	0.16	9.77	0.12	9.48	94.82	5.40	0.173	3.31	2.66	0.02	2.26	0.03	1.87

T80-515.25 - BT1

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.76	1.37	19.28	18.95	0.14	11.27	0.05	0.11	8.83	95.76	5.38	0.16	3.42	2.38	0.02	2.55	0.03	1.69
2	35.91	1.39	19.10	18.39	0.06	11.72	0.00	0.10	9.17	95.83	5.39	0.17	3.38	2.31	0.011	2.64	0.03	1.75
3	34.45	1.17	18.84	19.88	0.07	12.39	0.00	0.00	7.73	94.54	5.26	0.14	3.39	2.54	0.010	2.84	0.00	1.50
4	35.42	1.30	18.85	19.12	0.08	12.31	0.00	0.04	8.22	95.37	5.34	0.15	3.35	2.41	0.010	2.78	0.01	1.58

T37-247-BT2

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.808	1.471	16.910	25.792	0.000	7.820	0.014	0.096	8.369	96.280	5.530	0.171	3.078	3.331	0.000	1.813	0.029	1.649
2	34.746	1.508	17.568	22.644	0.000	8.991	0.000	0.118	8.644	94.219	5.426	0.177	3.233	2.957	0.000	2.107	0.036	1.722
3	34.601	1.551	17.827	22.146	0.000	9.336	0.019	0.186	8.668	94.334	5.388	0.182	3.271	2.883	0.000	2.182	0.056	1.722
4	34.712	1.419	17.064	23.313	0.000	9.111	0.012	0.110	7.892	93.633	5.453	0.168	3.159	3.063	0.000	2.148	0.034	1.582

T37-247-BT2b

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	34.339	1.624	18.643	0.140	22.536	0.000	8.720	0.164	0.092	8.731	95.012	5.333	0.190	3.412	2.926	0.000	2.032	0.028	1.730
1	34.209	1.469	18.346	0.089	22.931	0.000	9.114	0.000	0.044	8.546	94.800	5.322	0.172	3.364	2.983	0.000	2.128	0.013	1.696
2	34.319	1.495	17.831	0.113	22.690	0.000	9.558	0.000	0.102	8.883	95.055	5.336	0.175	3.267	2.950	0.000	2.231	0.031	1.762
3	34.275	1.556	17.604	0.120	22.838	0.000	9.859	0.000	0.079	8.466	94.821	5.333	0.182	3.228	2.972	0.000	2.303	0.024	1.680
4	34.532	1.455	17.694	0.075	22.694	0.000	9.421	0.001	0.084	8.903	94.915	5.372	0.170	3.244	2.952	0.000	2.200	0.025	1.767

T37-247-BT2c

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	38.696	0.005	19.019	0.061	35.081	1.295	1.597	2.771	0.009	0.021	1.433	98.568	5.917	0.001	3.427	4.486	0.168	0.367	0.003	0.004
2	33.884	1.404	18.163	0.210	23.011	0.000	8.733	0.015	0.064	8.221	6.202	93.798	5.338	0.166	3.372	3.031	0.000	2.065	0.020	1.652
3	35.930	1.515	18.178	0.219	21.940	0.000	8.223	0.019	0.120	8.985	4.791	95.211	5.535	0.176	3.300	2.826	0.000	1.901	0.036	1.766
4	34.752	1.216	17.585	0.279	23.265	0.000	9.730	0.010	0.057	6.982	6.060	93.941	5.423	0.143	3.234	3.036	0.000	2.279	0.017	1.390

T37-247-BT2e

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
6	35.137	1.205	16.967	0.101	23.320	0.061	8.614	0.127	0.069	8.558	5.746	94.252	5.518	0.142	3.140	3.062	0.008	2.030	0.021	1.714
7	35.007	1.577	16.975	0.179	22.386	0.000	9.666	0.112	0.094	8.428	5.527	94.473	5.459	0.185	3.119	2.919	0.000	2.262	0.028	1.676
8	35.533	1.454	17.440	0.205	21.660	0.000	9.390	0.000	0.162	9.150	4.931	95.068	5.494	0.169	3.178	2.801	0.000	2.179	0.049	1.805
9	35.252	1.442	17.114	0.152	21.738	0.000	9.285	0.000	0.158	9.007	5.739	94.262	5.503	0.169	3.148	2.837	0.000	2.175	0.048	1.793
10	37.766	1.381	16.337	0.087	21.024	0.000	9.171	0.000	0.120	8.344	5.717	94.282	5.799	0.159	2.956	2.699	0.000	2.114	0.036	1.634

T80-472-BT1

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	32.589	1.099	16.537	31.750	0.000	7.123	0.000	0.219	5.171	94.488	5.240	0.133	3.134	4.269	0.000	1.719	0.068	1.061
2	34.675	1.258	17.064	29.525	0.000	6.355	0.000	0.049	8.412	97.338	5.409	0.148	3.137	3.851	0.000	1.488	0.015	1.674
2	33.764	1.262	17.330	30.116	0.000	6.673	0.000	0.053	7.916	97.114	5.292	0.149	3.201	3.947	0.000	1.570	0.016	1.583
4	35.437	1.329	17.278	27.939	0.000	6.356	0.000	0.096	8.925	97.360	5.486	0.155	3.152	3.617	0.000	1.477	0.029	1.763
5	35.455	1.387	17.267	28.019	0.000	6.216	0.000	0.039	8.976	97.359	5.491	0.162	3.152	3.629	0.000	1.445	0.012	1.773

T80-472-BT2

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.583	1.510	16.629	28.797	0.000	6.404	0.000	0.070	8.560	97.553	5.511	0.176	3.035	3.729	0.000	1.489	0.021	1.691
2	34.040	1.521	16.770	29.348	0.000	6.996	0.000	0.036	7.825	96.536	5.346	0.180	3.104	3.854	0.000	1.649	0.011	1.568
3	34.232	1.466	17.407	28.688	0.000	7.088	0.000	0.081	7.978	96.940	5.332	0.172	3.195	3.737	0.000	1.657	0.024	1.585
4	34.805	1.443	17.266	29.419	0.000	6.516	0.000	0.089	8.290	97.828	5.390	0.168	3.151	3.810	0.000	1.515	0.027	1.638
5	30.645	1.015	16.983	34.257	0.000	8.472	0.000	0.024	3.879	95.275	4.932	0.125	3.221	4.610	0.000	2.046	0.007	0.796

T80-472-BT3

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
4	35.187	1.632	18.836	25.334	0.000	6.076	0.000	0.047	9.136	96.248	5.440	0.190	3.432	3.275	0.000	1.410	0.014	1.802
5	35.740	1.532	19.627	24.854	0.000	5.720	0.000	0.112	9.156	96.741	5.468	0.176	3.539	3.180	0.000	1.313	0.033	1.787

T80-480-BT4

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.515	1.204	16.612	26.294	0.000	8.663	0.000	0.063	8.389	96.740	5.479	0.140	3.020	3.392	0.000	2.006	0.019	1.651
2	36.258	1.175	16.711	24.979	0.000	9.332	0.000	0.067	8.685	97.207	5.527	0.135	3.002	3.184	0.000	2.135	0.020	1.689
3	36.374	1.183	16.648	24.660	0.000	9.378	0.000	0.184	8.491	96.918	5.548	0.136	2.992	3.145	0.000	2.147	0.054	1.652
4	36.303	1.217	16.480	25.787	0.000	8.859	0.000	0.086	8.640	97.372	5.545	0.140	2.967	3.294	0.000	2.031	0.025	1.684

T80-480-BT5

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	36.123	1.302	17.948	23.964	0.000	8.327	0.021	9.078	96.763	5.508	0.149	3.225	3.056	0.000	1.906	0.006	1.766
2	36.527	1.460	17.102	24.541	0.000	8.386	0.072	9.221	97.309	5.560	0.167	3.068	3.123	0.000	1.916	0.021	1.790

T80-480-BT6

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	36.414	1.394	17.126	24.838	0.000	8.803	0.044	8.512	97.131	5.538	0.159	3.070	3.159	0.000	2.009	0.013	1.651
2	36.564	1.449	17.131	24.163	0.000	8.621	0.070	9.120	97.118	5.562	0.166	3.071	3.074	0.000	1.968	0.021	1.770

T80-480-BT7

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.546	1.545	16.968	24.549	0.000	8.897	0.120	8.486	96.111	5.475	0.179	3.080	3.162	0.000	2.057	0.036	1.667
2	36.218	1.448	16.839	24.246	0.000	8.838	0.105	8.834	96.528	5.547	0.167	3.039	3.105	0.000	2.031	0.031	1.726
3	36.447	1.449	16.848	23.840	0.000	8.623	0.068	9.176	96.451	5.582	0.167	3.041	3.053	0.000	1.982	0.020	1.793
4	36.263	1.428	16.630	24.249	0.000	8.811	0.068	8.685	96.134	5.572	0.165	3.011	3.116	0.000	2.032	0.020	1.702

T80-480-BT8

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	35.927	1.462	17.324	24.449	0.000	8.250	0.020	9.206	96.638	5.512	0.169	3.132	3.137	0.000	1.900	0.006	1.802

2	36.080	1.509	17.031	24.253	0.000	8.308	0.021	9.006	96.208	5.549	0.175	3.087	3.119	0.000	1.918	0.006	1.767
3	35.880	1.524	17.245	24.326	0.027	8.211	0.061	9.027	96.301	5.518	0.176	3.126	3.128	0.004	1.895	0.018	1.771

T80-S69-BT2

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K
1	37.543	1.395	18.968	12.569	0.246	14.112	0.273	9.498	100.001	5.546	0.155	3.302	1.552	0.031	3.129	0.078	1.790
2	37.676	1.351	18.797	12.430	0.181	13.989	0.229	9.580	99.998	5.582	0.151	3.282	1.540	0.023	3.111	0.066	1.811
3	36.535	1.290	21.734	12.230	0.161	13.416	0.374	8.873	99.998	5.360	0.142	3.758	1.500	0.020	2.954	0.106	1.661

T37-235-BT1

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
4	29.868	1.521	15.586	28.351	0.132	12.255	0.735	0.065	2.051	100.003	4.935	0.189	3.035	3.917	0.018	3.039	0.021	0.432	15.586
5	33.957	1.275	16.253	25.726	0.128	9.149	0.028	0.067	6.902	99.997	5.398	0.152	3.045	3.420	0.017	2.183	0.021	1.400	15.637
6	32.831	1.107	16.246	26.218	0.116	10.147	0.000	0.059	5.270	100.000	5.283	0.134	3.081	3.528	0.016	2.451	0.018	1.082	15.593
7	34.023	1.427	16.805	24.137	0.112	8.998	0.000	0.096	8.248	100.000	5.384	0.170	3.134	3.194	0.015	2.137	0.029	1.665	15.727
8	33.432	1.253	16.017	25.796	0.123	9.780	0.015	0.038	5.785	100.000	5.363	0.151	3.028	3.460	0.017	2.355	0.012	1.184	15.570
9	30.794	0.736	15.683	28.232	0.178	12.162	0.000	0.049	2.476	100.001	5.054	0.091	3.033	3.874	0.025	2.996	0.016	0.518	15.606
10	32.194	1.051	16.448	26.703	0.088	10.982	0.000	0.101	4.855	99.999	5.165	0.127	3.110	3.582	0.012	2.644	0.031	0.994	15.666
11	35.036	1.110	15.865	25.154	0.100	9.318	0.008	0.102	5.645	100.000	5.562	0.133	2.968	3.339	0.013	2.220	0.031	1.143	15.409

T37-235-BT2

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	24.694	0.045	22.413	24.711	0.069	16.406	0.056	0.018	100.000	4.040	0.006	4.321	3.380	0.010	4.028	0.018	0.004	15.805
2	25.925	0.085	20.835	25.410	0.036	15.226	0.019	0.114	100.001	4.287	0.011	4.061	3.514	0.005	3.779	0.006	0.024	15.687
3	24.377	0.076	22.466	24.752	0.000	16.335	0.000	0.003	100.002	4.008	0.009	4.353	3.403	0.000	4.031	0.000	0.001	15.806
4	24.910	0.089	22.492	25.284	0.050	15.900	0.010	0.009	100.000	4.066	0.011	4.327	3.451	0.007	3.895	0.003	0.002	15.762
5	25.204	0.069	21.326	24.106	0.031	15.843	0.050	0.004	100.000	4.194	0.009	4.182	3.354	0.004	3.956	0.016	0.001	15.715
6	24.524	0.075	22.245	24.032	0.108	16.776	0.005	0.016	100.001	4.030	0.009	4.308	3.303	0.015	4.138	0.002	0.003	15.809
7	24.333	0.078	22.263	24.365	0.022	17.025	0.003	0.011	100.001	3.992	0.010	4.305	3.343	0.003	4.192	0.001	0.002	15.848

8	25.711	0.346	18.668	26.312	0.165	15.149	0.084	0.359	99.996	4.347	0.044	3.719	3.720	0.024	3.844	0.028	0.077	15.802
9	25.655	0.200	21.046	25.253	0.107	15.480	0.062	0.534	99.999	4.223	0.025	4.083	3.476	0.015	3.824	0.020	0.112	15.777
10	27.388	0.555	18.801	25.843	0.120	14.543	0.071	1.779	100.001	4.510	0.069	3.649	3.559	0.017	3.595	0.023	0.374	15.795
12	33.117	1.275	16.430	23.777	0.138	9.580	0.188	6.886	100.000	5.351	0.155	3.129	3.213	0.019	2.323	0.059	1.419	15.668
13	32.966	0.612	17.326	24.193	0.160	10.218	0.168	3.065	100.001	5.360	0.075	3.320	3.289	0.022	2.494	0.053	0.636	15.249

T37-235

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	31.332	1.089	15.829	27.926	0.132	9.905	0.092	3.920	90.567	5.175	0.135	3.081	3.857	0.018	2.455	0.029	0.826	15.577
2	34.006	1.309	16.028	25.695	0.129	9.157	0.032	6.965	93.670	5.416	0.157	3.009	3.422	0.017	2.189	0.010	1.415	15.635
3	30.843	1.046	13.643	22.338	0.169	8.201	0.103	3.378	87.995	5.619	0.143	2.929	3.403	0.026	2.242	0.036	0.785	15.184
4	25.421	0.068	21.797	24.190	0.026	16.400	0.031	0.020	88.103	4.162	0.008	4.205	3.311	0.004	4.030	0.010	0.004	15.734
5	26.082	0.053	21.685	24.408	0.000	15.919	0.004	0.019	88.405	4.254	0.007	4.168	3.329	0.000	3.897	0.001	0.004	15.658
6	25.636	0.049	21.766	25.244	0.055	15.142	0.022	0.009	88.186	4.217	0.006	4.220	3.473	0.008	3.739	0.007	0.002	15.671
7	26.870	0.220	22.022	23.280	0.049	17.060	0.035	0.152	89.932	4.276	0.026	4.130	3.098	0.007	4.075	0.011	0.031	15.653
8	26.434	0.090	21.427	24.421	0.074	15.986	0.010	0.182	88.907	4.292	0.011	4.100	3.316	0.010	3.896	0.003	0.038	15.667
9	32.179	0.993	16.452	27.321	0.164	9.936	0.063	4.584	92.061	5.212	0.121	3.141	3.701	0.022	2.416	0.020	0.947	15.580
10	26.018	0.068	21.475	24.085	0.031	16.503	0.021	0.023	88.341	4.238	0.008	4.122	3.280	0.004	4.034	0.007	0.005	15.699
11	25.994	0.092	21.836	24.330	0.019	16.396	0.027	0.019	88.819	4.213	0.011	4.171	3.297	0.003	3.989	0.008	0.004	15.696

T37-235

T37-288

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	37.066	1.442	18.637	13.619	0.150	13.875	0.000	0.186	9.423	94.988	5.518	0.161	3.270	1.695	0.019	3.100	0.054	1.789	15.607
2	36.855	1.403	18.805	13.705	0.179	14.119	0.020	0.308	9.220	95.035	5.477	0.157	3.293	1.703	0.023	3.149	0.089	1.748	15.638
3	37.147	1.495	18.802	13.341	0.175	13.881	0.002	0.480	9.088	94.942	5.515	0.167	3.290	1.656	0.022	3.093	0.138	1.721	15.603
4	36.819	1.406	18.644	13.804	0.149	14.242	0.032	0.168	9.095	94.862	5.484	0.157	3.272	1.719	0.019	3.183	0.049	1.728	15.611
5	36.462	1.442	18.373	13.949	0.189	14.254	0.030	0.220	9.172	94.722	5.462	0.162	3.244	1.747	0.024	3.205	0.064	1.753	15.662

6	37.150	1.416	18.621	13.572	0.166	13.976	0.052	0.226	9.308	95.054	5.523	0.158	3.263	1.687	0.021	3.119	0.065	1.765	15.602
7	40.444	1.063	19.361	11.505	0.146	11.595	0.782	1.686	7.754	94.649	5.914	0.117	3.337	1.407	0.018	2.545	0.478	1.446	15.262
8	36.872	1.358	18.943	13.377	0.126	14.151	0.000	0.165	9.535	94.941	5.479	0.152	3.317	1.662	0.016	3.156	0.048	1.807	15.638
9	37.165	1.379	19.093	13.576	0.178	13.932	0.000	0.376	9.214	95.443	5.494	0.153	3.327	1.678	0.022	3.091	0.108	1.738	15.612
10	36.827	1.414	19.255	13.360	0.178	13.706	0.049	0.409	9.063	94.711	5.478	0.158	3.376	1.662	0.022	3.060	0.118	1.720	15.594
11	37.088	1.456	18.710	13.378	0.159	14.019	0.046	0.289	9.253	94.823	5.514	0.163	3.278	1.663	0.020	3.128	0.083	1.755	15.604
12	37.053	1.457	18.601	13.394	0.143	14.107	0.073	0.387	8.974	94.638	5.516	0.163	3.264	1.667	0.018	3.152	0.112	1.704	15.597

T37-288

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	37.566	1.541	18.229	13.738	0.192	13.998	0.033	0.289	8.908	94.958	5.573	0.172	3.187	1.704	0.024	3.117	0.083	1.686	15.546
2	37.988	1.467	18.413	13.681	0.179	13.855	0.042	0.369	9.061	95.551	5.599	0.163	3.199	1.686	0.022	3.065	0.105	1.704	15.543
3	36.827	1.361	18.772	13.906	0.137	14.219	0.001	0.229	8.887	94.832	5.479	0.152	3.292	1.730	0.017	3.175	0.066	1.687	15.599
4	37.599	1.416	18.755	13.926	0.182	13.921	0.000	0.304	9.208	95.777	5.539	0.157	3.256	1.715	0.023	3.078	0.087	1.730	15.585
5	37.542	1.453	18.545	13.935	0.195	13.852	0.000	0.338	9.176	95.352	5.549	0.162	3.230	1.722	0.024	3.073	0.097	1.730	15.588
6	36.838	1.459	19.050	14.278	0.219	13.511	0.005	0.154	9.053	94.896	5.481	0.163	3.340	1.776	0.028	3.017	0.044	1.718	15.567
7	37.261	1.467	18.929	13.377	0.139	13.955	0.076	0.372	8.983	95.005	5.519	0.163	3.304	1.657	0.017	3.102	0.107	1.697	15.567
8	37.594	1.408	19.010	13.552	0.130	13.898	0.019	0.402	9.108	95.630	5.536	0.156	3.299	1.669	0.016	3.071	0.115	1.711	15.572
9	37.523	1.339	18.567	13.862	0.155	13.754	0.057	0.151	9.096	95.010	5.570	0.150	3.248	1.721	0.019	3.065	0.043	1.722	15.539

T80-515-BT2

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	36.884	1.480	18.987	17.538	0.138	10.296	0.121	0.171	8.268	94.124	5.587	0.169	3.390	2.221	0.018	2.341	0.050	1.598	15.373
2	35.809	1.415	18.761	18.442	0.099	10.916	0.052	0.072	8.675	94.685	5.456	0.162	3.368	2.349	0.013	2.496	0.021	1.686	15.552
3	35.241	1.355	18.658	18.634	0.079	11.595	0.018	0.026	8.121	93.959	5.393	0.156	3.365	2.385	0.010	2.663	0.008	1.585	15.565
4	35.305	1.339	18.168	19.438	0.075	11.337	0.028	0.051	7.626	93.870	5.421	0.155	3.287	2.496	0.010	2.659	0.015	1.494	15.535
5	36.289	1.519	18.685	17.518	0.060	11.486	0.013	0.196	9.042	95.119	5.476	0.172	3.323	2.210	0.008	2.601	0.057	1.740	15.589
6	36.111	1.499	18.703	17.345	0.055	11.368	0.012	0.238	8.871	94.541	5.477	0.171	3.343	2.200	0.007	2.588	0.070	1.716	15.573

T80-515

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	29.037	0.151	19.192	22.940	0.198	15.604	0.053	0.016	1.787	89.067	4.692	0.018	3.655	3.100	0.027	3.784	0.005	0.368	15.649
2	36.281	1.193	18.823	17.904	0.073	11.057	0.052	0.141	9.020	94.773	5.499	0.136	3.362	2.269	0.009	2.515	0.041	1.744	15.576
3	34.938	1.421	18.506	19.669	0.078	11.551	0.033	0.046	7.426	93.935	5.362	0.164	3.347	2.524	0.010	2.661	0.014	1.454	15.535
4	35.300	2.199	18.627	18.334	0.063	10.669	0.381	0.041	8.313	94.127	5.409	0.253	3.364	2.349	0.008	2.454	0.012	1.625	15.474
5	36.603	1.214	18.885	17.504	0.046	10.993	0.000	0.202	9.149	94.787	5.530	0.138	3.362	2.211	0.006	2.493	0.059	1.763	15.562
6	36.457	1.333	19.224	16.990	0.065	10.909	0.014	0.256	9.211	94.789	5.506	0.151	3.422	2.146	0.008	2.473	0.075	1.775	15.556

T80-515

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	30.637	0.515	18.178	21.793	0.099	16.575	0.010	0.024	2.732	91.023	4.844	0.061	3.387	2.881	0.013	3.934	0.007	0.551	15.680
2	34.710	1.111	18.644	19.629	0.015	12.111	0.000	0.023	7.188	93.751	5.330	0.128	3.374	2.521	0.002	2.791	0.007	1.408	15.562
3	33.624	0.941	18.704	20.273	0.112	12.938	0.000	0.060	6.131	93.146	5.203	0.110	3.411	2.623	0.015	3.005	0.018	1.210	15.596
4	35.738	1.359	19.051	17.923	0.084	10.937	0.053	0.103	9.174	94.816	5.436	0.155	3.415	2.280	0.011	2.497	0.030	1.780	15.606
5	34.808	1.115	19.258	18.691	0.101	11.449	0.051	0.046	7.857	93.790	5.344	0.129	3.485	2.400	0.013	2.638	0.014	1.539	15.561
6	34.965	1.240	18.765	18.989	0.056	11.373	0.036	0.039	8.055	93.912	5.374	0.143	3.399	2.440	0.007	2.624	0.012	1.579	15.579
7	35.103	1.353	18.898	18.839	0.060	11.001	0.000	0.052	8.516	94.254	5.384	0.156	3.416	2.416	0.008	2.532	0.015	1.666	15.593

T80-515

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	35.332	1.476	18.825	18.149	0.126	11.242	0.084	0.101	8.991	94.535	5.392	0.169	3.386	2.316	0.016	2.575	0.030	1.750	15.635
2	35.472	1.380	18.541	17.790	0.064	11.627	0.000	0.053	8.989	94.176	5.421	0.159	3.339	2.273	0.008	2.667	0.016	1.752	15.635
3	35.938	1.498	18.578	18.420	0.054	10.657	0.019	0.047	9.079	94.695	5.481	0.172	3.339	2.349	0.007	2.439	0.014	1.766	15.568
4	35.010	1.330	18.878	18.622	0.058	11.016	0.000	0.033	8.393	93.647	5.389	0.154	3.424	2.397	0.008	2.545	0.010	1.648	15.574
5	35.216	1.380	18.703	18.987	0.094	11.006	0.000	0.056	8.555	94.401	5.397	0.159	3.378	2.433	0.012	2.531	0.017	1.672	15.600
6	35.085	2.240	18.352	17.883	0.043	10.942	0.941	0.081	7.931	93.726	5.415	0.260	3.338	2.308	0.006	2.535	0.024	1.562	15.448

T80-530

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	35.155	1.060	16.185	22.102	0.023	11.319	0.000	0.148	7.780	94.023	5.481	0.124	2.974	2.881	0.003	2.649	0.045	1.547	15.704
2	36.094	1.238	16.344	20.411	0.059	11.478	0.000	0.076	9.102	95.053	5.546	0.143	2.960	2.623	0.008	2.647	0.023	1.784	15.734
3	35.887	1.257	16.509	20.546	0.066	11.074	0.000	0.055	9.171	95.128	5.536	0.146	3.001	2.650	0.009	2.564	0.016	1.805	15.728
4	36.127	1.273	16.472	20.441	0.044	11.326	0.000	0.050	9.087	95.135	5.548	0.147	2.981	2.625	0.006	2.610	0.015	1.780	15.712
5	36.771	0.749	15.848	20.644	0.772	6.501	1.054	0.263	4.835	87.650	6.051	0.093	3.073	2.841	0.108	1.606	0.084	1.015	14.869
6	35.460	1.244	16.923	20.074	0.053	11.385	0.021	0.146	8.688	94.335	5.482	0.145	3.083	2.595	0.007	2.642	0.044	1.713	15.710
7	35.368	1.244	16.895	20.133	0.061	11.502	0.000	0.121	8.670	94.312	5.469	0.145	3.079	2.603	0.008	2.669	0.036	1.710	15.720
8	35.625	1.271	16.589	20.305	0.010	11.493	0.000	0.133	8.764	94.550	5.502	0.148	3.019	2.622	0.001	2.664	0.040	1.727	15.724
12	35.270	1.258	16.074	21.122	0.046	11.413	0.071	0.103	8.039	93.767	5.507	0.148	2.958	2.758	0.006	2.674	0.031	1.601	15.683
13	36.045	1.235	16.284	22.858	0.021	10.988	0.000	0.053	8.805	96.632	5.506	0.142	2.931	2.920	0.003	2.519	0.016	1.716	15.752
14	36.470	1.222	16.227	20.610	0.040	11.140	0.011	0.079	8.704	94.934	5.608	0.141	2.940	2.650	0.005	2.571	0.024	1.707	15.646
15	33.060	0.805	16.294	22.503	0.054	13.403	0.034	0.053	5.117	91.536	5.254	0.096	3.052	2.990	0.007	3.197	0.016	1.037	15.651
16	35.755	1.219	16.155	21.032	0.054	11.462	0.000	0.048	8.477	94.551	5.532	0.142	2.946	2.721	0.007	2.662	0.014	1.673	15.697
17	35.330	1.377	16.300	21.312	0.020	11.490	0.000	0.049	8.472	94.723	5.471	0.160	2.974	2.759	0.003	2.670	0.015	1.673	15.726

T80-530-

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	32.077	0.667	18.872	23.112	0.043	12.029	0.000	0.025	7.140	94.096	5.022	0.079	3.482	3.026	0.006	2.827	0.008	1.426	15.875
2	34.678	0.991	17.372	21.830	0.071	12.438	0.000	0.055	7.297	94.987	5.326	0.114	3.144	2.803	0.009	2.867	0.016	1.430	15.710
3	36.245	1.417	16.406	20.981	0.000	11.478	0.000	0.068	8.776	95.678	5.535	0.163	2.953	2.679	0.000	2.631	0.020	1.710	15.691
4	36.468	1.473	16.272	21.272	0.005	11.287	0.000	0.051	8.712	95.877	5.562	0.169	2.925	2.713	0.001	2.584	0.015	1.695	15.662
5	36.023	1.398	16.523	20.992	0.055	11.324	0.000	0.118	8.820	95.639	5.515	0.161	2.981	2.687	0.007	2.602	0.035	1.723	15.712
7	35.423	1.248	16.312	21.786	0.076	11.145	0.369	0.159	6.950	93.728	5.521	0.146	2.996	2.839	0.010	2.607	0.048	1.382	15.550
8	36.693	1.376	16.548	20.777	0.000	11.319	0.000	0.053	8.764	95.800	5.578	0.157	2.965	2.641	0.000	2.583	0.016	1.700	15.640
9	35.943	1.330	17.030	20.534	0.002	11.906	0.028	0.058	8.075	95.342	5.482	0.153	3.061	2.619	0.000	2.726	0.017	1.571	15.629
10	37.968	0.000	20.691	33.247	2.077	2.582	3.033	0.022	0.013	99.744	5.722	0.000	3.675	4.190	0.265	0.584	0.006	0.002	14.445

11	34.087	1.205	17.060	22.749	0.083	11.773	0.057	0.120	6.991	94.425	5.300	0.141	3.126	2.958	0.011	2.748	0.036	1.387	15.707
12	36.168	1.407	16.571	20.765	0.025	11.353	0.004	0.131	8.786	95.543	5.529	0.162	2.986	2.655	0.003	2.605	0.039	1.713	15.692
13	34.210	1.269	16.503	22.445	0.026	11.974	0.000	0.028	7.539	94.171	5.334	0.149	3.032	2.926	0.003	2.802	0.008	1.499	15.755
21	43.899	0.385	7.939	22.896	0.214	15.466	1.567	0.544	2.282	95.292	6.573	0.043	1.401	2.867	0.027	3.476	0.158	0.436	14.980
22	35.908	1.422	16.357	20.697	0.017	11.452	0.023	0.291	8.520	95.095	5.521	0.164	2.964	2.661	0.002	2.643	0.087	1.671	15.712
23	37.142	1.417	16.208	20.117	0.019	10.179	0.006	0.270	8.821	94.461	5.711	0.164	2.937	2.587	0.002	2.349	0.080	1.730	15.562

T80-536

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	35.454	1.198	17.145	22.210	0.302	9.344	0.854	0.113	7.119	94.037	5.551	0.141	3.163	2.908	0.040	2.196	0.034	1.422	15.455
2	36.576	1.431	16.754	19.869	0.029	11.287	0.000	0.108	8.923	95.413	5.577	0.164	3.010	2.533	0.004	2.583	0.032	1.735	15.638
3	36.195	1.714	16.583	20.327	0.033	10.426	0.249	0.116	8.457	94.599	5.589	0.199	3.018	2.625	0.004	2.416	0.035	1.666	15.553
4	36.726	0.915	14.864	23.325	0.382	9.069	0.618	0.109	6.043	92.324	5.834	0.109	2.782	3.098	0.051	2.162	0.034	1.224	15.295
5	36.085	1.418	16.618	20.383	0.073	11.141	0.011	0.070	8.915	95.157	5.541	0.164	3.007	2.617	0.009	2.568	0.021	1.746	15.675
6	35.564	1.304	16.723	21.479	0.026	11.174	0.013	0.102	8.278	95.065	5.480	0.151	3.037	2.767	0.003	2.584	0.030	1.627	15.680
7	36.664	1.274	16.731	19.735	0.042	11.195	0.097	0.081	9.041	95.086	5.601	0.146	3.012	2.521	0.005	2.567	0.024	1.762	15.639
8	36.555	1.456	16.507	20.074	0.037	10.970	0.000	0.097	9.153	95.347	5.597	0.168	2.978	2.570	0.005	2.521	0.029	1.788	15.655
9	36.711	1.266	16.603	19.960	0.056	11.207	0.065	0.098	8.886	95.078	5.609	0.145	2.989	2.550	0.007	2.570	0.029	1.732	15.631
10	35.717	1.505	16.296	20.274	0.024	11.001	0.018	0.086	8.727	94.122	5.548	0.176	2.983	2.633	0.003	2.565	0.026	1.729	15.662
Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
11	36.680	1.448	16.477	19.710	0.053	11.235	0.000	0.114	8.890	95.091	5.610	0.167	2.970	2.521	0.007	2.579	0.034	1.734	15.622
12	36.249	1.473	16.449	20.477	0.024	10.651	0.000	0.045	9.125	94.855	5.585	0.171	2.987	2.638	0.003	2.463	0.013	1.793	15.654

T80-536

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
2	34.641	1.203	16.239	22.656	0.044	10.715	0.019	0.033	7.748	93.772	5.450	0.142	3.011	2.981	0.006	2.530	0.010	1.555	15.685

3	35.779	1.412	16.428	20.881	0.004	10.774	0.009	0.059	8.690	94.466	5.545	0.165	3.000	2.706	0.001	2.506	0.018	1.718	15.658
4	34.750	1.343	16.029	22.555	0.036	10.762	0.006	0.044	7.731	93.623	5.466	0.159	2.971	2.966	0.005	2.541	0.013	1.551	15.672
5	36.447	1.022	16.534	23.652	0.376	8.778	0.424	0.027	7.215	94.828	5.664	0.119	3.028	3.074	0.049	2.048	0.008	1.430	15.421
6	35.642	1.320	16.349	21.035	0.019	10.878	0.000	0.064	8.535	94.216	5.537	0.154	2.993	2.733	0.002	2.536	0.019	1.691	15.667
7	35.743	1.664	15.802	21.172	0.013	10.362	0.479	0.070	8.264	93.866	5.596	0.196	2.915	2.772	0.002	2.435	0.021	1.650	15.586

SAMPLE	SR32	TR31	AL208	FR6	CR208	MO93	MO90	CA90	NA20	K20	TOTAL	TR1	TAL	TR32	TR1	CAL	CCR	CTE1	CT1	CM90	CEE2	CMN	CCA	SUM	BMO	BEE2	BMN	BCA	BNA	SUM	ACA	ANA	AX	SUM	SUM_CA	
459B31	52.44	0.02	0.33	12.68	0.00	0.37	12.46	0.34	0.00	0.00	99.62	7.40	0.06	95.5	0.00	9.00	0.00	0.00	1.30	0.00	2.62	1.00	0.02	9.00	5.00	0.00	0.25	0.02	0.05	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00
459B32		0.04	0.37	13.74	0.00	0.40	13.32	0.34	0.11	0.01	97.85	7.24	0.15	93.9	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	2.62	1.00	0.02	9.00	5.00	0.00	0.25	0.02	0.05	0.02	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	1.06
459B33	51.96	0.01	0.33	13.11	0.01	0.41	12.88	0.30	0.10	0.00	98.40	7.11	0.15	93.3	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	2.70	0.98	0.02	9.00	5.00	0.00	0.25	0.01	0.05	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	1.00
459B34	51.11	0.00	0.29	13.02	0.00	0.43	12.55	0.42	0.11	0.00	97.80	7.11	0.15	93.4	0.00	0.20	0.00	0.00	1.31	0.00	2.67	1.00	0.02	9.00	5.00	0.00	0.24	0.03	0.06	0.01	1.04	0.00	0.02	240	0.01	1.06
459B41	52.17	0.01	1.03	10.40	0.00	0.41	11.61	0.40	0.00	0.02	96.95	7.44	0.15	93.9	0.00	0.13	0.01	0.01	1.32	0.00	2.46	1.03	0.02	9.00	5.00	0.00	0.24	0.03	0.06	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.01	1.06
459B42	51.78	0.01	0.55	11.70	0.00	0.39	12.33	0.32	0.00	0.01	97.60	7.28	0.12	93.0	0.00	0.02	0.00	0.00	1.29	0.00	2.62	1.00	0.02	9.00	5.00	0.00	0.25	0.03	0.05	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.02	1.00
459B43	50.20	0.01	0.34	11.40	0.00	0.51	10.22	2.21	0.10	0.01	96.40	7.42	0.15	94.4	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.01	2.23	1.21	0.03	9.00	5.30	0.00	0.21	0.04	0.44	0.02	1.24	0.00	0.02	0.00	0.03	1.426

459844	32.18	0.00	0.73	33.89	0.04	0.48	12.40	0.37	0.12	0.02	98.77	7.28	0.11	0.51	0.00	0.02	0.01	1.26	0.00	2.62	1.07	0.03	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.00	0.22	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.06
459845	31.08	0.02	0.91	32.07	0.03	0.49	12.39	0.34	0.12	0.00	98.80	7.27	0.15	0.58	0.00	0.04	0.00	1.53	0.00	2.54	1.07	0.03	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.00	0.22	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.06
459846	31.90	0.03	0.58	32.11	0.14	0.44	12.67	0.32	0.08	0.01	96.12	7.34	0.10	0.56	0.00	0.00	0.02	1.28	0.00	3.46	1.02	0.02	0.00	5.00	0.00	0.95	0.01	0.00	0.21	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	14.05
459847	32.90	0.03	0.73	32.28	0.12	0.44	12.40	0.30	0.11	0.00	98.36	7.41	0.10	0.58	0.00	0.01	0.01	1.26	0.00	3.46	1.04	0.03	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.00	0.23	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.06
459848	31.98	0.07	0.80	32.22	0.12	0.47	12.40	0.41	0.13	0.01	98.30	7.37	0.11	0.52	0.00	0.00	0.01	1.30	0.01	2.81	1.04	0.03	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.00	0.22	1.05	0.00	0.02	0.00	0.02	14.07
459849	31.06	0.00	0.99	32.03	0.03	0.48	12.53	0.41	0.11	0.00	98.30	7.24	0.14	0.48	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	3.68	0.97	0.01	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.00	0.22	1.04	0.00	0.02	0.00	0.02	14.06
459891	34.90	0.00	0.77	34.22	0.00	0.57	11.27	1.20	0.08	0.02	97.10	7.07	0.08	0.19	0.00	0.07	0.00	1.31	0.00	2.41	1.15	0.04	0.00	5.00	0.00	0.52	0.04	0.50	0.01	1.00	0.00	0.00	0.01	0.01	14.25
459892	32.92	0.03	1.00	34.21	0.00	0.48	13.07	0.33	0.11	0.01	97.70	7.49	0.10	0.48	0.00	0.07	0.00	1.14	0.00	2.87	0.88	0.01	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.00	0.22	1.04	0.00	0.02	0.00	0.02	14.06
459893	32.29	0.05	0.91	29.96	0.00	0.45	13.62	0.37	0.11	0.01	97.40	7.39	0.12	0.49	0.00	0.03	0.00	1.14	0.01	3.87	0.93	0.03	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.00	0.22	1.04	0.00	0.02	0.00	0.02	14.06
472821	32.40	0.01	0.21	35.30	0.01	0.04	11.78	0.19	0.00	0.01	100.00	7.10	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	1.45	0.00	2.48	1.10	0.00	0.00	5.00	0.00	0.88	0.00	0.01	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00
472822	31.34	0.01	0.95	34.38	0.00	0.10	10.98	0.24	0.10	0.00	99.98	7.26	0.16	0.58	0.00	0.00	0.01	1.53	0.00	2.28	1.18	0.01	0.00	5.00	0.00	0.87	0.01	0.04	0.01	1.01	0.00	0.01	0.00	0.01	14.04
472823	32.42	0.00	0.67	35.04	0.00	0.05	11.28	0.23	0.07	0.00	100.30	7.34	0.11	0.55	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	2.58	1.18	0.00	0.00	5.00	0.00	0.88	0.00	0.01	0.00	1.01	0.00	0.01	0.00	0.01	14.05
472824	31.71	0.05	1.10	35.80	0.01	0.10	11.17	0.29	0.09	0.01	100.20	7.25	0.10	0.57	0.00	0.00	0.00	1.51	0.01	2.53	1.15	0.01	0.00	5.00	0.00	0.97	0.01	0.04	0.01	1.01	0.00	0.01	0.00	0.01	14.04
472825	31.03	0.02	0.91	35.06	0.04	0.05	11.28	0.37	0.09	0.01	98.37	7.22	0.10	0.63	0.00	0.00	0.01	1.51	0.00	2.37	1.11	0.00	0.00	5.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.05
472826	31.87	0.00	0.50	35.90	0.00	0.07	11.32	0.23	0.04	0.01	98.05	7.27	0.08	0.64	0.00	0.00	0.00	1.49	0.00	2.38	1.13	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.04	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.06
472827	30.95	0.00	1.12	35.77	0.00	0.07	11.24	0.20	0.14	0.00	98.12	7.17	0.10	0.64	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	2.08	1.09	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.02	0.02	1.02	0.00	0.01	0.00	0.02	14.05
472828	30.68	0.02	0.88	35.70	0.00	0.05	11.30	0.21	0.07	0.00	99.01	7.18	0.10	0.67	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	2.40	1.07	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.02	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.05
472829	30.83	0.00	0.94	35.74	0.03	0.05	11.28	0.25	0.10	0.01	99.20	7.20	0.10	0.64	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	2.08	1.10	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.04	0.01	1.03	0.00	0.02	0.00	0.02	14.05
472830	30.34	0.01	0.36	35.58	0.03	0.00	11.40	0.32	0.09	0.00	98.70	7.18	0.14	0.70	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	2.42	1.05	0.01	0.00	5.00	0.00	0.97	0.01	0.03	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	14.05
472831	30.18	0.00	1.04	35.70	0.03	0.07	11.41	0.24	0.18	0.00	98.74	7.12	0.17	0.69	0.00	0.04	0.00	1.54	0.00	2.42	1.04	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.04	0.01	1.03	0.00	0.02	0.00	0.02	14.05
472832	31.25	0.03	1.00	35.72	0.00	0.07	11.30	0.23	0.09	0.01	98.88	7.22	0.17	0.62	0.00	0.04	0.00	1.51	0.00	2.38	1.11	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.03	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.02	14.04
472833	30.26	0.07	0.34	35.94	0.00	0.08	11.20	0.19	0.09	0.01	98.20	7.19	0.14	0.64	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	2.46	1.08	0.01	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.03	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.04
472834	32.73	0.07	0.28	35.22	0.01	0.07	11.10	0.20	0.03	0.00	100.30	7.18	0.13	0.50	0.00	0.05	0.00	1.43	0.00	2.12	1.22	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.04	0.01	1.03	0.00	0.02	0.00	0.01	14.04
472835	31.06	0.02	0.83	34.70	0.00	0.08	10.97	0.25	0.04	0.00	99.30	7.21	0.11	0.58	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	2.32	1.18	0.01	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.04	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.05
472836	30.80	0.00	0.93	34.61	0.00	0.08	10.95	0.21	0.08	0.00	98.70	7.25	0.14	0.60	0.00	0.00	0.01	1.52	0.00	2.32	1.15	0.01	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.03	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	14.04
472837	31.04	0.01	0.82	35.70	0.01	0.09	10.90	0.20	0.11	0.01	99.40	7.20	0.13	0.55	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	2.30	1.19	0.01	0.00	5.00	0.00	0.97	0.01	0.04	0.01	1.03	0.00	0.02	0.00	0.02	14.05
472838	31.21	0.00	0.49	35.40	0.00	0.08	11.20	0.17	0.02	0.00	99.70	7.15	0.08	0.57	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	2.57	1.17	0.01	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.03	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	14.05
472839	31.29	0.00	0.91	35.28	0.03	0.08	11.20	0.20	0.08	0.01	99.00	7.28	0.13	0.58	0.00	0.00	0.00	1.49	0.00	2.54	1.13	0.01	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.03	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.04
472840	31.18	0.01	0.94	35.03	0.02	0.11	10.90	0.20	0.09	0.00	98.80	7.32	0.16	0.52	0.00	0.01	0.00	1.53	0.00	2.21	1.20	0.01	0.00	5.00	0.00	0.97	0.01	0.04	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	14.04

472B41	51.65	0.02	0.81	55.82	0.01	0.09	11.31	0.19	0.03	0.01	99.33	7.29	0.10	0.81	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	7.35	1.14	0.00	0.00	5.00	0.00	0.99	0.01	0.07	0.01	1.07	0.00	0.01	0.00	0.01	14.03
472B42	51.81	0.01	1.01	55.00	0.03	0.08	10.25	0.20	0.00	0.00	99.80	7.60	0.12	0.45	0.00	0.25	0.01	1.44	0.00	7.24	1.24	0.00	0.00	5.00	0.00	0.99	0.01	0.07	0.01	1.07	0.00	0.01	0.00	0.01	14.04
472B43	51.56	0.83	0.93	55.06	0.00	0.09	11.22	0.30	0.21	0.01	99.41	7.28	0.18	0.57	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	7.37	1.18	0.01	0.00	5.00	0.00	0.97	0.01	0.05	0.01	1.04	0.00	0.02	0.00	0.02	14.05
472B44	50.87	0.81	0.79	55.90	0.00	0.15	11.22	0.25	0.10	0.01	99.29	7.27	0.15	0.66	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	7.37	1.11	0.01	0.00	5.00	0.00	0.97	0.01	0.04	0.01	1.03	0.00	0.02	0.00	0.02	14.06
472B45	51.52	0.50	0.50	55.02	0.00	0.12	11.38	0.19	0.01	0.01	99.40	7.23	0.09	0.64	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00	7.41	1.12	0.01	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.03	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.07
472B46	51.70	0.60	0.54	55.48	0.00	0.04	11.32	0.27	0.06	0.00	99.50	7.31	0.18	0.60	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00	7.23	1.14	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.04	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	14.08
472B47	51.90	0.81	0.27	55.96	0.00	0.01	11.25	0.20	0.02	0.00	99.70	7.33	0.02	0.62	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00	7.37	1.16	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.03	0.00	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	14.09
472B48	51.00	0.81	1.02	55.07	0.00	0.10	11.00	0.22	0.08	0.00	99.30	7.24	0.17	0.59	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	7.53	1.14	0.01	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.03	0.01	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	14.10
472B49	51.14	0.84	0.54	55.05	0.01	0.03	11.70	0.18	0.07	0.00	99.20	7.24	0.09	0.67	0.00	0.00	0.00	1.49	0.00	7.40	1.10	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.03	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.11
472B50	51.32	0.02	0.34	55.30	0.03	0.01	11.30	0.21	0.04	0.00	99.50	7.35	0.06	0.59	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	7.38	1.17	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.03	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.12
472B51	51.14	0.83	0.99	55.50	0.01	0.05	11.40	0.19	0.07	0.00	99.40	7.21	0.16	0.63	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	7.41	1.08	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.03	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.13
472B52	50.90	0.02	0.77	55.02	0.04	0.09	11.30	0.19	0.07	0.00	99.20	7.29	0.19	0.67	0.00	0.00	0.01	1.50	0.00	7.43	1.06	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.03	0.01	1.02	0.00	0.01	0.00	0.01	14.14
472B53	51.40	0.01	0.80	55.70	0.00	0.03	11.17	0.22	0.11	0.00	99.30	7.25	0.16	0.59	0.00	0.00	0.00	1.51	0.00	7.35	1.14	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.00	0.03	0.01	1.03	0.00	0.02	0.00	0.02	14.15
472B54	50.90	0.02	0.85	55.20	0.01	0.07	11.20	0.24	0.14	0.01	99.40	7.25	0.18	0.61	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	7.39	1.13	0.00	0.00	5.00	0.00	0.98	0.01	0.04	0.02	1.04	0.00	0.02	0.00	0.02	14.16
472B55	51.20	0.01	0.51	55.87	0.07	0.05	11.45	0.34	0.08	0.00	100.27	7.32	0.08	0.60	0.00	0.00	0.01	1.45	0.00	7.39	1.15	0.00	0.00	5.00	0.00	0.93	0.00	0.05	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.01	14.17
472B56	51.06	0.00	0.62	55.30	0.00	0.08	11.44	0.40	0.02	0.00	99.91	7.32	0.07	0.61	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00	7.40	1.13	0.00	0.00	5.00	0.00	0.96	0.01	0.06	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	14.18
480U-1	51.20	0.00	0.87	51.03	0.00	0.19	13.42	0.36	0.03	0.00	96.91	7.28	0.11	0.60	0.00	0.00	0.00	1.24	0.00	7.55	0.88	0.01	0.00	5.00	0.00	0.96	0.01	0.08	0.00	1.03	0.00	0.01	0.00	0.01	14.19
480U-2	50.57	0.10	0.80	50.93	0.00	0.12	13.32	0.33	0.00	0.00	95.20	7.32	0.14	0.55	0.00	0.00	0.00	1.22	0.01	7.57	0.89	0.01	0.00	5.00	0.00	0.96	0.01	0.08	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.01	14.20
480U-3	50.93	0.02	0.09	50.80	0.00	0.18	13.21	0.45	0.09	0.01	96.77	7.42	0.01	0.57	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	7.67	0.95	0.01	0.00	5.00	0.00	0.93	0.01	0.07	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.21
480U-5	50.64	0.02	0.81	50.36	0.00	0.01	13.23	0.38	0.01	0.00	95.52	7.31	0.14	0.55	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	7.65	0.96	0.00	0.00	5.00	0.00	0.93	0.01	0.07	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.22
480U-6	50.93	0.02	0.80	50.80	0.00	0.18	13.23	0.43	0.09	0.01	95.50	7.36	0.13	0.51	0.00	0.01	0.00	1.21	0.00	7.65	0.91	0.01	0.00	5.00	0.00	0.93	0.01	0.07	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.23
480U-8	51.96	0.02	0.85	50.07	0.00	0.44	13.23	0.33	0.00	0.01	97.05	7.39	0.11	0.50	0.00	0.02	0.00	1.11	0.00	7.61	0.97	0.02	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.06	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.24
480U-9	51.20	0.08	0.72	50.89	0.00	0.45	12.82	0.40	0.00	0.02	96.70	7.46	0.08	0.46	0.00	0.00	0.00	1.20	0.01	7.23	0.97	0.03	0.00	5.00	0.00	0.93	0.01	0.06	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.25
480U-10	51.45	0.00	0.34	50.30	0.00	0.47	12.92	0.33	0.04	0.01	97.22	7.59	0.05	0.42	0.00	0.00	0.00	1.20	0.01	7.54	0.98	0.03	0.00	5.00	0.00	0.93	0.01	0.06	0.01	1.04	0.00	0.01	0.00	0.02	14.26
480U-11	49.82	0.04	1.17	57.40	0.00	0.58	13.90	2.12	0.03	0.03	95.25	7.21	0.20	0.69	0.00	0.00	0.00	1.23	0.01	7.01	0.74	0.03	0.00	5.00	0.00	0.79	0.04	0.24	0.01	0.97	0.00	0.00	0.04	0.00	14.27
480U-12	50.57	0.00	1.84	50.54	0.00	0.48	12.96	0.40	0.10	0.00	95.12	7.34	0.16	0.58	0.00	0.02	0.00	1.22	0.00	7.80	0.94	0.03	0.00	5.00	0.00	0.94	0.01	0.06	0.01	1.04	0.00	0.02	0.00	0.02	14.28
480U-13	49.94	0.03	1.27	58.01	0.00	0.55	11.90	1.05	0.13	0.02	93.90	7.40	0.17	0.43	0.00	0.03	0.00	1.23	0.00	7.69	1.04	0.04	0.00	5.00	0.00	0.84	0.04	0.24	0.02	1.12	0.00	0.02	0.01	0.02	14.29
480U-14	50.80	0.01	1.75	50.00	0.00	0.56	12.85	0.00	0.03	0.00	93.90	7.31	0.22	0.47	0.00	0.03	0.00	1.21	0.00	7.71	0.97	0.04	0.00	5.00	0.00	0.96	0.04	0.00	0.01	1.01	0.00	0.01	0.00	0.01	14.30
480U-15	51.65	0.05	1.20	58.40	0.00	0.51	12.02	0.00	0.14	0.00	93.67	7.42	0.12	0.46	0.00	0.00	0.00	1.12	0.01	7.90	0.96	0.05	0.00	5.00	0.00	0.97	0.01	0.00	0.02	1.02	0.00	0.02	0.00	0.02	14.31

480U-16	3134	001	111	2735	000	035	1554	000	421	420	8500	726	368	640	000	810	800	114	000	281	328	923	000	500	000	001	004	000	001	003	006	001	000	000	000	1400
---------	------	-----	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Química mineral de Plagioclásios

T80-542

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
2	59.874	24.949	0.011	7.945	6.858	0.054	0.000	99.691	3.94	0.00	1.14	1.78	0.01	0.00	18.90	38.909	60.777	0.315
3	61.153	23.983	0.231	6.348	6.366	2.033	0.080	100.394	3.82	0.03	0.95	1.67	0.35	0.00	18.96	31.959	56.226	11.814
4	60.350	25.022	0.120	8.031	6.856	0.070	0.002	100.451	3.92	0.01	1.14	1.77	0.01	0.00	18.89	39.135	60.458	0.406
5	66.586	19.904	0.064	2.013	10.364	0.649	0.033	99.613	3.27	0.01	0.30	2.80	0.12	0.00	19.16	9.345	87.068	1.587
6	60.060	24.247	0.844	5.122	6.871	1.869	0.090	99.103	3.91	0.10	0.75	1.82	0.33	0.00	19.02	25.893	62.857	11.250
7	60.324	24.468	0.380	5.325	6.119	2.464	0.087	99.167	3.95	0.04	0.78	1.63	0.43	0.00	18.95	27.545	57.279	15.176
8	60.275	25.126	0.151	8.021	6.848	0.059	0.008	100.488	3.94	0.02	1.14	1.76	0.01	0.00	18.89	39.158	60.409	0.343

T80-542-P12

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	60.133	24.922	0.126	8.044	6.668	0.071	0.011	99.975	3.12	2.21	0.91	1.37	0.01	0.00	19.38	39.832	59.750	0.419
2	59.993	24.549	0.035	7.776	6.954	0.061	0.000	99.368	3.09	2.20	0.89	1.44	0.01	0.00	19.40	38.057	61.588	0.355
3	59.815	24.585	0.035	8.073	6.855	0.047	0.001	99.411	3.09	2.19	0.92	1.42	0.01	0.00	19.40	39.316	60.412	0.271
4	59.781	25.302	0.031	8.405	6.596	0.062	0.000	100.177	3.14	2.23	0.95	1.35	0.01	0.00	19.39	41.171	58.468	0.362
5	59.878	25.223	0.000	8.242	6.722	0.052	0.000	100.117	3.13	2.22	0.93	1.37	0.01	0.00	19.40	40.267	59.430	0.302

T80-542

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	60.001	25.334	0.155	6.122	6.816	0.898	0.000	99.326	3.19	2.26	0.70	1.41	0.12	0.00	19.43	31.354	63.170	5.476

T80-586

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	63.206	23.506	0.005	5.923	8.017	0.162	0.071	100.890	2.98	2.12	0.68	1.67	0.02	0.00	19.42	28.720	70.345	0.935
2	62.740	23.633	0.113	6.125	7.973	0.153	0.004	100.741	3.00	2.13	0.71	1.66	0.02	0.00	19.43	29.539	69.582	0.879
3	62.604	23.927	0.000	6.312	7.850	0.134	0.000	100.827	3.02	2.14	0.72	1.63	0.02	0.00	19.42	30.527	68.702	0.772
4	62.157	23.760	0.069	6.366	7.835	0.165	0.003	100.375	3.01	2.14	0.73	1.64	0.02	0.00	19.43	30.640	68.415	0.946
5	62.584	23.589	0.034	6.061	8.010	0.159	0.000	100.437	3.00	2.13	0.70	1.67	0.02	0.00	19.43	29.216	69.871	0.913

T80-586

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
2	63.707	22.482	0.019	4.551	8.856	0.143	0.017	99.775	2.92	2.07	0.54	1.89	0.02	0.00	19.47	21.935	77.244	0.821
3	60.816	24.227	0.000	6.639	7.721	0.151	0.000	99.554	3.07	2.18	0.76	1.61	0.02	0.00	19.46	31.932	67.203	0.865
Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
4	60.772	23.488	0.291	4.405	6.202	3.463	0.084	98.705	3.07	2.18	0.52	1.33	0.49	0.00	19.49	22.302	56.822	20.876
5	62.952	23.477	0.055	5.712	8.135	0.161	0.010	100.502	2.99	2.12	0.66	1.70	0.02	0.00	19.43	27.695	71.376	0.929

T80-586

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	63.943	22.704	0.069	3.625	8.678	0.690	0.011	99.720	2.95	2.10	0.43	1.86	0.10	0.00	19.47	17.990	77.933	4.077
2	67.812	19.858	0.023	1.090	10.525	0.427	0.000	99.735	2.69	1.91	0.13	2.34	0.06	0.00	19.49	5.280	92.257	2.463
3	67.107	19.944	0.047	1.061	10.583	0.411	0.000	99.153	2.71	1.92	0.13	2.36	0.06	0.00	19.52	5.125	92.511	2.364
4	61.420	23.912	0.000	6.304	7.905	0.185	0.000	99.726	3.04	2.16	0.73	1.65	0.03	0.00	19.46	30.265	68.677	1.058
5	61.487	23.985	0.000	6.314	7.915	0.173	0.001	99.875	3.04	2.16	0.73	1.65	0.02	0.00	19.46	30.293	68.719	0.988
6	62.667	22.487	0.285	2.641	7.772	2.533	0.239	98.594	2.98	2.12	0.32	1.70	0.36	0.01	19.52	13.392	71.316	15.293
7	61.159	23.321	0.274	3.145	6.572	3.686	0.000	98.157	3.08	2.18	0.38	1.43	0.53	0.00	19.51	16.189	61.219	22.592
8	63.073	21.796	0.041	4.399	8.743	0.116	0.034	98.202	2.89	2.05	0.53	1.90	0.02	0.00	19.45	21.608	77.714	0.678
9	62.234	23.431	0.000	5.905	8.154	0.174	0.000	99.898	2.99	2.12	0.69	1.71	0.02	0.00	19.46	28.297	70.710	0.993
10	61.990	23.426	0.000	5.882	8.209	0.135	0.000	99.642	3.00	2.13	0.68	1.73	0.02	0.00	19.46	28.146	71.084	0.769

T80-586

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	62.676	23.254	0.037	5.634	8.010	0.149	0.040	99.800	2.98	2.12	0.66	1.69	0.02	0.00	19.42	27.745	71.381	0.874
2	61.891	23.543	0.161	2.957	6.869	3.039	0.050	98.510	3.09	2.19	0.35	1.48	0.43	0.00	19.48	15.559	65.403	19.039
3	62.505	22.952	0.106	5.476	8.087	0.176	0.021	99.323	2.97	2.11	0.64	1.72	0.02	0.00	19.43	26.949	72.020	1.031
4	63.029	22.883	0.106	5.439	8.207	0.080	0.033	99.777	2.95	2.09	0.64	1.74	0.01	0.00	19.42	26.680	72.852	0.467
5	61.861	23.486	0.000	3.924	7.006	2.866	0.000	99.143	3.05	2.16	0.46	1.50	0.40	0.00	19.50	19.606	63.345	17.050
6	63.717	21.930	0.118	1.801	6.968	4.214	0.040	98.788	2.94	2.09	0.22	1.54	0.61	0.00	19.50	9.270	64.904	25.826
7	63.470	22.759	0.000	2.721	7.341	3.317	0.000	99.608	2.99	2.12	0.32	1.58	0.47	0.00	19.51	13.636	66.572	19.792
8	62.840	23.076	0.008	5.395	8.177	0.168	0.009	99.673	2.97	2.11	0.63	1.73	0.02	0.00	19.43	26.456	72.563	0.981

T80-586

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	65.00	17.34	0.16	0.04	0.42	15.43	0.52	99.101	2.19	0.01	0.00	0.09	2.09	0.02	18.21	0.21	3.96	95.83
2	68.23	18.89	0.03	0.69	10.81	0.21	0.00	98.854	2.24	0.00	0.07	2.11	0.03	0.00	18.20	3.34	95.43	1.23
3	68.71	18.48	0.06	0.23	11.31	0.06	0.06	98.908	2.19	0.01	0.02	2.20	0.01	0.00	18.22	1.11	98.56	0.33
4	62.60	22.33	0.08	0.51	7.83	3.28	0.00	96.626	2.81	0.01	0.06	1.62	0.45	0.00	18.28	2.77	76.24	20.99
5	63.91	17.66	0.00	4.47	10.48	0.10	0.00	96.610	2.21	0.00	0.51	2.15	0.01	0.00	18.43	18.98	80.53	0.49
6	61.75	22.77	0.00	5.04	8.43	0.14	0.03	98.155	2.85	0.00	0.57	1.74	0.02	0.00	18.32	24.65	74.53	0.81
7	62.22	22.50	0.03	4.77	8.75	0.15	0.00	98.416	2.81	0.00	0.54	1.80	0.02	0.00	18.34	22.96	76.19	0.85
8	62.43	22.37	0.00	4.61	8.77	0.18	0.08	98.438	2.79	0.00	0.52	1.80	0.02	0.00	18.33	22.26	76.71	1.03
10	64.09	22.44	0.03	4.49	8.66	0.20	0.05	99.950	2.74	0.00	0.50	1.74	0.03	0.00	18.26	22.02	76.83	1.15
11	63.84	22.47	0.03	4.55	8.58	0.14	0.01	99.614	2.75	0.00	0.51	1.73	0.02	0.00	18.25	22.48	76.67	0.85

T80-569

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	69.494	18.593	0.094	0.287	10.971	0.154	0.003	99.596	2.56	1.82	0.04	2.49	0.02	0.00	19.45	1.412	97.686	0.902
2	69.527	18.711	0.091	0.171	11.186	0.053	0.014	99.753	2.57	1.83	0.02	2.53	0.01	0.00	19.47	0.835	98.857	0.308
3	69.394	18.633	0.003	0.200	11.164	0.041	0.000	99.435	2.57	1.82	0.03	2.53	0.01	0.00	19.47	0.978	98.783	0.239

T80-569 -altendos

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	64.298	17.995	0.294	0.052	14.662	0.629	0.163	98.093	2.51	1.78	0.01	3.36	0.09	0.01	20.12	0.190	97.070	2.740
2	67.138	19.003	0.194	0.371	13.56	9.906	0.000	97.968	2.74	1.94	0.05	0.32	1.54	0.00	19.08	2.538	16.785	80.678
3	59.348	21.572	1.276	0.558	9.916	2.515	0.075	93.260	2.99	2.12	0.07	2.26	0.38	0.00	19.83	2.596	83.474	13.930
4	44.113	30.021	7.538	0.004	8.914	0.247	0.081	90.918	4.07	2.88	0.00	1.99	0.04	0.00	19.98	0.024	98.186	1.790
5	61.433	22.848	0.552	1.717	3.919	6.482	0.000	96.951	3.11	2.21	0.21	0.88	0.96	0.00	19.36	10.389	42.912	46.699
6	53.543	26.246	3.880	4.222	3.798	4.616	0.034	96.339	3.49	2.48	0.51	0.83	0.66	0.00	19.49	25.448	41.426	33.127

T80-569

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	57.640	25.733	0.000	8.722	6.184	0.071	0.003	98.373	3.22	2.28	0.99	1.27	0.01	0.00	19.40	43.616	55.961	0.423
2	55.990	27.389	0.077	8.431	5.997	0.063	0.004	97.951	3.38	2.39	0.94	1.22	0.01	0.00	19.43	43.552	56.060	0.387
3	63.618	18.914	0.397	0.308	4.865	8.617	0.086	98.805	2.68	1.90	0.04	1.13	1.32	0.00	19.49	1.590	45.447	52.963
4	55.284	28.015	0.000	8.398	5.924	0.075	0.000	97.696	3.43	2.44	0.94	1.19	0.01	0.00	19.45	43.723	55.812	0.465
5	63.338	19.998	0.703	1.267	5.991	5.843	0.065	97.205	2.81	1.99	0.16	1.38	0.89	0.00	19.49	6.646	56.864	36.490
6	62.605	21.895	0.000	4.922	5.585	4.228	0.046	99.281	2.90	2.06	0.59	1.22	0.61	0.00	19.42	24.533	50.375	25.092
7	58.830	25.055	0.082	7.954	6.652	0.244	0.019	98.836	3.15	2.24	0.91	1.38	0.03	0.00	19.42	39.217	59.351	1.432
8	66.799	14.949	1.701	0.760	4.250	4.318	0.087	92.864	2.37	1.68	0.11	1.11	0.74	0.00	18.87	5.591	56.583	37.825
9	58.096	25.757	0.087	8.421	6.447	0.057	0.003	98.868	3.21	2.28	0.95	1.32	0.01	0.00	19.42	41.780	57.883	0.337

T37-288-

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
--------	------	-------	-----	-----	------	-----	-----	-------	----	--------	----	----	---	----	-------	----	----	----

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Cu	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	58.74	25.89	0.13	8.49	6.51	0.06	0.00	99.828	3.30	0.01	0.98	1.36	0.01	0.00	18.35	41.75	57.90	0.35
2	59.48	25.22	0.13	8.19	6.81	0.08	0.01	99.924	3.19	0.01	0.94	1.42	0.01	0.00	18.35	39.74	59.83	0.44
3	61.47	23.89	0.09	6.53	7.72	0.07	0.00	99.781	2.98	0.01	0.74	1.58	0.01	0.00	18.31	31.71	67.86	0.43
4	60.06	24.96	0.09	7.83	6.92	0.06	0.00	99.913	3.14	0.01	0.90	1.43	0.01	0.00	18.32	38.36	61.31	0.33
5	60.06	24.81	0.07	7.88	6.80	0.06	0.00	99.689	3.13	0.01	0.90	1.41	0.01	0.00	18.30	38.89	60.74	0.37
6	59.22	25.27	0.07	8.66	6.51	0.08	0.00	99.815	3.21	0.01	1.00	1.36	0.01	0.00	18.33	42.19	57.36	0.45
7	48.15	33.77	0.62	0.04	0.85	10.03	0.41	93.869	4.90	0.06	0.00	0.20	1.57	0.02	18.61	0.26	11.35	88.40
8	48.86	33.86	0.65	0.01	0.76	10.00	0.47	94.611	4.86	0.07	0.00	0.18	1.55	0.02	18.57	0.07	10.35	89.59
9	59.73	25.16	0.15	7.98	6.85	0.11	0.02	100.007	3.18	0.01	0.92	1.42	0.02	0.00	18.34	38.90	60.45	0.65
10	59.57	25.00	0.15	8.13	6.81	0.08	0.00	99.831	3.17	0.01	0.93	1.42	0.01	0.00	18.34	39.57	59.99	0.44
11	59.17	25.39	0.10	8.52	6.58	0.09	0.03	99.891	3.22	0.01	0.98	1.37	0.01	0.00	18.34	41.47	58.01	0.53
12	59.71	25.07	0.08	8.36	6.59	0.06	0.00	99.869	3.17	0.01	0.96	1.37	0.01	0.00	18.31	41.08	58.56	0.35
13	70.55	18.25	0.12	0.39	10.58	0.86	0.00	100.746	2.11	0.01	0.04	2.02	0.11	0.00	18.15	1.90	93.15	4.96
14	63.20	22.34	0.17	5.56	6.54	2.54	0.00	100.350	2.75	0.01	0.62	1.32	0.34	0.00	18.25	27.21	57.99	14.80
15	59.97	24.80	0.21	8.13	6.64	0.07	0.00	99.806	3.13	0.02	0.93	1.38	0.01	0.00	18.30	40.20	59.41	0.38
16	55.54	27.76	0.38	5.39	4.62	3.70	0.06	97.449	3.68	0.04	0.65	1.01	0.53	0.00	18.42	29.68	46.06	24.25
17	60.48	24.42	0.28	7.22	7.38	0.08	0.00	99.860	3.07	0.03	0.82	1.52	0.01	0.00	18.34	34.95	64.61	0.44
18	60.05	24.89	0.14	8.31	6.40	0.07	0.07	99.931	3.13	0.01	0.95	1.33	0.01	0.00	18.27	41.59	58.00	0.42
19	61.67	24.23	0.49	4.15	7.11	2.49	0.10	100.236	3.02	0.04	0.47	1.46	0.34	0.00	18.36	20.75	64.43	14.83
20	59.73	25.02	0.10	8.26	6.77	0.07	0.04	99.973	3.16	0.01	0.95	1.41	0.01	0.00	18.33	40.14	59.49	0.38
21	59.40	25.05	0.09	8.27	6.57	0.05	0.00	99.423	3.18	0.01	0.95	1.37	0.01	0.00	18.31	40.89	58.82	0.29
22	60.28	25.00	0.10	8.13	6.72	0.18	0.03	100.430	3.13	0.01	0.93	1.39	0.02	0.00	18.31	39.67	59.30	1.03
23	62.24	23.83	0.12	6.30	7.84	0.36	0.03	100.714	2.94	0.01	0.71	1.59	0.05	0.00	18.32	30.13	67.85	2.02
24	59.18	23.76	0.33	7.33	5.95	2.09	0.22	98.870	3.05	0.03	0.86	1.26	0.29	0.01	18.37	35.61	52.29	12.10
25	60.53	24.13	0.18	6.18	6.00	2.40	0.05	99.456	3.04	0.02	0.71	1.24	0.33	0.00	18.30	31.07	54.59	14.34
26	59.07	25.21	0.07	8.41	6.57	0.07	0.03	99.406	3.21	0.01	0.97	1.38	0.01	0.00	18.33	41.26	58.35	0.39
27	60.04	24.90	0.09	8.09	6.83	0.07	0.00	100.039	3.13	0.01	0.93	1.42	0.01	0.00	18.32	39.32	60.26	0.42
28	60.56	24.82	0.06	7.90	6.71	0.06	0.03	100.147	3.11	0.01	0.90	1.38	0.01	0.00	18.27	39.25	60.38	0.37
29	59.90	25.15	0.19	8.16	6.76	0.07	0.00	100.216	3.17	0.02	0.93	1.40	0.01	0.00	18.32	39.85	59.75	0.40
30	60.42	24.80	0.06	7.73	6.97	0.11	0.03	100.103	3.11	0.00	0.88	1.44	0.01	0.00	18.31	37.75	61.64	0.61
31	59.98	24.95	0.10	8.18	6.60	0.06	0.04	99.902	3.14	0.01	0.94	1.37	0.01	0.00	18.29	40.48	59.17	0.35
32	60.41	24.83	0.07	7.74	6.26	0.82	0.04	100.163	3.12	0.01	0.88	1.29	0.11	0.00	18.28	38.63	56.50	4.88
33	59.88	25.26	0.10	8.26	6.70	0.06	0.03	100.280	3.18	0.01	0.94	1.39	0.01	0.00	18.32	40.35	59.28	0.37
34	59.54	25.15	0.10	8.01	6.79	0.08	0.01	99.669	3.18	0.01	0.92	1.41	0.01	0.00	18.33	39.29	60.27	0.44
35	60.01	24.94	0.07	7.93	6.69	0.17	0.01	99.817	3.14	0.01	0.91	1.39	0.02	0.00	18.30	39.15	59.83	1.02
36	59.59	25.01	0.03	7.98	6.77	0.07	0.02	99.458	3.17	0.00	0.92	1.41	0.01	0.00	18.32	39.38	60.30	0.42
37	59.68	24.72	0.06	8.24	6.55	0.07	0.06	99.378	3.13	0.01	0.95	1.36	0.01	0.00	18.29	40.86	58.75	0.38
38	61.01	24.09	0.18	7.33	6.84	0.48	0.00	99.926	3.01	0.02	0.83	1.41	0.07	0.00	18.28	36.13	61.05	2.82
39	59.51	25.15	0.05	8.25	6.62	0.09	0.00	99.658	3.18	0.00	0.95	1.38	0.01	0.00	18.32	40.50	58.93	0.51
40	61.42		0.17	5.13	7.00	1.68	0.00	75.402	0.00	0.02	0.68	1.68	0.26	0.00	17.80	25.88	64.00	10.11

T37-288-

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Cu	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	68.64	17.66	0.23	0.02	0.45	16.04	0.07	103.111	2.11	0.02	0.00	0.00	2.07	0.00	18.09	0.09	0.00	99.91
2	68.18	17.49	0.11	0.01	0.41	15.82	0.09	102.110	2.10	0.01	0.00	0.08	2.06	0.00	18.14	0.06	3.74	96.20
3	62.10	24.68	0.06	7.60	6.93	0.09	0.05	101.506	3.03	0.01	0.85	1.40	0.01	0.00	18.25	37.54	61.96	0.51
4	61.53	25.27	0.05	7.88	6.85	0.08	0.02	101.667	3.11	0.00	0.88	1.39	0.01	0.00	18.27	38.67	60.85	0.49
5	62.02	25.30	0.05	7.29	6.89	0.59	0.01	102.140	3.10	0.00	0.81	1.39	0.08	0.00	18.28	35.62	60.94	3.43
6	61.00	24.85	0.04	7.87	6.69	0.13	0.03	100.612	3.09	0.00	0.89	1.37	0.02	0.00	18.26	39.12	60.14	0.74

7	61.99	25.41	0.06	7.92	6.88	0.09	0.00	102.348	3.11	0.01	0.88	1.38	0.01	0.00	18.27	38.69	60.81	0.50
8	60.81	25.63	0.13	8.33	6.03	0.07	0.00	101.000	3.19	0.01	0.94	1.23	0.01	0.00	18.20	43.10	56.48	0.43
9	61.71	24.71	0.10	7.04	7.00	0.45	0.00	100.997	3.05	0.01	0.79	1.42	0.06	0.00	18.27	34.81	62.57	2.62
10	62.17	24.99	0.07	7.96	6.97	0.11	0.05	102.324	3.06	0.01	0.89	1.40	0.01	0.00	18.28	38.46	60.90	0.64
11	61.26	25.20	0.12	7.72	6.82	0.12	0.04	101.285	3.12	0.01	0.87	1.39	0.02	0.00	18.28	38.21	61.08	0.71
12	58.35	24.77	1.30	6.23	3.52	1.85	0.03	97.849	3.21	0.12	0.73	1.18	0.23	0.00	18.28	34.25	54.96	10.79
13	61.18	25.45	0.05	8.16	6.67	0.11	0.01	101.631	3.15	0.00	0.92	1.36	0.01	0.00	18.28	40.08	59.27	0.65
14	65.82	21.00	0.24	1.78	5.37	6.68	0.44	101.351	2.54	0.02	0.20	1.07	0.87	0.02	18.22	9.13	49.97	40.90
15	65.13	19.96	0.16	0.07	0.41	1.47	0.22	87.409	2.53	0.01	0.01	0.09	0.20	0.01	16.87	2.58	29.16	68.26
16	60.18	25.86	0.01	8.67	6.28	0.07	0.01	101.078	3.23	0.00	0.99	1.29	0.01	0.00	18.28	43.12	56.48	0.40
17	61.25	24.72	0.03	8.37	6.15	0.09	0.00	100.611	3.07	0.00	0.95	1.26	0.01	0.00	18.19	42.69	56.78	0.53
18	61.26	25.03	0.03	7.99	6.76	0.08	0.02	101.159	3.10	0.00	0.90	1.38	0.01	0.00	18.27	39.32	60.19	0.49
19	61.07	25.30	0.03	7.92	6.81	0.07	0.01	101.223	3.14	0.00	0.89	1.39	0.01	0.00	18.28	38.96	60.61	0.43
20	61.51	24.86	0.03	7.94	6.73	0.10	0.01	101.177	3.07	0.00	0.89	1.37	0.01	0.00	18.25	39.24	60.20	0.56

T37-288-bperfil

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	60.94	25.49	0.10	8.21	7.11	0.13	0.00	101.969	3.15	0.01	0.92	1.45	0.02	0.00	18.35	38.66	60.63	0.71
2	61.04	25.12	0.04	8.03	6.81	0.09	0.03	101.141	3.12	0.00	0.91	1.39	0.01	0.00	18.29	39.27	60.22	0.51
3	60.62	25.03	0.04	7.90	6.78	0.08	0.00	100.457	3.13	0.00	0.90	1.39	0.01	0.00	18.29	38.99	60.51	0.49
4	60.68	25.17	0.01	8.14	6.77	0.09	0.00	100.863	3.14	0.00	0.92	1.39	0.01	0.00	18.30	39.72	59.76	0.51
5	60.13	25.46	0.05	8.17	6.66	0.08	0.04	100.590	3.19	0.00	0.93	1.37	0.01	0.00	18.31	40.21	59.31	0.48
6	59.91	25.73	0.03	8.51	6.71	0.07	0.00	100.949	3.23	0.00	0.97	1.38	0.01	0.00	18.34	41.05	58.56	0.38
7	60.89	25.55	0.02	8.14	6.91	0.08	0.03	101.617	3.17	0.00	0.92	1.41	0.01	0.00	18.32	39.24	60.31	0.44
8	60.52	25.94	0.02	8.78	6.51	0.07	0.01	101.846	3.22	0.00	0.99	1.33	0.01	0.00	18.31	42.52	57.07	0.41
9	64.59	21.30	0.17	2.63	4.88	7.45	0.17	100.989	2.61	0.02	0.29	0.94	0.99	0.01	18.26	13.15	42.41	44.44
10	60.68	25.13	0.05	7.74	6.96	0.30	0.00	100.852	3.13	0.00	0.88	1.43	0.04	0.00	18.32	37.40	60.89	1.71
11	57.03	24.71	3.66	6.70	5.70	0.30	0.03	98.123	3.24	0.34	0.80	1.23	0.04	0.00	18.33	38.56	59.40	2.05
12	60.53	25.82	0.08	8.70	6.42	0.08	0.00	101.614	3.21	0.01	0.98	1.31	0.01	0.00	18.29	42.64	56.91	0.45
13	63.61	22.02	1.04	3.96	4.76	5.18	0.01	100.578	2.71	0.09	0.44	0.96	0.69	0.00	18.19	21.11	45.95	32.93

TRO-477-P11

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
2	63.26	19.19	1.42	0.46	2.30	10.82	0.81	98.264	2.43	0.13	0.05	0.48	1.48	0.03	18.20	2.63	23.80	73.57
3	62.09	24.28	0.20	6.69	7.57	0.07	0.00	100.888	2.99	0.02	0.75	1.53	0.01	0.00	18.29	32.67	66.93	0.40
5	61.75	24.01	0.38	2.16	5.44	5.06	0.05	99.044	3.01	0.05	0.25	1.12	0.69	0.00	18.26	11.99	54.58	33.44
6	61.92	24.25	0.07	6.57	7.67	0.05	0.00	100.523	3.00	0.01	0.74	1.56	0.01	0.00	18.30	32.03	67.66	0.30
7	103.34	0.01	0.10	0.03	0.02	0.00	0.00	103.487	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	16.01	47.85	49.96	2.19
8	60.38	21.72	3.76	2.27	5.72	3.70	0.11	97.658	2.79	0.34	0.27	1.21	0.52	0.00	18.30	13.32	60.79	25.88
9	0.78	0.04	4.30	0.36	0.00	0.01	0.33	5.819	0.20	16.04	1.73	0.00	0.05	0.58	25.55	97.12	0.00	2.88
10	61.82	24.57	0.18	7.07	7.37	0.05	0.00	101.043	3.03	0.02	0.79	1.50	0.01	0.00	18.29	34.55	65.18	0.27
11	61.64	24.27	0.13	6.75	7.67	0.05	0.01	100.511	3.01	0.01	0.76	1.56	0.01	0.00	18.32	32.63	67.08	0.29
12	65.96	18.81	0.37	0.42	2.23	10.68	0.21	98.678	2.31	0.03	0.05	0.45	1.42	0.01	18.03	2.45	23.50	74.05
13	64.32	19.75	0.25	0.11	1.31	13.91	0.10	99.753	2.46	0.02	0.01	0.27	1.88	0.00	18.24	0.57	12.45	86.97
14	61.41	23.27	0.77	0.91	5.32	6.92	0.36	98.960	2.94	0.07	0.10	1.11	0.95	0.01	18.38	4.85	51.27	43.88
15	61.41	24.40	0.33	6.83	7.02	0.56	0.06	100.611	3.03	0.03	0.77	1.43	0.08	0.00	18.29	33.84	62.87	3.29
16	39.97	20.24	3.29	3.67	0.00	0.01	0.00	67.183	3.77	0.43	0.62	0.00	0.00	0.00	17.47	99.69	0.15	0.16

TRO-477-P12

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	25.04	22.55	26.32	0.03	0.03	0.03	0.00	73.996	5.25	4.34	0.01	0.01	0.01	0.00	19.50	22.48	45.03	32.49
2	60.45	24.52	0.16	6.83	7.36	0.05	0.01	99.368	3.08	0.01	0.78	1.52	0.01	0.00	18.32	33.78	65.93	0.28

3	59.94	24.72	0.10	6.96	7.41	0.05	0.03	99.208	3.13	0.01	0.80	1.54	0.01	0.00	18.35	34.07	65.63	0.30
4	58.56	23.41	2.44	5.45	7.46	0.14	0.04	97.477	3.04	0.22	0.64	1.59	0.02	0.00	18.40	28.51	70.65	0.85
5	60.12	23.04	1.54	5.98	6.33	14.00	0.06	111.058	2.86	0.14	0.67	1.29	1.88	0.00	19.50	17.54	33.59	48.88
6	86.00	4.34	2.79	0.68	2.04	0.33	0.00	96.180	0.46	0.21	0.07	0.35	0.04	0.00	16.55	14.20	77.46	8.34

T80-515-P17

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	58.167	25.527	0.49	6.45	5.89	1.65	0.04	98.209	3.30	0.05	0.76	1.25	0.23	0.00	18.34	33.81	55.91	10.27
2	59.939	24.393	0.46	5.96	6.13	1.93	0.05	98.861	3.10	0.04	0.69	1.28	0.27	0.00	18.30	30.78	57.34	11.88
3	59.466	24.913	0.25	7.36	6.49	0.75	0.00	99.229	3.17	0.02	0.85	1.36	0.10	0.00	18.32	36.78	58.73	4.49
4	58.191	25.738	0.16	8.96	6.30	0.05	0.00	99.399	3.30	0.01	1.04	1.33	0.01	0.00	18.36	43.87	55.84	0.29
5	59.642	24.670	0.15	8.05	6.62	0.07	0.00	99.205	3.13	0.01	0.93	1.38	0.01	0.00	18.30	40.02	59.58	0.40
6	58.917	25.257	0.21	8.22	6.43	0.21	0.00	99.247	3.22	0.02	0.95	1.35	0.03	0.00	18.33	40.89	57.86	1.26
7	59.196	25.110	0.24	7.94	6.33	0.52	0.00	99.334	3.20	0.02	0.92	1.32	0.07	0.00	18.32	39.70	57.20	3.09
8	59.605	24.897	0.16	8.16	6.62	0.06	0.04	99.543	3.15	0.01	0.94	1.38	0.01	0.00	18.31	40.37	59.29	0.35
9	58.798	25.706	0.19	8.94	6.17	0.08	0.02	99.903	3.27	0.02	1.03	1.29	0.01	0.00	18.32	44.29	55.25	0.46
10	59.987	24.663	0.18	8.07	6.56	0.06	0.00	99.519	3.11	0.02	0.93	1.36	0.01	0.00	18.28	40.35	59.28	0.37
11	60.358	24.611	0.17	7.94	6.71	0.13	0.00	99.916	3.09	0.01	0.91	1.39	0.02	0.00	18.29	39.24	60.01	0.75
12	59.430	24.978	0.18	8.22	6.45	0.06	0.00	99.307	3.17	0.02	0.95	1.35	0.01	0.00	18.29	41.18	58.49	0.33
13	59.188	25.151	0.17	8.25	6.53	0.07	0.00	99.358	3.20	0.02	0.95	1.37	0.01	0.00	18.32	40.93	58.66	0.41
14	59.597	24.825	0.73	6.42	6.69	1.10	0.05	99.413	3.15	0.07	0.74	1.40	0.15	0.00	18.36	32.38	61.01	6.61
15	60.126	24.605	0.19	8.11	6.44	0.06	0.06	99.580	3.10	0.02	0.93	1.34	0.01	0.00	18.26	40.89	58.75	0.37
16	58.649	25.272	0.18	8.81	6.26	0.05	0.00	99.226	3.23	0.02	1.02	1.32	0.01	0.00	18.32	43.62	56.08	0.30

T80-530-P12

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	58.74	25.41	0.29	8.17	6.32	0.07	0.00	98.997	3.25	0.03	0.95	1.33	0.01	0.00	18.30	41.48	58.10	0.42
2	59.21	23.66	1.92	5.65	6.53	0.80	0.00	97.773	3.04	0.18	0.66	1.38	0.11	0.00	18.30	30.65	64.15	5.20
3	58.97	24.52	1.01	7.06	6.42	0.25	0.01	98.230	3.14	0.09	0.82	1.36	0.04	0.00	18.29	37.17	61.24	1.59
4	56.33	0.68	26.41	0.35	0.06	0.02	0.06	83.916	0.10	2.84	0.05	0.02	0.00	0.00	17.49	72.01	23.83	4.16
5	55.01	1.54	24.11	1.18	0.19	0.12	0.02	82.168	0.24	2.64	0.17	0.05	0.02	0.00	17.51	70.81	20.76	8.44
6	62.84	21.37	1.02	3.28	6.20	4.29	0.24	99.225	2.67	0.09	0.37	1.27	0.58	0.01	18.30	16.71	57.25	26.04
7	54.82	15.89	10.84	4.77	4.21	0.43	0.03	90.980	2.25	1.09	0.62	0.98	0.07	0.00	18.20	37.03	59.04	3.94
8	55.62	0.77	25.79	0.63	0.06	0.02	0.01	82.898	0.12	2.80	0.09	0.02	0.00	0.00	17.49	81.31	14.99	3.70
9	61.08	23.87	0.33	7.35	7.04	0.08	0.01	99.755	2.99	0.03	0.84	1.45	0.01	0.00	18.27	36.40	63.11	0.49
10	60.11	23.46	0.55	5.82	6.22	2.10	0.14	98.390	2.99	0.05	0.67	1.30	0.29	0.01	18.31	29.74	57.50	12.77
11	59.67	24.42	1.43	7.28	6.77	0.06	0.01	99.645	3.10	0.13	0.84	1.41	0.01	0.00	18.32	37.15	62.46	0.39
12	58.57	20.84	3.34	6.11	5.26	1.43	0.00	95.545	2.74	0.31	0.73	1.14	0.20	0.00	18.21	35.25	54.93	9.82
13	60.09	23.81	1.39	7.16	6.66	0.13	0.00	99.726	3.02	0.12	0.82	1.39	0.02	0.00	18.28	36.98	62.25	0.77

T80-530-P13

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	62.16	24.43	0.19	7.09	7.29	0.07	0.00	101.222	3.00	0.02	0.79	1.47	0.01	0.00	18.27	34.80	64.79	0.41
2	58.21	26.56	0.84	2.76	4.53	5.37	0.12	98.397	3.44	0.08	0.33	0.97	0.75	0.01	18.35	15.91	47.24	36.85
3	66.22	21.32	0.88	0.62	6.66	4.99	0.31	100.996	2.56	0.08	0.07	1.32	0.65	0.01	18.20	3.35	64.73	31.93
4	62.34	24.03	0.27	6.73	7.22	0.09	0.02	100.690	2.96	0.02	0.75	1.46	0.01	0.00	18.23	33.81	65.68	0.51

T80-530-P14

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(ii)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	45.81	13.29	17.66	0.46	0.21	6.79	0.07	84.279	2.21	2.09	0.07	0.06	1.22	0.00	18.59	5.19	4.20	90.61
2	89.31	7.73	0.36	2.58	1.06	0.02	0.00	101.055	0.78	0.03	0.24	0.18	0.00	0.00	16.46	57.04	42.56	0.40
3	62.17	24.83	0.31	7.32	7.26	0.05	0.00	101.938	3.04	0.03	0.81	1.46	0.01	0.00	18.28	35.66	64.05	0.29
4	61.51	24.69	1.00	7.21	7.07	0.10	0.00	101.578	3.05	0.09	0.81	1.44	0.01	0.00	18.30	35.84	63.59	0.57

5	62.48	24.69	0.34	7.26	7.42	0.06	0.00	102.250	3.02	0.03	0.81	1.49	0.01	0.00	18.30	34.98	64.66	0.37
6	61.23	25.24	0.27	8.22	6.79	0.03	0.02	101.811	3.12	0.02	0.92	1.38	0.01	0.00	18.29	39.97	59.73	0.30

T80-530-P15

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(II)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	70.01	20.21	0.35	0.70	10.50	0.77	0.07	102.604	2.33	0.03	0.07	1.99	0.10	0.00	18.20	3.38	92.20	4.42
2	66.75	20.76	0.54	1.12	6.98	5.10	0.19	101.428	2.48	0.05	0.12	1.37	0.66	0.01	18.24	5.63	63.72	30.64
3	65.96	22.05	0.48	1.86	7.57	2.73	0.27	100.904	2.65	0.04	0.20	1.49	0.35	0.01	18.18	9.87	72.82	17.31
4	63.21	23.62	0.34	5.06	7.20	1.05	0.05	100.521	2.89	0.03	0.56	1.45	0.14	0.00	18.21	26.15	67.41	6.44
5	60.29	24.37	2.24	4.47	6.16	1.78	0.00	99.302	3.08	0.20	0.51	1.28	0.24	0.00	18.27	25.21	62.86	11.92
6	56.11	13.49	0.89	13.71	6.58	0.91	0.03	91.716	1.88	0.09	1.74	1.51	0.14	0.00	18.62	51.34	44.59	4.07
7	15.64	2.33	3.08	3.29	1.26	0.27	0.19	26.063	1.19	1.11	1.52	1.05	0.15	0.03	18.55	55.85	38.66	5.48
8	68.54	17.31	0.10	0.00	0.35	15.53	0.20	102.223	2.09	0.01	0.00	0.07	2.01	0.01	18.09	0.00	3.29	96.71
9	68.49	17.56	0.09	0.00	0.39	15.56	0.19	102.278	2.10	0.01	0.00	0.08	2.01	0.01	18.10	0.01	3.71	96.29
10	68.50	17.44	0.12	0.01	0.38	15.45	0.24	102.134	2.09	0.01	0.00	0.08	2.00	0.01	18.09	0.04	3.63	96.33
11	67.99	17.56	0.12	0.04	0.33	15.51	0.35	101.903	2.11	0.01	0.00	0.07	2.02	0.01	18.11	0.21	3.13	96.66
12	65.13	17.42	3.41	0.35	8.21	4.98	0.31	99.801	2.15	0.30	0.04	1.67	0.67	0.01	18.47	1.63	70.29	28.08
13	73.38	16.27	0.19	0.13	4.22	8.86	0.30	103.345	1.85	0.02	0.01	0.29	1.09	0.01	17.89	0.68	41.70	57.61
15	67.92	17.58	0.13	0.38	0.77	14.98	0.27	102.021	2.11	0.01	0.04	0.15	1.95	0.01	18.14	1.92	7.10	90.98
16	68.92	17.57	0.12	0.02	0.79	15.03	0.19	102.643	2.09	0.01	0.00	0.16	1.93	0.01	18.10	0.09	7.42	92.50
17	63.83	15.56	1.75	3.67	4.36	4.63	1.60	95.414	1.99	0.16	0.43	0.91	0.64	0.07	18.03	21.46	46.12	32.42
18	62.30	24.73	0.32	7.36	7.33	0.05	0.04	102.127	3.03	0.03	0.82	1.48	0.01	0.00	18.29	35.58	64.13	0.29
21	62.43	24.79	0.26	7.32	7.28	0.05	0.01	102.132	3.03	0.02	0.81	1.46	0.01	0.00	18.28	35.62	64.10	0.28
22	62.91	24.42	0.23	7.02	7.37	0.06	0.00	102.025	2.97	0.02	0.78	1.48	0.01	0.00	18.25	34.37	65.28	0.35
23	61.78	24.73	0.24	7.33	7.34	0.05	0.00	101.464	3.05	0.02	0.82	1.49	0.01	0.00	18.30	35.46	64.24	0.30
24	62.77	24.45	0.22	7.31	7.38	0.05	0.00	102.078	2.98	0.02	0.80	1.48	0.01	0.00	18.27	34.94	64.79	0.27
25	62.88	24.56	0.22	7.49	7.12	0.05	0.00	102.311	2.99	0.02	0.83	1.43	0.01	0.00	18.24	36.64	63.08	0.28
26	62.67	24.64	0.19	7.41	7.31	0.05	0.00	102.266	3.00	0.02	0.82	1.46	0.01	0.00	18.27	35.83	63.91	0.26
27	62.87	24.61	0.18	7.41	7.35	0.05	0.00	102.471	2.99	0.02	0.82	1.47	0.01	0.00	18.27	35.68	64.02	0.30
28	66.28	17.02	0.28	6.04	6.17	0.30	0.00	96.586	2.08	0.02	0.67	1.24	0.11	0.00	17.88	33.29	61.49	5.22

T80-530-P18

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(II)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
5	61.99	24.77	0.12	7.21	7.20	0.06	0.00	101.345	3.05	0.01	0.81	1.46	0.01	0.00	18.27	35.504	64.150	0.346
6	61.70	24.83	0.10	7.46	7.00	0.06	0.00	101.155	3.06	0.01	0.84	1.42	0.01	0.00	18.26	36.925	62.710	0.365
7	61.57	24.84	0.09	7.59	7.05	0.07	0.00	101.211	3.07	0.01	0.85	1.43	0.01	0.00	18.28	37.150	62.460	0.391
8	61.96	24.61	0.11	7.39	7.18	0.06	0.00	101.311	3.03	0.01	0.83	1.45	0.01	0.00	18.27	36.133	63.511	0.355
9	61.35	24.40	0.17	7.22	7.36	0.11	0.00	100.600	3.03	0.01	0.81	1.50	0.02	0.00	18.31	34.914	64.441	0.645
10	61.35	25.05	0.20	7.43	7.33	0.08	0.02	101.459	3.10	0.02	0.83	1.49	0.01	0.00	18.33	35.736	63.806	0.458
11	38.68	16.44	18.03	0.28	0.16	8.30	0.19	82.071	3.03	2.36	0.05	0.05	1.66	0.01	19.25	2.698	2.701	94.601
12	61.97	24.68	0.29	7.92	6.87	0.06	0.00	101.788	3.03	0.03	0.88	1.39	0.01	0.00	18.26	38.775	60.852	0.373
13	62.82	24.36	0.24	7.14	7.19	0.07	0.01	101.828	2.97	0.02	0.79	1.44	0.01	0.00	18.24	35.303	64.314	0.383
14	63.01	23.78	0.24	5.98	6.83	1.39	0.04	101.260	2.91	0.02	0.67	1.37	0.18	0.00	18.24	29.918	61.795	8.288
17	73.24	18.99	0.51	0.96	8.36	2.10	0.05	104.210	2.12	0.04	0.10	1.54	0.25	0.00	17.94	5.180	81.389	13.431

T80-536-P11

Pontos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	TOTAL	Al	Fe(II)	Ca	Na	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	45.92	19.70	14.68	2.69	2.14	4.84	0.06	90.029	3.11	1.65	0.39	0.55	0.83	0.00	18.83	21.818	31.382	46.800
2	62.27	24.10	0.26	7.57	6.80	0.14	0.00	101.131	2.96	0.02	0.85	1.38	0.02	0.00	18.22	37.752	61.428	0.820
3	61.23	24.44	0.20	7.92	6.67	0.09	0.01	100.563	3.04	0.02	0.90	1.36	0.01	0.00	18.25	39.398	60.057	0.545
4	61.32	24.94	0.16	8.16	6.58	0.04	0.00	101.194	3.09	0.01	0.92	1.34	0.01	0.00	18.25	40.544	59.195	0.260
5	63.12	24.43	0.13	7.47	7.07	0.05	0.07	102.333	2.97	0.01	0.82	1.41	0.01	0.00	18.23	36.752	62.972	0.275

6	61.98	24.17	0.16	7.22	6.97	0.40	0.04	100.927	2.98	0.01	0.81	1.41	0.05	0.00	18.26	35.564	62.119	2.318
7	62.08	24.25	0.11	7.74	6.94	0.05	0.02	101.185	2.98	0.01	0.87	1.41	0.01	0.00	18.24	38.021	61.687	0.292
8	61.36	24.31	0.13	7.54	7.02	0.05	0.00	100.609	3.04	0.01	0.85	1.43	0.01	0.00	18.27	37.153	62.560	0.287
9	62.16	24.60	0.12	7.77	6.80	0.06	0.00	101.500	3.02	0.01	0.87	1.37	0.01	0.00	18.23	38.564	61.087	0.349
10	61.39	25.23	0.11	8.16	6.42	0.04	0.03	101.384	3.12	0.01	0.92	1.31	0.01	0.00	18.23	41.139	58.603	0.258
11	59.53	21.30	8.40	5.08	6.17	0.11	0.02	100.609	2.73	0.76	0.59	1.30	0.02	0.00	18.35	31.008	68.163	0.829
12	56.42	20.39	6.11	5.73	4.15	1.96	0.08	94.847	2.76	0.59	0.71	0.93	0.29	0.00	18.25	36.797	48.219	14.984
19	60.80	24.87	0.07	8.04	6.68	0.04	0.03	100.534	3.10	0.01	0.91	1.37	0.01	0.00	18.27	39.821	59.937	0.242
20	61.05	25.46	0.19	7.83	6.27	0.35	0.00	101.150	3.16	0.02	0.88	1.28	0.05	0.00	18.23	39.929	57.927	2.144
21	61.82	24.53	0.09	7.71	7.03	0.05	0.00	101.217	3.02	0.01	0.86	1.43	0.01	0.00	18.27	37.633	62.076	0.291
22	62.83	23.92	0.12	7.64	6.63	0.09	0.00	101.239	2.93	0.01	0.85	1.33	0.01	0.00	18.17	38.701	60.780	0.518
23	59.37	24.15	0.23	9.23	5.89	0.05	0.00	98.907	3.08	0.02	1.07	1.23	0.01	0.00	18.24	46.288	53.443	0.269
24	60.06	25.39	0.07	8.83	5.94	0.05	0.05	100.390	3.19	0.01	1.01	1.23	0.01	0.00	18.23	44.954	54.755	0.291
25	59.38	25.93	0.04	9.33	5.82	0.04	0.01	100.547	3.27	0.00	1.07	1.21	0.00	0.00	18.26	46.884	52.907	0.209
26	58.78	26.99	0.04	1.04	5.28	0.05	0.01	92.193	3.52	0.00	0.12	1.13	0.01	0.00	17.80	9.787	89.699	0.514
27	62.17	24.68	0.06	7.77	6.86	0.05	0.00	101.599	3.03	0.01	0.87	1.38	0.01	0.00	18.24	38.367	61.339	0.294

T80-536-PI2

Pontos	SiO2	Al2O3	FeO	CaO	Na2O	K2O	BaO	TOTAL	Al	Fe(II)	Cu	Nu	K	Ba	TOTAL	An	Ab	Or
1	72.02	18.06	0.74	4.93	4.21	1.16	0.00	101.119	2.06	0.06	0.51	0.79	0.14	0.00	17.50	35.417	54.676	9.907
2	58.46	25.90	0.80	9.28	5.67	0.08	0.00	100.188	3.30	0.07	1.08	1.19	0.01	0.00	18.30	47.250	52.296	0.455
3	58.78	25.44	0.51	8.80	6.01	0.21	0.09	99.835	3.24	0.05	1.02	1.26	0.03	0.00	18.31	44.165	54.562	1.273
4	59.34	25.37	0.27	9.28	5.54	0.24	0.05	100.091	3.21	0.02	1.07	1.15	0.03	0.00	18.24	47.386	51.143	1.471
5	58.63	26.80	0.20	9.88	5.42	0.04	0.00	100.966	3.39	0.02	1.14	1.13	0.01	0.00	18.28	50.035	49.724	0.241
6	61.27	24.00	0.24	7.03	6.72	0.48	0.00	99.728	3.00	0.02	0.80	1.38	0.06	0.00	18.24	35.576	61.548	2.875
7	47.45	24.14	9.69	5.67	5.98	0.15	0.00	93.066	3.60	1.03	0.77	1.47	0.02	0.00	18.92	34.006	64.915	1.079
8	58.44	26.27	0.29	9.33	5.88	0.07	0.00	100.280	3.35	0.03	1.08	1.23	0.01	0.00	18.32	46.542	53.066	0.392
9	58.03	26.13	1.03	7.09	5.08	2.65	0.00	100.010	3.36	0.09	0.83	1.07	0.37	0.00	18.38	36.483	47.257	16.280
10	57.78	26.88	0.31	10.01	5.39	0.08	0.00	100.440	3.44	0.03	1.16	1.13	0.01	0.00	18.31	50.374	49.146	0.480
11	59.54	25.49	0.77	7.12	6.20	0.51	0.00	99.633	3.23	0.07	0.82	1.29	0.07	0.00	18.27	37.588	59.208	3.204
13	59.94	23.94	1.86	5.04	5.67	2.51	0.12	99.078	3.05	0.17	0.38	1.19	0.35	0.01	18.29	27.553	56.105	16.342
18	81.55	12.87	0.21	4.61	3.20	0.00	0.00	102.438	1.36	0.02	0.44	0.56	0.00	0.00	16.99	44.327	55.673	0.000
27	59.95	23.32	2.15	6.46	7.09	0.06	0.00	99.032	2.96	0.19	0.75	1.48	0.01	0.00	18.35	33.339	66.292	0.369
37	68.90	14.88	0.04	6.81	2.69	0.07	0.02	93.412	1.80	0.00	0.75	0.53	0.01	0.00	17.23	57.943	41.379	0.678

Química mineral de Choritas

T80-472-CHL6

puntos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	cao	Na2O	K2O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	25.606	0.104	22.101	32.766	0.000	11.129	0.000	0.027	0.095	91.828	4.184	0.013	4.256	4.477	0.000	2.730	0.009	0.020	15.689
2	28.412	0.695	20.380	31.351	0.000	8.955	0.000	0.040	3.205	93.038	4.608	0.085	3.896	4.252	0.000	2.180	0.013	0.663	15.697
3	25.971	0.190	20.828	34.169	0.008	9.949	0.000	0.018	0.526	91.659	4.299	0.024	4.063	4.729	0.001	2.472	0.006	0.111	15.704

T80-569-CHL3

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	cao	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	26.887	0.08	23.288	13.891	0.407	21.256	0.000	0.029	0.021	87.858	4.206	0.009	4.295	2.079	0.054	4.991	0.009	0.004	15.645
2	27.045	0.04	23.533	13.932	0.359	21.260	0.000	0.011	0.034	88.214	4.210	0.005	4.318	2.074	0.047	4.967	0.003	0.007	15.631

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	cao	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
3	26.936	0.06	22.855	15.730	0.364	21.392	0.000	0.024	0.011	87.374	4.234	0.007	4.234	2.067	0.048	5.047	0.007	0.002	15.647
4	26.942	0.10	23.509	15.736	0.386	21.340	0.000	0.071	0.027	88.116	4.198	0.012	4.317	2.050	0.051	4.991	0.021	0.005	15.645
5	26.385	0.06	23.781	15.976	0.357	21.344	0.000	0.082	0.047	88.032	4.125	0.007	4.382	2.089	0.047	5.009	0.025	0.009	15.694
6	26.910	0.09	23.620	15.906	0.404	21.204	0.000	0.042	0.050	88.224	4.191	0.010	4.336	2.072	0.053	4.957	0.013	0.010	15.642
7	26.756	0.08	23.968	15.868	0.342	21.133	0.005	0.060	0.028	88.243	4.164	0.010	4.396	2.065	0.045	4.936	0.018	0.006	15.640
8	26.795	0.11	23.564	15.624	0.389	21.386	0.000	0.059	0.067	87.989	4.181	0.012	4.333	2.039	0.051	5.008	0.018	0.013	15.656
9	26.907	0.06	23.710	15.488	0.373	21.516	0.000	0.016	0.010	88.082	4.186	0.007	4.347	2.015	0.049	5.024	0.005	0.002	15.636
10	26.926	0.08	23.294	15.374	0.371	21.365	0.008	0.023	0.022	87.460	4.219	0.009	4.301	2.014	0.049	5.024	0.007	0.004	15.627

T80-569-CHL1

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	cao	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	26.743	0.072	23.415	15.902	0.386	21.281	0.006	0.034	0.033	87.839	4.184	0.008	4.318	2.081	0.051	4.998	0.010	0.007	15.657
2	26.087	0.042	23.709	15.553	0.358	21.317	0.000	0.041	0.067	87.872	4.114	0.005	4.407	2.051	0.048	5.046	0.013	0.001	15.684
3	26.780	0.076	23.388	15.770	0.399	21.196	0.003	0.028	0.021	87.114	4.196	0.009	4.319	2.066	0.053	4.985	0.009	0.004	15.641
4	26.365	0.077	23.118	15.882	0.352	21.195	0.002	0.059	0.057	87.661	4.167	0.009	4.306	2.099	0.047	5.028	0.018	0.011	15.686

T80-569-CHL2

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	25.888	0.096	23.725	15.587	0.351	21.298	0.009	0.022	0.023	100.001	4.092	0.011	4.419	2.060	0.047	5.052	0.007	0.005	15.693

T80-459-CHL9

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	24.766	0.054	22.144	26.839	0.017	14.001	0.044	0.094	0.050	88.151	4.117	0.007	4.338	3.730	0.002	3.493	0.030	0.011	15.728
2	24.314	0.068	22.486	27.132	0.023	14.400	0.000	0.035	0.010	88.595	4.027	0.008	4.389	3.757	0.003	3.579	0.011	0.002	15.777
3	25.014	0.049	22.127	26.993	0.043	14.092	0.000	0.005	0.012	88.353	4.138	0.006	4.314	3.734	0.006	3.499	0.002	0.003	15.701
4	26.041	0.046	20.406	26.480	0.049	12.636	0.124	0.109	0.106	86.057	4.422	0.006	4.084	3.760	0.007	3.221	0.036	0.023	15.539
5	26.731	0.041	19.999	26.229	0.041	12.565	0.049	0.066	0.042	85.803	4.531	0.005	3.995	3.718	0.006	3.197	0.022	0.009	15.482
6	24.722	0.055	22.347	26.429	0.050	14.251	0.018	0.022	0.016	87.964	4.102	0.007	4.370	3.667	0.007	3.549	0.007	0.003	15.712

T80-477-CHL1

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	32.4220	1.413	17.2990	23.9280	0.0000	11.0740	0.0310	0.0970	7.8120	94.45601	5.122	0.168	3.221	3.161	0.000	2.626	0.030	1.574	15.902
2	25.6000	0.076	21.7850	27.6570	0.0000	13.7130	0.0000	0.0000	0.1420	89.081	4.213	0.009	4.227	3.808	0.000	3.389	0.000	0.030	15.677
3	25.6750	0.099	21.8170	27.0880	0.0000	13.7740	0.0000	0.1150	0.0510	88.815	4.230	0.012	4.236	3.732	0.000	3.406	0.037	0.011	15.663
4	26.0010	0	21.5110	27.0900	0.0000	14.0310	0.0040	0.0000	0.0120	88.907	4.269	0.019	4.163	3.720	0.000	3.438	0.000	0.003	15.631
5	25.2300	0.091	22.0360	27.0950	0.0000	13.8990	0.0000	0.0070	0.0210	88.51801	4.171	0.011	4.293	3.745	0.000	3.448	0.002	0.004	15.675
6	25.1510	0.099	22.8250	26.8530	0.0000	14.1970	0.0000	0.0150	0.0200	89.31501	4.111	0.012	4.397	3.670	0.000	3.483	0.005	0.004	15.685
7	25.7760	0.084	21.8880	26.9120	0.0000	14.0960	0.0000	0.0730	0.0320	89.00301	4.228	0.010	4.231	3.691	0.000	3.470	0.023	0.007	15.661
8	25.4660	0.064	22.3710	27.2980	0.0000	13.9860	0.0000	0.0000	0.0000	89.313	4.169	0.008	4.316	3.737	0.000	3.436	0.000	0.000	15.665
9	25.6380	0.101	22.1250	26.8150	0.0000	13.9690	0.0000	0.0130	0.1760	88.92899	4.208	0.012	4.279	3.680	0.000	3.441	0.004	0.037	15.661

T80-530-CHL4

Pontos	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	tot	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	38.811	0.005	20.349	33.156	2.039	2.656	3.126	0.000	0.007	100.274	5.807	0.001	3.588	4.148	0.258	0.596	0.000	0.001	14.399
2	26.249	0.075	21.814	23.926	0.040	17.113	0.000	0.030	0.018	89.386	4.217	0.009	4.130	3.214	0.003	4.126	0.009	0.004	15.715
3	25.741	0.094	22.206	24.354	0.039	16.715	0.000	0.019	0.008	89.471	4.152	0.011	4.221	3.285	0.005	4.047	0.006	0.002	15.730
4	26.306	0.038	22.184	24.102	0.000	17.018	0.000	0.034	0.019	89.809	4.205	0.005	4.179	3.222	0.000	4.083	0.011	0.004	15.708
5	52.139	0.062	15.231	15.835	0.021	10.243	0.108	0.275	0.101	94.142	7.158	0.006	2.464	1.818	0.002	2.110	0.073	0.018	13.649
6	26.117	0.097	22.155	24.145	0.000	16.790	0.000	0.000	0.007	89.820	4.196	0.012	4.195	3.244	0.000	4.048	0.000	0.001	15.696
7	26.047	0.081	22.415	24.632	0.023	16.428	0.000	0.014	0.007	89.899	4.179	0.010	4.238	3.304	0.003	3.956	0.004	0.001	15.695

Química mineral de Muscovitas

As análises de química mineral nas muscovitas se realizaram em uma única lâmina de rocha do corpo de mádio A devido ao seu hábito muito fino granular.

T80-470-MUS2

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	44.30	0.66	34.05	1.26	0.00	0.74	0.52	10.54	92.07	6.12	0.068	5.55	0.15	0.00	0.15	0.14	1.36	14.03
2	45.09	0.36	34.14	1.24	0.01	0.66	0.84	10.22	92.55	6.18	0.037	5.52	0.14	0.00	0.14	0.22	1.79	14.03
3	43.72	0.33	34.52	1.78	0.03	0.86	0.86	10.03	92.11	6.05	0.035	5.63	0.21	0.00	0.18	0.23	1.77	14.10
4	44.08	0.44	34.46	1.60	0.00	0.79	0.80	9.99	92.15	6.08	0.045	5.61	0.19	0.00	0.16	0.21	1.76	14.05
5	45.22	0.44	34.03	1.60	0.00	0.71	0.79	9.89	92.68	6.19	0.045	5.49	0.18	0.00	0.15	0.21	1.73	13.99

T80-470-MUS4

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Na	K	TOTAL
1	44.49	0.36	34.05	1.50	0.00	0.88	0.71	10.17	92.16	6.14	0.038	5.54	0.17	0.00	0.18	0.19	1.79	14.05
2	44.14	0.37	33.80	1.55	0.00	0.86	0.61	10.39	91.71	6.13	0.038	5.53	0.18	0.00	0.18	0.16	1.84	14.07

Química mineral de Estaurolitas

Foram medidos 11 pontos analíticos na amostra T80-573 cujos resultados se apresentam a continuação

Pontos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TOTAL	Si	Ti	Al	Fe(II)	Mn	Mg	Ca	Na	K	TOTAL	
1	30,9980	0,5440	50,2380	10,1540	0,3790	1,6800	0,0000	0,0900	0,0230	94,11	8,746	0,115	16,704	2,396	0,091	0,707	0,000	0,049	0,008	28,816	0,22779
3	28,0960	0,5210	51,3790	9,8640	0,3550	1,4730	0,0000	0,1020	0,0290	91,82	8,146	0,114	17,555	2,391	0,087	0,637	0,000	0,057	0,011	28,997	0,21026
4	28,0960	0,6090	51,1100	11,6800	0,3970	1,6900	0,0170	0,0680	0,0350	93,70	8,068	0,132	17,297	2,305	0,097	0,724	0,005	0,038	0,013	29,177	0,20507
5	28,2730	0,5470	50,7880	10,2080	0,3610	1,5890	0,0000	0,0990	0,0790	91,94	8,205	0,119	17,370	2,477	0,089	0,687	0,000	0,056	0,029	29,033	0,21724
9	28,7730	0,4870	51,3100	9,6800	0,3750	1,5970	0,0000	0,0780	0,0160	92,32	8,279	0,105	17,400	2,329	0,091	0,685	0,000	0,044	0,006	28,940	0,22728
10	27,0840	0,5500	51,0710	10,2500	0,3790	1,5660	0,0000	0,1550	0,0370	91,09	7,952	0,121	17,671	2,516	0,094	0,685	0,000	0,088	0,014	29,142	0,21408
11	27,4240	0,5670	50,0330	10,1200	0,4150	1,7160	0,0110	0,0870	0,0200	90,39	8,106	0,126	17,428	2,501	0,104	0,756	0,003	0,050	0,008	29,083	0,23214

Química mineral de Sulfetos

T80-459, PIRROTITAS

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	37.695	60.443	0.051	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.027	0.095	0.198	98.523	1.176	1.082	0.001	FeS
2	38.341	59.965	0.030	0.151	0.110	0.028	0.031	0.037	0.000	0.111	0.148	98.952	1.196	1.074	0.000	FeS
3	36.417	62.539	0.014	0.000	0.000	0.005	0.027	0.020	0.002	0.119	0.000	99.143	1.136	1.120	0.000	FeS
4	38.229	60.028	0.005	0.000	0.267	0.017	0.000	0.020	0.000	0.148	0.194	98.908	1.192	1.075	0.000	FeS

FSN116-

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	52.650	45.812	0.126	0.000	0.362	0.000	0.000	0.000	0.000	0.088	0.000	99.038	1.642	0.820	0.002	FeS ₂
2	52.816	45.851	0.188	0.000	0.000	0.016	0.019	0.017	0.116	0.074	0.000	99.097	1.647	0.821	0.003	FeS ₂
3	52.677	45.864	0.122	0.000	0.307	0.000	0.000	0.000	0.000	0.056	0.000	99.026	1.643	0.821	0.002	FeS ₂
4	52.637	45.591	0.041	0.000	0.168	0.048	0.050	0.003	0.000	0.062	0.049	98.649	1.642	0.816	0.001	FeS ₂
5	52.720	45.841	0.080	0.000	0.008	0.007	0.019	0.000	0.015	0.065	0.001	98.756	1.644	0.821	0.001	FeS ₂
6	51.958	45.311	0.000	1.039	0.000	0.000	0.007	0.000	0.051	0.094	0.023	98.483	1.621	0.811	0.000	FeS ₂
7	52.167	45.808	0.014	0.021	0.000	0.010	0.000	0.038	0.041	0.075	0.212	98.386	1.627	0.820	0.000	FeS ₂
8	52.480	44.922	0.036	0.000	0.295	0.008	0.000	0.000	0.003	0.105	0.627	98.476	1.637	0.804	0.000	FeS ₂
9	52.794	45.319	0.031	0.068	0.851	0.017	0.003	0.000	0.012	0.112	0.165	99.372	1.647	0.811	0.000	FeS ₂
10	52.561	45.234	0.009	0.023	0.513	0.001	0.001	0.010	0.000	0.097	0.231	98.680	1.639	0.810	0.000	FeS ₂
11	52.681	44.762	0.101	0.000	0.000	0.051	0.007	0.003	0.000	0.659	0.175	98.439	1.643	0.802	0.001	FeS ₂
12	52.929	45.080	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.116	0.941	99.107	1.651	0.807	0.000	FeS ₂
13	52.918	45.230	0.065	0.029	0.408	0.001	0.000	0.000	0.010	0.283	0.516	99.460	1.651	0.810	0.001	FeS ₂
14	50.866	44.560	0.032	0.020	0.041	0.001	0.024	0.000	0.000	0.079	0.099	95.722	1.587	0.798	0.000	FeS ₂
15	51.898	47.550	0.012	0.000	0.000	0.022	0.000	0.021	0.000	0.090	0.090	99.683	1.619	0.851	0.000	FeS ₂
16	52.857	45.938	0.000	0.037	0.000	0.009	0.000	0.032	0.019	0.101	0.167	99.160	1.649	0.823	0.000	FeS ₂
17	52.374	44.930	0.028	0.465	0.068	0.023	0.000	0.000	0.000	0.112	0.703	98.703	1.634	0.805	0.000	FeS ₂
18	52.915	45.655	0.127	0.021	0.515	0.000	0.003	0.002	0.053	0.120	0.210	99.621	1.650	0.818	0.002	FeS ₂
19	52.316	45.586	0.360	0.000	0.091	0.023	0.000	0.058	0.000	0.094	0.238	98.766	1.632	0.816	0.005	FeS ₂
20	39.106	57.814	0.008	0.000	0.800	0.007	0.000	0.016	0.073	0.077	0.825	97.926	1.220	1.035	0.000	FeS

N560NW CORPO II

Ponto	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	19.24		41.84		0.39		0.31			0.07		95.06		0.59	0.55	FeAs
2	19.31	33.190	42.26	0.000	7	0.000	6	0.000	0.000	5	0.000	95.47	0.600	4	9	S
3	19.15	33.543	41.36	0.000	0	0.000	9	0.004	0.000	9	0.011	94.47	0.603	1	4	S
4	19.42	33.225	41.19	0.014	8	0.000	9	0.000	0.031	8	0.033	94.21	0.597	5	2	S
5	18.10	32.989	43.18	0.033	7	0.020	9	0.000	0.000	6	0.026	94.29	0.606	1	0	S
6	18.33	32.437	41.82	0.000	0	0.026	6	0.000	0.000	7	0.165	93.08	0.572	1	6	S
7	18.33	32.408	41.82	0.000	0.12	0.000	0.23	0.000	0.012	0.10	0.041	93.08	0.572	0.58	0.55	FeAs

	1	9	2	6	8	7	0	8	S							
	18.52	45.83	0.00	0.09	0.07	98.81	0.60	0.61	FeAs							
7	7	33.984	3	0.000	0	0.000	6	0.000	0.061	8	0.235	4	0.578	9	2	S

T37-235-

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	19.244	33.190	41.844	0.000	0.397	0.000	0.316	0.000	0.000	0.075	0.000	95.066	0.600	0.594	0.559	FeAsS
2	19.318	33.543	42.268	0.000	0.000	0.000	0.299	0.004	0.000	0.029	0.011	95.472	0.603	0.601	0.564	FeAsS
3	19.150	33.225	41.369	0.014	0.238	0.000	0.369	0.000	0.031	0.048	0.033	94.477	0.597	0.595	0.552	FeAsS
4	19.421	32.989	41.197	0.033	0.247	0.020	0.209	0.000	0.000	0.076	0.026	94.218	0.606	0.591	0.550	FeAsS
5	18.109	32.437	43.180	0.022	0.000	0.026	0.236	0.000	0.000	0.117	0.165	94.292	0.565	0.581	0.576	FeAsS
6	18.331	32.408	41.829	0.000	0.122	0.000	0.236	0.000	0.012	0.108	0.041	93.087	0.572	0.580	0.558	FeAsS
7	18.527	33.984	45.833	0.000	0.000	0.000	0.096	0.000	0.061	0.078	0.235	98.814	0.578	0.609	0.612	FeAsS

T37-235-

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	37.121	58.954	0.041	0.024	0.000	0.000	0.044	0.024	0.063	0.137	0.113	96.521	1.158	1.056	0.001	FeS
2	37.284	58.774	0.009	0.003	0.000	0.000	0.042	0.000	0.051	0.123	0.125	96.404	1.163	1.052	0.000	FeS
3	37.353	57.996	0.027	0.000	0.252	0.002	0.004	0.000	0.000	0.128	0.117	95.879	1.165	1.038	0.000	FeS
4	37.344	58.528	0.022	0.000	0.000	0.041	0.003	0.001	0.039	0.121	0.104	96.203	1.165	1.048	0.000	FeS
5	37.534	58.953	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.111	0.097	96.729	1.171	1.056	0.000	FeS
6	37.404	59.070	0.037	0.000	1.123	0.019	0.000	0.010	0.002	0.137	0.097	97.899	1.167	1.058	0.000	FeS
7	36.116	58.196	0.025	0.020	0.407	0.000	0.006	0.000	0.000	0.113	0.123	95.006	1.127	1.042	0.000	FeS
8	37.810	58.891	0.035	0.010	0.255	0.031	0.006	0.000	0.055	0.115	0.109	97.277	1.179	1.054	0.000	FeS
9	37.610	59.013	0.055	0.000	0.357	0.030	0.021	0.046	0.090	0.127	0.103	97.452	1.173	1.057	0.001	FeS
10	37.778	59.027	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.081	0.136	0.104	97.154	1.178	1.057	0.000	FeS

T37-288-

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	50.354	43.291	0.661	0.022	0.000	0.000	0.049	0.010	0.000	0.060	0.038	96.485	1.571	0.811	0.009	FeS2
2	51.503	44.417	0.315	0.028	0.133	0.054	0.015	0.000	0.043	0.068	1.034	97.610	1.606	0.795	0.004	FeS2
3	51.666	45.171	0.000	0.255	0.026	0.000	0.018	0.000	0.002	0.065	0.221	97.424	1.612	0.809	0.000	FeS2
4	52.011	44.747	0.047	0.044	0.000	0.000	0.019	0.001	0.049	0.061	0.268	97.247	1.622	0.801	0.001	FeS2
5	51.938	45.182	0.061	0.023	0.000	0.021	0.037	0.082	0.000	0.092	0.272	97.708	1.620	0.809	0.001	FeS2
6	51.379	44.771	0.067	0.058	0.341	0.000	0.257	0.000	0.093	0.065	0.645	98.176	1.618	0.802	0.001	FeS2

T37-288-

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
2	36.996	58.805	0.047	0.001	0.365	0.000	0.002	0.014	0.000	0.112	0.371	96.713	1.154	1.053	0.001	FeS
3	37.448	58.910	0.038	0.000	0.000	0.000	0.033	0.013	0.060	0.128	0.333	96.963	1.168	1.055	0.001	FeS
4	36.823	58.017	0.001	0.000	0.737	0.000	0.001	0.042	0.011	0.089	0.312	96.033	1.149	1.039	0.000	FeS
5	37.599	55.908	0.020	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.095	0.361	94.019	1.173	1.001	0.000	FeS
6	37.519	59.243	0.048	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.074	0.324	97.223	1.170	1.061	0.001	FeS
7	37.505	59.009	0.021	0.000	0.108	0.006	0.024	0.009	0.010	0.082	0.310	97.084	1.170	1.057	0.000	FeS
8	18.961	32.569	44.063	0.009	0.175	0.000	0.491	0.000	0.000	1.232	0.527	98.027	0.591	0.583	0.588	FeS
9	17.986	31.280	45.188	0.000	0.000	0.039	1.183	0.000	0.000	1.421	1.008	98.105	0.561	0.560	0.603	FeS

T80-515

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	19.021	34.142	44.452	0.003	0.118	0.005	0.054	0.000	0.078	0.094	0.140	98.107	0.593	0.611	0.593	FeAsS
2	18.266	33.392	44.941	0.000	0.161	0.000	0.011	0.000	0.000	0.141	0.439	97.351	0.570	0.598	0.600	FeAsS
3	19.034	33.775	44.452	0.007	0.092	0.025	0.036	0.000	0.070	0.127	0.233	97.851	0.594	0.605	0.593	FeAsS
4	19.069	34.059	44.252	0.000	0.000	0.000	0.093	0.000	0.067	0.092	0.161	97.793	0.595	0.610	0.591	FeAsS
5	19.098	33.996	43.685	0.000	0.089	0.033	0.007	0.030	0.004	0.089	0.166	97.197	0.596	0.609	0.583	FeAsS
6	18.639	33.781	44.375	0.007	0.000	0.044	0.002	0.000	0.037	0.119	0.193	97.197	0.581	0.605	0.592	FeAsS
7	18.744	33.907	44.442	0.000	0.082	0.000	0.024	0.000	0.071	0.130	0.269	97.681	0.585	0.607	0.593	FeAsS

T80-515:

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	18.554	33.637	44.958	0.000	0.000	0.008	0.104	0.000	0.000	0.124	0.175	97.500	0.579	0.602	0.600	FeAsS
2	18.904	34.196	43.922	0.004	0.168	0.000	0.082	0.000	0.000	0.085	0.121	97.482	0.590	0.612	0.586	FeAsS
3	18.486	33.633	44.699	0.000	0.000	0.000	0.081	0.000	0.000	0.101	0.171	97.171	0.577	0.602	0.597	FeAsS
4	19.059	34.460	43.873	0.000	0.343	0.048	0.000	0.000	0.006	0.031	0.010	97.830	0.594	0.617	0.586	FeAsS
5	20.083	34.776	42.431	0.000	0.000	0.000	0.250	0.004	0.083	0.060	0.000	97.687	0.626	0.623	0.566	FeAsS
6	19.109	34.320	44.272	0.000	0.258	0.000	0.048	0.000	0.000	0.090	0.049	98.146	0.596	0.615	0.591	FeAsS
7	18.724	34.076	44.554	0.000	0.000	0.000	0.044	0.019	0.000	0.122	0.089	97.628	0.584	0.610	0.595	FeAsS
8	18.222	33.079	42.939	0.000	0.000	0.031	0.031	0.002	0.079	0.083	0.105	94.571	0.568	0.592	0.573	FeAsS
9	18.742	34.366	43.839	0.010	0.000	0.035	0.104	0.043	0.032	0.059	0.045	97.275	0.585	0.615	0.585	FeAsS
10	18.281	33.678	44.540	0.012	0.000	0.004	0.086	0.000	0.024	0.076	0.136	96.837	0.570	0.603	0.594	FeAsS
11	19.164	34.253	43.510	0.000	0.558	0.037	0.048	0.000	0.071	0.069	0.017	97.729	0.598	0.613	0.581	FeAsS
12	18.186	33.721	45.172	0.000	0.251	0.000	0.080	0.012	0.000	0.101	0.159	97.682	0.567	0.604	0.603	FeAsS

T80-530:

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	32.525	37.093	0.000	0.022	0.000	0.034	0.000	0.004	0.000	2.230	24.536	96.444	1.015	0.664	0.000	FeS ₂
2	37.424	59.985	0.010	0.005	0.146	0.000	0.015	0.008	0.000	0.122	0.249	97.964	1.167	1.074	0.000	FeS
3	37.467	60.066	0.000	0.000	0.407	0.000	0.000	0.053	0.000	0.100	0.247	98.340	1.160	1.076	0.000	FeS
4	37.762	60.299	0.005	0.000	0.000	0.008	0.000	0.021	0.035	0.079	0.241	98.450	1.178	1.080	0.000	FeS
5	37.825	60.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.104	0.239	98.369	1.180	1.077	0.000	FeS
6	38.049	60.134	0.000	0.000	0.833	0.025	0.008	0.000	0.054	0.115	0.277	99.495	1.187	1.077	0.000	FeS
7	37.872	59.713	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.029	0.023	0.107	0.228	97.991	1.181	1.069	0.000	FeS
8	37.893	60.473	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000	0.021	0.074	0.105	0.271	98.868	1.182	1.083	0.000	FeS
9	36.526	61.865	0.035	0.000	0.133	0.000	0.007	0.076	0.000	0.127	0.087	98.856	1.139	1.108	0.000	FeS
10	36.994	58.827	0.019	0.008	0.205	0.000	0.043	0.000	0.037	0.087	0.214	96.434	1.154	1.053	0.000	FeS
11	37.701	59.976	0.000	0.000	0.365	0.000	0.000	0.035	0.039	0.085	0.251	98.461	1.176	1.074	0.000	FeS
12	37.126	60.508	0.034	0.000	0.000	0.001	0.024	0.032	0.000	0.102	0.163	97.990	1.158	1.083	0.000	FeS

T80-536

Pontos	S	Fe	As	Cu	Au	Ag	Sb	Sn	Zn	Co	Ni	Tot	S	Fe	As	
1	38.160	59.899	0.025	0.000	0.307	0.000	0.000	0.000	0.000	0.093	0.205	98.689	1.190	1.073	0.000	FeS
2	37.811	59.783	0.017	0.008	0.000	0.025	0.008	0.000	0.016	0.085	0.234	97.987	1.179	1.070	0.000	FeS
3	37.985	59.808	0.013	0.000	0.446	0.008	0.001	0.000	0.000	0.118	0.249	98.628	1.185	1.071	0.000	FeS
4	37.789	59.995	0.005	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.113	0.248	98.163	1.179	1.074	0.000	FeS

5	37.826	59.255	0.011	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.110	0.248	97.956	1.180	1.070	0.000	FeS
6	37.529	60.007	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.109	0.197	97.850	1.171	1.074	0.000	FeS
7	37.797	59.235	0.003	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.013	0.147	0.275	97.494	1.179	1.061	0.000	FeS
8	37.409	60.347	0.032	0.031	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.103	0.247	98.193	1.167	1.081	0.000	FeS
9	37.796	60.024	0.041	0.000	0.143	0.025	0.000	0.006	0.000	0.122	0.301	98.458	1.179	1.075	0.001	FeS
10	37.827	59.960	0.024	0.000	0.048	0.000	0.006	0.000	0.000	0.126	0.224	98.215	1.180	1.074	0.000	FeS
11	36.917	60.292	0.003	0.000	0.000	0.013	0.000	0.018	0.000	0.104	0.142	97.489	1.151	1.080	0.000	FeS
12	37.908	60.036	0.009	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.100	0.233	98.303	1.182	1.075	0.000	FeS
13	37.692	59.870	0.000	0.000	0.392	0.000	0.000	0.015	0.000	0.089	0.213	98.271	1.176	1.072	0.000	FeS
14	37.694	60.052	0.018	0.021	0.000	0.053	0.000	0.012	0.013	0.138	0.233	98.234	1.176	1.075	0.000	FeS
15	37.640	60.025	0.029	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.023	0.084	0.238	98.061	1.174	1.075	0.000	FeS
16	37.628	60.051	0.042	0.018	0.172	0.049	0.000	0.000	0.000	0.085	0.254	98.299	1.174	1.075	0.001	FeS

Apêndice C. Dados analíticos estudo microtermométrico de inclusões fluidas

Tabela 1. Valores de parâmetros físico-químicos obtidos a partir de análises microtermométricas das inclusões fluidas do corpo de minério A depósito Turmalina.

IE	TE	TEg	Vv/Vtmed	Vv/Vtcalc	Vvapor/Vtot	Thot	VM	dtotal	XH ₂ O	XNaCl	sal	Tipo de IF
1 Z2	-55.1	-0.5	5 a 7	4.6	0.05	105.8	18.85	0.96	0.99	0.01	0.91	Aquosa
2 Z2	-54.5	-6.6	7 a 10	11.8	0.12	161.1	19.86	0.97	0.94	0.06	10.14	Aquosa
3 Z2	-53.5	-6.9	7 a 10	10.6	0.11	138.6	19.56	0.99	0.93	0.07	10.53	Aquosa
4 Z2	-55.9	-7.9	7	12	0.12	155.1	19.80	0.99	0.93	0.07	11.77	Aquosa
5 Z2	-57.3	-9.9	7	11.5	0.12	133	19.56	1.02	0.91	0.09	14.07	Aquosa
8 Z2	-57.1	-6.6	10 a 12	11	0.11		19.67	0.95	0.94	0.06	10.14	Aquosa
10 Z2	-55.3	-8.3	10	12.6	0.13	161.6	19.91	0.99	0.92	0.08	12.25	Aquosa
12 Z2	-57.2	-8.3	10	11.9	0.12	151.2	19.76	0.99	0.92	0.08	12.25	Aquosa
13 Z2	-56.8	-10.3	10	13.8	0.14	168.8	20.06	0.99	0.91	0.09	14.51	Aquosa
14 Z2	-57.2	-6.6	10 a 15	13.3	0.13	181.8	20.18	0.96	0.94	0.06	10.14	Aquosa
15 Z2	-57.7	-1.2	10	7.3	0.07	136.6	19.33	0.95	0.99	0.01	2.10	Aquosa
16 Z2	-56.5	-6.1	8	8	0.08		19.06	0.98	0.94	0.06	9.49	Aquosa
17 Z2	-58.9	-6.5	10	10	0.10		19.46	0.96	0.94	0.06	10.01	Aquosa
18 Z2	-51.8	-0.5	10	10.8	0.11	178.6	20.17	0.90	0.99	0.01	0.91	Aquosa
19 Z2	-54.5	-9.6	10	12.3	0.13	161.6	19.80	1.00	0.91	0.09	13.74	Aquosa
20 Z2	-54.7	-9.9	10	12.5	0.13	151.4	19.80	1.00	0.91	0.09	14.07	Aquosa
21 Z2	-51.5	-3.9	10 a 15	11.8	0.12	176.1	20.06	0.94	0.96	0.04	6.39	Aquosa
22 Z2	-51.8	-5.9	12	12	0.12		19.94	0.94	0.94	0.06	9.22	Aquosa
23 Z2	-53.9	-4.7	5 a 7	7.7	0.08	108.2	19.11	0.99	0.95	0.05	7.56	Aquosa
24 Z2	-56.9	-5	10	17.9	0.18	237.9	21.44	0.89	0.95	0.05	7.98	Aquosa
25 Z2	-59.9	-8.2	10	11.2	0.11	139.7	19.61	1.00	0.92	0.08	12.13	Aquosa
26 Z2	-57.4	-8.4	10	13.5	0.14	176.2	20.12	0.98	0.92	0.08	12.37	Aquosa
27 Z2	-58.8	-5.2	8	12.4	0.12	177.2	20.08	0.95	0.95	0.05	8.26	Aquosa

28 Z2	-58.7	-5.1	10	12	0.12	173.3	20.02	0.95	0.95	0.05	8.12	Aqueous
29 Z2	-58.5	-4.3	5 a 7	13.8	0.14	198	20.49	0.92	0.96	0.04	6.98	Aqueous
30 Z2	-58.5	-5.5	10	10	0.10		19.53	0.95	0.95	0.05	8.68	Aqueous
31 Z2	-62.9	-5.8	5	5	0.05		18.48	1.01	0.94	0.06	9.08	Aqueous
32 Z2	-59.9	-11.7	8	8	0.08		18.73	1.02	0.90	0.10	15.97	Aqueous
33 Z2	-61.2	-8.5	8	8	0.08		18.90	1.00	0.92	0.08	12.48	Aqueous
34 Z2	-62.3	-6.6	5	5	0.05		18.43	1.02	0.94	0.06	10.14	Aqueous
35 Z2	-58.7	-6.5	10	10	0.10		19.46	0.96	0.94	0.06	10.01	Aqueous
<hr/>												
9 Z2T1	-55.6	-10.8	7 a 10	14.2	0.14	173.6	20.14	0.99	0.91	0.09	15.04	Aqueous
11 Z2T1	-56.3	-9.7	10	12.3	0.12	148.8	19.76	1.00	0.91	0.09	13.85	Aqueous
36 Z2T1	-59.4	-10.8	15	15	0.15		20.32	0.94	0.91	0.09	15.04	Aqueous
11k Z2T1	-59.6	-10.9	10	13.7	0.14	165.5	20.02	1.00	0.91	0.09	15.14	Aqueous
1a Z2T1	-57.2	-8	5	11.2	0.11	140.8	19.62	1.00	0.93	0.07	11.89	Aqueous
2a Z2T1	-62.4	-15.6	25 a 30	23.2	0.23	282.9	22.23	0.93	0.88	0.12	19.57	Aqueous
3a Z2T1	-60.6	-9.4	15 a 20	11.9	0.12	143.3	19.68	1.01	0.92	0.08	13.52	Aqueous
4a Z2T1	-60.7	-10.4	15	16.7	0.17	212.9	20.77	0.96	0.91	0.09	14.62	Aqueous
5a Z2T1	-61.3	-10.1	10	12.4	0.12	148.1	19.76	1.01	0.91	0.09	14.29	Aqueous
6a Z2T1	-61.3	-8.1	15 a 20	13	0.13	169.5	20.02	0.98	0.93	0.07	12.01	Aqueous
7a Z2T1	-59.8	-11	11	12	0.12		19.62	0.97	0.90	0.10	15.25	Aqueous
8a Z2T1	-61.8	-10.5	17	14.7	0.15	182.5	20.27	0.98	0.91	0.09	14.72	Aqueous
9a Z2T1	-58.9	-0.1	20	24.5	0.25	269.7	23.90	0.75	1.00	0.00	0.23	Aqueous
10a Z2T1	-57.5	-0.1	20	13.1	0.13	198.6	20.75	0.87	1.00	0.00	0.23	Aqueous
11a Z2T1	-55.9	-0.2	20	23.3	0.23	263.7	23.50	0.77	1.00	0.00	0.40	Aqueous
12a Z2T1		-13.5	15	17.7	0.18	213.9	20.84	0.98	0.89	0.11	17.70	Aqueous
13a Z2T1	-55.7	-4.9	15	14.2	0.14	200.7	20.54	0.93	0.95	0.05	7.84	Aqueous
14a Z2T1	-59	-6.3	10	11.1	0.11	152.2	19.72	0.98	0.94	0.06	9.75	Aqueous
<hr/>												
6 Z2T2	-57.4	-8.5	8 a 9	13.8	0.14	178.7	20.16	0.97	0.92	0.08	12.48	Aqueous
7 Z2T2	-57.8	-9.9	7 a 10	12.1	0.12	144.6	19.71	1.01	0.91	0.09	14.07	Aqueous
<hr/>												
1c Z2T3	-58.7	-6.1	7 a 10	15.7	0.16	214.3	20.80	0.93	0.94	0.06	9.49	Aqueous
2c Z2T3	-59.4	-5.1	15	12.1	0.12	174.5	20.04	0.95	0.95	0.05	8.12	Aqueous
3c Z2T3	-58.4	-4.9	15	13.6	0.14	194.2	20.40	0.93	0.93	0.05	7.84	Aqueous
4c Z2T3	-57.2	-4.9	15	13.9	0.14	197.4	20.47	0.93	0.95	0.05	7.84	Aqueous
5c Z2T3	-59.3	-4.7	15	13.6	0.14	194.3	20.41	0.93	0.95	0.05	7.56	Aqueous
6c Z2T3	-60.6	-5	15	11	0.11	159.8	19.80	0.96	0.93	0.05	7.98	Aqueous
7c Z2T3	-59.7	-4.9	15	10.4	0.10	130.6	19.66	0.97	0.95	0.05	7.84	Aqueous
8c Z2T3	-59.8	-4.6	15	10.2	0.10	130.2	19.64	0.97	0.95	0.05	7.41	Aqueous
9c Z2T3	-57.9	-8.6	9	12.2	0.12	153.5	19.80	0.99	0.92	0.08	12.60	Aqueous
10c Z2T3	-59.6	-4.9	15	15.5	0.16	214.8	20.85	0.91	0.95	0.05	7.84	Aqueous
11c Z2T3	-57.3	-4.9	15	15.5	0.16	214.5	20.84	0.91	0.95	0.05	7.84	Aqueous
12c Z2T3	-58.3	-5.2	15	15	0.15		20.70	0.90	0.95	0.05	8.26	Aqueous
<hr/>												
1z5	-49.8	-1.7	10	14.55	0.15	209.6	20.92	0.88	0.98	0.02	2.93	Aqueous
4z5	-49.9	-1.2	13	26.68	0.27	286.6	24.45	0.75	0.99	0.01	2.10	Aqueous
5z5	-49.6	-2	15	23.13	0.23	270.4	23.23	0.79	0.98	0.02	3.28	Aqueous
6z5	-50.8	-1.7	10	12.58	0.13	192.2	20.45	0.90	0.98	0.02	2.93	Aqueous
7z5	-49.6	-1.8	13	29.22	0.29	303.2	25.25	0.73	0.98	0.02	3.10	Aqueous
8z5	-49.3	-1.9	43	16.36	0.16	224.2	21.35	0.86	0.98	0.02	3.26	Aqueous
9z5	-50.7	-2.3	18	32.00	0.32	320.9	26.27	0.70	0.98	0.02	3.91	Aqueous
10z5	-53.9	-1.3	10	14.18	0.14	206.7	20.88	0.88	0.99	0.01	2.27	Aqueous
11z5	-47.7	-2.1	13	16.58	0.17	226.1	21.39	0.86	0.98	0.02	3.59	Aqueous

12z5	-49.9	-1.9	18	18.81	0.19	242.3	22.00	0.84	0.98	0.02	3.26	Aquosa
14z5	-49.9	-2.2	10	14.68	0.15	210.4	20.90	0.88	0.98	0.02	3.75	Aquosa
15z5	-49.1	-1.6	43	52.10	0.52	393.5	37.35	0.49	0.98	0.02	2.77	Aquocarbónica
17z5	-52.4	-0.9	40	41.38	0.41	348.9	30.63	0.59	0.99	0.01	1.59	Aquocarbónica
19z5	-48.3	-0.9	18	27.31	0.27	288.1	24.70	0.74	0.99	0.01	1.59	Aquocarbónica
23z5	-50.7	-2.2	10	14.99	0.15	213.1	20.98	0.88	0.98	0.02	3.75	Aquosa
24z5	-52.7	-2.1	33	33.20	0.33	324.5	26.71	0.69	0.98	0.02	3.59	Aquosa
27z5		-0.6	25	17.85	0.18	232.8	21.89	0.83	0.99	0.01	1.08	Aquosa
30z5	-30.6	-0.7	38	36.21	0.36	326.9	28.18	0.64	0.99	0.01	1.26	Aquosa
31z5	-51.2	-0.5	38	36.41	0.36	326.1	28.30	0.64	0.99	0.01	0.91	Aquosa
32z5	-51.7	-1.5	18	23.22	0.23	269.1	23.31	0.79	0.98	0.02	2.60	Aquosa
33z5		-1.4	25	22.48	0.23	264.3	23.10	0.79	0.98	0.02	2.44	Aquosa
36z5	-49.9	-2.2	10	10.00	0.10		19.82	0.92	0.98	0.02	3.75	Aquosa
37z5	-51.7	-2.4	14	7.21	0.07	124.6	19.20	0.97	0.97	0.03	4.07	Aquosa
38z5	-30.6	-2.2	10	11.69	0.12	182.2	20.20	0.92	0.98	0.02	3.75	Aquosa
2z5 T1	-50.5	-9.3	10	14.37	0.14	183.8	20.26	0.98	0.92	0.08	13.41	Aquosa
13z5 T1	-50.2	-8	10	14.25	0.14	188.7	20.32	0.96	0.93	0.07	11.89	Aquosa
18z5 T1	-50.6	-8	10	15.33	0.15	203.5	20.57	0.95	0.93	0.07	11.89	Aquosa
20z5 T1	-54.2	-7.9	13	15.68	0.16	208.5	20.67	0.95	0.93	0.07	11.77	Aquosa
21z5 T1	-52.4	-7.3	10	15.13	0.15	203.6	20.57	0.95	0.93	0.07	11.03	Aquosa
22z5 T1	-52.8	-8.2	13	15.49	0.16	204.8	20.60	0.95	0.92	0.08	12.13	Aquosa
26z5 T1	-49.9	-7.4	10	10.48	0.11	132.9	19.50	1.00	0.93	0.07	11.16	Aquosa
28z5 T2	-49.7	-10.5	10	16.00	0.16	202.2	20.58	0.97	0.91	0.09	14.72	Aquosa
29z5 T2	-50.7	-11	10	14.13	0.14	171.2	20.11	1.00	0.90	0.10	15.25	Aquosa
34z5 T3	-51.8	-12.2	13	13.00	0.13		19.78	0.97	0.90	0.10	16.46	Aquosa
35z5 T3	-50.9	-11.1	13	13.00	0.13		19.84	0.96	0.90	0.10	15.35	Aquosa
25z5 T3	-51.6	-8.9	10	15.80	0.16	206.2	20.63	0.96	0.92	0.08	12.95	Aquosa
1 Z6	-49.6	-0.2	10	16.3	0.16	221.7	21.53	0.84	1.00	0.00	0.40	Aquosa
2 Z6	-51.6	-2.9	27	42	0.42	369.2	30.65	0.61	0.97	0.03	4.86	Aquosa
3 Z6	-51.9	-0.1	10	13.7	0.14	203.1	20.90	0.86	1.00	0.00	0.23	Aquosa
5 Z6		-2.6	77	77	0.77	391.2 (g)	77.39	0.24	0.97	0.03	4.39	Aquocarbónica
6 Z6		-2.5	77	41.6	0.42	363.9 (l)	30.47	0.61	0.97	0.03	4.23	Aquocarbónica
7 Z6	-51.7	-2.0	33	52	0.52	406.3	36.94	0.50	0.97	0.03	4.86	Aquocarbónica
10 Z6	-30.5	-2	15	15	0.15		21.00	0.87	0.98	0.02	3.42	Aquosa
11 Z6	-50.3	-2.6	12	18.3	0.18	240.1	21.79	0.85	0.97	0.03	4.39	Aquosa
12 Z6	-52.1	-2.1	15	9.9	0.1	163.5	19.81	0.93	0.98	0.02	3.59	Aquosa
13 Z6	-51.4	-0.5	8	11.1	0.11	181.2	20.24	0.90	0.99	0.01	0.91	Aquosa
14 Z6	-52.9	-3.7	5	14.7	0.15	204.3	20.60	0.93	0.94	0.06	8.95	Aquosa
15 Z6	-52.5	-1.9	10	17.8	0.18	235.2	21.73	0.85	0.98	0.02	3.26	Aquosa
16 Z6	-51.9	-2.4	13	18	0.18	237.1	21.72	0.85	0.97	0.03	4.07	Aquosa
17 Z6	-51.6	-2.4	10	17	0.17	229.9	21.48	0.86	0.97	0.03	4.07	Aquosa
18 Z6	-52.8	-2.6	17	14	0.14	206.1	20.75	0.89	0.97	0.03	4.19	Aquosa
19 Z6	-52.9	-2.2	10	11.8	0.12	183.7	20.23	0.91	0.98	0.02	3.75	Aquosa
21 Z6	-52.4	-1.8	10	9.6	0.1	160.7	19.76	0.93	0.98	0.02	3.10	Aquosa
25 Z6	-51.9	-3.4	10	13.1	0.13	193.1	20.41	0.92	0.97	0.03	5.63	Aquosa
36 Z6	-30.1	-3.4	15	10.2	0.1	159.2	19.75	0.95	0.97	0.03	5.63	Aquosa
27 Z6 + metast28	-49.7	-3.8	8	10.4	0.1	158.4	19.75	0.95	0.96	0.04	6.24	Aquosa
Z6	-52.8	-2.1	7	12.8	0.13	193.2	20.46	0.90	0.98	0.02	3.59	Aquosa
29 Z6	-52.9	-3.9	10	12.8	0.13	187.9	20.29	0.93	0.96	0.04	6.39	Aquosa

10 Z6	-50.5	-2.6	6	8.4	0.08	140.0	19.43	0.96	0.97	0.03	4.39	Aquosa
11 Z6	-50.6	-0.2	10	12.9	0.13	196.8	20.69	0.87	1.00	0.00	0.40	Aquosa
32 Z6	-53.5	-0.1	25		0.25		24.05	0.75	1.00	0.00	0.23	Aquosa
33 Z6	-52.3	-4.9	10		0.1		19.58	0.95	0.95	0.05	7.84	Aquosa
34 Z6	-51.5	-5.1	33	42.4	0.42	389.9	30.59	0.62	0.95	0.05	8.12	Aquocarbônica
35 Z6	-50.3	-15.4	65	69	0.69	587.8 (g)	55.05	0.37	0.88	0.12	19.40	Aquocarbônica
36 Z6	-40.3	-13.7	50	72.3	0.72	585 (g)	61.82	0.33	0.89	0.11	17.89	Aquocarbônica
37 Z6	-50	-11.5	57		0.57		40.09	0.48	0.90	0.10	15.76	Aquocarbônica
38 Z6		-14.1	85		0.85		114.19	0.17	0.89	0.11	18.26	Carbônica
19 Z6T	-55.6	-10.8	17		0.17		20.81	0.92	0.91	0.09	15.04	Aquosa
23 Z6T	-55.5	-11	20		0.2		21.58	0.88	0.90	0.10	15.25	Aquosa
24 Z5T		-8	20		0.2		21.78	0.87	0.93	0.07	11.89	Aquosa

Inclusão fluida (IF), trilha (T1-T3), Temperatura de homogeneização (TE), Temperatura de fusão do gelo (Tfg), Volume de vapor (Vv), volume total medido (Vmed), volume total calculado (Vcalc), volume total (Vtot), temperatura de homogeneização total (Ttot), volume molar (VM), densidade total (d_{tot}), fração molar da água (X_{H₂O}), fração molar do sódio (X_{NaCl}), salinidade (sal).

Tabela 2- parâmetros termométricos para as inclusões fluidas do **corpo de minério B** do depósito aurífero Turmalina

No IF	TE	TFg	TH total	Vapor (%)	Vvap-CAI	VVvap/VT	VM	dm	XH ₂ O	XNaCl	Sol	Tipos IF
42A	-41.3	-11.9		20	5.0	0.2	21.53	0.89	0.90	0.10	16.17	essenc. Aquosa
45A	-43.7	-14.4		25		0.3	22.82	0.85	0.88	0.12	18.53	essenc. Aquosa
34A	-57.1	-9.5		25		0.3	23.42	0.82	0.92	0.08	13.63	essenc. Aquosa
25A	-61.5	-9.5		20		0.2	21.67	0.88	0.92	0.08	13.63	essenc. Aquosa
30A	-61.5	-8.9		20		0.2	21.71	0.87	0.92	0.08	12.95	essenc. Aquosa
43A	-57.7	-0.4		10		0.1	20.98	0.90	1.00	0.00	0.74	essenc. Aquosa
41A	-59.1	-2.7		20		0.2	22.24	0.82	0.97	0.04	4.55	essenc. Aquosa
40A	-59.1	-7.6		12.5		0.1	20.05	0.94	0.93	0.07	11.40	essenc. Aquosa
36A	-58.9	-8		30		0.3	24.89	0.76	0.93	0.07	11.89	essenc. Aquosa
31A	-55.4	-7.8		30		0.3	24.89	0.76	0.93	0.07	11.77	essenc. Aquosa
38A	-60.2	-12.2		12		0.1	19.56	0.98	0.90	0.10	16.46	essenc. Aquosa
37A	-57.9	-9.7		20		0.2	21.66	0.88	0.91	0.09	15.85	essenc. Aquosa
35A	-62.3	-7.6		20		0.2	21.80	0.86	0.93	0.07	11.40	essenc. Aquosa
33A	-57.4	-11.7		20		0.2	21.34	0.89	0.90	0.10	15.97	essenc. Aquosa
32A	-54.5	-9.6		25		0.3	23.11	0.82	0.91	0.09	13.74	essenc. Aquosa
44A	-56.9	-9.5		27		0.3	23.75	0.80	0.92	0.08	15.63	essenc. Aquosa
26A		-7.8		28		0.3	24.21	0.78	0.93	0.07	11.65	essenc. Aquosa
40B		-2.6	241.5	20	18.0	0.2	21.88	0.85	0.97	0.03	4.54	essenc. Aquosa
130B	-40.5	-0.7	211.9	15	14.8	0.2	21.11	0.86	0.99	0.01	1.26	essenc. Aquosa
230B	-40.6	-3.7	244.8	10	20.0	0.2	21.79	0.86	0.96	0.04	6.09	essenc. Aquosa
160B	-49.3	-2.4	225.3	20	16.3	0.2	21.33	0.87	0.97	0.03	4.07	essenc. Aquosa
70B	-45	-4.75	266.4	5	21.2	0.2	22.38	0.85	0.95	0.05	7.65	essenc. Aquosa
110B	-48.2	-4.6	273.1	30	22.2	0.2	22.67	0.84	0.93	0.05	7.44	essenc. Aquosa
190B	-44.7	-3.9	255.4	25	20.3	0.2	22.31	0.84	0.97	0.03	4.86	essenc. Aquosa
170B	-47.8	-2.9	287.4	40	48.0	0.3	33.68	0.55	0.92	0.03	4.55	essenc. Aquosa
130B	-49.3	-3.1	219.3	20	13.7	0.2	21.08	0.89	0.97	0.03	5.12	essenc. Aquosa
240B	-46.7	-6.8	218.6	10	16.0	0.2	20.88	0.93	0.94	0.06	10.40	essenc. Aquosa
460B	-51.6	-1.1	227.3	10	17.9	0.2	21.94	0.85	0.90	0.10	15.25	essenc. Aquosa
440B	-55.7	-14.2	214.2	15	17.9	0.2	20.86	0.98	0.89	0.11	18.35	essenc. Aquosa
430B	-55.1	-13.4	191.4	20	16.1	0.2	20.46	1.00	0.89	0.11	17.61	essenc. Aquosa
450B	-54	-13.8	229.1	20	18.8	0.2	21.11	0.99	0.89	0.11	17.98	essenc. Aquosa
720B		-22.8	201.7	10	18.6	0.2	20.76	1.03	0.85	0.15	23.85	essenc. Aquosa
640B		-11.9	223.5	10	17.9	0.2	20.98	0.96	0.90	0.10	16.13	essenc. Aquosa
740B	-52.2	-9.6	195.8	10	15.3	0.2	20.46	0.97	0.91	0.09	13.74	essenc. Aquosa
610B	-55	-7.9	199	10	15.0	0.1	20.49	0.95	0.93	0.07	11.77	essenc. Aquosa
20B	-55.7	-11.2		30		0.3	24.65	0.77	0.90	0.10	15.46	essenc. Aquosa
40B	-50.7	-8.9		15		0.2	20.93	0.90	0.92	0.08	12.95	essenc. Aquosa
60B	-52	-0.3		15		0.2	21.19	0.85	1.00	0.00	0.57	essenc. Aquosa
90B	-51.8	-8.8		15		0.2	20.44	0.93	0.92	0.08	12.83	essenc. Aquosa
110B	-50.9	-15.9		15		0.2	20.07	0.97	0.88	0.12	19.83	essenc. Aquosa
120B	-51.9	-14.2		10		0.1	19.03	1.01	0.89	0.11	18.35	essenc. Aquosa
160B	-52.1	-19.6		30		0.3	24.69	0.77	0.91	0.09	14.83	essenc. Aquosa

17 B4	-59.2	-9.3	37	0.4	27.52	0.69	0.92	0.08	13.63	essenc. Aquosa
18 B4	-51	-10.6	15	0.2	20.33	0.94	0.91	0.09	14.83	essenc. Aquosa
19 B4	-53.0	-11	15	0.2	20.31	0.94	0.90	0.10	15.25	essenc. Aquosa
20 B4	-55.7	-8.4	30	0.3	24.85	0.76	0.92	0.08	12.37	essenc. Aquosa
21 B4	-52.6	-8.8	20	0.2	21.72	0.87	0.92	0.08	12.83	essenc. Aquosa
22 B4	-53.8	-8.2	25	0.3	23.21	0.81	0.92	0.08	12.13	essenc. Aquosa
24 B4	-52.7	-9.3	10	0.1	19.28	0.98	0.92	0.08	13.41	essenc. Aquosa
29 B4	-50.2	-7.4	30	0.3	24.94	0.75	0.93	0.07	11.16	essenc. Aquosa
29 B4	-52.5	-7.7	20	0.2	21.80	0.86	0.93	0.07	11.53	essenc. Aquosa
10 B4	-53.7	-10.8	10	0.1	18.19	0.99	0.91	0.09	17.04	essenc. Aquosa
13 B4	-53	-3.6	17	0.2	21.35	0.86	0.96	0.04	5.94	essenc. Aquosa
34 B3	-52.2	-3.2	10	0.1	18.72	0.93	0.97	0.03	5.33	essenc. Aquosa
34 B4	-51.5	-3.1	20	0.2	22.20	0.83	0.97	0.03	5.17	essenc. Aquosa
35 B4	-51.2	-3.3	17	0.2	21.38	0.86	0.97	0.03	5.48	essenc. Aquosa
39 B4	-50.3	-5.5	23	0.2	22.83	0.82	0.95	0.05	6.68	essenc. Aquosa
40 B4	-52.2	-5.7	23	0.2	22.81	0.82	0.94	0.06	6.95	essenc. Aquosa
42 B4	-54.7	-9.6	10	0.1	19.26	0.99	0.91	0.09	13.74	essenc. Aquosa
43 B4	-50.5	-11.1	28	0.3	23.97	0.80	0.90	0.10	15.35	essenc. Aquosa
45 B4	-52.4	-7.5	14	0.1	20.29	0.93	0.93	0.07	11.28	essenc. Aquosa
51 B4	-50.7	-3.9	23	0.2	22.98	0.80	0.96	0.04	5.39	essenc. Aquosa

No IP	THCO2	THCO2	VCO2 (%)	VCO2/VT	VM	dot	XCO2	XCH4	XN2(média)	densidade	TIPO
22A	-3.1	-38.2	95	0.95	54.28	0.72	0.76	0.07	0.18	0.72	essenc.carbônica
19A	-2.2	-38.1	90	0.90	54.43	0.72	0.76	0.07	0.18	0.72	essenc.carbônica
21A	-0.8	-38	90	0.90	54.69	0.72	0.76	0.06	0.18	0.72	essenc.carbônica
34A	-0.3	-38.1	95	0.95	54.96	0.72	0.76	0.07	0.18	0.72	essenc.carbônica
46A	-0.2	-38.4	90	0.90	55.47	0.70	0.74	0.08	0.18	0.70	essenc.carbônica
39A	-0.2	-38.3	90	0.90	55.60	0.70	0.74	0.09	0.18	0.70	essenc.carbônica
13A	-0.2	-38	80	0.80	54.89	0.72	0.76	0.06	0.18	0.72	essenc.carbônica
14A	2.4	-38.1	95	0.95	55.74	0.71	0.76	0.07	0.18	0.71	essenc.carbônica
8A	2.6	-37.9	90	0.90	55.48	0.71	0.77	0.06	0.18	0.71	essenc.carbônica
9A	2.9	-38.2	90	0.90	56.06	0.70	0.75	0.07	0.18	0.70	essenc.carbônica
23A	2.9	-38.2	95	0.95	56.06	0.70	0.75	0.07	0.18	0.70	essenc.carbônica
29A	3.3	-38	95	0.95	55.83	0.71	0.76	0.06	0.18	0.71	essenc.carbônica
15A	3.8	-38.8	95	0.95	57.39	0.66	0.71	0.11	0.18	0.66	essenc.carbônica
11A	5	-38.1	90	0.90	56.50	0.69	0.76	0.07	0.18	0.69	essenc.carbônica
16A	5.4	-38.2	90	0.90	56.73	0.69	0.75	0.07	0.18	0.69	essenc.carbônica
12A	6.1	-37.9	80	0.80	56.49	0.70	0.77	0.06	0.18	0.70	essenc.carbônica
17A	9.4	-37.8	95	0.95	57.25	0.69	0.77	0.06	0.18	0.69	essenc.carbônica
18A	18.6	-37.8	95	0.95	59.53	0.66	0.76	0.06	0.18	0.66	essenc.carbônica
30B2	11.9		90	0.90	51.98	0.85	1.00	0.00	0.00	0.85	essenc.carbônica
1B2	18.7	-37.4	90	0.90	59.10	0.68	0.79	0.04	0.18	0.68	essenc.carbônica
1B2	18.7	-37.4	90	0.90	59.10	0.68	0.79	0.04	0.18	0.68	essenc.carbônica
26B3	-3.5	-39	90	0.90	54.87	0.70	0.72	0.11	0.18	0.70	essenc.carbônica
14B3	-1.9	-38.3	90	0.90	54.61	0.72	0.76	0.07	0.18	0.72	essenc.carbônica
15B3	0.4	-38.3	80	0.80	55.41	0.71	0.75	0.08	0.18	0.71	essenc.carbônica
25B3	0.5	-38.2	95	0.95	55.34	0.71	0.75	0.07	0.18	0.71	essenc.carbônica

19B3	1		95	0.95	47.77	0.92	1.00	0.00	0.00	0.92	essene carbonées
23B3	1.4		95	0.95	47.80	0.92	1.00	0.00	0.00	0.92	essene carbonées
31B3	3.1		90	0.90	48.45	0.91	1.00	0.00	0.00	0.91	essene carbonées
11B3	3.1	-58.3	90	0.90	56.21	0.69	0.75	0.08	0.18	0.69	essene carbonées
16B3	3.4	-58.3	90	0.90	56.29	0.69	0.75	0.08	0.18	0.69	essene carbonées
13B3	4	-58.3	95	0.95	56.48	0.69	0.75	0.08	0.18	0.69	essene carbonées
29B3	6		95	0.95	49.49	0.89	1.00	0.00	0.00	0.89	essene carbonées
12B3	7.2	-58.7	90	0.90	57.49	0.66	0.75	0.19	0.18	0.66	essene carbonées
7B4	28.9	-72.2	100	1.00	64.47	0.36	0.19	0.66	0.15	0.36	essene carbonées
13B4	24.3	-65.9	100	1.00	70.74	0.37	0.29	0.56	0.15	0.37	essene carbonées
14B4	-41.4	-62.4	97	0.97	11.07	0.63	0.60	0.21	0.19	0.63	essene carbonées
31B4	-24.4	-61.2	97	0.97	118.25	0.19	0.46	0.34	0.20	0.19	essene carbonées
41B4	-19.9	-60.3	83	0.83	50.14	0.89	0.78	0.02	0.21	0.89	essene carbonées
47B4	-41.3	-61.5	97	0.97	48.94	0.72	0.61	0.21	0.14	0.72	essene carbonées

No IF	THCO		TPCO		TR	TRg	TPG	TH		VCO2		VNI	dmi	XHE		XCO		XCH		XHC		dmi (m)		Type de IF
	1	2	1	2				total	(%)	VCO2/NT	0			1	2	3	4	5	6	7				
10A	3.3	-58					10		90	0.9	81.35	0.38	0.40	0.47	0.01	0.10	0.03	10.50	0.31					aquocarb
1A	3.5	-58					10		90	0.9	94.11	0.31	0.47	0.41	0.01	0.09	0.03	8.58	0.24					aquocarb
2A	5.9	-58					10.2		90	0.9	68.95	0.47	0.34	0.52	0.01	0.11	0.03	11.24	0.41					aquocarb
3A	7.9	-57.9					4.4		55	0.55	28.58	0.92	0.62	0.33	0.00	0.00	0.05	12.36	0.88					aquocarb
4A	8.4	-58					9.9		60	0.6	59.31	0.55	0.77	0.15	0.00	0.03	0.05	9.62	0.27					aquocarb
5A	12.6	-57.9			-9.3		4.1		80	0.8	83.41	0.25	0.86	0.09	0.01	0.02	0.02	4.50	0.06					aquocarb
6A	15.5	-57.9		-57.9	-15.3		5		40	0.4	29.84	0.68	0.86	0.05	0.00	0.01	0.08	12.89	0.15					aquocarb
7A	19.9	-58.1		-43.1			3		60	0.6	100.53	0.39		0.75	0.08	0.18			0.65					aquocarb
28A					-10.9		4.2		10	0.1	20.71	0.95	0.89	0.03	0.00	0.00	0.08	12.27	0.09					aquocarb
27A				-44.2	-15.3		-1.3		10	0.1	20.77	0.96	0.86	0.03	0.00	0.00	0.11	17.31	0.10					aquocarb
29A				-54.7	-12.3		-3.1		20	0.2	21.15	0.85	0.88	0.02	0.00	0.00	0.09	14.66	0.05					aquocarb
6B2	12.7	-59.7					11.2	357.7	45	0.45	31.51	0.61	0.88	0.06	0.01	0.01	0.04	6.06	0.15					aquocarb
32B2	14.2	-57.9					9.3	239.1	80	0.8	18.83	0.86	0.39	0.60	0.00	0.00	0.01	3.90	0.83					aquocarb
23B2	16.2	-57.9					8.7	358.1	70	0.7	52.55	0.40	0.79	0.12	0.02	0.03	0.05	8.57	0.15					aquocarb
8B2	20.2						10.4	349.9	30	0.3	25.78	0.76	0.93	0.06	0.00	0.00	0.01	1.86	0.20					aquocarb
22B2	21.1	-56.9					9.6	348.1	75	0.75	60.12	0.37	0.75	0.17	0.01	0.03	0.03	6.76	0.17					aquocarb
21B2	21.3	-57.5					9.6	342.4	65	0.65	45.98	0.46	0.81	0.12	0.01	0.02	0.04	6.62	0.17					aquocarb
31B2	23.5			-48.6	-7.8		10.2	340.5	20	0.2	22.81	0.84	0.94	0.05	0.00	0.00	0.01	2.23	0.23					aquocarb
27B2	24						10	296.5	40	0.4	29.24	0.69	0.90	0.09	0.00	0.00	0.01	2.60	0.23					aquocarb
20B2	26	-56.6					9.3	327.3	45	0.45	27.38	0.86	0.76	0.22	0.00	0.00	0.02	3.90	0.69					aquocarb
25B2	26.6	-56.9					9.1		40	0.4	29.65	0.65	0.88	0.06	0.00	0.01	0.05	8.13	0.15					aquocarb
9B2		-58.9	-48.5	-12			11.2	366.9	40	0.4	28.91	0.71	0.87	0.08	0.00	0.01	0.03	6.03	0.24					aquocarb
3B2		-57.3			-9.5		10.7	338.5	40	0.4	29.10	0.69	0.88	0.07	0.01	0.01	0.03	5.82	0.19					aquocarb
12B2		-58.9	-47.5	-8			10.4	373.4	35	0.35	27.37	0.73	0.90	0.06	0.00	0.01	0.03	5.71	0.19					aquocarb
18B2			-42.7	-4.7			10.9	346.4	20	0.2	22.78	0.85	0.93	0.04	0.00	0.00	0.02	3.97	0.17					aquocarb
14B2					-17.6		10.4		30	0.3	24.86	0.83	0.86	0.07	0.00	0.01	0.06	10.11	0.33					aquocarb
23B3	0.8	-58.2					10.2*		80	0.8	37.91	0.83	0.38	0.48	0.01	0.10	0.02	9.63	0.79					aquocarb
18B3	1	-58					10.1		80	0.8	68.64	0.35	0.69	0.22	0.02	0.05	0.03	6.55	0.19					aquocarb
24B3	1.6	-58.4					10.4		80	0.8	51.92	0.52	0.51	0.34	0.04	0.04	0.04	11.29	0.41					aquocarb
20B3	2.2	-59.6					10.5		80	0.8	40.78	0.70	0.40	0.39	0.08	0.10	0.04	13.76	0.63					aquocarb

21B3	3.1	-58.3		10.2		70	0.7	41.78	0.61	0.61	0.27	0.01	0.06	0.05	11.38	0.45	aquecarb
17B3	3.6	-58.2		10.2		90	0.9	37.74	0.95	0.19	0.64	0.02	0.14	0.02	13.89	0.95	aquecarb
28B3	5			10.3		60	0.6	34.72	0.71	0.67	0.27	0.00	0.00	0.06	12.35	0.90	aquecarb
27B3	12.4	-58.1		10		90	0.9	47.79	0.71	0.24	0.57	0.05	0.13	0.01	7.36	0.68	aquecarb
32B3	13.8			9.5		45	0.45	26.37	0.92	0.74	0.25	0.00	0.00	0.02	3.53	0.83	aquecarb
10B3	14.4			10		45	0.45	26.40	0.92	0.74	0.25	0.00	0.00	0.01	2.60	0.83	aquecarb
22B3	16	-58.5		10		60	0.6	31.76	0.78	0.64	0.25	0.03	0.06	0.03	6.94	0.64	aquecarb
10B3		-61.3	-5.5	6.4	278.5	80	0.8	79.84	0.25	0.85	0.07	0.04	0.03	0.01	1.75	0.06	aquecarb
1 B4	-26.1	-60.2		7.25		50	0.5	26.91	0.90	0.64	0.24	0.00	0.05	0.07	14.72	0.82	aquecarb
3 B4		-60.6	-14.7	8.7		60	0.6	43.42	0.48	0.86	0.10			0.04	6.65	0.12	aquecarb
5 B4			-51	-10.7	4	23	0.23	24.04	0.82	0.89	0.03			0.07	11.58	0.08	aquecarb
8 B4		-68.1	-55.1	-22.6	7.7	37	0.37	25.87	0.88	0.77	0.15			0.08		0.59	aquecarb
10 B4		-61.2	-53.1	-8.2	5.5	47	0.47	34.23	0.58	0.90	0.05			0.05	7.58	0.08	aquecarb
15 B4			-53.5	-10.5	2.7	37	0.37	29.15	0.68	0.89	0.04			0.07	11.15	0.07	aquecarb
23 B4			-35.6	-9.8	4.3	20	0.2	23.17	0.85	0.90	0.03			0.07	10.71	0.08	aquecarb
25 B4			-51.6	-10.2	3	25	0.25	23.76	0.83	0.90	0.03			0.07	11.26	0.07	aquecarb
26 B4			-52.6	-7.8	1.7	25	0.25	23.83	0.81	0.92	0.03			0.05	8.83	0.05	aquecarb
37 B4		-58.3	-51.1	-8	4.7	40	0.4	30.49	0.65	0.91	0.04			0.05	8.01	0.07	aquecarb
38 B4		-60.6	-55.5	-7.9	4	43	0.43	30.95	0.63	0.91	0.04			0.05	8.01	0.06	aquecarb
44 B4	-45.9	-61.8	-51.7	-6.6		65	0.65	49.18	0.39	0.91	0.02		0.00	0.06	10.12	0.02	aquecarb
46 B4		-60.9		-8.7	8.6	80	0.8	82.24	0.26	0.85	0.14			0.01	0.99	0.08	aquecarb
48 B4	-31.6	-62.6		10.3		83	0.83	38.53	0.72	0.31	0.36	0.17	0.11	0.05	21.92	0.59	aquecarb
49 B4			-53.7	-8.5	2	25	0.25	24.65	0.79	0.91	0.03			0.06	9.61	0.05	aquecarb
50 B4			-52	-6.7	6.5	17	0.37	29.04	0.68	0.92	0.04			0.04	6.36	0.08	aquecarb
52 B4			-53.5	-12.7	9.2	27	0.27	25.12	0.79	0.90	0.05			0.06		0.13	aquecarb

Inclusão fluida (IF); tripla (T1-T3); Temperatura de homogeneização (T_H); Temperatura de fusão do gelo (T_{fg}); Volume de vapor (V_v); volume total medido (V_{med}); volume total calculado (V_{calc}); volume total (V_{tot}); temperatura de homogeneização total (T_{tot}); volume molar (VM); densidade total (d_{tot}); fração molar da água (X_{H₂O}); fração molar do sódio (X_{NaCl}); salinidade (sal).

DOAÇÃO

TGC-15P

Data: 10/07/12