

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

UNIDADES TURMALINÍFERAS DO GRUPO BRUSQUE, RIO DO OLIVEIRA,
TIJUCAS, SC

Fabio Brentan

Orientador: Prof. Dr. Miguel Ângelo Stipp Basei

Co-orientadora: Prof^a.Dra. Gianna Maria Garda

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2011 / 17)

SÃO PAULO

2011

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

UNIDADES TURMALINÍFERAS DO GRUPO BRUSQUE, RIO DO OLIVEIRA,
TIJUCAS, SC

Fabio Brentan



Orientador: Prof. Dr. Miguel Ângelo Stipp Basei

Co-orientadora: Prof^a.Dra. Gianna Maria Garda

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2011 / 17)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900030336

SÃO PAULO

2011

TF
0839
F.u

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

UNIDADES TURMALINÍFERAS DO GRUPO BRUCQUE, RIO DO OLIVEIRA

TULKAS, SO



Foto: Freitas

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto Silva Gomes

Co-orientador: Prof. Dr. Gleison Neves Costa

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

(1992/1993)

SÃO PAULO

1991

AGRADECIMENTOS

Muito obrigado aos professores Gerson M. Costa e Miguel Â. Stipp, que me ajudaram em todos os momentos deste trabalho, seja de orientações pessoais, mostrando que, em momentos difíceis, é possível lutar.

Muito obrigado ao colega Jéferson dos Anjos, que esteve do meu lado sempre que precisei, passou fim de semana comigo e se que se fosse possível teria me ajudado.

Aos meus pais (Sélio e Edineia) que me ensinaram tudo o que sei sobre a vida de liberdade, e antes disso me ensinaram tudo que foi preciso para ser uma pessoa justa e honesta. Agradeço também aos meus irmãos (João, Sérgio - Q. Colares e Paulo) que me ensinaram a importância da família sempre foram meus melhores amigos. Faltou falar da minha família, mas não posso deixar de falar da minha família.

Agradeço também a todos os colegas do LCT que fizeram parte deste trabalho. Para começar, todos do LCT, em especial Vitor, André, Marcelo, Walter, Agostinho e Luiz. Ao pessoal da microscopia Marcos, Marcelo, Paulo, Roberto, Roberto, André do LCT, LCT-MS, e ao pessoal de informática Agostinho, ao Paulo, Roberto e Claudio, não posso esquecer, Samuel, Elydio.

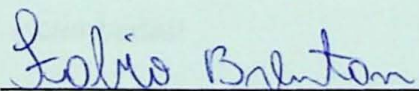
De acordo, com o percento de trabalho durante vários meses. Obrigado Paulo, Carlos, (Luz) que me ajudou com o mapa, um trabalho de campo e me mostrou que pode ser legal, apesar de ter me suspenso por atrasar a entrega.

A todos do LCT (Pós-Graduação em especial, LCT, Zoológico, D. Agostinho, que me ajudou com as imagens de MEV).

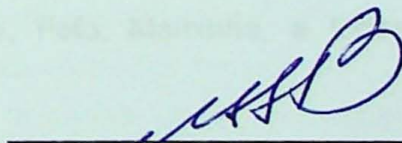
Agradeço aos professores Gerson M. Costa e Miguel Â. Stipp, que me ajudaram em todos os momentos deste trabalho, seja de orientações pessoais, mostrando que, em momentos difíceis, é possível lutar.

Agradeço ao meu repórter que me ajudou, com a ajuda de Paulo, André, Marcelo, Walter, Agostinho e Luiz. Ao pessoal da microscopia Marcos, Marcelo, Paulo, Roberto, Roberto, André do LCT, LCT-MS, e ao pessoal de informática Agostinho, ao Paulo, Roberto e Claudio, não posso esquecer, Samuel, Elydio.

A todos do LCT (Pós-Graduação em especial, LCT, Zoológico, D. Agostinho, que me ajudou com as imagens de MEV).



Fabio Brentan
(Aluno)



Miguel Ângelo Stipp Basei
(Professor orientador)

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos aos meus professores Gianna M. Garda e Miguel A. S. Basei, que me ajudaram em todos os momentos desse trabalho, além de serem ótimas pessoas, mostrando que, até em momentos difíceis, é possível sorrir.

Minha companheira fiel geóloga Juliana Livi Antoniassi, que esteve do meu lado sempre que precisei, perdeu fins de semana comigo, e sei que se fosse preciso faria mais! Te amo!

Aos meus pais (Silvio e Edimar) que me deram todo o amparo durante os anos de faculdade, e antes disso, me ensinaram tudo que foi preciso para ser uma pessoa justa e honesta. Agradeço também aos meus irmãos (João, Silvio - O Coisinha e Pedro) que entre brigas e momentos felizes sempre foram meus melhores amigos. Xicão, você tá nessa! Carioca, meu irmão também, valeu brother!!

Agradeço também a todas as pessoas do IGc que tiveram participação fundamental neste trabalho. Para começar, todos do CPGeo, em especial Vasco Aloios, Mauricio, Walter Sproesser e Luiza. Ao pessoal da microsonda Marcos Mansueto, Paulo Molinaro. Sandra Andrade do LA-ICP-MS. E no setor de laminação agradeço ao Paulo Morgato e Claudio Hopp. Não menos importante, Samuel Egydio.

Meu parceiro de trabalho durante vários meses Reynaldo Peña Castellon (Cuca) que me ajudou com o mapa, em trabalho de campo e me mostrou que pode ser legal, apesar de ter me suspenso por atrasar a bússola!!

A todos do LCT (Poli-USP) em especial, Liz Zanchetta D'Agostino, que me ajudou com as imagens de MEV.

Agradeço aos professores Oswaldo Siga Jr., que me ajudou com os trabalhos de campo e Silvio Farias Vlach, com dicas nos procedimentos da microsonda.

Agradeço as duas repúblicas em que morei: Covil das Virgens e Panapia, Onde cravei raízes e fiz grandes amizades!! Meu time de futebol Bosque; bi-campeão até o momento!! Sem esquecer da galera do Geosamba! Muitas alegrias!!

À turma de 2005 que especialmente marcou minha passagem: Cezinha, Axé, Potranca, Alargado, Maricón, Otário, Pentelho, Fefo, Maminha, e todos mais!! Valeu cambada!!

Aos projetos "A América do Sul no contexto dos supercontinentes - fusão e fissão" Processo FAPESP No 05/58688-1 e "O Magmatismo Granítico do Cinturão Dom Feliciano, Santa Catarina, Brasil, e sua Importância na amalgamação Neoproterozóica do Gondwana Ocidental" Processo FAPESP No 06/06957-1 pelo auxílio financeiro em todos os momentos da pesquisa.

RESUMO

O Cinturão Dom Feliciano é a unidade geotectônica mais importante da porção sul da Província Mantiqueira. No extremo leste do estado de Santa Catarina, entre as cidades de São João Batista e Tijucas, está representado pelos grupos Itajaí, Brusque e pelo Batólito Florianópolis. A área do estudo insere-se no Grupo Brusque, mais precisamente na Formação do Rio do Oliveira, constituída, do topo para a base, pelas unidades metapsamítica, metapelítica, metavulcânica-exalativa e metabásica/cálcio-silicática. Dentro da unidade metavulcânica-exalativa destaca-se uma sequência não contínua de turmalinitos, que se estende por aproximadamente 14 km, acompanhando as cabeceiras do Rio do Oliveira e Rio do Moura.

Foram distinguidos dois tipos principais de turmalinitos. O primeiro tipo ocorre próximo ao Rio do Oliveira, é bandado, de granulação muito fina, sendo que as bandas ricas em turmalina são, ao microscópio, de cor amarelo esverdeada, com textura nematoblástica, não apresentando zoneamentos de cor. O segundo tipo ocorre nas proximidades do Morro do Carneiro, são mais grossos, praticamente maciços, ou com foliação incipiente. A turmalina é tipicamente zonada, em geral com núcleo transparente, uma zona intermediária mais escura e com as bordas esverdeadas.

As análises químicas por microsonda eletrônica mostraram que as turmalinas do Rio do Oliveira são ricas em Al e álcalis, ao passo que as turmalinas do Morro do Carneiro são ricas em Mg e Ca. Em relação ao seu zoneamento (turmalinas do Morro do Carneiro), observa-se que do núcleo para as bordas há um aumento do Mg# e diminuição dos teores de Al, álcalis, Fe, resalta-se que em relação ao Ca há um aumento brusco dos teores, que é explicado pelo aporte do elemento a partir das rochas cálcio-silicáticas encaixantes. Esta tendência é contrastante com as turmalinas do Rio do Oliveira, que são pobres em Ca e mais ricas em Al, como pode ser observado também nos anfibólios, que constituem as rochas metabásicas subjacentes. A partir de análises feitas em microsonda nesses anfibólios, ficaram caracterizadas as substituições tschermakíticas, evidenciando um ambiente rico em Al.

Os estudos geocronológicos por LA-ICP-MS permitiram distinguir quatro conjuntos de idades. Os zircões detríticos das rochas paraderivadas basais da Formação Rio do Oliveira forneceram as idades de 2101-2150 Ma, interpretadas como a idade da rocha fonte dos metassedimentos do Grupo Brusque. Um segundo conjunto de zircões forneceu a idade de 1090 ± 230 Ma, característica do Complexo Metamórfico Namaqua. A idade de formação dos anfibolitos basais da formação do Rio do Oliveira é de 639 ± 11 Ma que é admitido como a idade máxima dos turmalinitos bandados sobrejacentes, e idades mais jovens, entre 608-581 Ma, correspondem a um evento termal causado pelas intrusões graníticas

Neoproterozóicas. Essas idades podem corresponder à formação dos turmalinitos maciços do Morro do Carneiro.

Os estudos desenvolvidos neste trabalho indicaram que a formação dos turmalinitos do Rio do Oliveira foi devida a substituição seletiva por fontes exalativas ricas em B, que afetaram os sedimentos da unidade metavulcanossedimentar, ao passo que fluidos metassomáticos/ígneos levaram a formação dos turmalinitos maciços do Morro do Carneiro.

Formation, controlled from top to bottom by metapelite, metagabbro, metabasite, metachert and metasediments, with distinct the metapelite-metachert unit, a discontinuous tourmaline-bearing unit and extending out for approximately 14 km and following the heads of the Oliveira and Abaeté rivers.

Two tourmaline types were distinguished in the study area. The tourmalines that occur close to the Oliveira River are bedded and very fine-grained, whereas tourmalines the nonbedded texture predominates. Under the microscope, the tourmalines of the tourmaline-rich bands are greenish yellow and do not show a distinct color zoning. The tourmalines of the Morro do Carneiro are coarse-grained and exhibit mosaic in crystal texture. Their tourmalines are typically zoned, usually with a brownish core, a green intermediate zone, and a greenish rim.

Chemical analyses by electron microprobe showed that the Oliveira River tourmalines are Al- and alkali-rich, whereas the Morro do Carneiro tourmalines are Mg- and Ca-rich. Regarding the color zoning of the Morro do Carneiro tourmalines, an increase in Mg and decrease in Al, alkali and Fe contents is observed from the light core to the greenish rim. There is a sharp increase in Ca contents from core to rim, which is explained by Ca input from the surrounding calc-silicate rocks. This trend contrasts with that for the Oliveira River tourmalines, which are Ca-poor, but Al-rich. This Al enrichment is also observed in the amphiboles of the underlying metabasic rocks. Microprobe analysis revealed tourmaline substitution coexisting with metamorphism, attesting for an Al-rich environment.

Geochronological studies by LA-ICP-MS found distinguished four zircon age groups. Zircon grains from the Rio do Oliveira Formation basal gneissiferous rocks yielded ages in the 213–218 Ma interval, interpreted as those of the source rock of the Quilombo Group metasediments. A second zircon group yielded 1260 ± 230 Ma age characteristic of the ancient Archaean Ndjamena Complex (Africa). The zircon age for the formation of the Rio do Oliveira Formation basal amphibolites is 530 ± 11 Ma, which is considered the minimum age of the overlying bedded tourmalines. Younger ages, between 504 and 534 Ma, correspond to the thermal event caused by the Neoproterozoic granitic intrusions. These ages may correspond to the age of formation of the Morro do Carneiro massive tourmalines.

ABSTRACT

The Dom Feliciano belt is the most important geotectonic unit of the southern portion of the Mantiqueira Province. In the easternmost portion of the Santa Catarina State, between the São João Batista and Tijucas cities, it is mainly represented by the Itajaí Group (External Domain), Brusque Group (Central Domain) and the Florianópolis Batholith (Internal Domain).

The study area is inserted in the Brusque Group, more precisely in the Rio do Oliveira Formation, constituted from top to bottom by metapsammitic, metapelitic, metavolcanic-exhalative and metabasic/calc-silicate units. Within the metavolcanic-exhalative unit, a discontinuous tourmalinite sequence stands out, stretching out for approximately 14 km and following the heads of the Oliveira and Moura rivers.

Two tourmalinite types were distinguished in the study area. The tourmalinites that occur close to the Oliveira River are banded and very fine-grained. In these tourmalinites the nematoblastic texture predominates. Under the microscope the tourmalines of the tourmaline-rich bands are greenish yellow and do not present evident color zoning. The tourmalinites of the Morro do Carneiro are coarse-grained and almost massive to slightly foliated. Their tourmalines are typically zoned, usually with a transparent core, a darker intermediate zone, and a greenish rim.

Chemical analyses by electron microprobe showed that the Oliveira River tourmalines are Al- and alkalis-rich, whereas the Morro do Carneiro tourmalines are Mg- and Ca-rich. Regarding the color zoning of the Morro do Carneiro tourmalines, an increase in Mg# and decrease in Al, alkalis and Fe contents is observed from the light core to the greenish rim. There is a sharp increase in Ca contents from core to rim, which is explained by Ca input from the surrounding calc-silicate rocks. This trend contrasts with that for the Oliveira River tourmalines, which are Ca-poor, but Al-rich. This Al enrichment is also observed in the amphiboles of the underlying metabasic rocks. Microprobe analyses revealed tschermakitic substitution occurring with metamorphism, attesting for an Al-rich environment.

Geochronological studies by LA-ICPMS helped distinguish four zircon age groups. Detrital zircons from the Rio do Oliveira Formation basal paraderived rocks yielded ages in the 2101-2150 Ma interval, interpreted as those of the source rock of the Brusque Group metasediments. A second zircon group yielded 1090 ± 230 Ma, age characteristic of the adjacent Namaqua Metamorphic Complex (Africa). The zircon age for the formation of the Rio do Oliveira Formation basal amphibolites is 639 ± 11 Ma, which is considered the maximum age of the overlying banded tourmalinites. Younger ages, between 608 and 581 Ma, correspond to the thermal event caused by the Neoproterozoic granitic intrusions. These ages may correspond to the age of formation of the Morro do Carneiro massive tourmalinites.

This work indicates that the Rio do Oliveira Formation tourmalinites formed by selective substitution caused by B-rich exhalative fluids affecting the sediments of the metavolcanic-exhalative unit, whereas metasomatic/igneous fluids led to the formation of the Morro do Carneiro massive tourmalinites.

2. Métodos e Objetivos	2
3. Levantamento Bibliográfico	3
3.1. O Cinturão Dom Feliciano	3
3.2. O Grupo Brumado	4
4. Materiais e Métodos	7
5. Desenvolvimento do Trabalho	14
6. Resultados Obtidos	16
6.1. Geologia local	16
6.1.1. Unidade metasedimentar	16
6.1.2. Unidade metapelítica	16
6.1.3. Unidade das metavulcânicas exalativas - Termalítica	17
6.1.4. Unidade das ultra-ultráficas e metabasais	21
6.2. Microsonda eletrônica	23
6.2.1. Química nuclear das tourmalinas	23
6.2.2. Química mineral dos anfíbios	24
6.3. Detecção U-Pb em Zircão Químico e Volcânico (LA-ICP-MS)	30
7. Discussão e Conclusões	37
8. Referências Bibliográficas	39

ANEXOS

Anexo 1 - Mapa geológico

Anexo 2 - Planilhas de fotomicrografias de tourmalinas e anfíbios indicando as porções analisadas por microsonda eletrônica

Anexo 3 - Resultados das análises químicas de tourmalinas e anfíbios por espectrometria nuclear

Anexo 4 - Resultados geocronológicos em zircão

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Metas e Objetivos	2
3. Levantamento Bibliográfico	2
3.1. O Cinturão Dom Feliciano	2
3.2. O Grupo Brusque	4
4. Materiais e Métodos	9
5. Desenvolvimento do Trabalho	14
6. Resultados Obtidos	15
6.1. Geologia local	15
6.1.1. Unidade metapsamítica	15
6.1.2. Unidade metapelítica	16
6.1.3. Unidade das metavulcânicas-exalativas - Turmalinitos	17
6.1.4. Unidade das cálcio-silicáticas e metabásicas	21
6.2. Microsonda eletrônica	23
6.2.1. Química mineral das turmalinas	23
6.2.2. Química mineral dos anfibólios	29
6.3. Datação U-Pb em Zircão Detritico e Vulcânicos (LA-ICP-MS)	32
7. Discussão e Conclusões	37
8. Referências Bibliográficas	39

ANEXOS

Anexo 1 - Mapa geológico

Anexo 2 - Pranchas de fotomicrografias de turmalinas e anfibólios indicando os pontos analisados por microsonda eletrônica

Anexo 3 - Resultados das análises químicas de turmalinas e anfibólios por microsonda eletrônica

Anexo 4 - Resultados geocronológicos em zircões

1. Introdução

No Grupo Brusque, mais precisamente próximo a cidades de Tijucas, leste de Santa Catarina, na região do Rio do Oliveira (destacado na figura 1), pode ser observado um pacote turmalínítico de ampla distribuição como poucos citados na literatura. No entanto, apresenta-se pouco estudado em relação aos seus processos formadores.



Figura 1 - Localização da área de estudo destacada pelo retângulo, com as principais estradas da região, próximo a cidade de Tijucas, SC (modificado de Google 2011).

Este trabalho tem a intenção de estudar os processos formadores desses turmalinitos e para tal tarefa foi efetuada a petrografia dos turmalinitos e das rochas encaixantes, analisadas quimicamente as turmalinas e anfibólios de turmalinitos e anfibolitos encaixantes, e também realizadas análises isotópicas em zircão com o intuito de determinar idade de deposição e eventos metamórficos sofridos por essas unidades. Esses estudos foram comparados com os feitos por Mota (2006), que estudando o comportamento dos elementos terras raras, determinou um protólito metassedimentar para os turmalinitos.

Será ainda apresentado um mapa da região do Rio do Oliveira, elaborado a partir dos trabalhos de mapeamento realizados pela disciplina "0440420- Mapeamento Geológico" ministrados na região do Rio do Oliveira, denominados Tijucas (1992), São João Batista (2003) e Itapema (2008), com a intenção de ilustrar a ampla ocorrência dessas rochas e seu posicionamento estratigráfico.

Turmalinitos, pela definição, são rochas com mais de 15-20% de turmalina em volume de rocha (Slack, 1982) e podem apresentar diversas origens genéticas, tais como, metassomática e hidrotermal; vulcanogênica exalativa; evaporítica e diagenética. Os turmalinitos são registrados na literatura em diversas sequências metamórficas pelo mundo. Na maioria das vezes ocorrem em paleobacias dominadas por metassedimentos de origem clástica, do Proterozóico e Paleozóico Superior (Slack *et al.*, 1984). Geralmente estão associados a rochas cálcio-silicáticas, mica-xistos, BIFs e rochas de origem metavulcânicas

como metatufos. As ocorrências mais comuns são na forma de lentes delgadas e também como níveis estratigráficos intercalados no pacote metamórfico.

O estudo está integrado aos estudos realizados no Cinturão Dom Feliciano dentro do projeto Temático “A América do Sul no Contexto dos Supercontinentes” (projeto FAPESP 05/58688-1).

2. Metas e Objetivos

O estudo teve por objetivo fornecer informações adicionais ao entendimento dos processos formadores das unidades turmalíferas do Grupo Brusque, em Santa Catarina, analisar suas relações com as unidades encaixantes e determinar um intervalo de idades para a deposição desses turmalinitos.

As atividades desenvolvidas englobaram levantamentos bibliográficos, atividades de campo e coleta de amostras, além da realização dos seguintes estudos laboratoriais: petrografia dos turmalinitos e das rochas encaixantes, análises químicas por microsonda eletrônica e estudos geocronológicos em zircão com o intuito de determinar idade de deposição e eventos metamórficos sofridos por essas unidades.

3. Levantamento Bibliográfico

Basei (1985) apresenta uma compartimentação geotectônica para a porção meridional do Brasil em que se destacam quatro unidades tectônicas em grande escala: Porção Sul do Cinturão Ribeira, Terrenos Granulito – Migmatíticos, Bacia do Paraná e o Cinturão Dom Feliciano, sendo este último particularmente importante na área de estudo e descrito a seguir.

3.1 O Cinturão Dom Feliciano

O Cinturão Dom Feliciano (CDF) é a unidade geotectônica mais importante da porção sul da Província Mantiqueira, representada por uma faixa de aproximadamente 1200 km de comprimento e 150 km de largura, orientado N-S e que se estende a leste na porção Sul do Brasil e parte do Uruguai. É internamente organizado em três segmentos crustais caracterizados de sudeste a noroeste pelo Cinturão Granítico (calci-alcalino a granitóides alcalinos deformados em diferentes graus), pelo *Schist Belt*, cinturão metavulcano-sedimentar constituído por rochas sedimentares e ígneas metamorfisadas em fácies xisto verde a anfíbolito, e pelas Bacias de *Foreland* (sedimentos anquimetamórficos e rochas vulcânicas), este último situado entre o *Schist Belt* e terrenos antigos do oeste (Basei *et al.*, 2011) (figura 2).

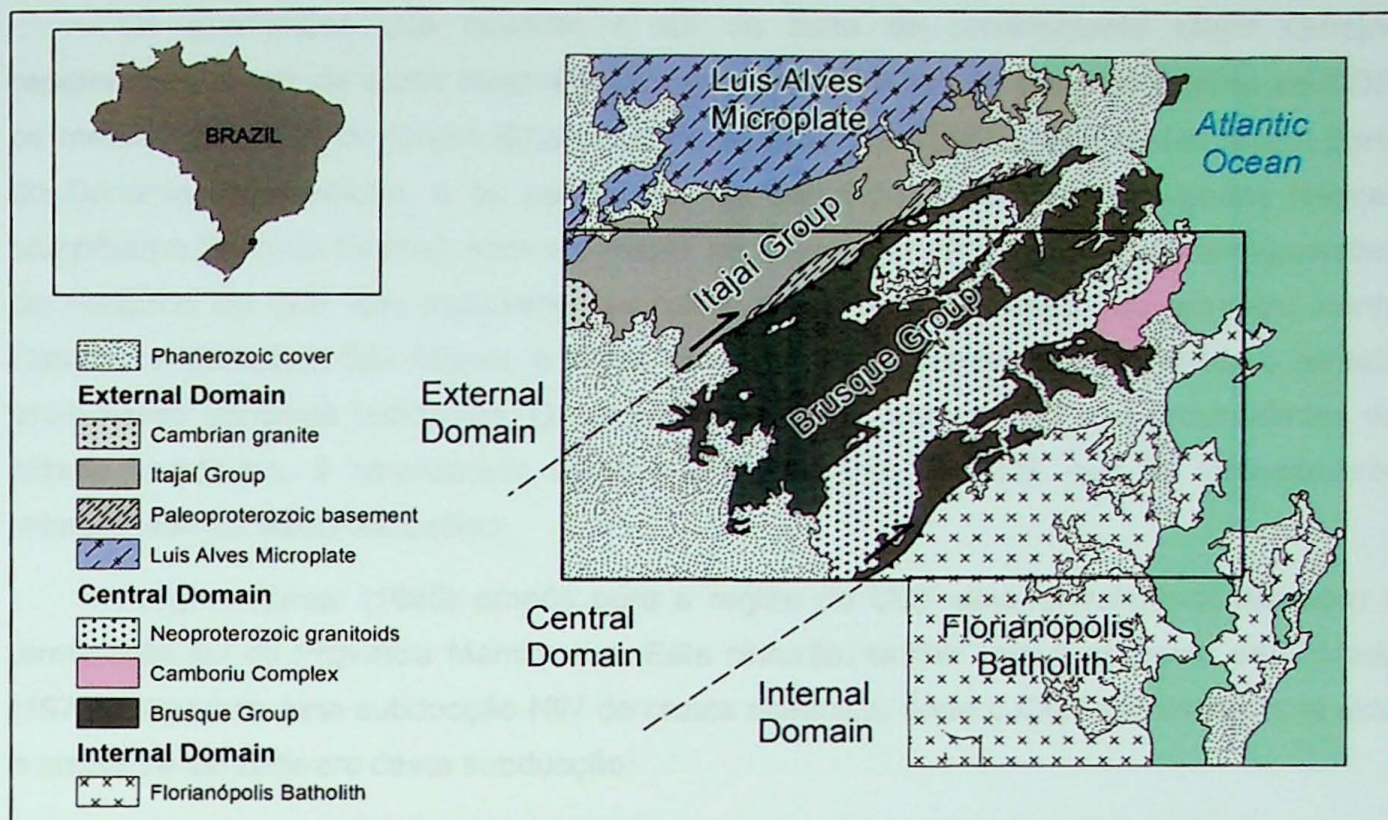


Figura 2 - Contextualização tectônica do Grupo Brusque no Cinturão Dom Feliciano, em Santa Catarina (Basei et al., 2011).

Apesar de variações estruturais ao longo de sua extensão, a estrutura geral do CDF é caracterizada pelo transporte de suas unidades sobre os terrenos a oeste, representados pelos crátons Rio de La Plata e Paranapanema e as microplacas de Luis Alves e Curitiba. Este cinturão é interpretado como o resultado de sucessivas subduções e colisões que teve lugar durante quase todo o Neoproterozóico, correspondendo com o máximo intervalo de tempo desde 850 Ma (começo da abertura do Oceano Adamastor) a 530 Ma (deformação das Bacias de *Foreland*), que são relacionados aos eventos tectono-magmáticos associados à formação do Gondwana Ocidental (Basei, 2000).

A estrutura tectônica da porção Sul do Brasil e Uruguai aponta uma tendência N-S de todas as unidades, com a microplaca Luis Alves e o Cráton Rio de La Plata ocupando a porção ocidental e o CDF a região oriental. Também, a organização interna do CDF é regida por estruturas maiores, com seus três segmentos separados por zonas de falhas expressivas. O contato entre o Cinturão Granitóide e o *Schist Belt* é definido pela zona de cisalhamento Major Gercino (Santa Catarina) - Cordilheira (Rio Grande do Sul) - Sierra Ballena (URU), a qual é considerada um lineamento em escala litosférica. O contato entre o *Schist Belt* e as Bacias de *Foreland* também são tectônicos, bem caracterizados em Santa Catarina pelas falhas de baixo ângulo que colocam o Grupo Brusque sobre os sedimentos da Bacia do Itajaí.

Os granitóides que ocorrem a sul da zona de cisalhamento Major Gercino representam a raiz de arcos magmáticos e são denominados de Domínio Interno do CDF, os metassedimentos do Grupo Brusque e as vulcânicas intrusivas associadas fazem parte do Domínio Intermediário, e os sedimentos da Bacia do Itajaí e rochas ígneas félsicas compõem o Domínio Externo; esta separação pode ser bem vista na figura 2. As exposições de *Foreland* do CDF são representadas pelos gnaisses e migmatitos do granulito Santa Catarina e Complexo São Miguel, o último situado a sul da Bacia do Itajaí, sendo o contato entre esses domínios tectônicos. O complexo Camburiu, que ocorre nas proximidades da cidade homônima, é considerado como o embasamento do CDF, que foi intensamente retrabalhado no Neoproterozóico.

Fragoso César (1980) propôs para a região do CDF uma correspondência com a terminação sul da Província Mantiqueira. Este cinturão, similar com o proposto por Porada (1979) foi gerado pela subducção NW de crosta oceânica, onde o Grupo Brusque teria sido o ambiente de back-arc desta subducção.

Em Basei (1985), é apresentada uma gênese para o CDF cinturão, relacionada a uma subducção brasileira do Tipo A, onde a faixa granítica-migmatítica litorânea, de grau metamórfico maior, representaria as zonas mais profundas do cinturão; as rochas do Grupo Brusque seriam os registros das bacias de *back arc* e os sedimentos do Grupo Itajaí seriam constituintes da antefossa molássica do cinturão. Isto mostraria que a vergência das unidades do CDF seria compatível com a polaridade metamórfica.

O *Schist Belt* é constituído por sequências metavulcanossedimentares que ocorrem descontinuamente em uma estreita faixa com cerca de 40 km de largura em média. Ao longo do *Schist Belt*, três distintos complexos metamórficos podem ser individualizados e nomeados de norte para sul: Brusque (onde se localiza a área de estudo), Porongos e Lavallega. Estas sequências são polideformadas e suas continuidades ao longo do CDF são sustentadas pela sua posição geotectônica, características metamórficas, pelas suas idades, pelos magmatismos graníticos que afetaram as rochas supracrustais, e também pela ocorrência de embasamento *inliers* do Paleoproterozóico.

3.2. O Grupo Brusque

O Grupo Brusque em Santa Catarina tem a forma de um estreito cinturão estendendo-se na direção S45W, desde a cidade de Itajaí, até as proximidades de Vidal Ramos, cerca de 75 km a sudoeste, onde é coberto pela Bacia do Paraná. A largura máxima raramente alcança a faixa dos 45 km, e é separado em dois segmentos pelo batólito Valsungana (Silva, 1991). Faz limite a sul com os terrenos Granito-Migmatitos que é marcado pela zona de cisalhamento Major Gercino. O limite norte é marcado pelo contato com o Complexo São Miguel e a noroeste cavalga sobre os sedimentos da Bacia do Itajaí.

Os sedimentos da Bacia do Paraná recobrem suas porções a oeste, e a leste termina na costa do Oceano Atlântico (Basei *et al.*, 2011).

Silva (1991) dividiu o então Complexo Metamórfico Brusque em três sequências metavulcanossedimentares distintas, denominadas de Sequência Metavulcanossedimentar Ribeirão do Cinema, Sequência Metavulcanossedimentar Ribeirão do ouro e Sequência Metavulcanossedimentar Rio do Oliveira-Itapema, sendo que somente nesta última foram registradas ocorrências de turmalinitos. Silva (1991) utilizou-se de outras características importantes (além da presença de turmalinitos) para a separação das duas últimas, como por exemplo, uma discreta distribuição de associações químico-exalativos, a ocorrência de derrames basálticos com estrutura variolítica e localmente almofadado, grauvacas félsicas, metacalcários, metadolomitos e rochas rítmicas com afinidade turbidítica, presentes na Sequência Ribeirão do Ouro e ausentes na Sequência Rio do Oliveira-Itapema. Além disso, na Sequência do Rio do Oliveira-Itapema o grau metamórfico é de fácies anfíbolito baixa a xisto-verde alta, enquanto que na Sequência Metavulcanossedimentar Ribeirão do Ouro o metamorfismo é de fácies xisto-verde baixa.

Philipp *et al.* (2004) dividiram o Grupo Brusque em cinco conjuntos litológicos com base nos protólitos dominantes, sejam elas, Subunidade Clástica, Subunidade Química, Subunidade Clástico-Química, Subunidade Metavulcânica Básica e Subunidade Magnésiana. Neste artigo, os autores identificaram a ocorrência de turmalinitos na Subunidade Clástica, intercalados concordantemente, em lentes de 2 a 4 m, nos metapelitos.

Em trabalho recente Basei *et al.* (2011) separam o Grupo Brusque em três formações, são elas do topo para a base: Formação Rio da Areia, Formação Botuverá e Formação Rio do Oliveira, sendo as formações Rio do Oliveira e Rio da Areia compostas por rochas metavulcanossedimentares e a Formação Botuverá por rochas metassedimentares (conforme mapa geológico apresentado na figura 3). A Formação Rio do Oliveira, a qual é o alvo do estudo, será descrita com detalhes no capítulo da *Geologia Local* (6.1), adotando esta separação das unidades.

Basei (2000) dividiu os granitóides intrusivos no Grupo Brusque em três suítes: São João Batista, Valsungana e Nova Trento. De maneira geral, a Suíte Valsungana é caracterizada pela presença de granitóides porfiríticos alongados na direção NE, e as outras suítes ocorrem como pequenos *stocks* com duas micas (Nova Trento), com variações para corpos mais ricos em hornblenda, e leucogranitóides mais aluminosos (São João Batista). As três suítes mostram uma forte contribuição crustal, evidenciado pelos valores negativos de ϵNd , porém a Suíte Valsungana tem o valor mais negativo dentre as três, indicando uma fonte de rocha mais uniforme e um nível crustal inferior em relação às outras suítes (Basei *et al.*, 2011).

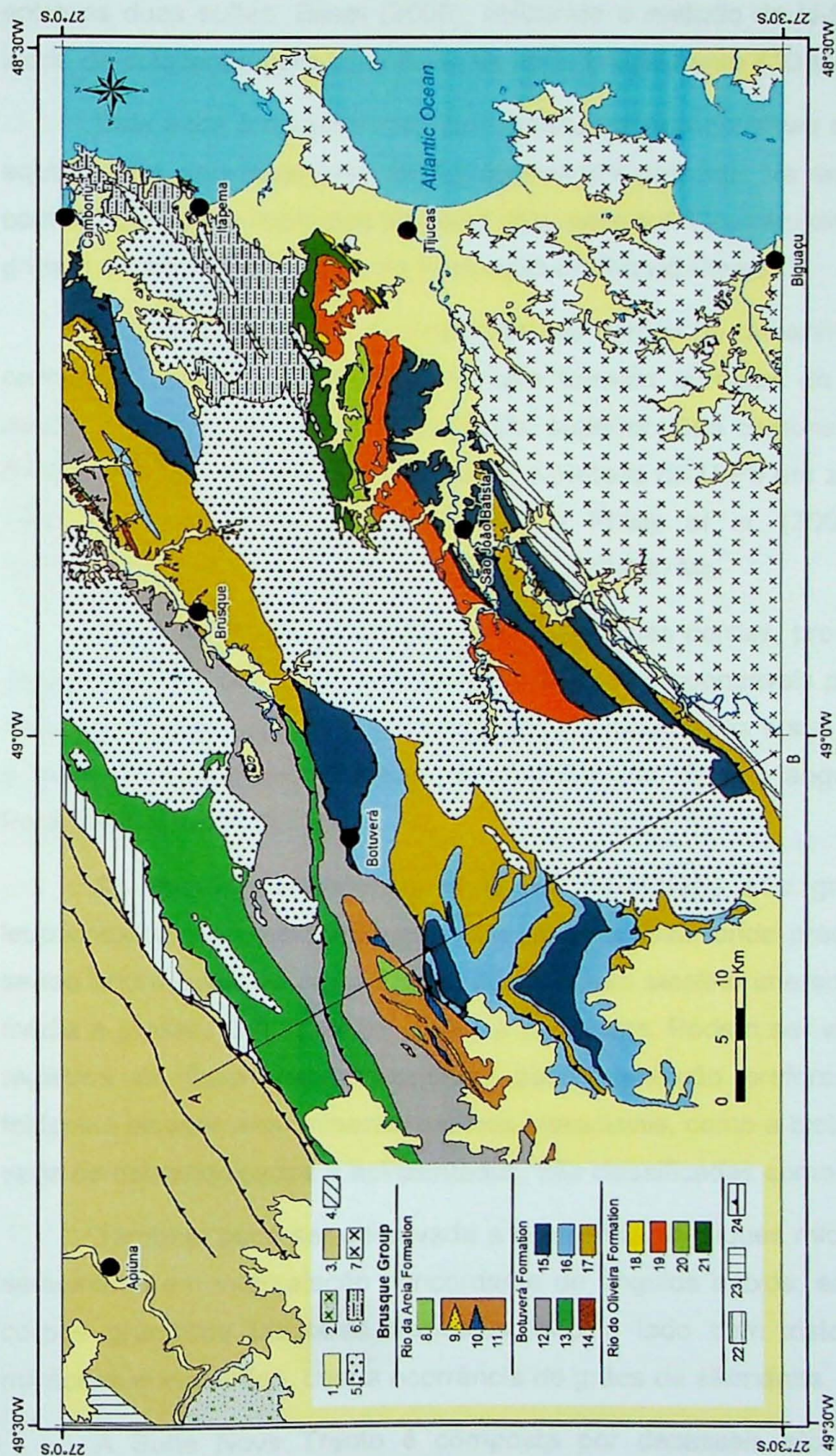


Figura 3 – Mapa geológico integrado das folhas Vidal Ramos e Brusque, escala 1:100.000 (Basei et al., 2011). (1) Cobertura quaternária; (2) Granito Cambriano Subida; (3) Gr. Itajaí; (4) Zona de cisalhamento Major Gercino; (5) Granitos intrusivos Neoproterozóicos nos metassedimentos do Gr. Brusque; (6) Complexo Camburiú; (7) Granitos Florianópolis. Gr. Brusque e Form. Botuverá: Unid. metavulcânica; (9) Unid. metapsamítica; (10) Unid. metacarbonática; (11) Unid. metapelítica-carbonática. Form. Botuverá: Unid. metamórficas de baixo grau - (12) Unid. metapelítica; (13) Unid. metaritmítico; (14) Unid. metapsamítica. Unid. metamórficas de médio grau - (15) Unid. metapelítica; (16) Unid. metaritmítico; (17) Unid. metapsamítica. Form. Rio do Oliveira: (18) Unid. metapsamítica; (19) Unid. metapsamítica; (20) Unid. metapsamítica-exalativa; (21) Unid. metabásica e cálcio-silicática; Embasamento (22) Complexo São Miguel; (23) Complexo Granulítico de Santa Catarina; (24) Falha inversa de empurrão.

A Suíte São João Batista é composta por dez *stocks* localizados ao redor do batólito Valsungana, mostram claros contatos, sendo o Valsungana, provavelmente mais jovem. No entanto, por vezes ocorrem em contatos gradacionais, indicando certa contemporaneidade entre as duas suítes. Basei (2000), utilizando o método de U-Pb em zircões, indicou uma idade de colocação para essa Suíte de aproximadamente 610 Ma.

Esta suíte é caracterizada por rochas hololeucocráticas cinza, de granulação média, equigranular, com muscovita, biotita, turmalina e granada. Na região apresenta uma foliação com direção NW e mergulho de baixo grau para sul. Ocorrem diversas intercalações entre o granito e as cálcio-silicáticas da Formação do Rio do Oliveira.

A Suíte Valsungana é constituída por corpos de tamanho batolíticos, intrusivos com contatos normais ou tectônicos, sempre formam aureolas de metamorfismo de contato, desde a fácies xisto verde até anfibolito superior. São comuns xenólitos das unidades do Grupo Brusque. Basei (2000) utilizando o método de U-Pb em zircão, pela técnica de TIMS chegou a uma idade de 638 ± 32 Ma e Phillip *et al.* (2009), datando monazita em microsonda eletrônica, chegou a idade de 620-600 Ma.

Estes granitóides, deformados somente nas bordas, provavelmente em decorrência dos processos associados a sua colocação, são responsáveis pela ocorrência de inúmeros veios pegmatóides em meio às encaixantes supracrustais e sua instalação esta relacionada à evolução das grandes zonas de cisalhamento de alto ângulo Major Gercino e Itajaí-Perimbó (Philipp *et al.*, 2004).

As rochas pertencentes à Suíte Valsungana são granitos hololeucocráticos a leucocráticos, de granulação grossa a muito grossa, onde predomina a textura porfirítica, sendo abundantes os megacristais de feldspato alcalino imersos em matriz de granulação média a grossa, com quartzo, biotita e muscovita. Podem ser vistos, em algumas porções, registros de fluxo magmático dada pela orientação preferencial dos megacristais de feldspato alcalino e/ou minerais máficos intersticiais, como a biotita. A coloração desta rocha varia de esbranquiçados a acinzentados, são classificadas como monzo-sieno granitos.

Também pode ser observada a ocorrência de diques micrograníticos de composição semelhante em intercalação concordante de ângulos baixos, em zonas de falhamento, de corpos graníticos tabulares dispostos lado a lado com xistos quartzosos e quartzitos micáceos encaixantes, com a ocorrência de grãos de sillimanita.

A Suíte Nova Trento é composta por dezesseis *stocks* de tamanhos e formas variadas dispersos em uma grande área do Grupo Brusque. Basei (2000) estudando diferentes *stocks* chegou a idades entre 651 ± 37 Ma e 573 ± 44 Ma. Esta Suíte é composta por granitos leucocráticos, inequigranulares, com granulação média e estrutura maciça. Mineralogicamente são constituídos por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita

como o principal mineral máfico. Como acessórios, pode ocorrer granada e muscovita. Algumas porções podem apresentar grande quantidade de turmalina, chegando a 10%.

A orientação geral do Grupo Brusque é NE, paralela ao alinhamento dos granitóides intrusivos e importantes contatos geológicos. A foliação principal observada nas rochas metassedimentares e metavulcânicas é uma superfície de transposição metamórfica S2, caracterizada por dobras intrafoliais da foliação S1. Por outro lado, esta foliação corresponde a S1 nas rochas metavulcânicas ácidas, o que sugere um diacrônismo dos eventos vulcânicos. A superfície S2 foi gerada durante o clímax metamórfico. Ela mergulha em baixo ângulo em diversas localidades, e preserva características associadas com as nappes de vergência NNW das quais foram geradas (Basei *et al.*, 2011).

Sobrepondo a foliação S2 ocorre diversas fases de dobramentos, a primeira delas é a D3 relacionadas a grandes dobras inversas com vergência NNW. Estas dobras são facilmente observadas em mapa, mas são dificilmente vistas em campo devido às suas dimensões. Somente nas rochas carbonáticas a fase D3 pode ser bem observada em dobras assimétricas, métricas a decamétricas, com boas exposições em diversas pedreiras. Nos seus flancos podem ser observadas dobras intrafoliais centimétricas da fase D1. As dobras D3 podem gerar uma xistosidade plano-axial onde ocorre o desenvolvimento de biotita (Basei *et al.*, 2011).

A fase de deformação D4 é a que melhor pode ser vista dobrando a superfície S2, frequentemente resultando em dobras centimétricas, caracterizados por uma clivagem de crenulação plano-axial. Regionalmente nos metapsamitos, assim como nos metapelitos, a xistosidade S2 ocorre invariavelmente crenulada ou ondulada pela fase D4. Não raro, esta clivagem de crenulação se transforma na principal superfície observada. Frequentemente a fase D4 constitui sistemas conjugados, com predominância de um ramo sobre o outro. Bons exemplos de interferências de fases tardias são observados nos sericitas xistos na margem direita do Rio Itajaí-Mirim (Basei *et al.*, 2011).

Nas rochas metabásicas intercaladas nos metapelitos e metapsamitos, a foliação principal também é a foliação de transposição S2, frequentemente evidenciado pelas dobras apertadas da S1 (Basei *et al.*, 2000; Campos, 2007). Quando ocorrem amígdalas e vesículas nessas rochas, elas possuem orientação geral concordante com a lineação de estiramento L2, uma estrutura comum de ser observada nos metassedimentos. A lineação mineral é definida pelos minerais de muscovita, sericita e subordinadamente pela biotita, tendo uma orientação geral SW45-80 com caimento de 15°.

Nos calcários dolomíticos a SW de Botuverá, podem ser reconhecidas boas evidências de dobras sobreposta que afetaram o Grupo Brusque. A foliação paralela ao acamamento sedimentar S0 é a foliação de transposição S2, que é afetada pela vergência, mega-dobras da fase D3 mostram frequentemente raízes isoladas dos dobramentos das fases D1 e D2. A lineação L4, resultado da intersecção da clivagem de crenulação da S4

com a superfície S2, têm orientação preferencial S46W/89. A superposição de fases tardias de deformação gera interferências do tipo caixa de ovos.

A fase predominante que dobra cilindricamente a superfície S2 é a D4. A medida média dos eixos de dobra B4 são S25W/50 (Basei, 1985). Eixos de crenulação variam mais as atitudes, mas os valores medidos sugerem duas orientações principais – NNW e NNE – e caimentos variando de 2° a 62°, refletindo as diferentes orientações espaciais da superfície S2 depois de ser afetada por fases tardias.

Embora haja uma grande quantidade de dados geocronológicos para as unidades do Grupo Brusque, muitas são as contradições em relação aos intervalos de deposição e metamorfismo. Estudos de zircão detrítico em quartzito arcoseano da Formação Botuverá, indicam uma idade de 2100 Ma para a sedimentação (Hartmann *et al.*, 2003). No entanto, Silva *et al.* (2002) dataram zircões de metarriolitos, interpretados como registro de episódio vulcânico sindeposicional, com idade 639 ± 11 Ma, pelo método de U-Pb em *Shrimp*. Basei *et al.* (2011) interpreta essa idade como a mais jovem possível para o limite de sedimentação do Grupo Brusque. Ainda assim, Silva (1991) considera este intervalo demasiado grande para a evolução de uma bacia sedimentar. A idade isocrônica de rocha total 706 ± 50 Ma, obtida pelo método Rb-Sr em biotita gnaisses do Cinturão indica, segundo Basei (2000), a idade da segunda fase de metamorfismo, tida como o clímax metamórfico do brasileiro.

Essas diferenças nas idades de deposição com seus intervalos muito abrangentes mostram a necessidade de novos estudos geocronológicos para uma melhor reconstrução da evolução geológica e temporal do Grupo Brusque.

4. Materiais e Métodos

As atividades e análises desenvolvidas neste trabalho englobaram: levantamentos bibliográficos sobre a geologia regional e local, atividades de campo e coleta de amostras, estudos petrográficos, microsonda eletrônica e estudos geocronológicos por U-Pb (Laser Ablation-ICP-MS). Esses procedimentos são descritos a seguir.

- **Atividades de campo**

Os trabalhos de campo, realizados em duas etapas pelo autor, permitiram o conhecimento geral da área, a observação e descrição macroscópica das unidades geológicas, preferencialmente dos turmalinitos, avaliação de composição, textura, estrutura e relações de associação das rochas, além de terem contribuído para o entendimento dos processos formadores dessas unidades. Essas observações geradas em campo são apresentadas no item *Geologia Local* (6.1).

O trabalho ainda teve como base os mapeamentos geológicos anteriores desenvolvidos a partir da disciplina Mapeamento Geológico (IGc-USP 0440420), ministrada na região do Rio do Oliveira, de onde devem ser destacados os projetos denominados Tijucas (1992), São João Batista (2003) e Itapema (2008).

- **Seleção de amostras**

As amostras estudadas neste trabalho são provenientes dos trabalhos de campo realizados pelo autor e também dos mapeamentos anteriores na região.

No total foram selecionadas 25 amostras relativas à: turmalinitos, anfibolitos, rochas cálcio-silicáticas, metabásicas, granitos, granada-biotita-muscovita xistos, muscovita-biotita xistos, entre outras. A localização de cada uma dessas amostras encontra-se exposta no mapa geológico apresentado no anexo 1.

Todas as 25 amostras foram submetidas a estudos petrográficos, sendo que apenas 4 delas foram selecionadas para análises por microsonda eletrônica e outras 4 para estudos geocronológicos. São elas:

- Petrografia: TFB-01a, TFB-01b, TFB-01c, TFB-02, TFB-03, TFB-04, TFB-05, TFB-06a, TFB-06b, IT-VI-01, IT-VI-04b, IT-VI-42a, IT-VI-57, IT-VI-113, IT-VII-27, IT-VII-39, JB-VI-03, JB-VI-94, JB-V-97b, JB-VI-109, JB-V-136, PO-1, PO-08, P10-1 e PO-4-2.
- Microsonda eletrônica: IT-VII-39, IT-VI-4b e IT-VI-42a (turmalinitos), e IT-VI-01 (anfibolito).
- Geocronologia: TFB-02 (granada-biotita xisto), TFB-05 (calico-silicática) e TFB-03 e TFB-06a (metabásicas).

Inicialmente previa-se a realização de outras análises, em um maior número de amostras, porém alguns problemas técnicos inviabilizaram tais estudos (conforme comentado também no capítulo 5 - *Desenvolvimento do trabalho*).

- **Petrografia**

Para os estudos petrográficos foram preparadas 25 lâminas delgadas de turmalinitos e rochas encaixantes. Os estudos ao microscópio petrográfico foram realizados no laboratório de petrografia do IGc-USP utilizando o microscópio da marca *Olympus* modelo BX-40; as fotos foram tomadas utilizando o microscópio da mesma marca, modelo BXP-50 com câmera digital acoplada *Olympus* C5050.

Os estudos foram direcionados para o reconhecimento da mineralogia principal, suas relações de contato e crescimento. Também foram identificados importantes zoneamentos nas turmalinas e anfibólios, além da identificação de minerais acessórios.

- **Microsonda eletrônica**

Análises químicas pontuais quantitativas de elementos maiores, por espectroscopia de dispersão de comprimento de onda (WDS) de fases minerais (turmalina e anfibólio), foram efetuadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do IGc-USP, que conta com uma microsonda eletrônica JEOL modelo JXA-8600. Este equipamento está equipado com um detector ED e cinco espectrômetros WD, cada qual com dois analisadores (STE/TAP, TAP/PET, PET/Lif, PET/Lif, PET/Lif), e sistema de automação *Voyager 4.4* da *Thermo-Noran*. Foram analisadas 4 lâminas delgadas, de espessura de 80 µm recobertas com películas de carbono, com evaporador de Edwards, modelo Auto 306. Essas lâminas referem-se às amostras IT-VII-39, IT-VI-04b, IT-VI-42a e IT-VI-01.

Os dados obtidos foram tratados em planilhas do Excel e pelo programa Minpet. Para as turmalinas foram analisados os elementos Si, Al, Fe, Ti, Mg, Mn, Ca, Na, K e Cr; para os anfibólios foram analisados todos os elementos já citados, excetuando o Cr.

O grupo da turmalina configura-se como uma série de soluções sólidas de silicatos de boro complexos, normalmente descritos pelas proporções dos membros finais constituintes e fórmula geral (Fonseca-Zang *et al.*, 2002; Garda *et al.*, 2006):

$$XY_3Z_6(O,OH)_3(OH,F)(BO_3)_3[T_6O_{18}], \text{ onde:}$$

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

Y = Al, Li, Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺, Mn³⁺, Cr, V, Cu;

Z = Al, Fe³⁺, Cr, V, Mg, Fe²⁺, Ti;

B = B;

T = Si, Al, B.

Para o cálculo da fórmula unitária da turmalina foram tomados os seguintes procedimentos (Slack, 1996):

1. assumem-se 3 átomos de B;
2. preenche-se a posição T com Si e Al, até completar 6 átomos;
3. preenche-se a posição Z com Al e Fe³⁺, até completar 6 átomos;
4. preenche-se a posição Y com Al e Si excedentes de (2) e (3) e Mg, Fe, Mn, Cr, V, Ti e Li;
5. preenche-se a posição X com Ca, Na e K.

Este procedimento, segundo Slack (1996), não é inteiramente satisfatório, pois não considera a presença de Fe³⁺ na posição Y ou de Fe²⁺ na posição Z. Consequentemente, o Fe³⁺ como preposto, fica subestimado, inclusive nas turmalinas em que o Al completa a posição Z com 6 átomos.

Para a classificação petrogenética dos turmalinitos foi utilizado o diagrama de Henry e Guidotti (1985) que é representado em termos de Fe-Al-Mg onde os campos identificados de 1 a 8 indicam as rochas associadas as turmalinas no momento da sua geração. São os campos: 1 - pegmatitos e aplitos de granitóides ricos em Li; 2 - granitóides pobres em Li e pegmatitos e aplitos associados; 3 - granitos hidrotermalizados ricos em quartzo, sendo a turmalina rica em Fe^{3+} ; 4 - metapelitos e metapsamitos com minerais indicadores de saturação em Al; 5 - metapelitos e metapsamitos sem minerais formados pela saturação em Al; 6 - rochas com quartzo, sendo turmalina rica em Fe^{3+} associadas a rochas cálcio-silicáticas e metapelitos; 7 - rochas metaultramáficas (baixo Ca) e metassedimentares ricas em Cr e V; 8 - rochas carbonáticas metamorizadas e metapiro Xenitos. Para a nomenclatura das turmalinas utilizou-se o diagrama de $\text{Mg\#} \times \text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$, sendo $\text{Mg\#}$ igual a $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fetot})$ em átomos por fórmula unitária (pfu).

Para o cálculo da fórmula padrão do anfibólio seguiram-se os procedimentos adotados por Leake *et al.* (1997). A fórmula padrão do anfibólio é: $\text{AB}_2^{VI}\text{C}_5^{IV}\text{T}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$. No entanto, esta fórmula não define um anfibólio. Um anfibólio deve ter uma estrutura baseada em uma cadeia silicática dupla.

Os componentes da fórmula convencionalmente descritos como A, B, C, T e OH correspondem aos seguintes sítios cristalográficos:

A - um sítio por unidade de fórmula;

B - dois sítios M4 por unidade de fórmula;

C - uma composição de cinco sítios sendo dois M1, dois M2 e um M3 sítios por unidade de fórmula;

T - oito sítios em dois conjuntos de quatro;

OH - dois sítios por unidade de fórmula.

Os íons que ocupam normalmente esses sítios estão nas seguintes categorias:

K ou vazio: apenas em **A**

Na: **A** ou **B**

Ca: apenas em **B**

Íons do tipo L: Mg, Fe^{2+} , Mn^{2+} , Li e raramente Zn, Ni e Co: **C** ou **B**

Íons do tipo M (Al): Em **T** ou **C**

Fe^{3+} , e mais raramente, Mn^{3+} e Cr^{3+} : Apenas em **C**

Íons de alta valência (Ti^{4+}): Em **C** ou **T**

Zr^{4+} : apenas em **C**

Si: Apenas em **T**

Ânions (OH, F, Cl, O): Apenas em "**OH**"

Os íons do tipo M normalmente ocupam os sítios M2 e são normalmente limitados por dois dos cinco sítios C.

Seguindo este procedimento de cálculo, os resultados químicos obtidos na microsonda eletrônica foram tratados, fazendo-se a distribuição dos elementos químicos em seus devidos sítios e considerando ainda, como base para o cálculo, 23 O com 2 (OH, F, Cl), em função das características analíticas da técnica.

Para a classificação dos tipos de anfibólios esses dados foram plotados em diagrama de Ca (B) x Na (B). E para a nomenclatura utilizou-se o diagrama de Si (pfu) x Mg/(Mg+Fe²⁺).

- **Geocronologia U-Pb (LA-ICP-MS)**

Para os estudos isotópicos foram selecionadas as amostras TFB-02, TFB-03, TFB-05 e TFB-06a. As amostras apresentavam inicialmente massa de aproximadamente 7 kg e foram preparadas segundo criteriosos procedimentos de separação mineral do Laboratório de Separação Mineral do CPGEO-IGc.

Primeiramente, foram quebradas manualmente utilizando-se uma marreta e, em seguida, cominuídas em britador de mandíbulas. Após atingirem uma granulometria ideal, as amostras foram moídas em moinho de disco e, posteriormente, peneiradas em 150 mesh (0,15 mm), sendo aproveitada a fração passante.

Esse material (abaixo de 0,15 mm) foi encaminhado para ensaios na mesa vibratória, buscando-se a separação dos minerais pesados, onde estariam contidos a turmalina e o zircão. Após esse procedimento, o material pesado foi encaminhado para separações magnéticas com imã de mão e em aparelho *Frantz* (separação eletro-magnética, com regulação manual-visual). A turmalina é um mineral magnético em determinadas amperagens e, portanto, neste tipo de separações este mineral é concentrado como um produto magnético, enquanto que o zircão, como um produto não-magnético.

Com a separação magnética feita, o material é despejado em líquido denso (Iodeto de metileno; $d=3,2 \text{ g/cm}^3$), descarta-se o sobrenadante e faz-se a coleta do produto afundado. Por fim, este material coletado é analisado através de lupa de mesa e submetido à separação manual, obtendo-se concentrados de turmalina e zircão. Estudos geocronológicos foram efetuados sobre esses produtos concentrados de zircão.

Os zircões coletados foram montados em um *mount* polido e metalizado, que foi então imageado por um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) por catodoluminescência e por retro-espalhamento. Adicionalmente os grãos foram fotografados em luz transmitida na lupa.

As imagens por catodoluminescência mostram zonamentos e sobrecrecimentos dos zircões, e as fotos por luz transmitida na lupa, mostram fraturas e irregularidades dos zircões, sendo esses locais inapropriados para a análise. Assim, as duas imagens são complementares, e a partir delas são locados os pontos de ablação em cada grão (*spots*). As análises foram executadas no Laboratório de Espectrometria de Massa do CPGeo-USP com um espectrômetro *Neptune* da *Thermo Scientific* e laser *Excimer* da *Photon Machine*. O número de análises em cada amostra variou e seus resultados podem ser vistos no anexo 4.

A idade obtida é baseada no decaimento dos isótopos ^{235}U e ^{238}U para ^{207}Pb e ^{206}Pb respectivamente. Os resultados são dispostos em um gráfico de $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ x $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. As idades são representadas em gráficos específicos (diagrama Concórdia e Tera-Wasserburg). Os dados de zircões detríticos estão representados em histogramas e curvas de probabilidade. Todas as facilidades gráficas são obtidas a partir da utilização do *software* ISOPLOT-X (Ludwig, 2003).

5. Resultados Obtidos

5. Desenvolvimento do Trabalho

A seguir estão discriminadas as etapas de atividades efetivamente desenvolvidas no projeto, juntamente com suas respectivas datas de execução (Tabela 1).

Tabela 1 - Cronograma das atividades realizadas

Atividades / Datas de execução	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Levantamento Bibliográfico	X	X	X	X	X	X		
Atividades de campo		X						
Petrografia		X	X	X				
Microsonda					X			
Preparação de amostras para datação			X	X	X	X		
Laser Ablation-ICP-MS (datação)							X	
Tratamento dos Dados					X	X	X	
Relatório Parcial				X	X			
Monografia							X	X

O cronograma de atividades apresentado sofreu algumas alterações em relação ao pretendido inicialmente, porém não alteraram o desenvolvimento dos estudos. Suas etapas foram todas cumpridas, com a exceção das análises químicas por Laser Ablation, para determinação de elementos menores e de terras raras, além das datações de monazita e xenotima por meio da microsonda eletrônica.

Ao longo da execução e preparação do presente trabalho de formatura, foram encontradas dificuldades relacionadas a equipamento de Laser Ablation LA-ICP-MS, o qual permaneceu inoperante durante, aproximadamente, quatro meses e meio, devido a problemas técnicos e burocracias alfandegárias. No entanto, as seções polidas confeccionadas para essas análises estão devidamente mapeadas e marcadas com o laser, de modo a possibilitar a imediata análise pontual, tão logo o equipamento volte a operar.

As datações por microsonda eletrônica, segundo procedimentos descritos por Vlach (2010), poderão ser realizadas tão logo o equipamento seja calibrado para tal análise (início de dezembro). As lâminas selecionadas para este estudo foram imageadas por elétrons retroespalhados e submetidas a análises semiquantitativas por microscopia eletrônica de varredura (MEV/EDS) no Laboratório de Caracterização Tecnológica (Poli-Minas), para auxiliar nos trabalhos com a microsonda.

6. Resultados Obtidos

6.1. Geologia local

Aqui será apresentada a conjugação dos resultados obtidos a partir dos trabalhos de campo efetuados na região do estudo, descrições petrográficas, também pela compilação de trabalhos de mapeamentos geológicos da disciplina Mapeamento Geológico 0440420 e revisões bibliográficas sobre o tema.

Os turmalinitos ocorrem intercalados a unidades metabásicas, cálcio-silicáticas e metapelíticas da Formação do Rio do Oliveira (Grupo Brusque), segundo Basei *et al.* (2011).

A Formação do Rio do Oliveira foi primeiramente reconhecida por Silva (1991). É a principal unidade metavulcanossedimentar do Grupo Brusque, localizada a sul do batólito Valsungana, próximo a Tijucas. É composta por quatro unidades com direção de NE-SW, do topo para a base: metapsamitos, metapelitos, vulcano-exalativa e a base é representada por rochas básicas metavulcânicas e cálcio-silicáticas. A sul é cavalgada pela Formação Botuverá, e a norte faz contato com o Granito Valsungana. Para uma melhor visualização das unidades são ilustrados na figura 4 um perfil geológico e uma coluna estratigráfica da região do Rio do Oliveira; o mapa geológico da região encontra-se no anexo 1.

6.1.1. Unidade metapsamítica

A unidade metapsamítica é o topo da Formação do Rio do Oliveira e tem sua melhor exposição no Morro do Carneiro, a leste dos turmalinitos. É composta por ortoquartzitos, maciços, homogêneos, de coloração cinza, na base gradando para ritmitos finamente bandados, com bandas constituídas de quartzitos e sericita-quartzo xisto.

No topo ocorre um conglomerado polimítico composto por matriz arenosa fina e clastos que variam desde 1 cm a 20 cm; predominam quartzitos, subordinadamente quartzitos hematíticos e ortoquartzitos. É possível que esse tipo de rocha corresponda a meta-diamictitos. Bandas milimétricas cinza escuras compostas por quartzitos finos (metacherte?) e bandas hematíticas contendo magnetita porfiroblastica na matriz podem representar restritas lentes de BIFs (Basei *et al.*, 2011).

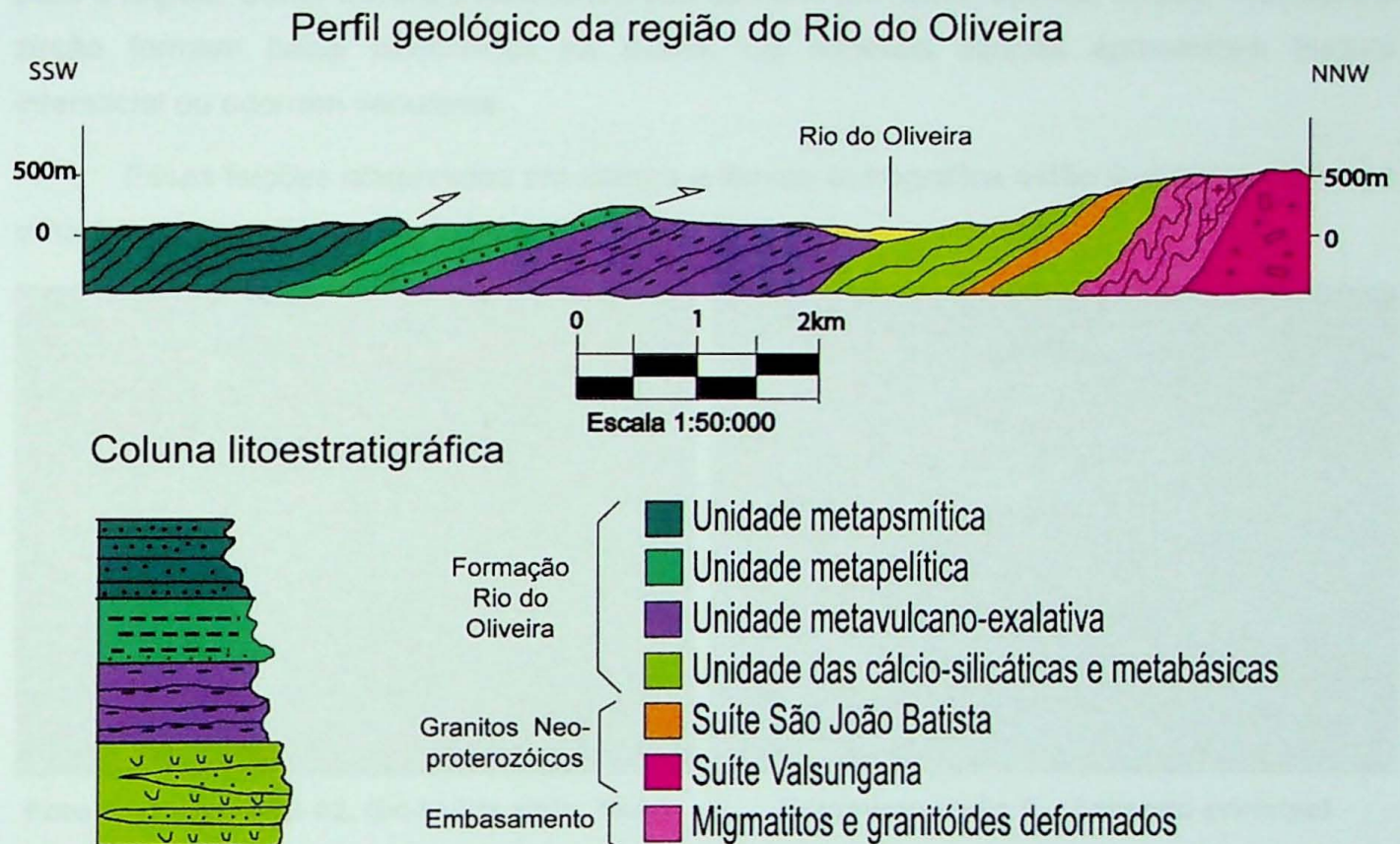


Figura 4 - Perfil geológico esquemático da região do Rio do Oliveira e coluna litoestratigráfica.

6.1.2. Unidade metapelítica

Nesta unidade predominam mica xistos, compostos por quartzo-muscovita xistos contendo granada, biotita e andaluzita porfiroblástica; sericita-quartzo xisto com biotita e quartzo-muscovita xisto com granada e grafita. Intercalações de anfibolitos, granada anfibolitos, quartzitos e cálcio-silicáticas com granada são comuns (Basei *et al.*, 2011).

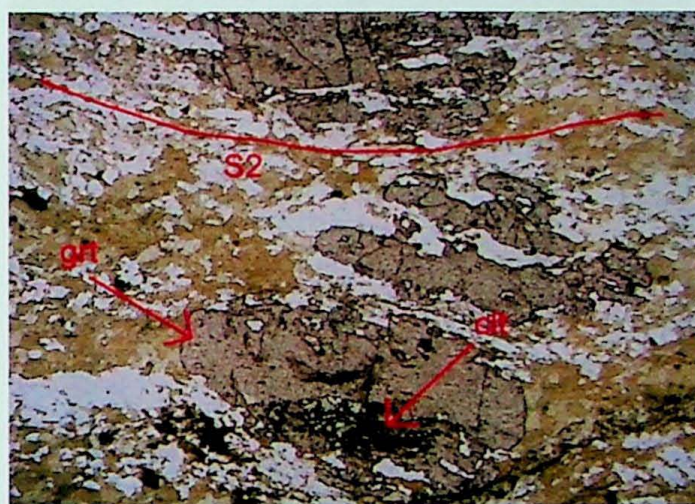
No trabalho de campo pôde ser observada um granada-biotita-quartzo xisto (ponto TFB-02), de granulação fina, cor cinza escuro, com bandamento milimétrico paralelizado a foliação principal, que ocorre dobrada em mais de uma fase de deformação, sendo possível identificar pelo menos duas lineações de intersecção. Ocorrem na forma de corpos lenticulares, pequenos e restritos, interdigitados nas rochas cálcio-silicáticas, metatufos e turmalinitos em contato brusco.

Ao microscópio apresenta textura granoblástica predominante, com quartzo matricial variando muito na forma e tamanho dos grãos, apresenta sempre extinção ondulante e contatos lobados. Na matriz, ainda é comum a presença de plagioclásio estirado e cristais finos de biotita. Nas bandas lepdoblásticas a biotita é o mineral mais abundante, sendo mais grossa do que a da matriz. Nessas bandas também é notável a grande quantidade de granada porfiroblástica com estágio de formação pré a tardi-cinemática, com inclusões de clorita, mostrando um metamorfismo progressivo de pressão e temperatura intermediária para a região. Como minerais acessórios são comuns turmalina, apatita, zoisita, monazita e zircão formam halos pleocróicos na biotita. Os minerais opacos apresentam textura intersticial ou ocorrem venulares.

Essas feições observadas em campo e lâmina petrográfica estão ilustradas na foto 1 e na fotomicrografia 1.



Foto 1 – Ponto TFB-02. Grt-bt-qtz xisto. Notar a forte lineação de intersecção, com a foliação principal no plano da foto.



Fotomicrografia 1 – Foliação principal dobrada, com granada rotacionada e inclusões de clorita.

6.1.3. Unidade das metavulcânicas-exalativas - Turmalinitos

É composta por turmalinitos, quartzitos ricos em turmalina e, eventualmente, rochas carbonáticas. Quando ocorrem próximas ao contato do Granito Valsungana é observado intercalação metapelítica, composta por sillimanita-quartzo-mica xisto de coloração cinza esverdeado, localmente contendo andalusita e cordierita geradas pelo metamorfismo de contato com o Granito Valsungana (Basei *et al.*, 2011).

Os turmalinitos são compostos por bandas milimétricas de quartzo (cherte) e turmalina, possuem coloração cinza escuro, e podem conter películas de óxido de manganês intralaminar. Segundo Basei *et al.* (2011) ao microscópio, possuem granulação fina, textura granonematoblástica, com contato serrilhado entre os grãos de quartzo, turmalina pirita e magnetita. Acessórios comuns são anfibólio, zircão, monazita e clorita. A

pirita está sempre em paragênese com a turmalina, o que confirma, segundo Basei *et al.* (2011) a origem vulcanogênica dos turmalinitos.

Os turmalinitos estão amplamente distribuídos em uma faixa com aproximadamente 10 km na direção leste-oeste (vide mapa no anexo 1). Ocorrem principalmente na forma de blocos e matacões de dimensões métricas como observado na foto 2a, porém são comuns as ocorrências de lentes tabulares, intercaladas na Formação do Rio do Oliveira, mais propriamente nos sericita xistos, anfibolitos e cálcio-silicáticas. Mesmo considerando que os turmalinitos não sejam dispostos continuamente, sua extensão está entre as maiores descritas na literatura.

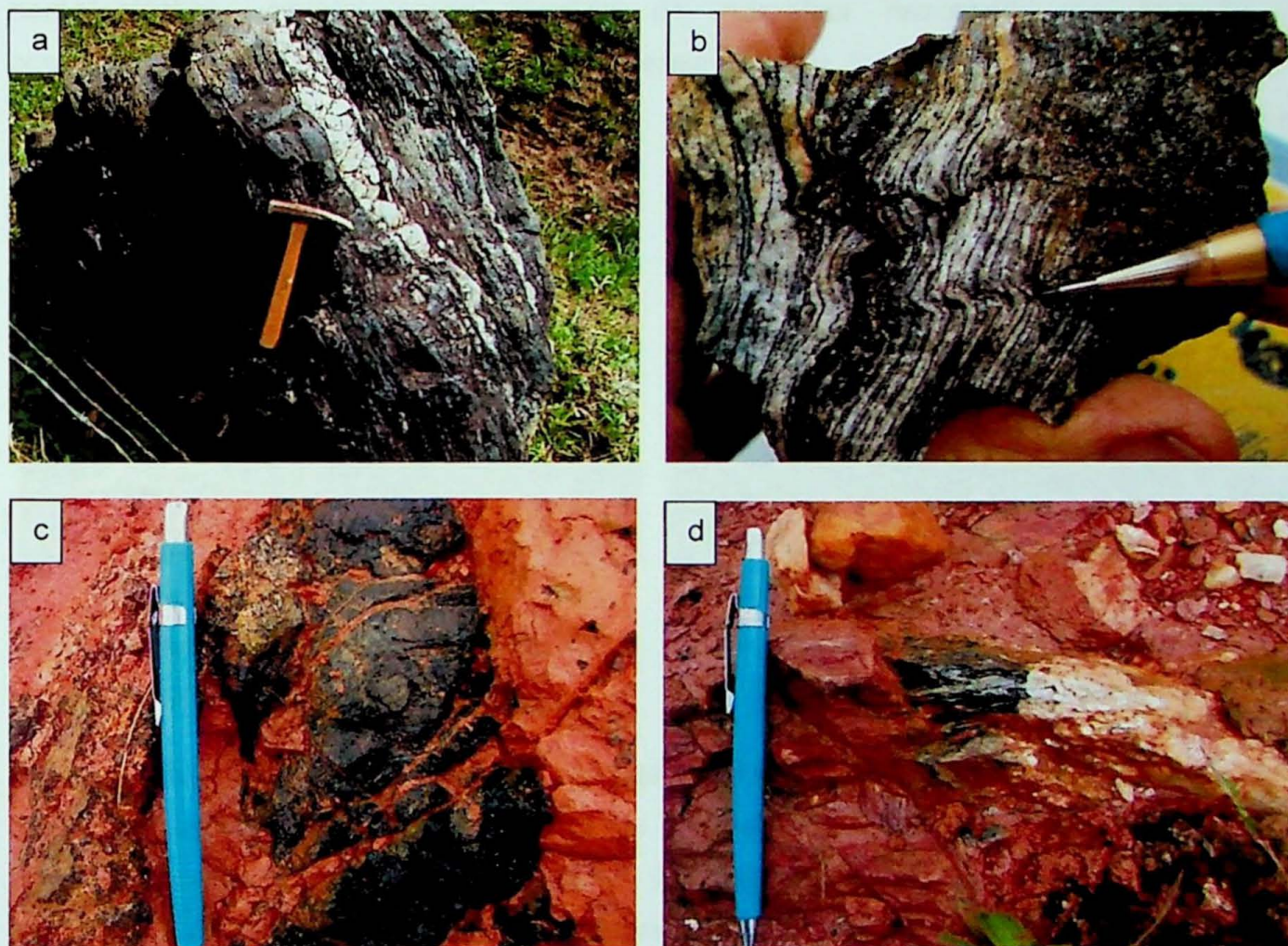
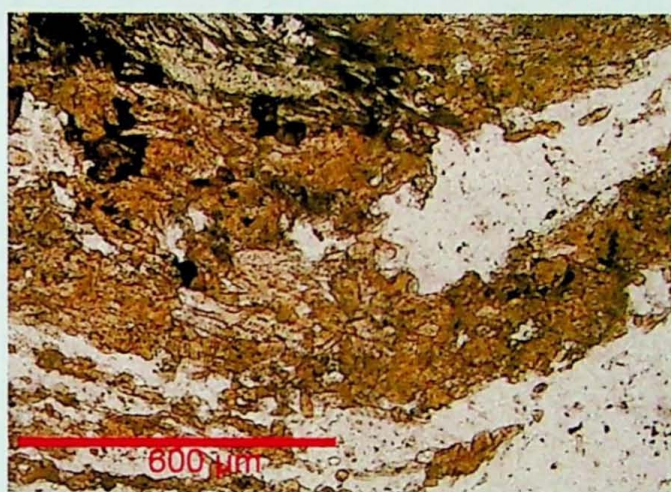


Foto 2 – Típicos afloramentos de turmalinitos em matacões (a); turmalinito crenulado com veios ricos em turmalina truncando a foliação (b); bolsão de turmalinito muito rico em turmalina intercalado a sericita xisto alterado (c); veio pegmatítico rico em muscovita truncando o turmalinito (d).

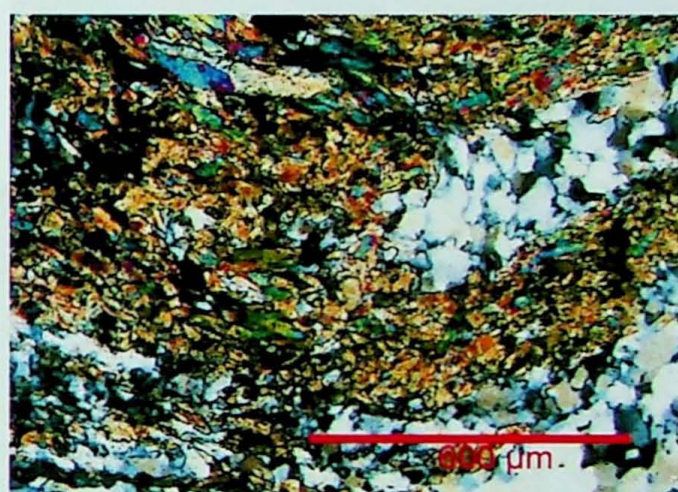
Os blocos apresentam coloração cinza escuro, com alternância entre bandas milimétricas de coloração esbranquiçada, composta por quartzo (cherte) e bandas cinza escuras, compostas por turmalina. O bandamento composicional é paralelo a foliação principal S2, ocorrendo por vezes dobrados e crenulados (foto 2b). Este bandamento é muito regular, porém em algumas localidades as bandas de turmalina se tornam mais

espessas podendo atingir mais de 10 cm ou até mesmo formar bolsões compostos essencialmente por turmalina (foto 2c). Esses bolsões são mais comuns próximos de veios ricos em turmalina que truncam o bandamento. Outra forma de ocorrência de turmalinito maciço pode ser vista a NW do Morro do Carneiro, onde este ocorre como lentes de menos de um metro intercalados em muscovita-quartzo xisto e anfibolitos, cortados por veios pegmatíticos ricos em muscovita (foto 2d). Esta concentração de turmalina pode indicar outra origem genética para os turmalinitos da região, associados à hidrotermalismo gerado por fluidos tardios da granitogênese que ocorre na região.

Ao microscópio petrográfico os turmalinitos apresentam textura predominantemente nematoblástica, gerada pelos prismas de turmalina orientados na foliação, e ocasionalmente, actinolita/hornblenda (fotomicrografias 2 e 3).



Fotomicrografia 2 – IT-VI-04b. Nicóis paralelos, bandas de turmalina e quartzo com anfibólio fibroso no alto da foto.

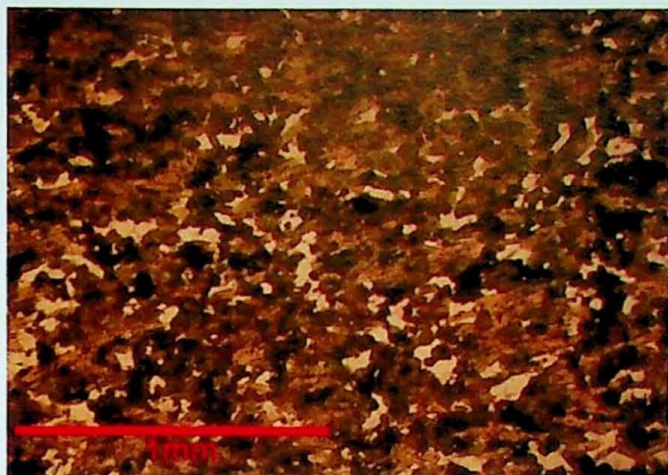


Fotomicrografia 3 – IT-VI-04b. Nicóis cruzados, quartzo com recristalização dinâmica, de contatos lobados.

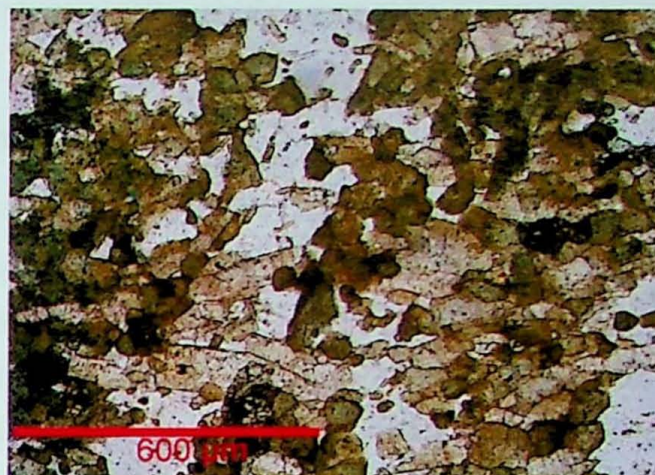
A textura granoblástica é definida pelo quartzo, que ocorre sempre com extinção ondulante, sendo os contatos entre os grãos serrilhados a lobados, com recristalização de borda, ocorrendo por vezes microgranular. Nas bandas ricas em turmalina é comum a ocorrência de plagioclásio associado à actinolita. A turmalina tem granulação muito fina (0,05-0,2mm) sendo na maioria das vezes zonadas, podendo apresentar até três zonas distintas, com o núcleo de coloração verde claro, uma zona intermediária com coloração escura e a borda com coloração verde oliva (fotomicrografias 4 e 5);

Este zoneamento é mais forte nos turmalinitos mais ricos em turmalina (>60% de turmalina) e mais próximos aos granitos intrusivos como observado no ponto TFB-1 (vide mapa em anexo 1) e nas lâminas IT-VII-39 e TFB-01c, nas proximidades do Morro do Carneiro. A turmalina ocorre em sua maioria orientada, porém são comuns prismas de orientação aleatória de granulação mais grossa (0,2 mm), podendo indicar uma fase tardia de formação de turmalina. Nos turmalinitos também puderam ser vistas microestruturas interpretadas como de origem sedimentar, descritas por Slack *et al.* (1984) como *rip-up*

clast. Tal estrutura pode indicar uma contribuição clástica para a geração dos turmalinitos, (fotomicrografias 6 e 7). Também são comuns crenulações na foliação principal (fotomicrografias 8 e 9).



Fotomicrografia 4 – IT-VII-39. Turmalinito rico em turmalina com diferentes padrões de zoneamento.



Fotomicrografia 5 – TFB-01c. Turmalinas zonadas com diferentes tons de verde e marrom.



Fotomicrografia 6 – IT-VI-42a. Nicóis paralelos. Clasto de quartzo do tipo *rip-up*.



Fotomicrografia 7 – IT-VI-42a. Nicóis cruzados. Contatos serrilhados entre os grãos de quartzo.



Fotomicrografia 8 – JB-VI-03. Nicóis paralelos. S2 crenulada com minerais opacos associados.



Fotomicrografia 9 – JB-VI-03. Nicóis cruzados. Quartzo com contatos serrilhados a lobados.

Ao microscópio, o anfibólio tem coloração verde acinzentada, varia desde hornblenda a actinolita. Ocorre pouco alterado e tem hábito fibroso. Está associado à turmalina, opacos e não raro a plagioclásio. É mais abundante próximo ao contato das unidades da Formação Botuverá. São minerais acessórios muscovita, pirita, zoisita, zircão, monazita e xenotima.

6.1.4. Unidade das cálcio-silicáticas e metabásicas

As rochas metabásicas são representadas por anfibolitos de coloração cinza escuro esverdeado, com bandamento milimétrico e granulação fina a média. São compostos por plagioclásio, minerais opacos, hornblenda, actinolita e com zircão e epídoto subordinados. O protólito corresponde a rochas carbonáticas, tufos básicos e mais raramente a ultramafitos. Variações na intensidade de deformação e metamorfismo são observadas, predominando uma textura nematoblástica, com porções granoblásticas e texturas ígneas reliquias. Menos freqüente, pode-se ver texturas blastoporfirítica e blastoamigdaloidal.

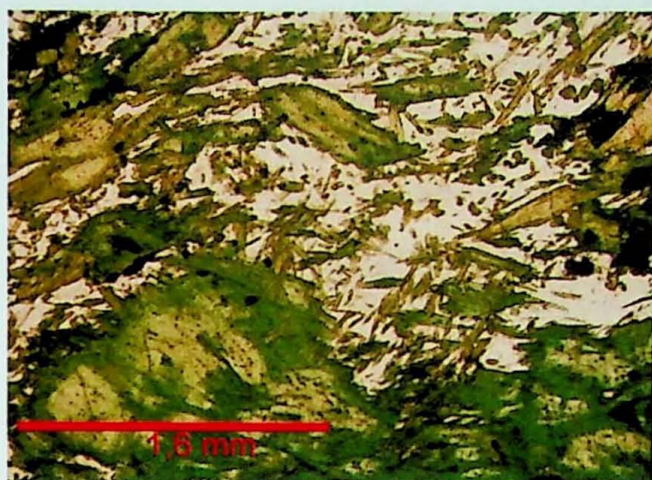
As cálcio-silicáticas são geradas a partir de rochas carbonáticas e/ou tufos básicos, que são geralmente bandados e podem ser classificados como andesina-clorita-sericita-epídoto-quartzo gnaisse e quartzo-clorita-andesina-actinolita gnaisse. São rochas de granulação muito fina, com textura lepdogranonematomatoblástica, com contatos serrilhados entre os grãos de quartzo e os minerais mais comuns na sua composição são quartzo, andesina, actinolita, tremolita, epídoto, clorita e clinozoisita, e, como acessórios, minerais opacos. Os metatufos correspondem a rochas bandadas, cinza-esverdeadas, com bandas mais claras compostas por plagioclásio e quartzo subordinado, e bandas mais escuras compostas por hornblenda. A presença de muscovita em algumas bandas indica uma influência sedimentar siliciclástica (Basei *et al.*, 2011). Albita, titanita, epídoto, diopsídio (alterando para hornblenda) são importantes acessórios.

As melhores ocorrências visitadas desta unidade estão representadas pelos pontos IT-VI-01, TFB-03, TFB-05, TFB-06 e FT-04.

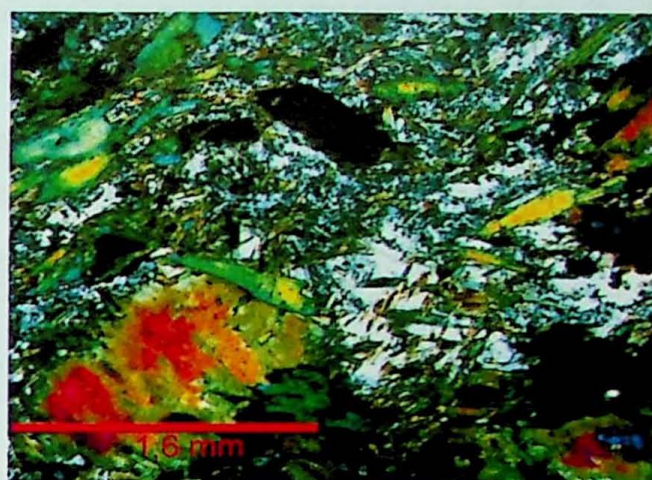
No ponto IT-VI-01 e TFB-03 pode ser observada uma rocha metabásica com granulação fina, de cor cinza escura esverdeada, constituída por plagioclásio, anfibólio (hornblenda e actinolita), epídoto, minerais opacos e quantidade subordinada de quartzo. Apresenta bandamento milimétrico regular e incipiente paralelo a S₂, sendo definido pela alternância de leitos máficos e félsicos.

Microscopicamente apresenta textura nematoblástica predominante, com porfiroblastos de anfibólio com núcleo de actinolita e a borda de hornblenda, e actinolita acicular na matriz. O consumo de actinolita pela hornblenda indica um regime metamórfico progressivo de fácies xisto verde superior. A matriz é composta por plagioclásio muito fino

(fotomicrografias 10 e 11), recristalizado formando microcristais. Os minerais opacos são relativamente abundante, perfazendo até 10% da rocha.



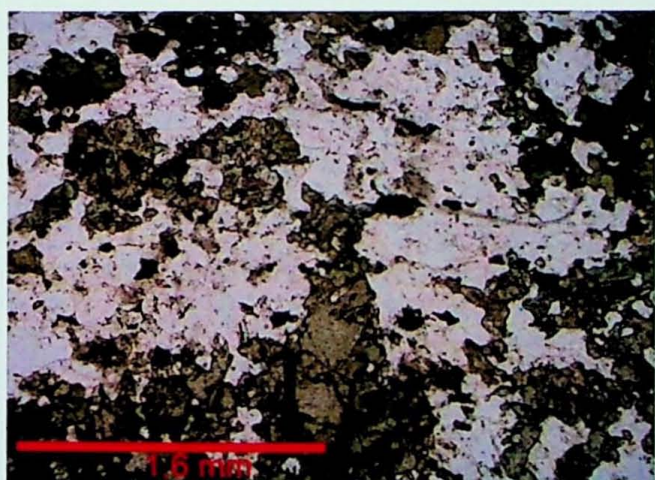
Fotomicrografia 10 – IT-VI-01. Metabásica com anfibólios zonados e aciculares na matriz.



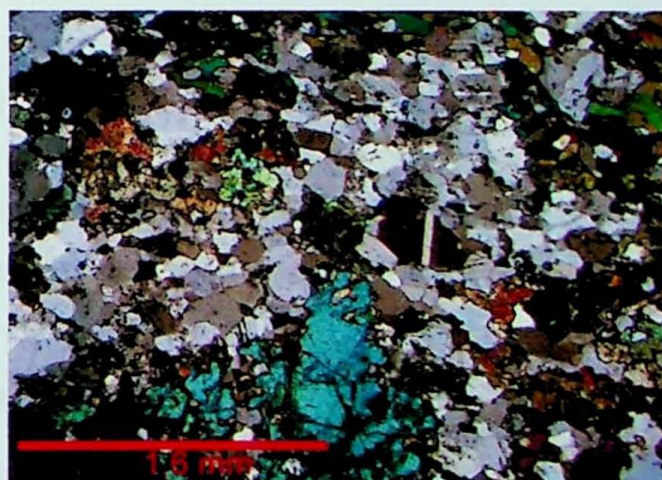
Fotomicrografia 11 – IT-VI-01. Metabásica com matriz microcristalina composta por plagioclásio.

É comum a presença de anfibolitos de origem vulcânica, com forte epidotização e plagioclásio com alteração sericítica, como visto nas fotomicrografias 12 e 13 (lâmina TFB-06a). Nesta rocha a hornblenda apresenta-se idioblástica, sem zoneamento, porém nas zonas epidotizadas pode-se ver o consumo de hornblenda por epidoto característico de alterações hidrotermais.

As metabásicas estão associadas aos turmalinitos e rochas cálcio-silicáticas, em contato brusco, constituindo corpos lenticulares, distribuídos por toda faixa norte ou como unidade de maior extensão a oeste.



Fotomicrografia 12 – TFB-6a. nicóis paralelos. Possível metatufo; com epidoto consumindo hornblenda.



Fotomicrografia 13 – TFB-6a. nicóis cruzados. Possível metatufo; com plagioclásio com alteração sericítica.

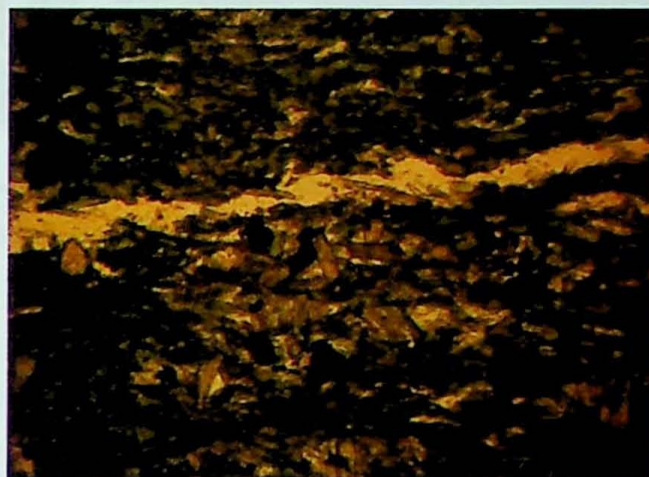
Os outros pontos visitados afloram as rochas cálcio-silicáticas (TFB-05 e FT-04), que ocorrem como rochas de granulação muito fina, com bandamento irregular, marcado por bandas de cor verde azuladas, ricas em actinolita, piroxênio, epidoto, e em menor proporção

bandas de cor rósea de composição félsica, predominando plagioclásio e quantidades subordinadas de carbonatos. O bandamento pode ser, localmente, bastante incipiente, apresentando-se paralelizado à superfície S2 ou mais frequentemente ondulado (foto 3) . O bandamento é ressaltado pela diferença composicional ou pela alteração.

Ao microscópio apresenta textura nematoblástica predominante, com leitos restritos de plagioclásio (fotomicrografia 14) com opacos associados ao anfibólio.



Foto 3 – Bandamento típico das cálcio-silicáticas.



Fotomicrografia 14 – TFB-05. Bandas ricas em anfibólio com leitos finos de plagioclásio.

As rochas cálcio-silicáticas ocorrem associadas aos turmalinitos, apresentando-se interdigitados com muscovita-biotita quartzito granatífero, em contato brusco ou eventualmente por contatos tectônicos.

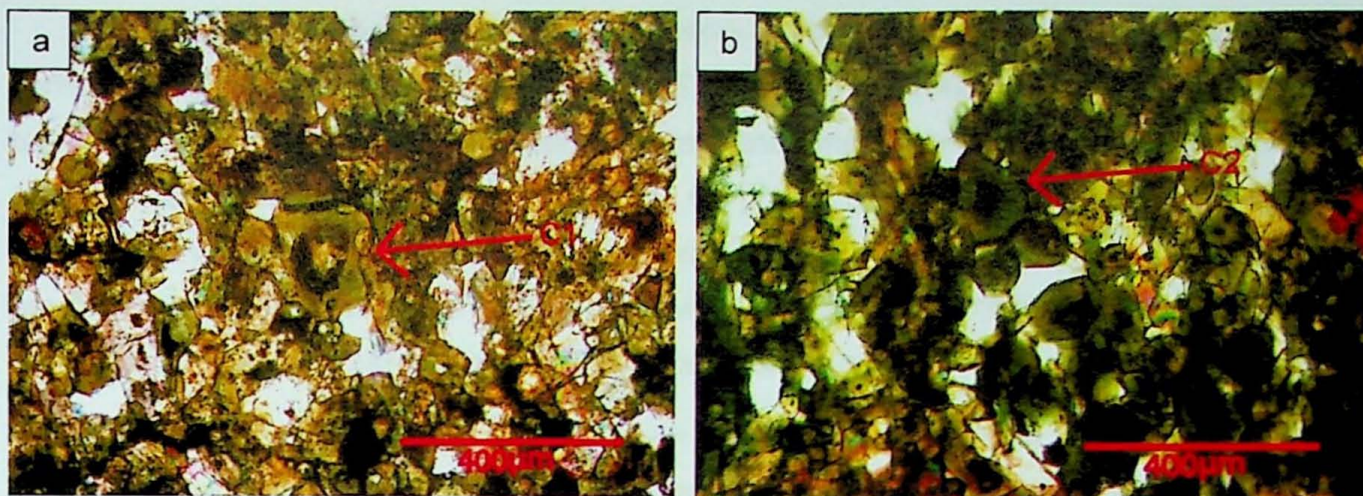
6.2. Microsonda eletrônica

Os dados obtidos nas análises pontuais quantitativas de WDS efetuadas nos minerais estudados permitiram uma melhor inferência para o ambiente de deposição e formação dos turmalinitos. Todos os pontos analisados estão fotografados e dispostos em prancha no anexo 2, enquanto que os resultados químicos de cada ponto estão dispostos no anexo 3.

6.2.1. Química mineral das turmalinasA

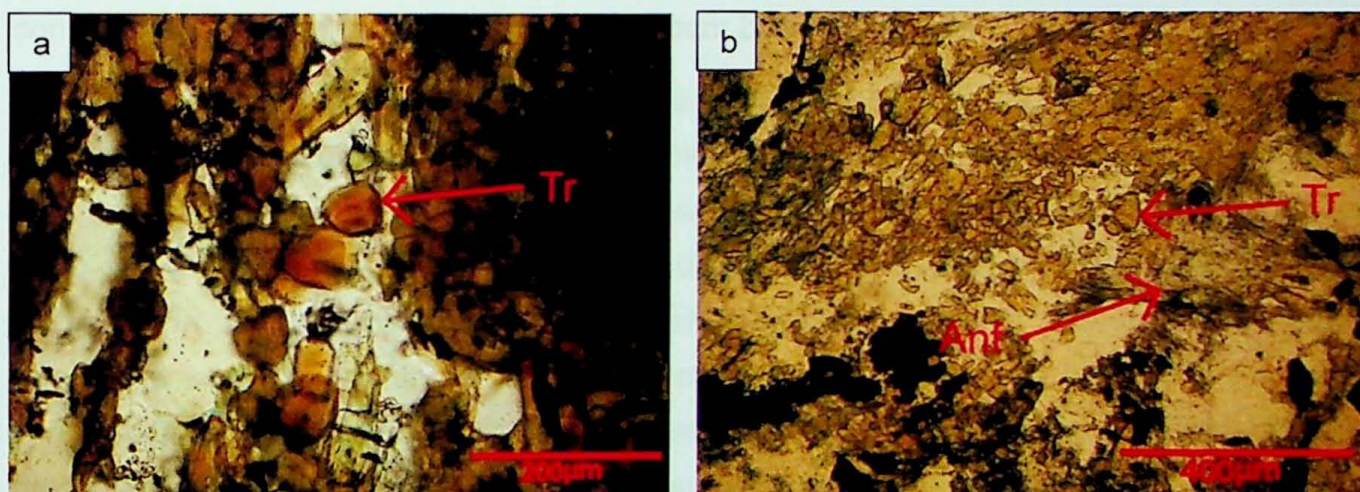
As turmalinas analisadas na microsonda eletrônica apresentavam-se, em sua maioria, com um zoneamento perpendicular ao eixo c, como mostra a fotomicrografia 15.

Na lâmina IT-VII-39 este zoneamento pode apresentar dois tipos de padrão distintos e bem definidos; um com três zonas: a borda em tons verde claro, uma zona intermediária com coloração escura, e o núcleo verde claro, quase transparente. Ou então, outro padrão, no qual o núcleo ocorre com tons de verde escuro e as bordas com tons de verde claro. Nesta mesma lâmina, a turmalina apresenta inclusões de quartzo e minerais opacos.



Fotomicrografia 15 – Lâmina IT-VII-39; em a pode-se notar 3 zonas bem definidas como núcleo, borda e zona intermediária. Já em b nota-se apenas duas zonas, núcleo e borda.

Nas outras duas lâminas analisadas (IT-VI-04b e IT-VI-42a) a turmalina apresenta coloração variando de amarelo claro a amarelo esverdeado, com um zoneamento menos evidente, ou inexistente, e ainda apresentavam poucos grãos em corte basal (fotomicrografia 16).



Fotomicrografia 16 – Em a está a lâmina IT-VI-42a: turmalina em seção basal pouco zonada. Em b, a lâmina da amostra IT-VI-04b com raros grãos em seção basal, e no detalhe a presença de anfibólio associado.

Outro fator que dificultou as análises nessas lâminas foi o fato dessas rochas apresentarem granulometria fina e a lâmina ter uma espessura maior do que a convencional (80 μm invés de 30 μm). Assim, a partir de seções delgadas convencionais muitos cristais selecionados, não puderam para análises em microsonda, fazendo com que muitos cristais, que foram selecionados de antemão, não pudessem ser analisados, pois não “afloravam” na superfície da lâmina. Devido a esses fatos, foi dada ênfase para as turmalinas da amostra IT-VII-39, que por conter turmalinas com zoneamento bem marcado, forneceu resultados satisfatórios.

Com base no diagrama Fe-Al-Mg (Henry e Guidotti, 1985) da figura 5a, pode-se verificar que as turmalinas das amostras IT-VI-04b e IT-VI-42a, relativas ao turmalinito bandado do Rio do Oliveira, agrupam-se preferencialmente nos campos 4, referente aos metapelitos e metapsamitos saturados em Al. Os pontos restantes concentram-se no campo 5, o qual é associado a metapelitos e metapsamitos sem indicação de minerais saturados em Al. Esta tendência também foi obtida por Mota (2006), que também analisou turmalinitos do Rio do Oliveira, e cujas análises estão representadas na mesma figura.

Com base no diagrama $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na}) \times \text{Mg\#}$ [$=\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$] da figura 5b observa-se que as composições das turmalinas das amostras IT-VI-4b e IT-VI-42a aproximam-se do membro dravita, com aproximadamente 70%, ao mesmo tempo são plotados no grupo alcalino do diagrama de Hawthorne e Henry (1999) juntamente com as análises de Mota (2006), conforme figura 5c.

Nos diagramas de $\text{Mg\#} \times \text{MgO}$, Al_2O_3 , álcalis ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) e CaO , expostos nas figuras 5d a 5g, respectivamente, pode-se observar os valores altos de Al chegando a 34,6% em peso, principalmente para a amostra IT-VI-42a, além disso os valores de álcalis são os maiores para a amostra de Mota (2006). Os teores de MgO são relativamente constantes, não variando entre as amostras, com baixos teores de CaO .

A turmalina da amostra IT-VII-39, relativa ao turmalinito maciço do Moro do Carneiro, mostrou uma variação composicional evidente em relação ao seu zoneamento. A borda, com tons de verde claro, é composta por membros da série dravita-uvita com valores em torno de 50% de uvita, e quando plotadas no diagrama de Fe-Al-Mg (Henry e Guidotti, 1985) da figura 5a, apresentam composição exclusivamente do campo 6, relativo a rochas com quartzo, associadas a cálcio-silicáticas e metapelitos (turmalina rica em Fe^{3+}). As zonas intermediárias, que apresentam coloração mais escura, têm características semelhantes às da borda, porém com relação $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ um pouco mais elevada, variando em torno de 60% de uvita, como visto na figura 5b. O núcleo quando plotado no diagrama de Henry e Guidotti (1985) enquadra-se entre os campos 4 e 5 associado a rochas metalpelíticas/metapsamíticas saturadas ou insaturadas em Al (figura 5a). Apresenta uma maior variação de composição, tendo membros desde a série schorlita-dravita, com 70% de dravita, até membros da série foitita-uvita, com 65% de uvita. Com um importante *gap* na proporção de $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ (figura 5b). Este aumento significativo de Ca do núcleo para a borda fica claro quando plotados no diagrama de Hawthorne e Henry (1999) na figura 5c.

Figura 5 – Diagrama Fe-Al-Mg de Henry e Guidotti (1985) relativo ao turmalinito bandado do Rio do Oliveira, agrupando-se preferencialmente nos campos 4, referente aos metapelitos e metapsamitos saturados em Al. Os pontos restantes concentram-se no campo 5, o qual é associado a metapelitos e metapsamitos sem indicação de minerais saturados em Al. Esta tendência também foi obtida por Mota (2006), que também analisou turmalinitos do Rio do Oliveira, e cujas análises estão representadas na mesma figura.

Figura 5b – Diagrama $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na}) \times \text{Mg\#}$ [$=\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$] da figura 5b observa-se que as composições das turmalinas das amostras IT-VI-4b e IT-VI-42a aproximam-se do membro dravita, com aproximadamente 70%, ao mesmo tempo são plotados no grupo alcalino do diagrama de Hawthorne e Henry (1999) juntamente com as análises de Mota (2006), conforme figura 5c.

Figura 5c – Diagrama de $\text{Mg\#} \times \text{MgO}$, Al_2O_3 , álcalis ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) e CaO , expostos nas figuras 5d a 5g, respectivamente, pode-se observar os valores altos de Al chegando a 34,6% em peso, principalmente para a amostra IT-VI-42a, além disso os valores de álcalis são os maiores para a amostra de Mota (2006). Os teores de MgO são relativamente constantes, não variando entre as amostras, com baixos teores de CaO .

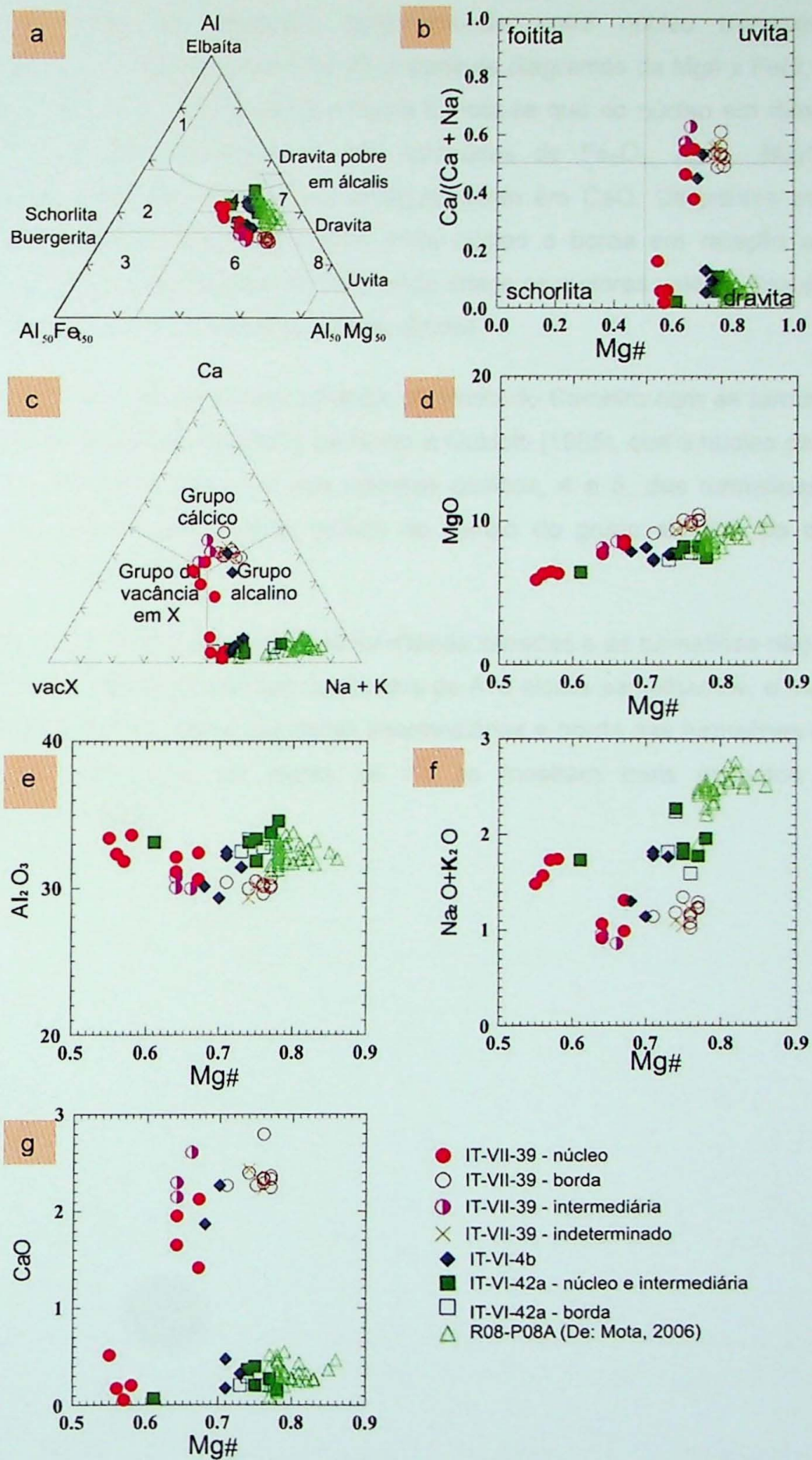


Figura 5 – Diagrama ternário de Henry e Guidotti (1985) relativo às rochas associadas (a). Relação $Ca/(Ca+Na)$ x Mg# indicando as variedades composicionais das turmalinas (b). Diagrama ternário Hawthorne e Henry (1999) (c). Diagramas de Mg# x Mg, Al, álcalis e Ca (d, e, f, g)

Ao analisar as variações composicionais entre núcleo transparente, zona intermediária e borda da lâmina IT-VII-39, a partir de diagramas de Mg# x FeO, Al₂O₃, CaO, Na₂O, TiO₂ e Vac (X), como mostra a figura 6, nota-se que do núcleo em direção a borda ocorrem diminuições consideráveis dos conteúdos de Fe₂O₃, Al₂O₃, Na₂O, além da diminuição da vacância em X, e um enriquecimento em CaO. Os pontos intermediários comportam-se quase como uma média entre núcleo e borda em relação aos mesmos elementos citados, com exceção do TiO₂, onde atinge os maiores valores das análises e de Na₂O, onde representa os menores valores obtidos.

Comparando as turmalinas zonadas do Morro do Carneiro com as turmalinas do Rio do Oliveira, fica claro pelo diagrama de Henry e Guidotti (1985), que o núcleo das turmalinas do Morro do Carneiro caem em nos mesmos campos, 4 e 5, das turmalinas do Rio do Oliveira. De maneira semelhante, plotam no campo do grupo alcalino do diagrama de Hawthorne e Henry (1999).

Ainda em relação ao núcleo das turmalinas zonadas e as turmalinas não zonadas do Rio do Oliveira, ambas apresentam conteúdos de Al e álcalis semelhantes, e mais elevados comparativamente aos teores das zonas intermediárias e borda das turmalinas do Morro do Carneiro. Enquanto que, os teores de Ca se mostram mais elevados nas zonas intermediárias e borda.



Figura 6 – Resultados de microanálise química para as turmalinas, considerando borda, zona intermediária e núcleo. Tendências de enriquecimento em Fe, Al e Na, do núcleo em direção a borda, e enriquecimento em Ca em direção de Ti em zona intermediária. Ca e Ti indicados na micrografia 15.

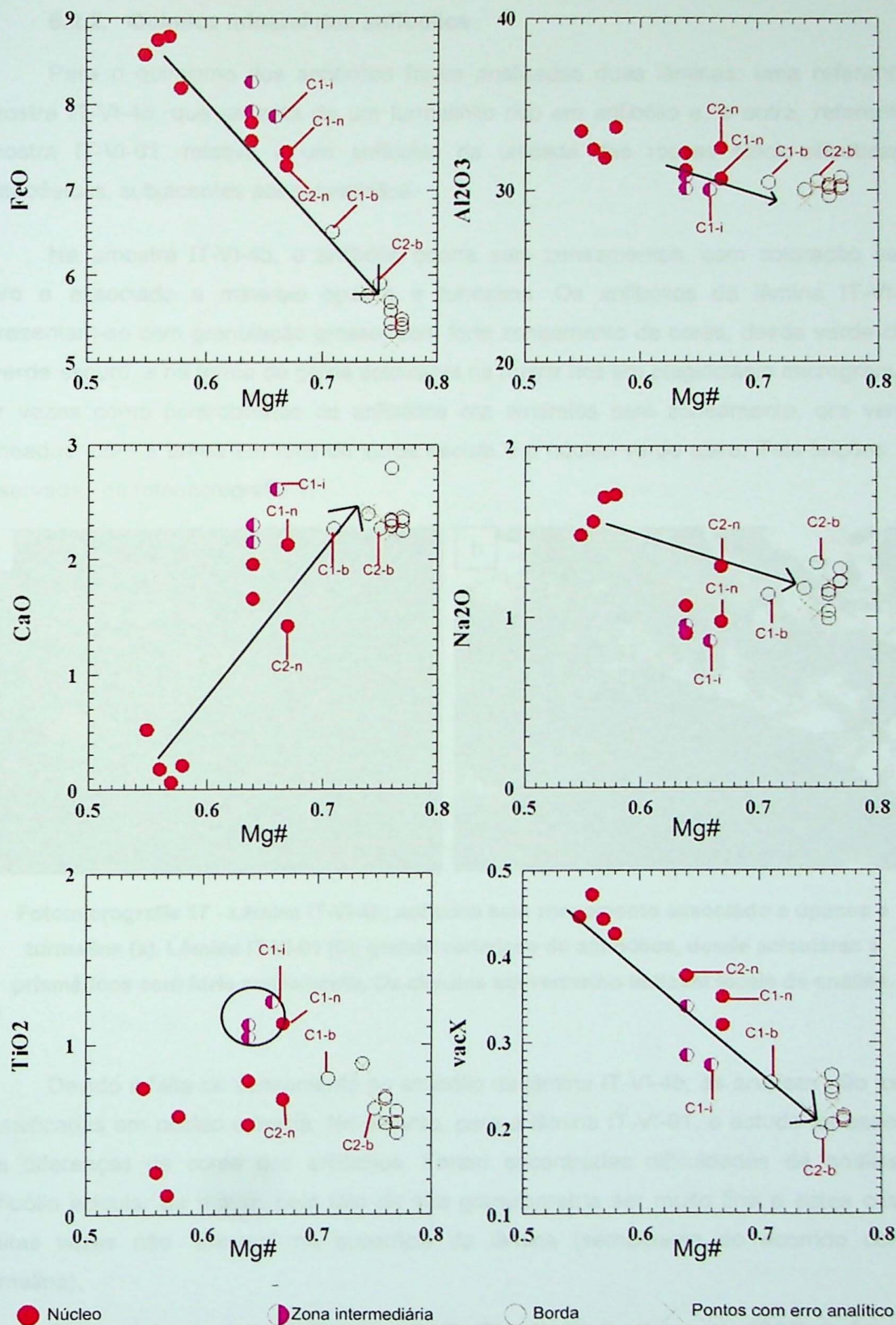
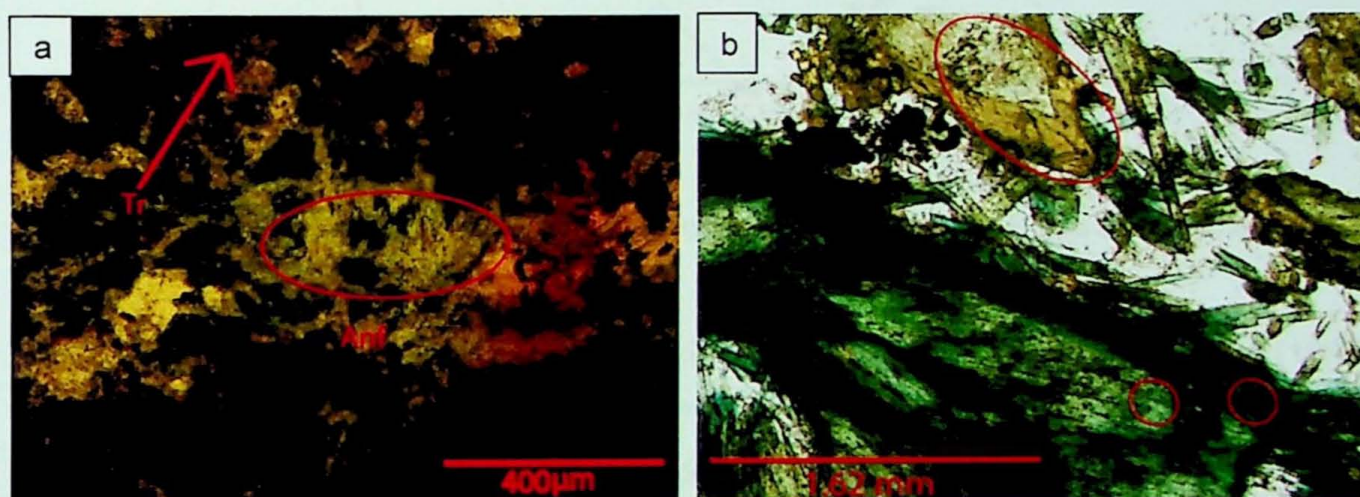


Figura 6 – Resultados de microsonda obtidos para as turmalinas, considerando borda, zona intermediária e núcleo. Tendências de empobrecimento em Fe, Al e Na, do núcleo em direção a borda, e enriquecimento em Ca; alto conteúdo de Ti nas zonas intermediárias. C1 e C2 indicados na fotomicrografia 15.

6.2.2. Química mineral dos anfibólios

Para o quimismo dos anfibólios foram analisadas duas lâminas: uma referente à amostra IT-VI-4b, que se trata de um turmalinito rico em anfibólio e, a outra, referente a amostra IT-VI-01, relativa a um anfibolito da unidade das rochas cálcio-silicáticas e metabásicas, subjacentes aos turmalinitos.

Na amostra IT-VI-4b, o anfibólio ocorre sem zoneamentos, com coloração verde claro e associado a minerais opacos e turmalina. Os anfibólios da lâmina IT-VI-01, apresentam-se com granulação grossa, com forte zoneamento de cores, desde verde claro a verde escuro, e na forma de grãos aciculares na matriz rica em plagioclásio microgranular, por vezes como porfiroblastos de anfibólios ora amarelos sem zoneamento, ora verdes zoneados, com a borda em tons de verde escuro e o núcleo verde claro. Tais feições são observadas na fotomicrografia 17.



Fotomicrografia 17 - Lâmina IT-VI-4b; anfibólio sem zoneamento associado a opacos e turmalina (a). Lâmina IT-VI-01 (b); grande variedade de anfibólios, desde aciculares a prismáticos com forte zoneamento. Os círculos em vermelho indicam locais de análise.

Devido à falta de zoneamento no anfibólio da lâmina IT-VI-4b, as análises não foram classificadas em núcleo e borda. No entanto, para a lâmina IT-VI-01, o estudo foi baseado nas diferenças de cores dos anfibólios. Foram encontradas dificuldades de analisar o anfibólio acicular da matriz, pelo fato de sua granulometria ser muito fina e estes cristais muitas vezes não “afloram” na superfície da lâmina (semelhante ao ocorrido com a turmalina).

Como pode ser visto no diagrama de $\text{Ca(B)} \times \text{Na(B)}$ (Leake *e. al.*, 1997) da figura 7, todos os anfibólios analisados são classificados como anfibólios cálcicos. Sendo os anfibólios da IT-VI-01 com tendência mais sódica (inclusive anfibólios acilulares, sem zoneamentos) e os anfibólios da IT-VI-4b, com tendência mais ferro-magnésiana.

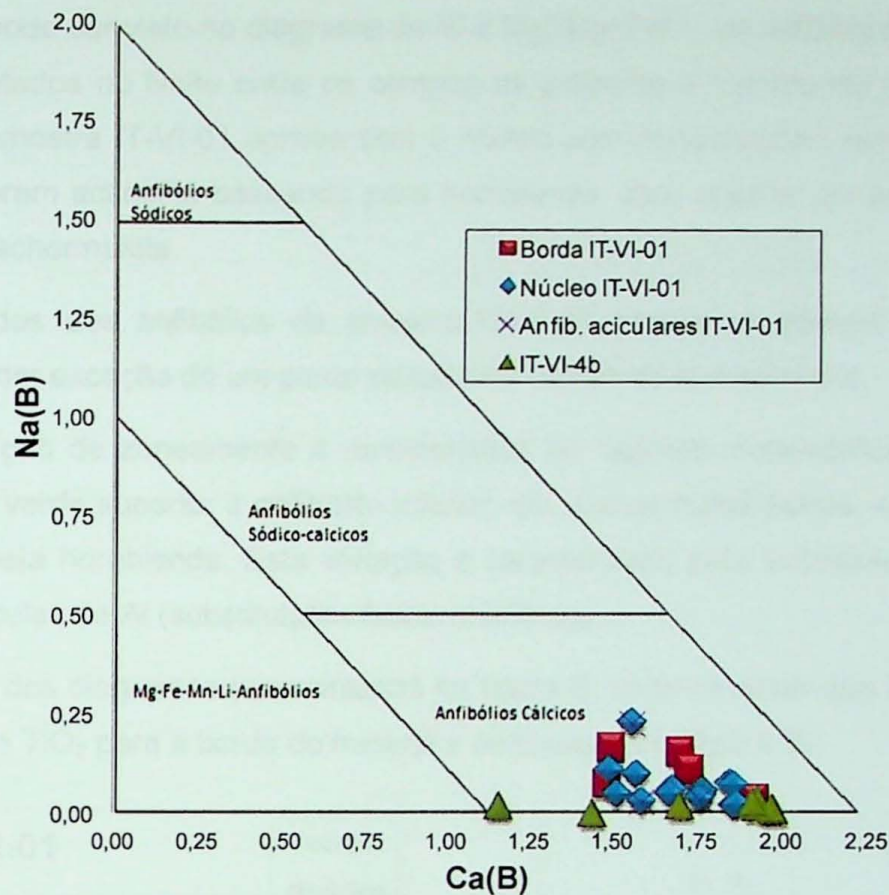


Figura 7 – Diagrama de Ca(B) x Na(B) mostrando a composição cálcica dos anfibólios.

Para a nomenclatura dos anfibólios foi utilizado os preceitos de Leake *et al.* (1997), no qual anfibólios cálcicos que se enquadram dentro do seguinte parâmetro: $Ca(B) > 1,5$; $(Na + K)A < 0,5$, plotados no diagrama $Mg/(Mg+Fe^{2+}) \times Si$ (pfu) da figura 8.

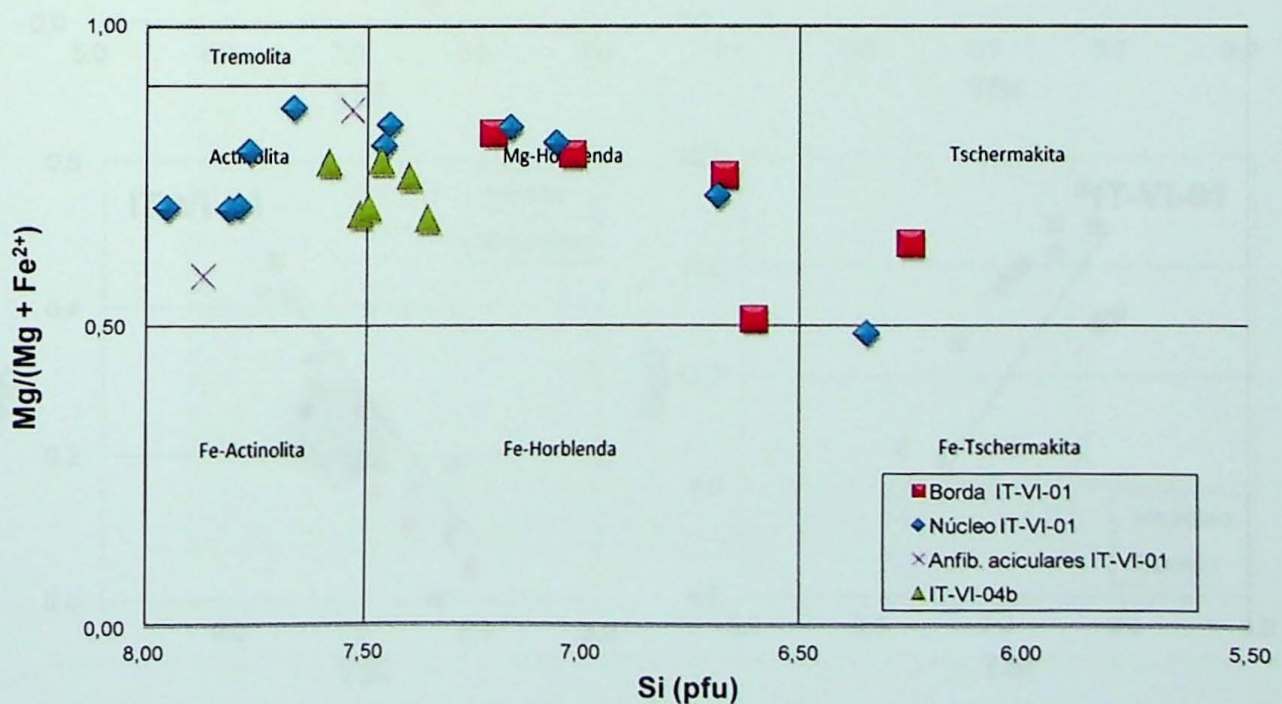


Figura 8 – Diagrama de classificação de anfibólios cálcicos (Leake *et al.*, 1997); tendência de actinolita para Mg-hornblenda do núcleo para a borda (IT-VI-01). Para a amostra IT-VI-4b pouca variação composicional entre os campos da actinolita e Mg-hornblenda.

Como pode ser visto no diagrama de Si x Mg/(Mg+Fe²⁺), os anfibólios da amostra IT-VI-04b são plotados no limite entre os campos da actinolita e hornblenda magnesiânica; os anfibólios da amostra IT-VI-01 apresentam o núcleo com composições variadas, mas com tendência a serem actinolita passando para hornblenda, com apenas um ponto plotado no campo da Fe-tschermakita.

As bordas dos anfibólios da amostra IT-VI-01 plotam no campo da hornblenda magnesiânica, com exceção de um ponto plotado no campo da tschermakita.

Esta feição de zoneamento é característica de regimes metamórficos progressivos de fácies xisto verde superior a anfibolito inferior, em rochas metabásicas, onde a actinolita é consumida pela hornblenda. Esta variação é caracterizada pela substituição de Mg e Si por duas moléculas de Al (substituições tschermakíticas).

A partir dos diagramas apresentados na figura 9, pode-se notar que há um aumento de Al₂O₃, FeO e TiO₂ para a borda do mineral e diminuição de MgO e Si.

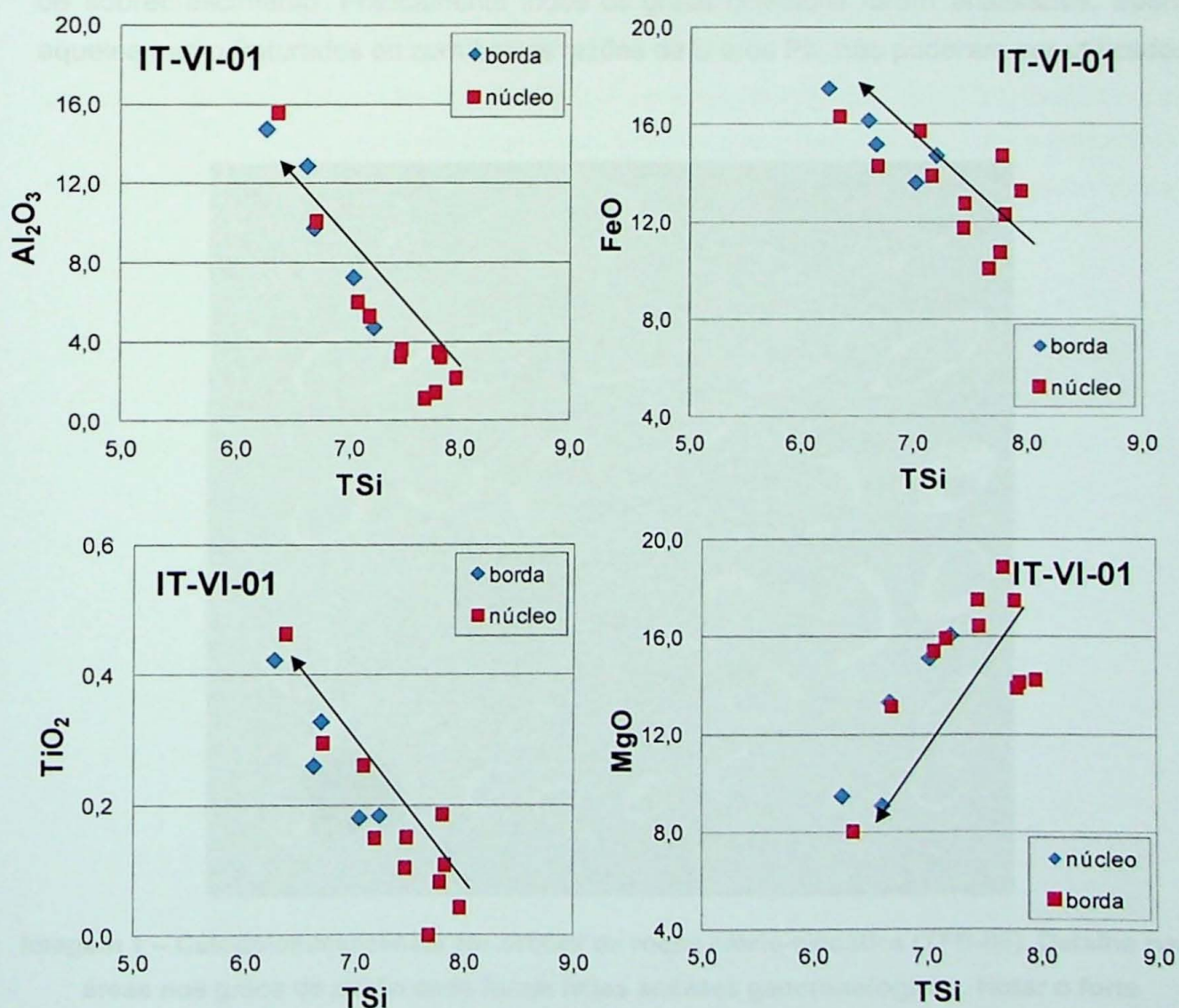


Figura 9 – Resultados de microsonda obtidos para os anfibólios. Enriquecimento de FeO, Al₂O₃ e TiO₂ do núcleo em direção a borda, com empobrecimento proporcional de MgO e Si.

6.3. Datação U-Pb em Zircão Detrítico e Vulcânicos (LA-ICP-MS)

As datações foram realizadas nas rochas encaixantes dos turmalinitos, tais como, granada biotita xisto (TFB-02), cálcio-silicática (TFB-05) e metabásicas (TFB-03 e TFB-06a). Os pontos analisados nos zircões de cada amostra podem ser vistos nas imagens de catodoluminescência 1 a 4, sendo as características desses grãos muito variadas. Apresentam hábitos prismáticos, ovóides e arredondados. Porém, pode-se notar que nas amostras TFB-05 e TFB-02 há certa predominância de zircões com hábito ovóide a arredondado. Já os zircões das amostras TFB-03 e TFB-06a (metabásicas) estão mais fragmentados, mesmo assim ainda é possível ver em suas terminações, indicações da forma prismática original.

Os zircões das rochas paraderivadas possuem, em sua maioria, zoneamentos com bordas de sobrecrecimento e núcleos herdados. Em contrapartida, os cristais das amostras de rochas metabásicas, apresentam zoneamento oscilatório, com finas camadas de sobrecrecimento. Praticamente todos os grãos coletados foram analisados, apenas aqueles muito fraturados ou com baixas razões de U e/ou Pb, não puderam ser utilizados.

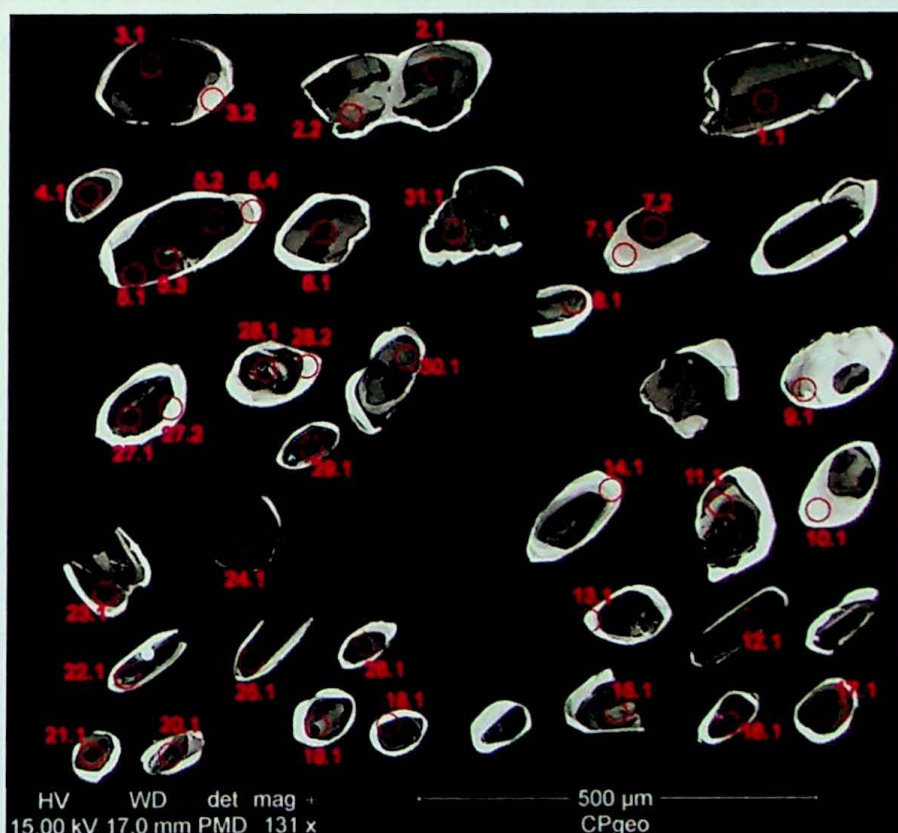


Imagem 1 – Catodoluminescência em zircões de rocha cálcio-silicática (TFB-05). Detalhe para áreas nos grãos de zircão onde foram feitas análises geocronológicas. Notar o forte sobrecrecimento com baixo conteúdo de U (bordas mais claras) em alguns grãos e o predomínio de formas ovóides.

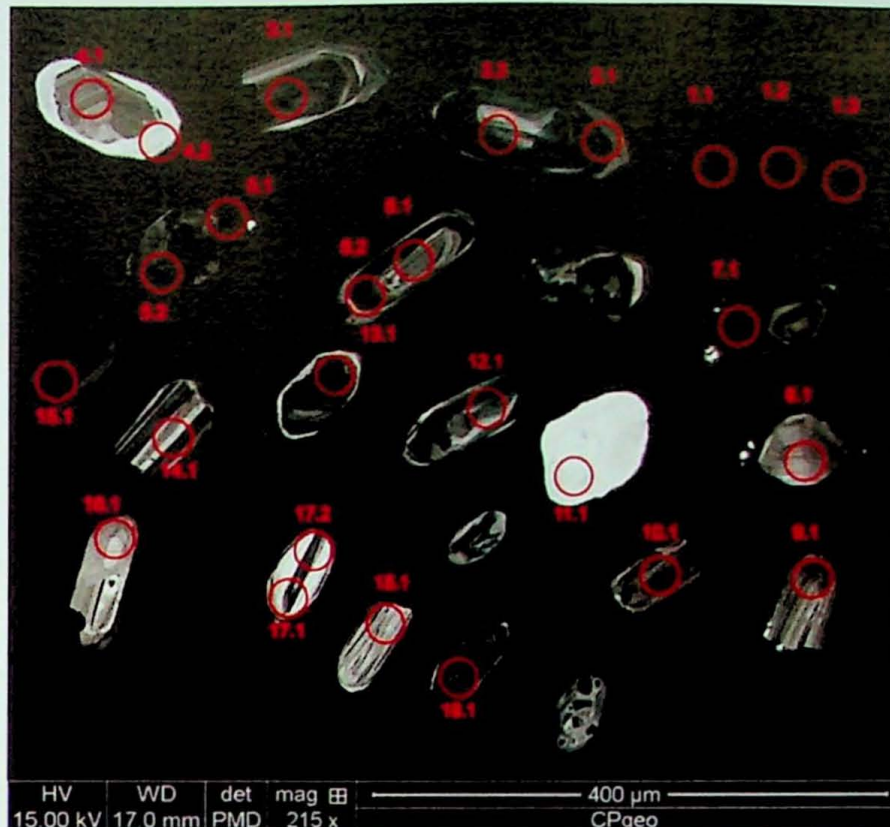


Imagem 2 – Catodoluminescência em zircões do granada biotita xisto (TFB-02). Detalhe para áreas nos grãos de zircão onde foram feitas análises geocronológicas. Notar o pequeno sobrecrecimento em alguns grãos e o predomínio de formas prismáticas, com ocorrência subordinada de formas ovóides.

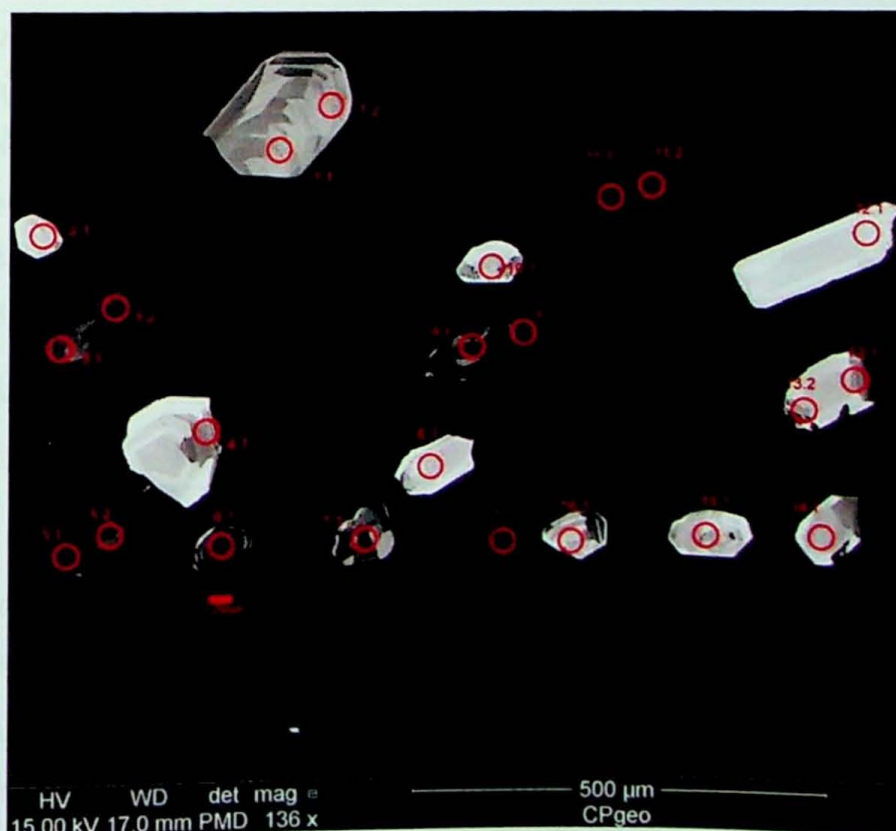


Imagem 3 – Catodoluminescência em zircões de rocha metabásica (TFB-06a). Detalhe para áreas nos grãos de zircão onde foram feitas análises geocronológicas. Notar que os grãos ocorrem bem fraturados, porém com predomínio terminações prismáticas.

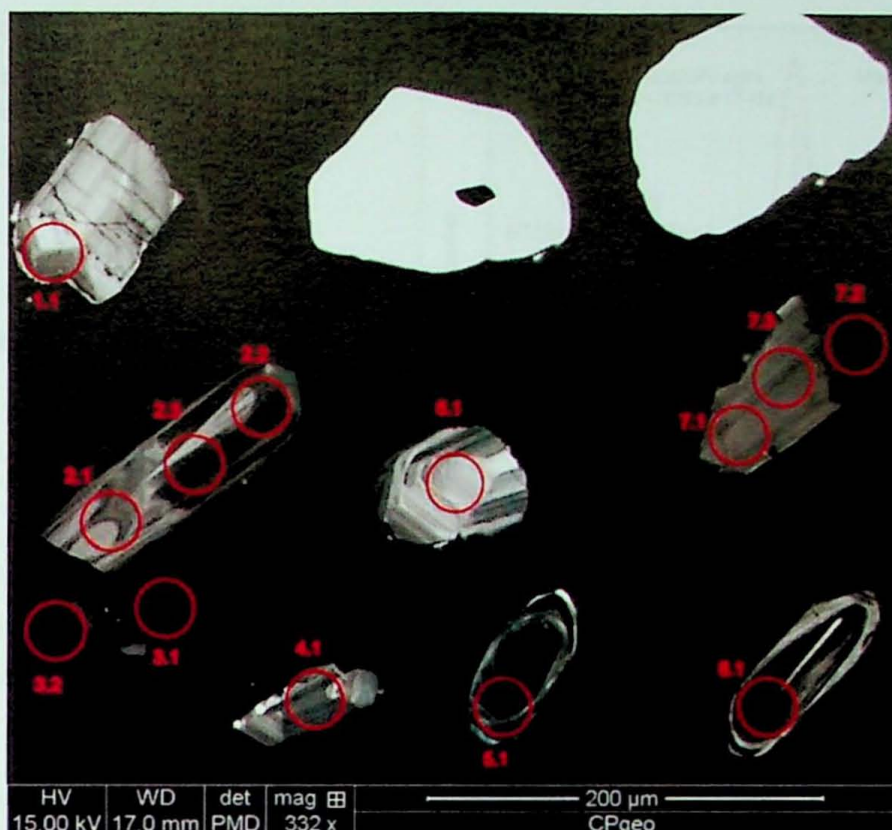


Imagem 4 – Catodoluminescência em zircões de rocha metabásica (TFB-03). Detalhe para áreas nos grãos de zircão onde foram feitas análises geocronológicas e também o hábito prismático com zoneamento oscilatório denotando sua origem ígnea.

Nas rochas paraderivadas (TFB-02 e TFB-05), onde os zircões são detríticos, utilizaram-se diagramas Concórdias e histogramas onde foram plotados apenas as análises com grau de discordância igual ou inferior a 10%. Para a determinação de idades maior ou igual a 1300 Ma utilizou-se a idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, e para as idades inferiores a esse valor foi utilizada a idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Os resultados de todos os pontos analisados estão dispostos na planilha do anexo 4.

Os diagramas apresentados na figura 10 mostram as idades observadas nos zircões da amostra TFB-05. Neles podem ser vistos duas idades Paleoproterozóicas bem distintas; a primeira representada pelos núcleos herdados, com 2101 ± 16 Ma, é interpretada como a formação do protólito ígneo, sendo a segunda com 1956 ± 17 Ma, resultante do metamorfismo Paleoproterozóico superimposto nas rochas ígneas, promovendo um visível sobrecrecimento nos zircões.

Ainda nesta mesma amostra um cristal de zircão forneceu idade concordante em 1784 Ma; valor este que define o limite mais antigo possível para a deposição dos sedimentos que geraram as rochas cálcio-silicáticas.

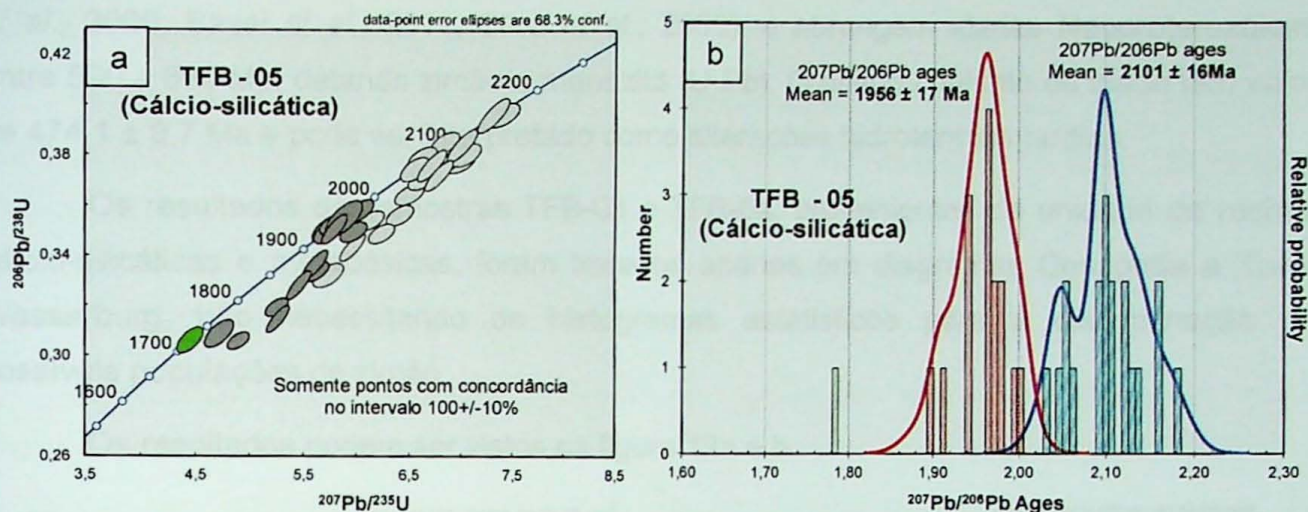


Figura 10 – Diagramas Concórdia e histograma da amostra TFB-05; em a pode-se ver os dois principais conjuntos de idades de zircões (cinza escuro e cinza claro) correlacionáveis com as curvas mostradas em b (vermelho e azul). A idade mais jovem está marcada em verde.

Os zircões analisados na amostra TFB-02, indicam quatro conjuntos de idades distintas, desde o Paleoproterozóico ao Neoproterozóico e ainda um conjunto de idade Ordoviciano; essas idades estão plotadas nos diagramas da figura 11.

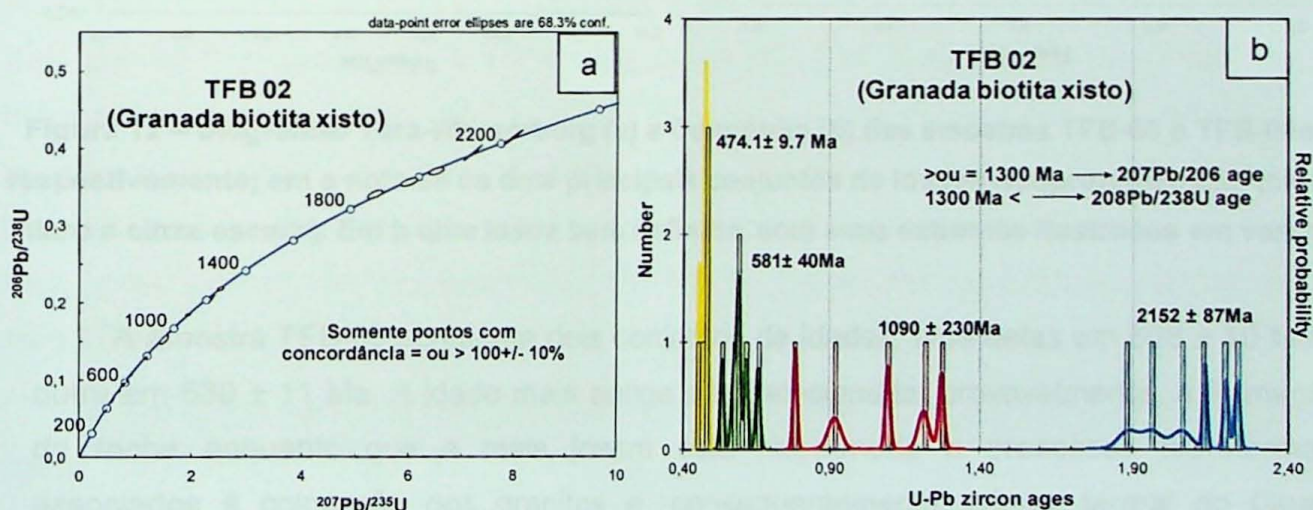


Figura 11 – Diagramas Concórdia (a) e histograma (b) da amostra TFB-02; em a nota-se a boa concordância dos pontos analisados sobre a curva Concórdia; em b a distribuição dos quatro conjuntos de idades separados por cores.

O valor mais antigo desses quatro conjuntos é de $2152 \pm 37 \text{ Ma}$, sendo esta uma idade comum dentre as áreas fontes dos zircões detríticos, da paleobacia do Grupo Brusque. O segundo intervalo é constituído por zircão com idades Mesoproterozóicas. Esses valores são encontrados para os zircões do Complexo Metamórfico Namaqua, que pode ter sido outra fonte para a sedimentação do Grupo Brusque, como possível área fonte (Yamamoto, 2010). A idade de $581 \pm 40 \text{ Ma}$ está relacionada ao pico metamórfico do Grupo Brusque muito próxima das intrusões graníticas pós-metamórficas do Grupo Brusque (Basei

et al., 2000; Basei *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2003), e abrangem idades Neoproterozóicas entre 590 a 620 Ma, datando zircão e monazita (U-Pb). O último conjunto de idade tem valor de $474,1 \pm 9,7$ Ma e pode ser interpretado como alterações hidrotermais tardias.

Os resultados das amostras TFB-03 e TFB-6a, provenientes da unidade de rochas cálcio-silicáticas e metabásicas, foram tratados apenas em diagramas Concórdia e Tera-Wasserburg, não necessitando de histogramas estatísticos para a discriminação de possíveis populações de zircão.

Os resultados podem ser vistos na figura 12a e b.

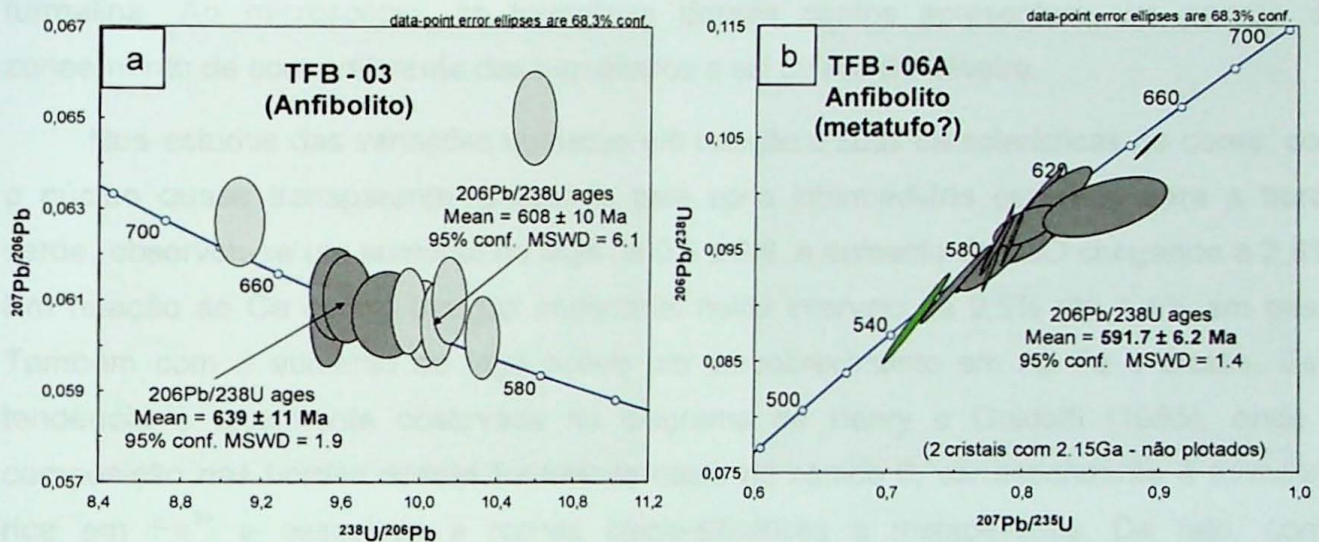


Figura 12 – Diagramas Tera-Wasserburg (a) e Concórdia (b) das amostras TFB-03 e TFB-06a, respectivamente; em a nota-se os dois principais conjuntos de idades Neoproterozóicas (cinza claro e cinza escuro). Em b uma idade bem definida, com seus extremos ilustrados em verde.

A amostra TFB-03 apresenta dois conjuntos de idades, uma delas em 608 ± 10 Ma e outra em 639 ± 11 Ma. A idade mais antiga está relacionada, provavelmente, a formação da rocha enquanto que a mais jovem está relacionada a processos hidrotermais associados à colocação dos granitos e, conseqüentemente, clímax termal do Grupo Brusque.

A amostra TFB-06a apresenta uma idade bem definida em $591,7 \pm 6,2$ Ma; esta pode representar de modo semelhante ao valor mais jovem da amostra TFB-03 a idade de colocação dos granitos intrusivos no Grupo Brusque. Esta hipótese ganha força quando se verifica a sua proximidade do batólito Valsungana, corroborando com os valores obtidos por Basei *et al.* (2011), onde foram encontrados os valores mais jovens para esta Suite (datação U-Pb SHRIMP – $588 \pm 6,2$ Ma).

Neste diagrama, para facilitar a verificação das idades Neoproterozóicas, não foram plotados dois pontos de idade Paleoproterozóica, os quais foram interpretados como xenocristais extraídos da rocha encaixante.

7. Discussão e Conclusões

As etapas de campo permitiram uma visualização espacial dos turmalinitos da Formação do Rio do Oliveira no que diz respeito a sua distribuição e relações de contato com as rochas encaixantes. Pode-se dizer que a forma mais comum de ocorrência desta unidade são blocos e matacões rolados, e menos frequentemente intercalados como lentes em sericita xisto, cálcio-silicáticas e metabásicas.

Ocorrências mais restritas puderam ser vistas no Morro do Carneiro, mais especificamente nos pontos TFB-01 e IT-VII-39, com os turmalinitos mais ricos em turmalina. Ao microscópio, as turmalinas desses pontos apresentam um padrão de zoneamento de cores diferente dos turmalinitos a sul do Rio do Oliveira.

Nos estudos das variações químicas em relação a suas características de cores, com o núcleo quase transparente, passando pela zona intermediária escura e para a borda verde, observou-se um aumento no Mg# de 0,6 a 0,8, e aumento de CaO chegando a 2,8%. Em relação ao Ca ocorre um *gap* importante neste intervalo de 0,5% até 1,4% em peso. Também com o aumento do Mg# ocorre um empobrecimento em Al, Fe e álcalis. Esta tendência é igualmente observada no diagrama de Henry e Guidotti (1985), onde a composição das bordas dessas turmalinas caem no campo 6, correspondente a turmalina rica em Fe^{3+} e associada a rochas cálcio-silicáticas e metapelíticas. De fato, como observado em campo, ao subir o Morro do Carneiro são observadas intercalações de sericita xisto, cálcio-silicáticas alteradas e os turmalinitos. Esta associação entre os turmalinitos e as cálcio-silicáticas pode explicar o *gap* composicional em relação ao Ca, ou seja, para ocorrer um enriquecimento de Ca foi necessária uma fonte externa deste elemento.

Corroboram para este fato, as observações em campo do ponto TFB-01 onde ocorrem veios pegmatíticos ricos em muscovita, indicando a influência de muitos fluidos magmáticos/hidrotermais, provavelmente relacionados aos granitos Neoproterozóicos intrusivos no Grupo Brusque.

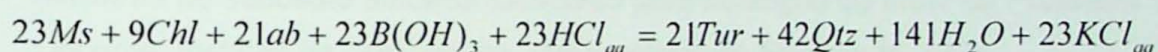
Os turmalinitos a sul do Rio do Oliveira apresentam microestruturas típicas de rochas sedimentares, como clastos do tipo *rip-up*. O fato de plotarem no campo 4 e 5 de Henry e Guidotti (1985) e em afloramento associar-se a anfibólitos basais, corroboram uma fonte exalativa particularmente pelo aumento de Al. Mesmo que a granulação não permita identificar um zoneamento de cores evidentes na turmalina, não favorecendo assim uma classificação composicional em função do metamorfismo, essas turmalinas se destacam pelos teores elevados de álcalis e Mg, e baixos teores de Ca e Fe.

Particularmente em relação ao Al, nos anfibólitos foi observada a substituição tschermakítica com o metamorfismo progressivo, mostrando que os teores de Al no sistema

eram relativamente abundantes. Infelizmente as análises de elementos traços, principalmente terras raras, não puderam ser efetuadas até o momento da conclusão desta monografia. Essas análises poderiam subsidiar uma melhor hipótese da existência de um sistema exalativo para a região do Rio do Oliveira.

Em compensação, a presença de zircão detrítico da amostra TFB-05, que ocorre associada aos turmalinitos, indica a predominância de processos sedimentares para a Sequencia Metavulcanossedimentar.

Assim, uma possível origem para os turmalinitos do Rio do Oliveira, conforme Slack (1996), seria por substituições seletivas em sedimentos (ou rochas aluvionares) aluminosos, por meio de fluidos ricos em B. Slack (1996) propõe a seguinte reação de formação metassomática de turmalina em sedimentos aluminosos:



As análises químicas feitas em anfibólios permitiram classificá-los todos dentro do grupo dos anfibólios cálcicos. No entanto, pela falta de zoneamento da amostra IT-VI-4b não foi possível analisar variações zonais desta lâmina.

Por outro lado os anfibólios da lamina IT-VI-01 permitiram a caracterização do metamorfismo atuante para as metabásicas, e consequentemente para os turmalinitos do Rio do Oliveira, como sendo de fácies xisto verde a anfibolito. Isto é verificado pelo consumo de actinolita pela hornblenda em substituições tschermakíticas, com o ganho de Al e perda de Mg e Si em direção a borda, além do aumento de Fe, Ca e Ti.

As idades encontradas para os zircões detríticos das amostras TFB-02 e TFB-05 indicam que a proveniência dos sedimentos que preencheram a paleobacia Brusque concentra-se no Paleoproterozóico (2101- 2152 Ma). Na amostra TFB-02 ainda é possível fazer uma comparação evidente em relação a sua textura e as idades obtidas. A granada consumindo clorita indica um metamorfismo progressivo de fácies xisto verde, que pode ser interpretado como o pico metamórfico representado pela idade de 581 ± 40 Ma. Uma outra fonte para os sedimentos do Grupo Brusque é o Complexo Metamórfico de Namaqua, o qual apresenta idades em torno de 1000 Ma como visto também nos zircões da amostra TFB-02.

As idades encontradas para a mostra TFB-03 reforçam esta teoria, e ainda estipulam a idade de formação da rocha em 639 ± 11 Ma com o metamorfismo em 608 ± 10 Ma.

A idade obtida para a amostra TBF-06a é tida como a idade de colocação do Granito Valsungana ($591,7 \pm 6,2$ Ma) e uma idade aproximada dos turmalinitos do Morro do Carneiro.

O fato dos turmalinitos do Rio do Oliveira estarem sobrepostos as rochas metabásicas denota uma idade de deposição para essa rocha em torno de 600 Ma, visto que a idade

mais antiga obtida para as metabásicas seja de 639 ± 11 Ma, e levando em consideração que esses turmalinitos foram submetidos a todos eventos metamórficos ocorridos no Grupo Brusque, evidenciado pelas crenulações na foliação principal, pode estabelecer um intervalo máximo de deposição entre 639 a 591 Ma.

8. Referências Bibliográficas

- Basei, M.A.S. 1985. *O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 160p.
- Basei, M.A.S. 2000. *Geologia e modelagem geotectônica dos terrenos pré-cambrianos das regiões sul-oriental brasileira e uruguaia: possíveis correlações com províncias similares do sudoeste africano*. Concurso para obtenção do título de Professor Livre-Docente, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 123p.
- Basei, M.A.S.; Siga JR., O.; Masquelin, H.; Harara, O.M.; Reis Neto, J.M.; Preciozzi, F. 2000. The Dom Feliciano Belt (Brazil-Uruguay) and its Foreland Domain, The Rio de la Plata Craton: framework, tectonic evolution and correlation with similar provinces of Southwestern Africa. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A; Campos, D.A. Tectonic Evolution of South America, p. 311-334, RJ.
- Basei, M.A.S.; Nutman, A.; Siga Jr, O.; Passareli, C.R.; Drukas, C.O. 2009. The evolution and tectonic setting of the Luis Alves Microplate of Southeastern Brazil: an exotic terrane during the assembly of Western Gondwana. In: Gaucher, C., Sial, A.N., Halverson, G.P., Frimmel, H.E. (eds): Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a focus on southwestern Gondwana. Developments in Precambrian Geology 16. Elsevier, p. 273-291.
- Basei, M.A.S.; Campos Neto, M.C.; Castro, N.A.; Nutman, A.P.; Wemmer, K.; Yamamoto, M.T.; Hueck, M.; Osako, L.; Siga Jr, O.; Passarelli, C.R. 2011 (submetido). Tectonic evolution of the Group Brusque, Dom Feliciano belt, Santa Catarina, Southern Brazil. Journal of South American Earth Sciences.
- Campos, R.S. de. 2007. Petrografia e geoquímica das rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas do Cinturão Dom Feliciano, região da Serra da Miséria, Itapema, SC. Dissertação de mestrado apresentada com registro parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.
- Fonseca-Zang, W.A.; Zang, J.W.; Hofmeister, W. 2002. Characterization of ferric iron tourmaline from Germany. In: Reunião Annual da SBPC, 54. Goiânia. [Anais/resumos]. Disponível em: <http://www.quimicaindustrial.com/ferricirontourmaline.html> . Acesso em: Setembro de 2011.

- Fragoso Cesar, A.R.S. 1980. O Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no escudo Uruguaio-Sul Riograndense. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, SBG.31, Camboriu, 5: 2879-2891.
- Hartmann L.A.; Bitencourt M.F.; Santos J.O.S.; McNaughton N.J.; Rivera C.B., Betiollo L. 2003. Prolonged Paleoproterozoic magmatic participation in the Neoproterozoic Dom Feliciano Belt, Santa Catarina, Brazil, based on zircon U-Pb SHRIMP geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*: 16: 477-492.
- Hawthorne, F.C.; Henry, D.J. 1999. Classification of the minerals of the tourmaline group. *European Journal of Mineralogy*. 11: 201-215.
- Henry, D.J.; Guidotti, C.V. 1985. Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolitegrade metapelites of NW Maine, *American mineralogist*, V. 70, p. 1-15.
- Ludwig K.R. 2003. *Isoplot 3.00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronological Center, Special Publication n. 4, 70 p
- Maps.google.com.br – Banco de dados de google.com.br. Acessado em 23/02/2011.
- Mota, A.A. 2006. *A composição da turmalina como indicadores petrogenéticos*. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 42p.
- Philipp R.P.; Mallmann G.; Bitencourt M.F.; Souza R.R.; Liz, J.D.; Wild F.; Arend S.; Oliveira A.S.; Duarte L.C.; Rivera C.B.; Prado M. 2004. Caracterização Litológica e Evolução Metamórfica da Porção Leste do Complexo Metamórfico Brusque, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geociências*, 34 (1): 21-34.
- Philipp R.P.; Massonne, H.J.; Theye, T.; Campos, R.S. 2009. U-Th-Pb EMPA Geochronology of polygenetic monazites of the metapelitic migmatitic gneisses of Camburiu Complex, SC, Southern Brazil: evidences for the collisional and post-collisional events in Dom Feliciano Belt. In: Simpósio 45 anos de Geocronologia no Brasil, Boletim de Resumos Expandidos, São Paulo, Brasil. P. 289-291.
- Porada, H.1979. The Damara-Ribeira Orogen of the Pan African-Brasiliano cycle in Namibia (southwest Africa) and Brazil as interpreted in terms of continental collision. *Tectonophysics*, 57: 237 – 265.
- Relatórios dos Alunos do Curso de Mapeamento Geológico, Do Instituto de Geociências, referentes aos projetos de Tijucas (1992), São João Batista (2003) e Itapema (2008).
- Silva, L.C. 1991. O Cinturão Metavulcanossedimentar Brusque e a evolução policíclica das faixas dobradas Proterozóicas no sul do Brasil: uma revisão. *Revista Brasileira de geociências*, 21 (1): 60-73.

- Silva, L.C.; McNaughton N.J.; Santos J.O.S. 2002. Datações U-Pb SHRIMP do vulcanismo félsico na Bacia Brusque, Orógeno Pelotas, SC. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 41, *Anais*, João Pessoa, 510p.
- Silva, L.C.; McNaughton N.J.; Hartman L.A.; Fletcher, I.R. 2003. Contrasting zircon growth patterns in Neoproterozoic granites in southern Brazil revealed by SHRIMP U-Pb analysis and SEM imaging: consequences for the discrimination of emplacement and inheritance ages (Preliminary Approach). *In*: 4th South America Symposium on Isotope Geology, Salvador, Brasil. Proceedings, p. 687–690.
- Slack, J.F. 1982. Tourmaline in Appalachian-Caledonian massive sulphide deposits and its exploration significance. *Institution of Mining and Metallurgy Transactions*, v. **91**, p. B81-B89.
- Slack, J.F.; Herriman, N.; Barnes, R.G.; Plimer, I.R. 1984. Stratiform tourmaline in metamorphic terranes and their geologic significance. *Geology*, v. **12**, p. 713-716.
- Slack, J.F. 1996. Tourmaline associations with hydrothermal ore deposits. *In*: Boron: mineralogy, petrology and geochemistry. *Reviews in Mineralogy*. 33: 559-643.
- Vlach, S.R.F. 2010. Th-U-PbT Dating by Electron Probe Microanalysis, Part I. Monazite: Analytical Procedures and Data Treatment. *Revista do Instituto de Geociências – USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 61-85.
- Yamamoto, M.T. 2010. *Geologia, proveniência e geoquímica isotópica da sequência metavucanicossedimentar do Grupo Brusque no Estado de Santa Catarina*. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 39p.

ANEXO 1

ANEXOS

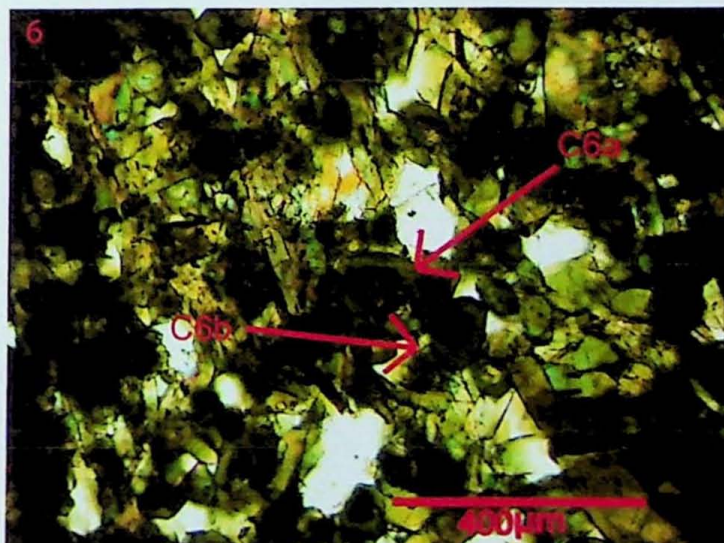
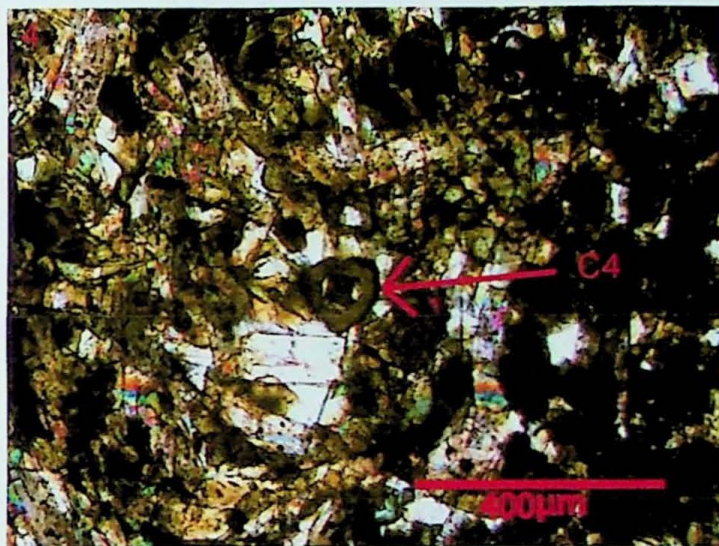
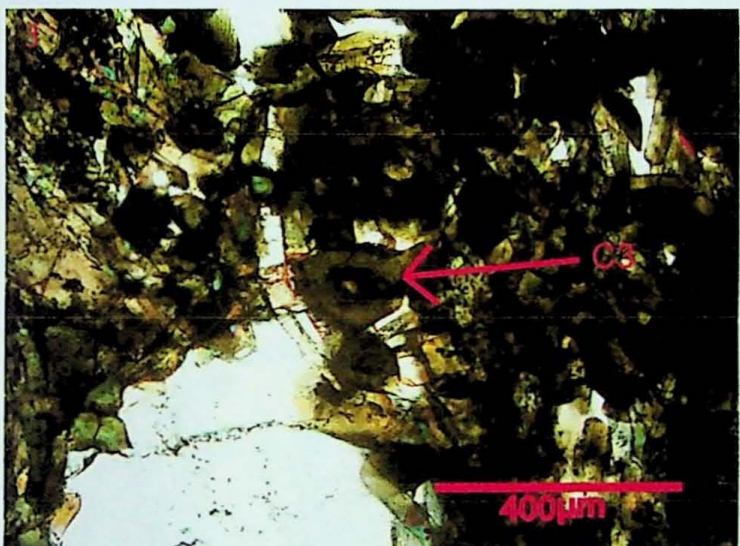
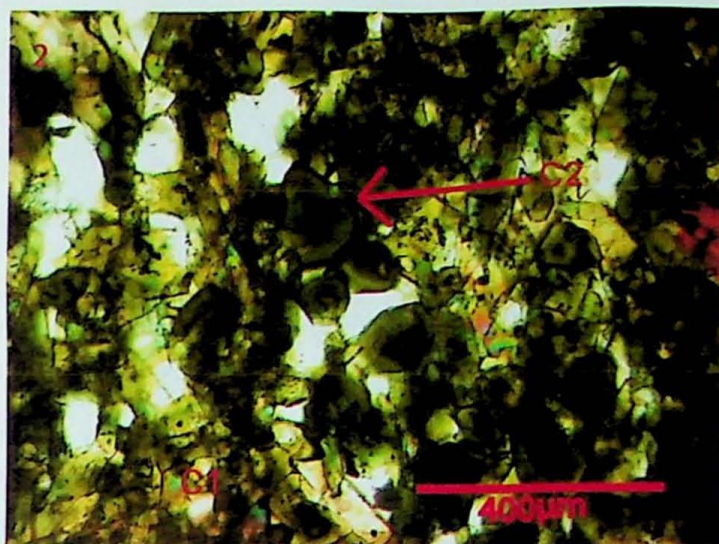
Mapa geológico

ANEXO 1

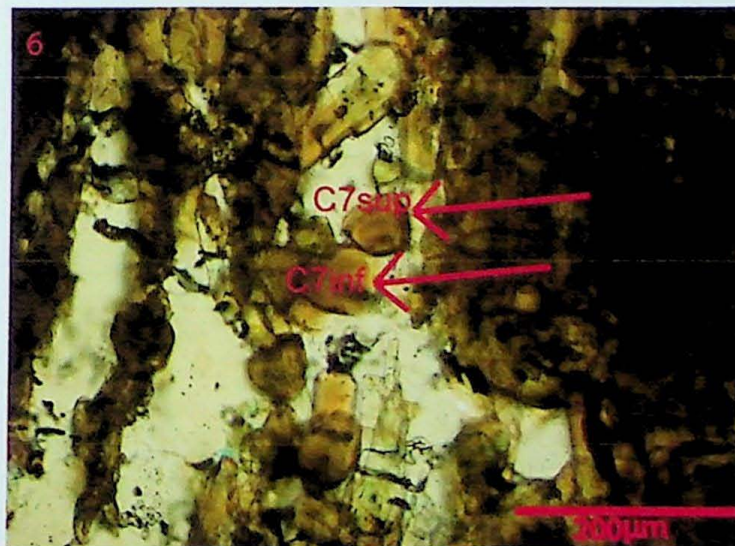
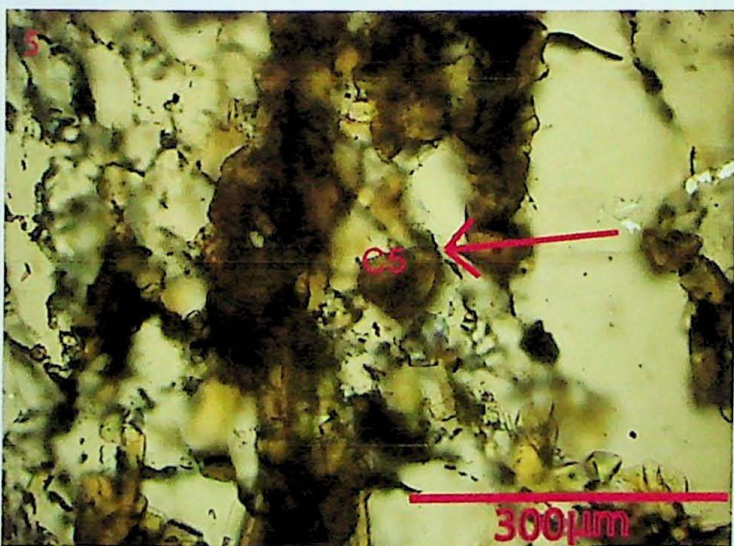
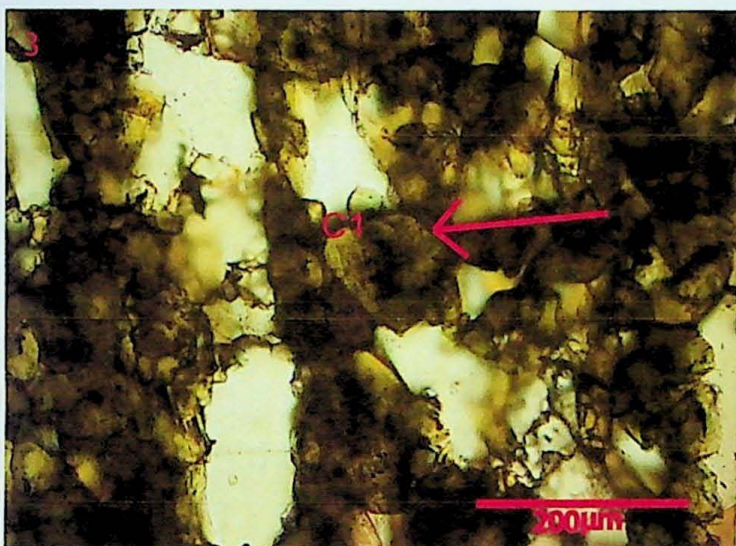
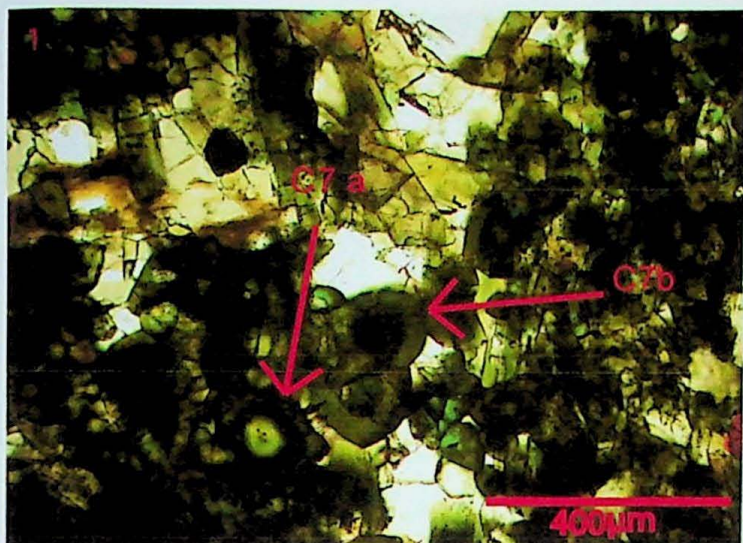
Mapa geológico

ANEXO 2

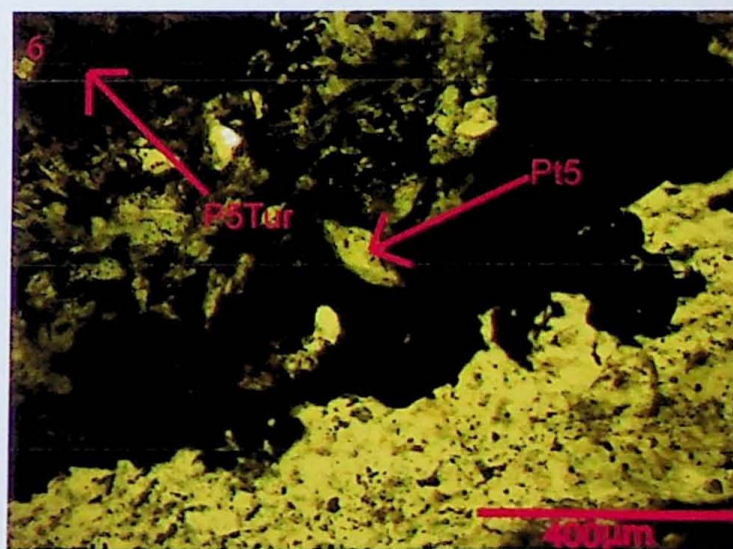
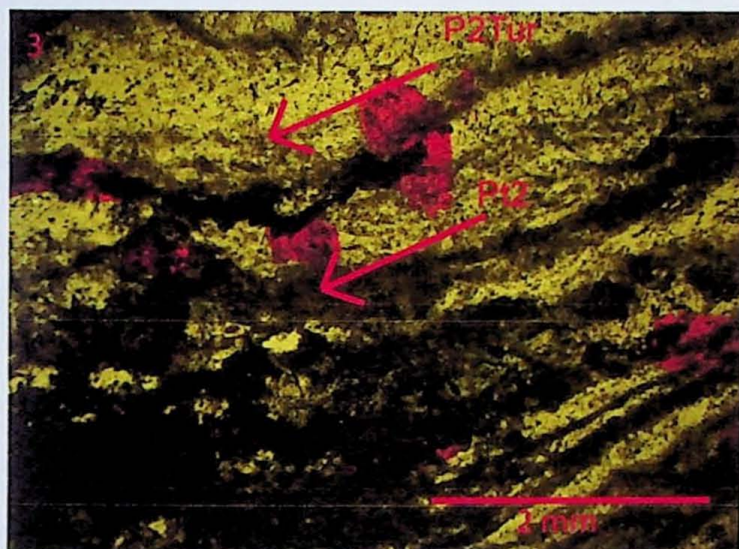
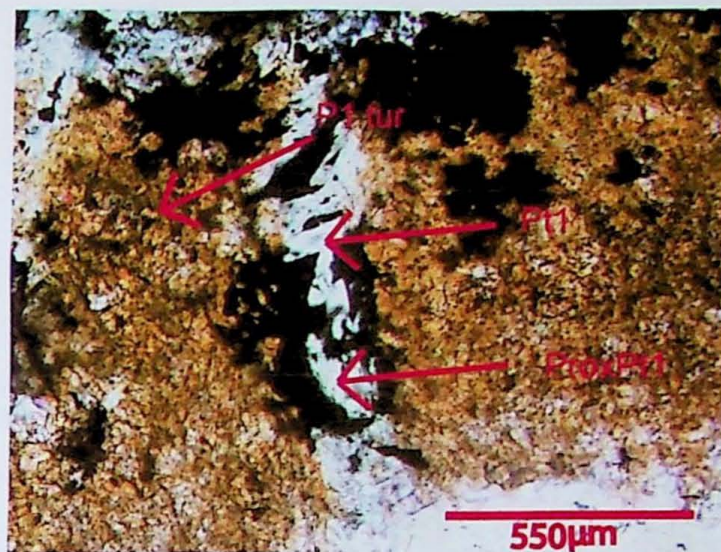
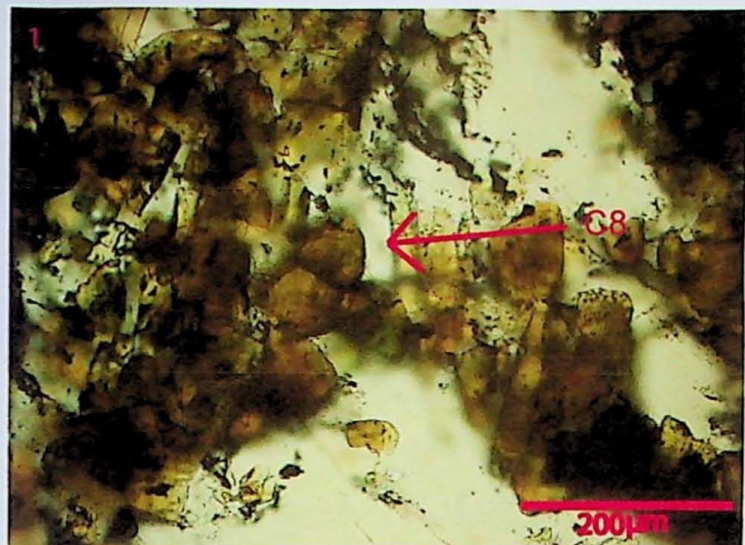
**Pranchas de fotomicrografias de turmalinas e
anfíbólios indicando os pontos analisados por
microsonda eletrônica**



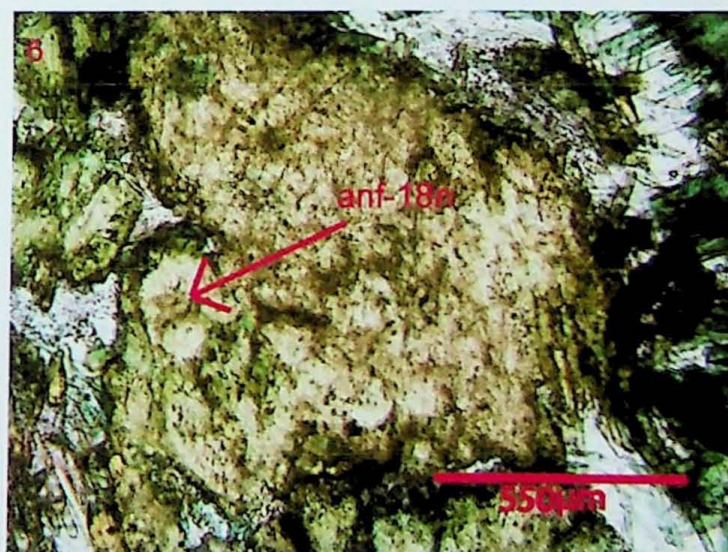
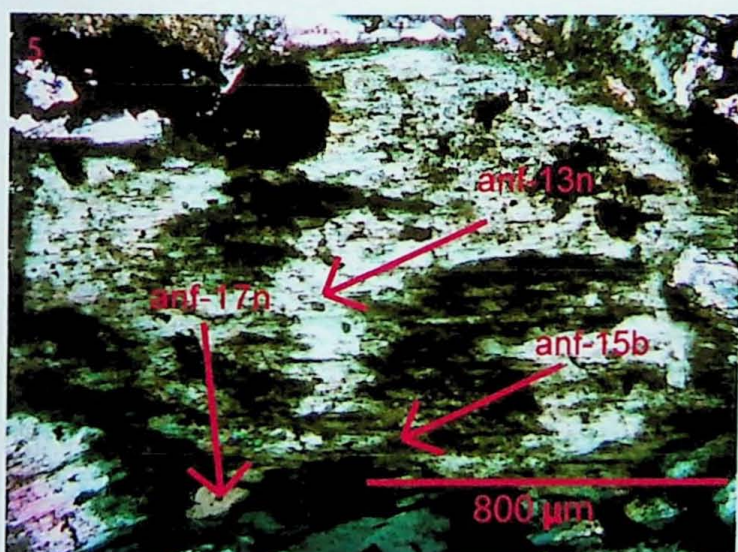
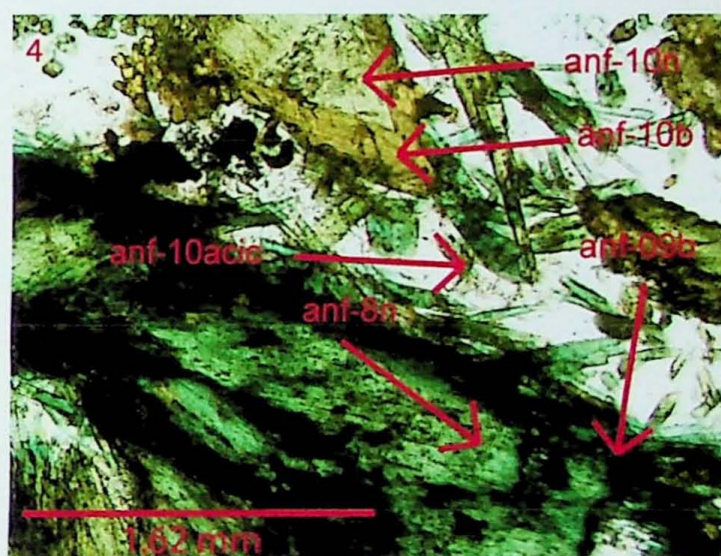
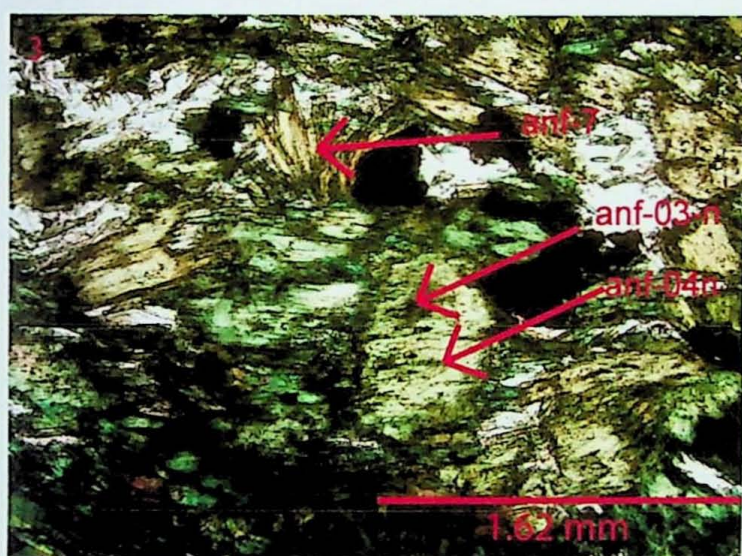
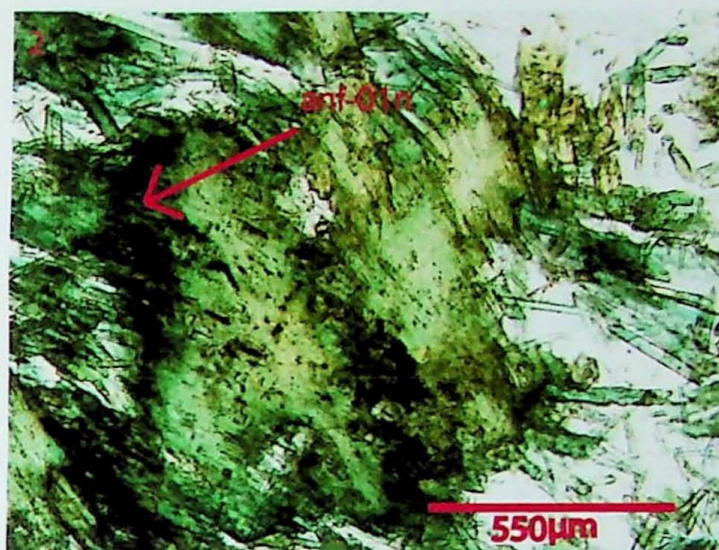
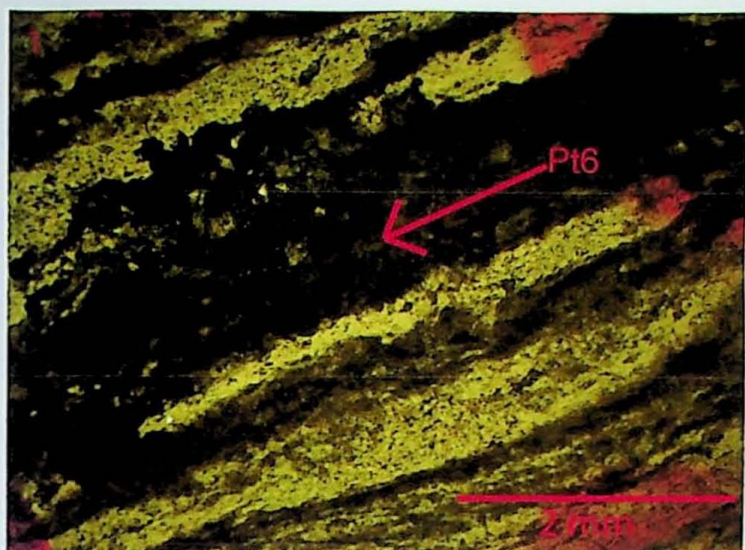
As fotomicrografias desta prancha correspondem a lâmina IT-VII-39. As setas indicam os cristais analisados na microsonda, os resultados das análises estão dispostos no anexo 3, onde estão indicadas as zonas dos minerais.



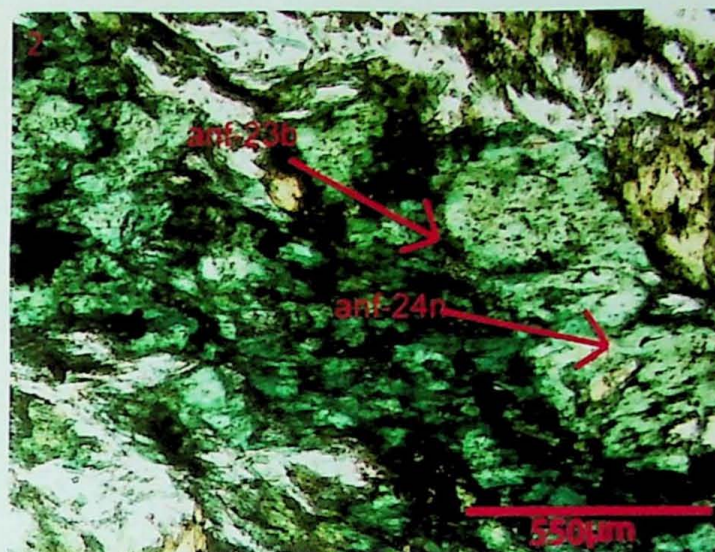
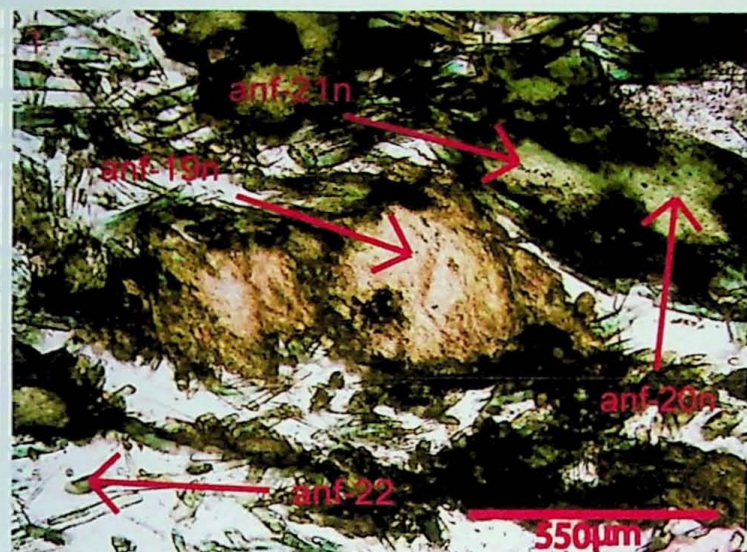
As fotomicrografias 1 e 2 correspondem a lâmina IT-VII-39. As demais são pontos analisados da lâmina IT-VI-42a. As setas indicam os cristais analisados na microsonda, os resultados das análises estão dispostos no anexo 3, onde estão indicadas as zonas dos minerais. A letra *n* corresponde ao núcleo; a letra *i* a zona intermediária; a letra *b* corresponde a borda do cristal



A fotomicrografia 1 corresponde a lâmina IT-VI-42a. As demais, são pontos analisados da lâmina IT-VI-4b. As setas indicam os cristais analisados na microssonda (turmalina e anfibólio), os resultados das análises estão dispostos no anexo 3.



A fotomicrografia 1 corresponde a lâmina IT-VI-4b. As demais correspondem a lâmina IT-VI-01. As setas indicam os cristais analisados na microsonda; os resultados das análises estão dispostos no anexo 3, onde estão indicadas as zonas dos minerais.



ANEXO 3

Resultados das análises químicas de urmalinas e
 resultados das análises por microsonda eletrônica

As fotomicrografias correspondem a lâmina IT-VI-01. As setas indicam os cristais analisados na microsonda, os resultados das análises estão dispostos no anexo 3.

ANEXO 3

Resultados das análises químicas de turmalinas e anfíbios por microsonda eletrônica

Resultados das análises químicas de turmalinas por microsonda eletrônica – Amostra IT-VII-39

Amostra		Turmalina																							
Cristal		IT-VII-39																							
Ponto	C1			C2		C3			C4		C5		C6a			C6b		C7a		C7b		C8			
	1-i	1-b	1-n	2-n	2-b	3-n	3-i	3-b	4-n	4b	5-n	5-b	6a-i	6a-n	6a-b	6b-n	6b-b	7a-b	7a-b	7b-n	7b-i	7b-n	8-b	8-n	
SiO2	35,85	36,44	35,84	36,04	36,68	35,94	36,62	36,65	36,42	36,26	36,14	36,76	35,60	35,88	36,47	36,67	36,65	37,21	36,92	36,87	35,87	36,66	37,09	36,61	
TiO2	1,25	0,80	1,12	0,67	0,62	0,87	0,66	0,88	0,78	0,47	0,52	0,60	1,11	0,74	0,68	0,55	0,69	0,69	0,54	0,11	1,04	0,24	0,53	0,58	
Al2O3	29,94	30,40	30,59	32,44	30,43	29,32	30,18	29,94	31,12	30,69	32,12	30,04	30,01	33,44	29,63	30,40	30,09	30,28	30,19	31,86	30,77	32,32	30,24	33,65	
Cr2O3	0,03	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,04	0,05	
FeO	7,86	6,50	7,43	7,28	5,91	5,81	5,72	5,76	7,78	5,49	7,57	5,44	7,91	8,57	5,69	5,24	5,45	5,35	5,40	8,79	8,26	8,75	5,59	8,19	
MnO	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,04	0,06	0,04	0,07	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05	0,04	
MgO	8,56	9,13	8,59	8,30	10,07	9,33	9,62	9,43	7,74	10,40	7,64	10,00	7,74	5,91	9,88	9,54	9,67	9,70	9,96	6,47	8,08	6,34	9,88	6,29	
CaO	2,61	2,27	2,13	1,42	2,27	2,43	2,35	2,40	1,96	2,25	1,65	2,34	2,30	0,52	2,80	2,24	2,34	2,29	2,37	0,06	2,15	0,18	2,35	0,20	
Na2O	0,85	1,13	0,97	1,29	1,31	1,07	1,02	1,17	0,90	1,28	1,06	1,20	0,95	1,48	0,99	1,20	1,02	1,15	1,21	1,70	0,90	1,56	1,71	1,71	
K2O	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	
F	0,26	0,47	0,29	0,38	0,30	0,30	0,01	0,30	0,42	0,43	0,09	0,13	0,05	0,50	0,82	0,00	0,26	0,47	0,26	0,04	0,59	0,09	0,25	0,30	
Cl	0,03	0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	
Total	87,29	87,22	87,06	87,96	87,68	85,15	86,29	86,58	87,20	87,34	86,86	86,62	85,70	87,11	87,07	85,88	86,30	87,21	86,91	85,98	87,75	86,19	87,19	87,66	
Si	5,84	5,87	5,83	5,77	5,88	5,93	5,97	5,94	5,89	5,82	5,87	5,96	5,91	5,80	5,86	5,99	5,95	5,96	5,95	6,06	5,79	6,00	5,96	5,87	
Al	5,75	5,78	5,86	6,12	5,75	5,71	5,80	5,72	5,93	5,81	6,15	5,74	5,87	6,37	5,61	5,85	5,76	5,71	5,74	6,17	5,85	6,24	5,73	6,36	
SiT	5,84	5,87	5,83	5,77	5,88	5,93	5,97	5,94	5,89	5,82	5,87	5,96	5,91	5,80	5,86	5,99	5,95	5,96	5,95	6,00	5,79	6,00	5,96	5,87	
AlT	0,16	0,13	0,17	0,23	0,12	0,07	0,03	0,06	0,11	0,18	0,13	0,04	0,09	0,20	0,14	0,02	0,05	0,04	0,05	0,00	0,21	0,00	0,04	0,13	
AlZ	5,59	5,65	5,69	5,89	5,64	5,64	5,77	5,66	5,83	5,63	6,00	5,70	5,78	6,17	5,47	5,83	5,71	5,67	5,69	6,00	5,64	6,00	5,69	6,00	
Fe3	0,41	0,35	0,31	0,11	0,37	0,37	0,24	0,34	0,18	0,37	0,00	0,31	0,22	-0,17	0,53	0,17	0,29	0,33	0,31	0,00	0,36	0,00	0,31	0,00	
AlY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,24	0,00	0,23	
SiY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ti	0,15	0,10	0,14	0,08	0,07	0,11	0,08	0,11	0,10	0,06	0,06	0,07	0,14	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,01	0,13	0,03	0,06	0,07	
Mg	2,08	2,19	2,08	1,98	2,41	2,30	2,34	2,28	1,87	2,49	1,85	2,42	1,91	1,42	2,37	2,32	2,34	2,31	2,39	1,58	1,94	1,55	2,37	1,50	
Cr	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01		
Fe	1,07	0,88	1,01	0,97	0,79	0,80	0,78	0,78	1,05	0,74	1,03	0,74	1,10	1,16	0,77	0,72	0,74	0,72	0,73	1,21	1,12	1,20	0,75	1,10	
Fe2	0,66	0,53	0,70	0,87	0,43	0,44	0,55	0,45	0,88	0,36	1,03	0,43	0,88	1,33	0,24	0,55	0,45	0,39	0,42	1,21	0,76	1,20	0,45	1,10	
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	
Ytotal	3,31	3,18	3,24	3,05	3,28	3,21	3,21	3,17	3,02	3,29	2,98	3,23	3,15	2,68	3,22	3,11	3,17	3,12	3,19	3,04	3,19	3,02	3,20	2,92	
Ca	0,46	0,39	0,37	0,24	0,39	0,43	0,41	0,42	0,34	0,39	0,29	0,41	0,41	0,09	0,48	0,39	0,41	0,39	0,41	0,01	0,37	0,03	0,40	0,04	
Na	0,27	0,35	0,31	0,40	0,41	0,34	0,32	0,37	0,28	0,40	0,33	0,38	0,30	0,46	0,31	0,38	0,32	0,36	0,38	0,54	0,28	0,50	0,35	0,53	
K	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	
Xtotal	0,73	0,75	0,68	0,65	0,81	0,78	0,74	0,79	0,62	0,79	0,62	0,79	0,72	0,56	0,80	0,77	0,74	0,75	0,79	0,56	0,66	0,53	0,76	0,57	
vacX	0,27	0,25	0,32	0,35	0,19	0,22	0,26	0,21	0,38	0,21	0,38	0,21	0,28	0,45	0,20	0,23	0,26	0,25	0,21	0,44	0,34	0,47	0,24	0,43	
TotalCat	15,63	15,57	15,61	15,59	15,72	15,63	15,71	15,62	15,47	15,70	15,60	15,72	15,65	15,40	15,49	15,72	15,62	15,54	15,67	15,60	15,50	15,55	15,65	15,49	

Descrição do ponto analisado: núcleo (n), intermediário (i), borda (b)

Resultados das análises químicas de turmalinas por microsonda eletrônica – Amostras IT-VI-4b e IT-VI-42a

	Turmalina					Turmalina									
Amostra	IT-VI-4b					IT-VI-42a									
Cristal	C1	C2	C3	C4	C5	C1		C4	C5		C7		C8		
Ponto	p1 Tur	p2 Tur	p3 Tur	p4 Tur	p5 Tur	1-B	1-N	4-N	5-B	5-N	P7inf	P7sup	8-B	8-N	
SiO2	36,17	35,74	35,61	36,55	36,69	37,25	36,89	37,10	35,50	36,92	36,91	36,57	36,60	36,64	
TiO2	0,30	0,52	0,65	0,45	0,38	0,38	0,39	0,25	3,73	0,29	0,50	0,28	0,31	0,57	
Al2O3	32,19	30,14	29,35	31,42	32,49	33,30	33,14	34,56	32,49	33,36	31,81	33,78	32,76	33,08	
Cr2O3	0,00	0,04	0,05	0,02	0,02	0,01	0,21	0,02	0,02	0,03	0,05	0,01	0,03	0,04	
FeO	5,38	6,43	6,04	4,98	5,16	4,69	4,87	3,81	4,64	4,87	4,79	4,28	4,42	7,14	
MnO	0,00	0,07	0,09	0,04	0,03	0,00	0,06	0,01	0,01	0,03	0,07	0,01	0,00	0,01	
MgO	7,33	7,79	8,07	7,59	7,14	7,68	7,68	7,40	7,26	8,08	8,17	8,16	7,76	6,40	
CaO	0,47	1,87	2,26	0,32	0,18	0,29	0,36	0,16	0,21	0,21	0,40	0,27	0,21	0,07	
Na2O	1,78	1,27	1,10	1,74	1,75	2,24	2,27	1,96	1,82	1,80	1,85	1,77	1,59	1,73	
K2O	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
F	0,17	0,51	0,55	0,22	0,38	0,25	0,02	0,09	0,09	0,04	0,47	0,43	0,26	0,22	
Cl	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	
Total	83,83	84,43	83,83	83,38	84,26	86,10	85,88	85,35	85,80	85,62	85,04	85,56	83,97	85,90	
Si	5,99	5,93	5,95	6,07	6,01	5,98	5,97	5,97	5,76	5,97	6,00	5,88	6,00	5,96	
Al	6,29	5,90	5,78	6,15	6,28	6,30	6,32	6,56	6,21	6,36	6,09	6,40	6,33	6,34	
SiT	5,99	5,93	5,95	6,00	6,00	5,98	5,97	5,97	5,76	5,97	6,00	5,88	6,00	5,96	
AlT	0,01	0,07	0,05	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,24	0,03	0,01	0,12	0,00	0,04	
AlZ	6,00	5,83	5,73	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,97	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
Fe3	0,00	0,17	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
AlY	0,28	0,00	0,00	0,15	0,28	0,28	0,29	0,52	0,00	0,33	0,09	0,28	0,33	0,30	
SiY	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ti	0,04	0,07	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,03	0,46	0,04	0,06	0,03	0,04	0,07	
Mg	1,81	1,93	2,01	1,88	1,74	1,84	1,85	1,78	1,76	1,95	1,98	1,96	1,90	1,55	
Cr	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	
Fe	0,74	0,89	0,84	0,69	0,71	0,63	0,66	0,51	0,66	0,66	0,65	0,58	0,61	0,97	
Fe2	0,74	0,73	0,58	0,69	0,71	0,63	0,66	0,51	0,63	0,66	0,65	0,58	0,61	0,97	
Mn	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	
Ytotal	2,87	2,90	2,95	2,85	2,79	2,80	2,88	2,84	2,88	2,98	2,79	2,85	2,87	2,90	
Ca	0,08	0,33	0,41	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,04	0,07	0,05	0,04	0,01	
Na	0,57	0,41	0,36	0,56	0,56	0,70	0,71	0,61	0,57	0,56	0,58	0,55	0,51	0,55	
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Xtotal	0,66	0,75	0,77	0,62	0,59	0,75	0,78	0,64	0,61	0,60	0,65	0,60	0,54	0,56	
vacX	0,34	0,25	0,23	0,38	0,41	0,25	0,23	0,36	0,39	0,40	0,35	0,40	0,46	0,44	
TotalCat	15,53	15,48	15,46	15,47	15,38	15,54	15,66	15,48	15,45	15,58	15,44	15,45	15,41	15,46	

Resultados das análises químicas de anfibólios por microsonda eletrônica – Amostra IT-VI-01 (Anfibolito)

Cor	Ponto análise	TSi	TAI	TFe3	TTi	SumT	CAI	CCr	CFe3	CTi	CMg	CFe2	CMn	CCa	SumC	BMg	BFe2	BMn	BCa	BNa	SumB	ACa	ANa	AK	SumA	SumCat	CCI	CF	SumO	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Cl	F	Tot	
Verde claro	anf-01n	7,79	0,21	0,00	0,00	8,00	0,38	0,00	0,49	0,02	3,00	1,08	0,02	0,00	5,00	0,00	0,21	0,02	1,52	0,05	1,80	0,00	0,05	0,00	0,06	14,85	0,00	0,00	23,15	53,78	0,19	3,49	14,73	0,33	13,91	9,76	0,38	0,01	0,01	0,00	96,58	
Verde claro	anf-03n	7,45	0,52	0,04	0,00	8,00	0,03	0,00	0,62	0,01	3,69	0,64	0,01	0,00	5,00	0,00	0,10	0,01	1,77	0,06	1,94	0,00	0,06	0,01	0,07	15,01	0,00	0,00	23,00	52,70	0,10	3,27	11,76	0,23	17,53	11,68	0,45	0,03	0,00	0,00	97,75	
Verde escuro	anf-04n	7,77	0,22	0,02	0,00	8,00	0,03	0,00	0,29	0,01	3,73	0,94	0,02	0,00	5,00	0,00	0,05	0,02	1,86	0,03	1,95	0,00	0,03	0,00	0,03	14,98	0,00	0,00	23,00	54,32	0,08	1,45	10,76	0,25	17,50	12,14	0,18	0,02	0,01	0,00	96,71	
Verde escuro	anf-08n	7,46	0,53	0,01	0,00	8,00	0,08	0,00	0,64	0,02	3,51	0,74	0,02	0,00	5,00	0,00	0,13	0,02	1,68	0,06	1,89	0,00	0,07	0,00	0,07	14,96	0,00	0,03	23,00	52,17	0,15	3,64	12,76	0,29	16,45	10,96	0,46	0,01	0,00	0,13	97,02	
Anarelo	anf-10n	7,95	0,07	0,00	0,00	8,00	0,02	0,31	0,00	0,27	0,01	3,14	1,26	0,02	0,00	5,00	0,00	0,11	0,02	1,67	0,05	1,86	0,00	0,01	0,00	0,01	14,89	0,00	0,01	23,14	53,77	0,04	2,18	13,28	0,32	14,24	10,55	0,22	0,00	0,02	0,04	94,65
Verde claro	anf-13n	6,35	1,65	0,00	0,00	8,00	1,12	0,00	0,16	0,05	1,81	1,85	0,01	0,00	5,00	0,00	0,06	0,01	1,85	0,08	2,00	0,00	0,42	0,01	0,43	15,43	0,00	0,00	23,04	42,00	0,46	15,58	16,34	0,21	8,02	11,43	1,71	0,06	0,03	0,00	95,84	
Anarelo	anf-17 n	6,69	1,31	0,00	0,00	8,00	0,42	0,00	0,61	0,03	2,85	1,08	0,01	0,00	5,00	0,00	0,05	0,01	1,86	0,08	2,00	0,00	0,29	0,01	0,30	15,30	0,00	0,00	23,00	45,97	0,30	10,09	14,30	0,21	13,15	11,93	1,29	0,05	0,03	0,00	97,32	
Anarelo	anf-18 n	7,07	0,19	0,14	0,00	8,00	0,00	0,00	0,42	0,00	3,99	0,58	0,01	0,00	5,00	0,00	0,05	0,01	1,87	0,03	1,96	0,00	0,03	0,00	0,03	14,98	0,00	0,03	23,00	54,11	0,00	1,16	10,09	0,19	18,87	12,30	0,20	0,00	0,02	0,13	97,05	
Anarelo	anf-19 n	7,06	0,90	0,04	0,00	8,00	0,11	0,00	1,03	0,03	3,25	0,58	0,02	0,00	5,00	0,00	0,22	0,02	1,49	0,11	1,85	0,00	0,12	0,00	0,12	14,97	0,00	0,01	22,97	49,98	0,26	6,04	15,75	0,33	15,42	9,85	0,85	0,01	0,00	0,05	98,53	
Verde claro	anf-20n	7,81	0,19	0,00	0,00	8,00	0,38	0,00	0,16	0,01	3,14	1,29	0,02	0,00	5,00	0,00	0,09	0,02	1,77	0,05	1,92	0,00	0,05	0,00	0,05	14,98	0,00	0,00	23,11	52,36	0,11	3,23	12,31	0,31	14,14	11,05	0,34	0,02	0,00	0,00	93,86	
Verde claro	anf-23 n	7,17	0,81	0,03	0,00	8,00	0,10	0,00	0,94	0,02	3,42	0,52	0,02	0,00	5,00	0,00	0,19	0,02	1,57	0,10	1,87	0,00	0,10	0,00	0,10	14,98	0,00	0,02	22,99	49,87	0,15	5,32	13,90	0,28	15,94	10,20	0,74	0,00	0,01	0,09	96,49	
Anarelo	anf-07acicular	7,54	0,34	0,12	0,00	8,00	0,00	0,00	0,75	0,01	3,79	0,44	0,02	0,00	5,00	0,00	0,18	0,02	1,58	0,03	1,81	0,00	0,03	0,00	0,03	14,85	0,00	0,00	22,96	52,71	0,05	2,03	12,42	0,34	17,76	10,33	0,24	0,00	0,00	0,00	95,87	
Anarelo	anf-10acicular	8,11	0,00	0,00	0,00	8,11	0,32	0,00	0,00	0,01	3,13	1,51	0,02	0,03	5,00	0,00	0,00	0,01	1,56	0,23	2,00	0,00	0,86	0,01	0,87	15,87	0,00	0,00	23,19	54,11	0,07	1,78	12,01	0,24	14,00	11,10	0,15	0,00	0,00	0,00	93,45	
Verde amarel	anf-22acicular	7,87	0,13	0,00	0,00	8,00	2,77	0,00	0,00	0,01	1,41	0,80	0,01	0,00	5,00	0,00	0,20	0,01	1,56	0,23	2,00	0,00	0,86	0,01	0,87	15,87	0,00	0,00	24,65	51,98	0,09	16,26	7,89	0,10	6,26	9,61	3,73	0,03	0,02	0,00	95,95	
Verde claro	anf-09b	7,21	0,72	0,07	0,00	8,00	0,08	0,00	0,94	0,02	3,42	0,52	0,02	0,00	5,00	0,00	0,23	0,02	1,48	0,08	1,81	0,00	0,08	0,00	0,08	14,89	0,00	0,00	22,94	50,41	0,18	4,73	14,73	0,31	16,07	9,68	0,57	0,02	0,00	0,00	96,70	
Anarelo	anf-10b	6,60	1,40	0,00	0,00	8,00	0,90	0,00	0,11	0,03	2,04	1,91	0,01	0,00	5,00	0,00	0,02	0,01	1,92	0,04	2,00	0,00	0,38	0,01	0,39	15,39	0,00	0,01	23,01	43,71	0,26	12,90	16,17	0,19	9,07	11,87	1,46	0,04	0,04	0,05	95,76	
Verde escuro	anf-15b	6,25	1,75	0,00	0,00	8,00	0,85	0,00	0,98	0,05	2,12	0,98	0,02	0,00	5,00	0,00	0,22	0,02	1,49	0,17	1,90	0,00	0,18	0,01	0,19	15,09	0,00	0,03	23,00	41,66	0,42	14,76	17,48	0,24	9,47	9,29	1,19	0,05	0,02	0,13	94,72	
Verde escuro	anf-24-1 b	6,67	1,33	0,00	0,00	8,00	0,34	0,00	0,89	0,04	2,89	0,83	0,02	0,00	5,00	0,00	0,12	0,02	1,70	0,16	2,00	0,00	0,18	0,01	0,19	15,19	0,00	0,00	23,00	45,92	0,33	9,75	15,18	0,29	13,33	10,92	1,21	0,04	0,00	0,00	96,97	
Verde escuro	anf-24-2b	7,02	0,98	0,00	0,00	8,00	0,24	0,00	0,75	0,02	3,22	0,76	0,01	0,00	5,00	0,00	0,11	0,02	1,73	0,12	1,97	0,00	0,12	0,01	0,12	15,10	0,00	0,01	23,00	49,23	0,18	7,26	13,62	0,24	15,13	11,31	0,84	0,04	0,01	0,05	97,89	

Descrição do ponto analisado: núcleo (n), borda (b)

Resultados das análises químicas de anfibólios por microsonda eletrônica – Amostra IT-VI-4b (Turmalinito rico em anfibólio)

Cor	Ponto análise	Ts	Ta	TFe3	TTi	SumT	CAI	CCr	CFe3	CTi	CMg	CFe2	CMn	CCa	SumC	BMg	BFe2	BMn	BCa	BNa	SumB	ACa	ANa	AK	SumA	SumCat	CCI	CF	SumO	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	F	Cl	Tot
	prox pt 1	8,65	0,00	0,00	0,00	8,66	0,36	0,00	0,00	0,00	2,65	1,43	0,07	0,49	5,00	0,00	0,00	0,00	1,16	0,02	1,19	0,00	0,00	0,02	0,02	14,85	0,00	0,00	23,68	56,97	0,01	2,08	11,65	0,36	12,10	10,53	0,06	0,00	0,00	0,02	96,08
	pt 1	7,52	0,49	0,00	0,00	8,00	0,09	0,00	0,32	0,01	3,08	1,41	0,09	0,00	5,00	0,00	0,00	0,01	1,98	0,01	2,00	0,00	0,03	0,04	0,07	15,07	0,00	0,06	23,00	50,93	0,09	3,31	14,01	0,81	14,00	12,52	0,15	0,20	0,13	0,00	96,14
	pt 2	7,47	0,48	0,05	0,00	8,00	0,00	0,00	0,54	0,00	3,41	1,00	0,05	0,00	5,00	0,00	0,00	0,03	1,93	0,02	1,98	0,00	0,02	0,02	0,05	15,03	0,00	0,04	23,00	50,63	0,00	2,78	12,89	0,66	15,52	12,21	0,15	0,13	0,09	0,00	95,06
Verde claro	pt 5	7,59	0,29	0,12	0,00	8,00	0,00	0,00	0,40	0,00	3,49	1,04	0,07	0,00	5,00	0,00	0,00	0,01	1,96	0,01	2,00	0,00	0,02	0,02	0,03	15,03	0,00	0,00	23,00	52,77	0,00	1,72	12,99	0,66	16,31	12,83	0,11	0,08	0,00	0,01	97,49
	pt 6	7,40	0,51	0,00	0,00	8,00	0,16	0,00	0,16	0,02	3,19	1,40	0,05	0,00	5,00	0,00	0,00	0,03	1,93	0,04	2,00	0,00	0,04	0,13	0,17	15,17	0,03	0,14	23,00	51,51	0,16	4,02	12,80	0,67	14,73	12,38	0,27	0,59	0,31	0,10	97,62
Zonado	pt 3	7,36	0,64	0,00	0,00	8,00	0,12	0,00	0,44	0,00	2,95	1,40	0,08	0,00	5,00	0,00	0,00	0,01	1,98	0,01	2,00	0,00	0,03	0,05	0,09	15,09	0,01	0,08	23,00	49,91	0,00	4,42	14,96	0,72	13,44	12,90	0,17	0,29	0,17	0,04	96,62
	pt3ds-xxx-xxx	7,40	0,57	0,03	0,00	8,00	0,00	0,00	0,59	0,00	3,26	1,09	0,05	0,00	5,00	0,00	0,00	0,04	1,92	0,03	1,99	0,00	0,03	0,04	0,07	15,05	0,01	0,00	23,00	51,20	0,01	3,36	14,17	0,74	15,15	12,37	0,21	0,22	0,00	0,04	97,47
	pt4	8,40	0,00	0,00	0,00	8,40	0,14	0,00	0,00	0,00	2,98	1,44	0,08	0,36	5,00	0,00	0,00	0,00	1,44	0,01	1,45	0,00	0,00	0,01	0,01	14,91	0,00	0,04	23,43	58,23	0,01	0,79	11,84	0,66	13,78	11,60	0,02	0,04	0,09	0,01	97,06
	pt4ds-xxx	8,21	0,00	0,00	0,00	8,21	0,17	0,00	0,00	0,01	3,18	1,44	0,09	0,12	5,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,02	1,73	0,00	0,00	0,01	0,01	14,94	0,00	0,04	23,22	57,05	0,05	1,01	11,96	0,70	14,82	11,85	0,09	0,07	0,09	0,00	97,68

ANEXO 4

Resultados geocronológicos em zircões

Resultados geocronológicos em zircões – Amostra TFB-02 (Granada biotita xisto)

26/10/2011			RESULTADOS										IDADES					
BASEI - FABIO	Spot	Label	207/235	1 sigma	206/238	1 sigma	erro corr	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	T _{207/206}	1 sigma	Concord.
TFB 02 GRANADO BIOTITA XISTO PROJ. TF																		
SPL332, 5mJ, 8Hz, 29um																		
TFB 02	17.2	ov.b.z	7.9698	0.1264	0.4147	0.0067	0.9900	2.4115	0.0387	0.1410	0.0007	0.3509	0.1124	2.2363	0.0303	2.2355	0.0084	100
TFB 02	16.1	p.fr.b.z	7.1270	0.0739	0.3912	0.0047	0.9900	2.5564	0.0306	0.1381	0.0007	0.2961	0.0994	2.1283	0.0217	2.1991	0.0082	97
TFB 02	18.1	p.fr.m.nh	7.2591	0.0775	0.3980	0.0049	0.9900	2.5125	0.0308	0.1328	0.0005	0.6636	0.2075	2.1598	0.0225	2.1322	0.0068	101
TFB 02	8.1	ov.m.nh	6.4977	0.0935	0.3714	0.0031	0.5760	2.6923	0.0223	0.1272	0.0023	1.9373	0.6313	2.0361	0.0145	2.0569	0.0308	99
TFB 02	1.1	pr.b.z	5.9816	0.1002	0.3571	0.0038	0.6323	2.8001	0.0297	0.1204	0.0022	0.4465	0.1498	1.9685	0.0180	1.9620	0.0319	100
TFB 02	1.2	pr.m.z	5.3395	0.0918	0.3412	0.0038	0.6486	2.9310	0.0327	0.1152	0.0021	0.1768	0.0592	1.8923	0.0183	1.8841	0.0320	100
TFB 02	4.1	ov.m.nh	2.5181	0.0371	0.2185	0.0017	0.5357	4.5770	0.0361	0.0832	0.0015	0.3754	0.1242	1.2739	0.0091	1.2739	0.0091	100
TFB 02	9.1	p.fr.b.z	2.3645	0.0364	0.2073	0.0034	0.9900	4.8231	0.0788	0.0806	0.0010	0.1697	0.0716	1.2146	0.0181	1.2146	0.0181	100
TFB 02	2.2	p.m.nh	1.9260	0.0282	0.1852	0.0015	0.5606	5.3984	0.0443	0.0760	0.0014	0.2025	0.0674	1.0955	0.0083	1.0955	0.0083	100
TFB 02	4.2	ov.b.s	1.5115	0.0518	0.1529	0.0039	0.7452	6.5415	0.1671	0.0696	0.0049	0.4276	0.1594	0.9170	0.0218	0.9170	0.0218	100
TFB 02	2.1	p.b.z	1.1718	0.0192	0.1294	0.0012	0.5625	7.7300	0.0713	0.0660	0.0012	0.1289	0.0430	0.7843	0.0068	0.7843	0.0068	98
TFB 02	14.1	fr.m.z	0.9212	0.0105	0.1074	0.0012	0.9903	9.3102	0.1055	0.0618	0.0005	0.7822	0.2830	0.6577	0.0071	0.6577	0.0071	100
TFB 02	12.1	pr.m.nh	0.8499	0.0101	0.1006	0.0011	0.9117	9.9438	0.1082	0.0622	0.0006	0.5485	0.2095	0.6177	0.0064	0.6177	0.0064	92
TFB 02	10.1	p.fr.m.z	0.8121	0.0070	0.0960	0.0010	0.9900	10.4158	0.1124	0.0617	0.0002	0.3826	0.1546	0.5910	0.0061	0.5910	0.0061	90
TFB 02	3.1	p.fr.m.nh	0.7791	0.0167	0.0958	0.0014	0.6711	10.4408	0.1502	0.0597	0.0011	0.4414	0.1464	0.5896	0.0081	0.5896	0.0081	100
TFB 02	11.1	ov.b.z	0.7552	0.0150	0.0931	0.0013	0.7237	10.7373	0.1546	0.0596	0.0011	0.2523	0.1011	0.5740	0.0079	0.5740	0.0079	99
TFB 02	19.1	ov.b.z	0.7143	0.0093	0.0864	0.0011	0.9577	11.5755	0.1446	0.0583	0.0005	0.4239	0.1298	0.5341	0.0064	0.5341	0.0064	100
TFB 02	6.1	p.m.nh	0.6045	0.0094	0.0776	0.0007	0.5488	12.8900	0.1104	0.0569	0.0011	0.4436	0.1460	0.4817	0.0040	0.4817	0.0040	100
TFB 02	5.2	ov.b.z	0.6007	0.0065	0.0769	0.0009	0.9900	13.0002	0.1575	0.0572	0.0003	0.2210	0.0761	0.4777	0.0056	0.4777	0.0056	97
TFB 02	5.1	ov.b.z	0.5973	0.0090	0.0760	0.0006	0.5526	13.1599	0.1099	0.0567	0.0011	0.3166	0.1045	0.4721	0.0038	0.4721	0.0038	100
TFB 02	7.1	p.fr.b.z	0.5997	0.0087	0.0754	0.0006	0.5375	13.2657	0.1039	0.0571	0.0010	0.5032	0.1644	0.4685	0.0035	0.4685	0.0035	96
TFB 02	6.2	p.b.z	0.5783	0.0090	0.0724	0.0006	0.5461	13.8042	0.1170	0.0572	0.0011	0.2499	0.0834	0.4508	0.0037	0.4508	0.0037	92
TFB 02	15.1	ov.b.z	0.4703	0.0070	0.0624	0.0008	0.8966	16.0338	0.2138	0.0555	0.0004	0.5100	0.1804	0.3900	0.0050	0.3900	0.0050	91
TFB 02	13.1	p.b.s	1.3805	0.0136	0.1386	0.0015	0.9900	7.2162	0.0775	0.0721	0.0003	0.2544	0.0945	0.8366	0.0084	0.8366	0.0084	85
TFB 02	17.1	ov.b.z	4.6923	0.0696	0.2657	0.0042	0.9900	3.7637	0.0588	0.1317	0.0006	0.3732	0.1224	1.5189	0.0211	2.1174	0.0084	72
TFB 02	1.3	p.b.z	2.4919	0.0482	0.1750	0.0021	0.6196	5.7146	0.0684	0.1050	0.0020	0.1149	0.0384	1.0396	0.0115	1.7180	0.0335	61

Forma dos grãos: prismático (p),
ovóide (ov) e redondo (r)

Craterísticas internas: núcleo herdado (nh),
sobrecrescimento (s) e zoneamento (z)

Local da análise no grão: borda (b),
meio (m) e centro (c)

Idades das populações

Mean = 2.152 ± 87Ma 95% conf.
Wtd by data-pt errs only, 0 of 4 rej.
MSWD = 29, probability = 0.000

Mean = 1.090 ± 230Ma 95% conf.
Wtd by data-pt errs only, 0 of 3 rej.
MSWD = 55

não utilizado nos cálculos

Mean = 581 ± 40Ma 95% conf.
Wtd by data-pt errs only, 0 of 5 rej.
MSWD = 23, probability = 0.000

Hidrometralismo?

Mean = 474.1 ± 9.7 Ma
95% conf.
MSWD = 2.3, probability = 0.079

dados discordantes
não utilizados nos cálculos

Resultados geocronológicos em zircões – Amostra TFB-03 (Anfibolito)

26/10/2011				RESULTADOS										IDADES								
BASEI - FABIO	Spot	Label	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	erro corr.	238/206	1 sigma	207/205	1 sigma	208/206	1 sigma	T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	T _{207/206}	1 sigma	Concord.		
TFB 03 ANFIBOLITO PRJ.TF																					206/238	207/206
SPL331, 5mJ, 6Hz, 20um																						
TFB 03	1,1	p,fr,b,s	5,6139	0,0643	0,3270	0,0025	0,6576	3,0581	0,0230	0,1256	0,0013	0,2984	0,0821	1,8238	0,0120	1,9182	0,0098	2,0361	0,0176	90		
TFB 03	6,1	fr,m,nh	4,2783	0,0411	0,3032	0,0018	0,6165	3,2977	0,0195	0,1021	0,0010	0,1976	0,0642	1,7074	0,0089	1,8892	0,0079	1,6668	0,0182	102		
TFB 03	5,1	ov,b,s	0,9368	0,0101	0,1101	0,0010	0,8041	9,0833	0,0791	0,0627	0,0006	0,4083	0,1276	0,6733	0,0056	0,6712	0,0053	0,6934	0,0220	97		
TFB 03	7,3	fr,m,	0,8875	0,0085	0,1050	0,0006	0,6315	9,5248	0,0576	0,0605	0,0006	-0,0006	0,0008	0,6436	0,0037	0,6450	0,0046	0,6137	0,0217	105		
TFB 03	3,1	ov,b,z	0,8699	0,0112	0,1045	0,0010	0,7133	9,5660	0,0880	0,0611	0,0007	0,0089	0,0043	0,6409	0,0056	0,6355	0,0061	0,6382	0,0235	100		
TFB 03	2,2	p,b,z	0,8681	0,0091	0,1039	0,0009	0,8024	9,6218	0,0807	0,0610	0,0006	0,5233	0,1490	0,6374	0,0051	0,6346	0,0049	0,6345	0,0226	100		
TFB 03	2,1	p,b,z	0,8505	0,0125	0,1018	0,0012	0,8320	9,8275	0,1200	0,0607	0,0006	0,5451	0,1527	0,6247	0,0073	0,6249	0,0068	0,6222	0,0225	100		
TFB 03	2,3	p,m,z	0,8340	0,0080	0,0998	0,0006	0,6572	10,0203	0,0635	0,0605	0,0006	0,5913	0,1713	0,6132	0,0037	0,6158	0,0044	0,6152	0,0223	100		
TFB 03	4,1	p,c,nh	0,8367	0,0084	0,1006	0,0006	0,5790	9,9380	0,0578	0,0608	0,0006	0,4274	0,1308	0,6181	0,0034	0,6173	0,0046	0,6246	0,0219	99		
TFB 03	7,2	fr,b,z	0,8274	0,0076	0,0992	0,0005	0,5844	10,0816	0,0543	0,0605	0,0006	0,0373	0,0126	0,6097	0,0031	0,6122	0,0042	0,6155	0,0215	99		
TFB 03	3,2	ov,b,z	0,8221	0,0079	0,0985	0,0006	0,6114	10,1481	0,0596	0,0610	0,0006	0,0046	0,0020	0,6059	0,0034	0,6092	0,0044	0,6334	0,0220	96		
TFB 03	7,1	fr,b,z	0,8034	0,0077	0,0969	0,0006	0,5961	10,3180	0,0586	0,0602	0,0006	0,0079	0,0030	0,5963	0,0032	0,5987	0,0043	0,6039	0,0218	99		
TFB 03	8,1	p,b,z	0,8527	0,0091	0,0945	0,0007	0,6660	10,5823	0,0749	0,0650	0,0007	0,3710	0,1187	0,5821	0,0039	0,6261	0,0050	0,7706	0,0222	76		

Forma dos grãos: prismático (p), ovoides (ov) e redondo (r)

Características internas: núcleo herdado (nh), sobrecrecimento (s) e zoneamento (z)

Local da análise no grão: borda (b), meio (m) e centro (c)

discordante

Resultados geocronológicos em zircões – Amostra TFB-06a (Anfibolito)

27/10/2011			RESULTADOS										IDADES							
BASEI - FABIO	Spot	Label	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma	T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	T _{207/206}	1 sigma	Concord.			
TFB 06a ANFIBOLITO PRJ.TF																	208/238			
SPL334, 5mJ, 6Hz,29um																	207/206			
TFB 06A	11,1	p.fr,m,nh	7,9583	0,0462	0,4187	0,0027	0,9900	2,3883	0,0154	0,1382	0,0002	0,2077	0,0246	2,2546	0,0123	2,2263	0,0052	2,2004	0,0030	102
TFB 06A	11,2	p.fr,b,z	7,5082	0,0412	0,3957	0,0024	0,9900	2,5274	0,0156	0,1384	0,0002	0,4434	0,0524	2,1490	0,0113	2,1740	0,0049	2,2028	0,0027	98
TFB 06A	1,1	p.fr,m,z	0,7746	0,0159	0,0945	0,0022	0,9900	10,5792	0,2490	0,0596	0,0016	0,1386	0,0404	0,5822	0,0131	0,5824	0,0091	0,5813	0,0577	100
TFB 06A	1,2	p.fr,b,z	0,8045	0,0168	0,0987	0,0025	0,9900	10,1314	0,2591	0,0602	0,0017	0,0311	0,0422	0,6068	0,0148	0,5994	0,0094	0,6059	0,0588	100
TFB 06A	2,1	fr,m,nh	0,8254	0,0165	0,0999	0,0017	0,8349	10,0081	0,1671	0,0609	0,0014	0,1318	0,0322	0,6139	0,0098	0,6111	0,0091	0,6302	0,0493	97
TFB 06A	3,1	p.fr,b,z	0,8145	0,0159	0,0971	0,0012	0,6137	10,2981	0,1235	0,0610	0,0010	0,1457	0,0288	0,5974	0,0068	0,6050	0,0089	0,6316	0,0359	95
TFB 06A	3,2	p.fr,b,z	0,7980	0,0155	0,0955	0,0012	0,6234	10,4751	0,1272	0,0608	0,0010	0,2697	0,0527	0,5878	0,0068	0,5957	0,0087	0,6262	0,0363	94
TFB 06A	4,1	fr,b,z	0,7757	0,0153	0,0937	0,0015	0,8383	10,6740	0,1765	0,0594	0,0012	0,1203	0,0266	0,5773	0,0091	0,5830	0,0087	0,5754	0,0435	100
TFB 06A	5,1	p.fr,b,z	0,8021	0,0160	0,0972	0,0012	0,6249	10,2909	0,1284	0,0603	0,0010	0,3238	0,0612	0,5978	0,0071	0,5980	0,0090	0,6067	0,0360	99
TFB 06A	8,1	fr,m,nh	0,7503	0,0174	0,0919	0,0023	0,9900	10,8851	0,2759	0,0589	0,0020	0,1958	0,0415	0,5666	0,0137	0,5684	0,0100	0,5574	0,0726	102
TFB 06A	10,1	fr,m,z	0,8601	0,0300	0,0989	0,0018	0,5264	10,1134	0,1854	0,0603	0,0026	0,2780	0,0553	0,6078	0,0106	0,6302	0,0162	0,6080	0,0919	100
TFB 06A	13,1	ov,b,z	0,7921	0,0055	0,0960	0,0016	0,9900	10,4134	0,1735	0,0599	0,0009	0,2066	0,0355	0,5911	0,0094	0,5924	0,0031	0,5937	0,0340	100
TFB 06A	13,2	ov,b,z	0,7816	0,0080	0,0952	0,0026	0,9900	10,5059	0,2901	0,0596	0,0016	0,1458	0,0476	0,5861	0,0155	0,5864	0,0045	0,5839	0,0579	100
TFB 06A	14,1	fr,m,z	0,7793	0,0067	0,0953	0,0015	0,9900	10,4916	0,1611	0,0601	0,0009	0,0621	0,0248	0,5869	0,0066	0,5851	0,0038	0,6002	0,0337	98
TFB 06A	15,1	ov,b,z	0,7789	0,0052	0,0951	0,0012	0,9900	10,5167	0,1339	0,0600	0,0007	0,2205	0,0325	0,5856	0,0071	0,5849	0,0030	0,5991	0,0241	98
TFB 06A	16,1	p.fr,b,z	0,7813	0,0087	0,0955	0,0018	0,9900	10,4729	0,1965	0,0605	0,0011	0,1834	0,0332	0,5879	0,0105	0,5862	0,0049	0,6146	0,0406	96
TFB 06A	7,1	fr,b,z	0,7205	0,0167	0,0889	0,0027	0,9900	11,2536	0,3393	0,0586	0,0028	0,1601	0,0438	0,5488	0,0158	0,5510	0,0098	0,5466	0,1016	100
TFB 06A	5,2	p.fr,b,z	0,8912	0,0066	0,1043	0,0008	0,9900	9,5832	0,0735	0,0611	0,0002	0,3556	0,0437	0,6398	0,0047	0,6470	0,0036	0,6377	0,0070	100
TFB 06A	6,1	r,m,nh	17,8118	0,3734	0,5202	0,0077	0,7061	1,9223	0,0285	0,2510	0,0042	0,3746	0,0697	2,7000	0,0326	2,9796	0,0200	3,1908	0,0254	85
TFB 06A	9,1	ov,b,z	8,7601	0,1743	0,3399	0,0041	0,6132	2,9417	0,0359	0,1845	0,0031	0,0661	0,0117	1,8964	0,0199	2,3133	0,0180	2,6966	0,0279	70
TFB 06A	9,2	ov,m,nh	17,2043	0,3384	0,5280	0,0066	0,6331	1,8938	0,0236	0,2376	0,0039	0,2449	0,0426	2,7332	0,0277	2,9463	0,0187	3,1071	0,0250	88
TFB 06A	12,1	p,b,z	0,7859	0,0076	0,0960	0,0020	0,9900	10,4160	0,2221	0,0631	0,0017	0,2207	0,0466	0,5910	0,0120	0,5888	0,0043	0,7048	0,0571	84
TFB 06A	17,1	fr,m,nh	0,6556	0,0050	0,0782	0,0007	0,9900	12,7905	0,1089	0,0610	0,0001	0,1463	0,0178	0,4853	0,0040	0,5119	0,0031	0,6340	0,0051	77

Forma dos grãos: prismático (p),
ovóide (ov) e redondo (r)

Características internas: núcleo herdado (nh),
sobrecrescimento (s) e zoneamento (z)

Local da análise no grão: borda (b),
meio (m) e centro (c)

conjunto utilizado nos cálculos da idade xenocrístal? pontos não utilizados no cálculo da idade média pontos discordantes não plotados

Resultados geocronológicos em zircões – Amostra TFB-05 (Cálcio-silicática)

26/10/2011																				
BASEI - FABIO																				
TFB-05 CALCIO-SILICATICA PROJ.TF																				
SPL333, 5mJ, 6Hz, 29um																				
RESULTADOS																				
TFB 05	Spot	Label	207/235	1 sigma	206/238	1 sigma	208/206	1 sigma	207/206	1 sigma	206/238	1 sigma	T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	T _{207/206}	1 sigma	Concord.	
TFB 05	1,1	ov,c,nh	6,996	0,096	0,377	0,003	0,554	2,649	0,020	0,133	0,001	0,494	0,129	2,064	0,013	2,111	0,012	2,139	0,012	97
TFB 05	2,1	ov,c,nh	6,410	0,087	0,356	0,003	0,550	2,806	0,021	0,130	0,001	0,480	0,128	1,965	0,013	2,034	0,012	2,094	0,012	94
TFB 05	3,1	ov,c,nh	6,851	0,094	0,385	0,003	0,569	2,596	0,020	0,131	0,001	0,455	0,124	2,101	0,014	2,092	0,012	2,105	0,012	100
TFB 05	4,1	ov,c,nh	6,507	0,090	0,365	0,003	0,559	2,743	0,021	0,130	0,001	0,407	0,117	2,004	0,013	2,047	0,012	2,097	0,012	96
TFB 05	5,1	ov,c,nh	6,134	0,084	0,354	0,003	0,549	2,823	0,021	0,126	0,001	0,629	0,185	1,955	0,013	1,995	0,012	2,046	0,012	96
TFB 05	6,1	ov,c,nh	6,622	0,089	0,370	0,003	0,549	2,700	0,020	0,130	0,001	0,427	0,136	2,031	0,013	2,062	0,012	2,099	0,012	97
TFB 05	7,2	p,c,nh,fr	6,863	0,092	0,377	0,003	0,550	2,651	0,019	0,132	0,001	0,353	0,119	2,063	0,013	2,094	0,012	2,124	0,012	97
TFB 05	8,1	p,b,nh,fr	6,242	0,084	0,349	0,003	0,549	2,866	0,021	0,130	0,001	0,249	0,086	1,929	0,012	2,010	0,012	2,097	0,012	92
TFB 05	15,1	p,c,nh,fr	7,408	0,106	0,397	0,003	0,567	2,522	0,021	0,137	0,002	0,425	0,047	2,153	0,015	2,162	0,013	2,180	0,021	99
TFB 05	16,1	ov,c,nh	6,613	0,107	0,377	0,003	0,546	2,656	0,023	0,131	0,002	0,355	0,040	2,060	0,016	2,061	0,014	2,109	0,022	98
TFB 05	18,1	ov,c,nh	5,731	0,093	0,332	0,003	0,588	3,009	0,029	0,125	0,002	0,049	0,006	1,850	0,015	1,936	0,014	2,033	0,022	91
TFB 05	19,1	r,c,nh	6,632	0,094	0,379	0,003	0,553	2,637	0,021	0,127	0,002	0,162	0,018	2,073	0,014	2,084	0,012	2,052	0,021	101
TFB 05	20,1	p,c,nh	6,559	0,095	0,375	0,003	0,578	2,668	0,022	0,128	0,002	0,270	0,030	2,052	0,015	2,054	0,013	2,062	0,021	100
TFB 05	22,1	p,b,nh	7,047	0,099	0,380	0,003	0,566	2,628	0,021	0,135	0,002	0,318	0,035	2,078	0,014	2,117	0,012	2,160	0,021	96
TFB 05	23,1	fr,b,nh	5,962	0,080	0,343	0,004	0,823	2,912	0,032	0,127	0,002	0,353	0,057	1,903	0,018	1,970	0,012	2,054	0,022	93
TFB 05	27,1	ov,c,nh	7,014	0,094	0,384	0,004	0,831	2,602	0,029	0,132	0,002	0,287	0,050	2,096	0,020	2,113	0,012	2,121	0,022	99
TFB 05	27,2	ov,b,s	7,315	0,103	0,396	0,005	0,826	2,523	0,029	0,135	0,002	0,170	0,030	2,152	0,021	2,151	0,012	2,159	0,022	100
TFB 05	29,1	ov,c,nh	6,722	0,092	0,376	0,004	0,831	2,658	0,030	0,130	0,002	0,195	0,036	2,058	0,020	2,076	0,012	2,089	0,022	99
TFB 05	30,1	ov,c,nh	6,788	0,091	0,372	0,004	0,835	2,686	0,030	0,133	0,002	0,237	0,045	2,040	0,020	2,084	0,012	2,129	0,022	96
TFB 05	3,2	ov,b,s	5,972	0,085	0,350	0,003	0,547	2,859	0,022	0,123	0,001	0,628	0,176	1,933	0,013	1,972	0,012	2,001	0,013	97
TFB 05	5,2	ov,c,s	4,894	0,069	0,306	0,002	0,552	3,270	0,025	0,117	0,001	0,046	0,016	1,720	0,012	1,801	0,012	1,908	0,012	90
TFB 05	5,3	ov,b,s	5,250	0,071	0,319	0,002	0,569	3,132	0,024	0,120	0,001	0,146	0,045	1,786	0,012	1,861	0,011	1,961	0,012	91
TFB 05	7,1	fr,p,b,s	5,708	0,085	0,351	0,003	0,660	2,852	0,028	0,119	0,001	0,707	0,231	1,938	0,017	1,933	0,013	1,939	0,013	100
TFB 05	9,1	ov,b,s	5,776	0,080	0,352	0,003	0,545	2,844	0,022	0,121	0,001	0,432	0,154	1,942	0,013	1,943	0,012	1,967	0,013	99
TFB 05	10,1	ov,b,s	5,738	0,094	0,350	0,003	0,597	2,860	0,028	0,119	0,002	0,396	0,045	1,933	0,016	1,937	0,014	1,942	0,023	100
TFB 05	12,1	p,c	5,613	0,081	0,334	0,003	0,570	2,997	0,025	0,120	0,001	0,231	0,026	1,856	0,013	1,918	0,012	1,963	0,021	95
TFB 05	14,1	ov,b,s	6,030	0,088	0,358	0,003	0,578	2,792	0,024	0,122	0,002	0,381	0,042	1,973	0,014	1,980	0,013	1,980	0,023	100
TFB 05	17,1	r,c	5,771	0,081	0,353	0,003	0,560	2,837	0,022	0,119	0,001	0,057	0,006	1,947	0,013	1,942	0,012	1,940	0,021	100
TFB 05	21,1	r,c	5,876	0,116	0,355	0,005	0,688	2,818	0,038	0,123	0,002	0,116	0,013	1,958	0,023	1,958	0,017	1,997	0,023	98
TFB 05	25,1	p,fr,b	5,608	0,078	0,337	0,004	0,818	2,971	0,034	0,121	0,002	0,235	0,039	1,870	0,018	1,917	0,012	1,975	0,022	95
TFB 05	26,1	ov,c,nh	4,717	0,088	0,309	0,004	0,643	3,239	0,039	0,116	0,002	0,093	0,017	1,734	0,018	1,770	0,016	1,895	0,024	92
TFB 05	28,1	ov,c,nh	5,788	0,082	0,351	0,004	0,816	2,852	0,033	0,120	0,002	0,311	0,055	1,938	0,019	1,945	0,012	1,963	0,022	99
TFB 05	31,1	fr,b,s	5,258	0,072	0,315	0,004	0,836	3,179	0,037	0,121	0,002	0,130	0,025	1,763	0,018	1,862	0,012	1,969	0,022	90
TFB 05	5,4	ov,b,s	5,451	0,076	0,328	0,004	0,827	3,047	0,035	0,121	0,002	0,150	0,030	1,829	0,018	1,893	0,012	1,971	0,022	93
TFB 05	24,1	fr,b	4,451	0,082	0,306	0,004	0,636	3,266	0,038	0,109	0,002	0,011	0,002	1,722	0,018	1,722	0,015	1,784	0,030	97
TFB 05	11,1	fr,ov,c,nh	5,380	0,077	0,317	0,003	0,564	3,158	0,025	0,123	0,002	0,190	0,021	1,773	0,013	1,882	0,012	2,003	0,021	89
TFB 05	13,1	ov,b,s	5,038	0,075	0,297	0,002	0,564	3,373	0,028	0,123	0,002	0,129	0,014	1,674	0,012	1,826	0,013	2,002	0,022	84
TFB 05	28,2	ov,b,s	4,858	0,094	0,302	0,004	0,763	3,306	0,049	0,118	0,003	0,351	0,066	1,704	0,022	1,795	0,016	1,920	0,038	89
TFB 05	2,2	ov,b,nh	4,663	0,066	0,288	0,003	0,818	3,471	0,040	0,118	0,002	0,128	0,026	1,632	0,017	1,761	0,012	1,928	0,022	85

Forma dos grãos: prismático (p), Craterísticas internas: núcleo herdado (nh), Local da análise no grão: borda (b),
ovóide (ov) e redondo (r) sobre crescimento (s) e zoneamento (z) meio (m) e centro (c)

sobre crescimento metamórfico no Paleoproterozóico sobre os zircões ígneos

núcleos de origem ígnea de zircão detrítico

MAPA GEOLÓGICO DO GRUPO BRUSQUE NA REGIÃO DO RIO DO OLIVEIRA SANTA CATARINA 2011

LEGENDA

TÉRCIO-QUATERNÁRIO

Sedimentos Recentes - depósitos aluviais distribuídos ao longo da drenagem atual compostos por de areias, siltes, argilas, por vezes ricos em matéria orgânica.
Sedimentos Antigos - depósitos antigos, possíveis terraplenos aluvionares parcialmente erodidos pela drenagem atual, com predomínio de argilitos macios e siltes argilosos de cor vermelho variegada, localmente conglomeráticos.

NEOPROTEROZOICO

ROCHAS GRANÍTICAS
Corpos alongados intrusivos nas unidades metamórficas do Grupo Brusque, tardios a posteriores à foliação principal (S2). Desenvolvem aureólas de metamorfismo de contato com extensões variáveis, portadoras de andalusita, e mais localmente de cordierita, granada e/ou sillimanita.

Suita Granítica Nova Trento - biotita monzogranitos de coloração cinza clara, índice de cor entre 5 e 6, com estrutura maciça e textura fanerítica inequigranular com granulação média, com cristais maiores de feldspato alcalino. Acessórios primários incluem apatita, zircão e minerais opacos. Forma um corpo alongado NE-SW, isolado, nos arredores da cidade homônima.

Suita Granítica Valsungana - biotita monzogranitos e sienogranitos de coloração branco-acinzentada, índice de cor entre 3 e 6, com estrutura maciça e orientada por fluxo magmático e textura porfirítica a porfírida com megacristais centimétricos de feldspato alcalino em matriz grossa com plagioclásio, quartzo, biotita e acessórios. Os acessórios primários são muscovita (ocasional), allanita, monazita, apatita, zircão e minerais opacos. Formam extenso batólito alongado NE-SW.

Suita Granítica São João Batista - leucomonzogranitos e sienogranitos de coloração cinza clara com estrutura maciça predominante e textura fanerítica equi a inequigranular com granulação média. As variedades tipicamente peraluminosas, portadoras de muscovita e biotita (Campo Novo Segundo), muscovita, biotita e fluorita (São João Batista) e turmalina (Morro Grande) são predominantes. Apatita, zircão, monazita (ocasional) e minerais opacos são os acessórios típicos na maioria destas rochas. Localmente podem ocorrer granitos a anfibólitos.

GRUPO BRUSQUE
Complexo meta-vulcano-sedimentar constituído pela Formação Rio do Oliveira (inferior) com rochas meta-vulcânicas máficas e ultra-máficas, meta-tufos, calcários-silicáticos, turmalinitos e metasedimentos clásticos, possivelmente relacionados a fase de abertura da paleobacia Brusque, e Formação Botuverá superior em contato tectônico formada por seqüências de natureza eminentemente clásticas, relacionadas à fase de preenchimento.

Formação Botuverá
Ocorre em contato tectônico sobre a unidade meta-vulcanosedimentar, representando a fase regional de preenchimento da paleobacia Brusque.

Metarritmicos psamo-pelíticos - seqüência formada por alternância centimétrica a decimétrica de níveis pelíticos e psamíticos. Os níveis pelíticos são caracterizados por biotita xistos cinza escuros com sericitismo/muscovita, quartzo, e por vezes grafita, portando com alguma freqüência porfiroblastos de biotita e/ou cloritídeos e/ou granada. Quartzo, biotita e muscovita predominam nos níveis mais psamíticos. Os melhores afloramentos dessa unidade ocorrem ao longo dos cortes da rodovia Nove-Trento - Tijucas, a nordeste da cidade de São João Batista.

Formação Rio do Oliveira
Distribui-se preferencialmente, na porção norte do Rio Tijucas, entre São João Batista e Itapema, sobreposta tectonicamente pela seqüência metasedimentar.

Unidade metapsamítica - sericitita quartzitos rítmicos, de granulação fina, macios intercalando bandas finas, subcentimétricas ricas em sericitita. Ocorrem em geral sustentando as cristas topográficas.

Unidade metapelítica - predominam biotita-muscovita-quartzito xistos com porfiroblastos de cloritídeo ou granada, de coloração escura, com intercalações de bandas quartzíticas, quartzitos calcissilicáticos, e lentes de rochas calcissilicáticas e localmente de turmalinitos. A única ocorrência de rocha calcissilicática com expressão cartográfica foi observada a norte de São João Batista sendo representada por um granado anfibolito de coloração esverdeada. Metarritmicos psamo-pelíticos predominam na porção nordeste da área, com intercalação de nível de parasequenciamento (diamictitos?) na região de Campo Novo Segundo.

Unidade metavulcano-exaltativa - Rocha de coloração cinza e granulação fina, milimetricamente bandada com alternância de bandas escuras ricas em turmalina de coloração mel, contendo pirita, e bandas claras de chert em proporção média de 60% de turmalina e 40% de quartzo. Nos leitos quartzíticos ocorrem quantidades subordinadas de plagioclásio e por vezes, epidoto e anfibólito (actinolita). Passa, rumo ao topo da unidade, para turmalina quartzitos localmente apresentando veios de turmalinitos cortando o acamamento. Na base noroeste do Morro do Carneiro ocorrem níveis da Formação Fênix, milimetricamente bandada, cinza escura, composta por níveis boudinados de quartzito fino (metachert) e níveis hematíticos contendo porfiroblastos idiomórficos de magnetita e níveis micáceos com granada.

Unidade das cálcio-silicáticas e rochas metamórficas e metatúrmicas
Apresenta variação entre níveis carbonáticos e túfmicos básicos. Os primeiros apresentam cores esverdeadas que alteram para tons lilás a cor caracteristicamente com quartzo, microclino, clinopiroclino, tremolita, titanita e apatita. Os níveis túfmicos são milimetricamente bandados com faixas ricas em quartzo e plagioclásio e bandas máficas onde predomina a hornblenda. As rochas metabásicas são verde escuro, finas, finamente foliadas, homogêneas, com bandamento milimétrico dado por leitos ricos em plagioclásio e hornblenda. Localmente níveis de tremolita-clorita xistos. Os melhores afloramentos ocorrem a sudoeste do Morro Grande. Na porção norte da área, nas proximidades com o granito Valsungana, em provável posição basal em relação as rochas calcissilicáticas, ocorrem intercalações de biotita mica xistos, claramente no facies anfibolito, com o desenvolvimento de sillimanita provavelmente por influência térmica do corpo granítico.

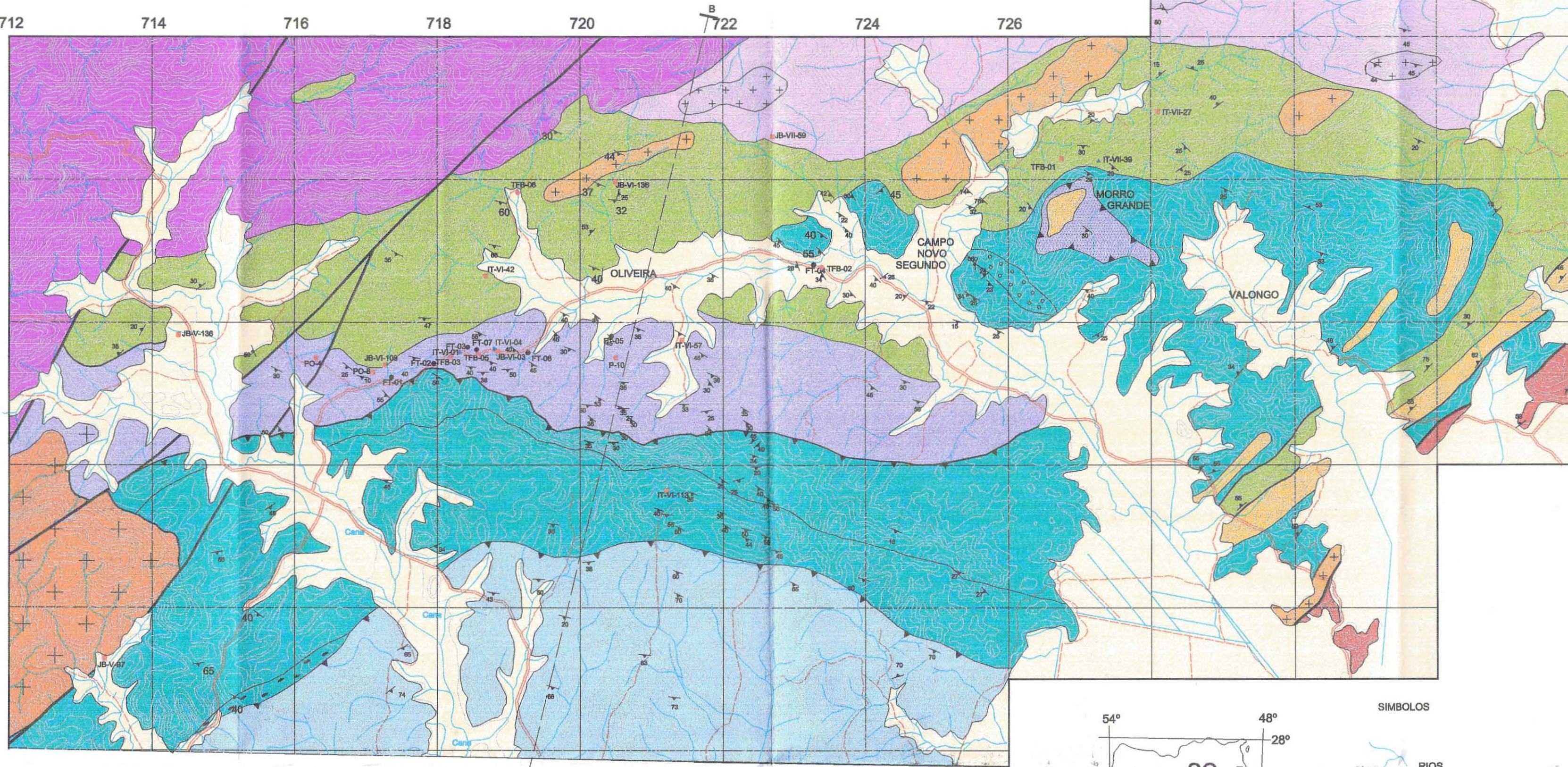
PALEOPROTEROZOICO

COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO

Corresponde as ocorrências na porção nordeste da área do mapa, incluindo migmatitos e granitoides foliados diversos, devendo corresponder a extremidade sul do Complexo Itapema, definido na região homônima.

Granitoides bandados - variam de biotita monzogranito porfírido com megacristais até 3 cm orientados por fluxo magmático a leucomonzogranitos foliados, migmatitos, ricos em xenólitos de rocha máfica em matriz cinza clara de granulação média;

Migmatitos bandados - predominam migmatitos estromatólicos com mecosoma cinza médio, tonello-granodioríticos, finamente foliados e leucosomas quartzofeldspáticos com desenvolvimento de melanosomas biotíticos. São comuns xenólitos máficos com estruturas do tipo schollens. As melhores exposições ocorrem próximo a Trombudo Central no extremo NE da área.



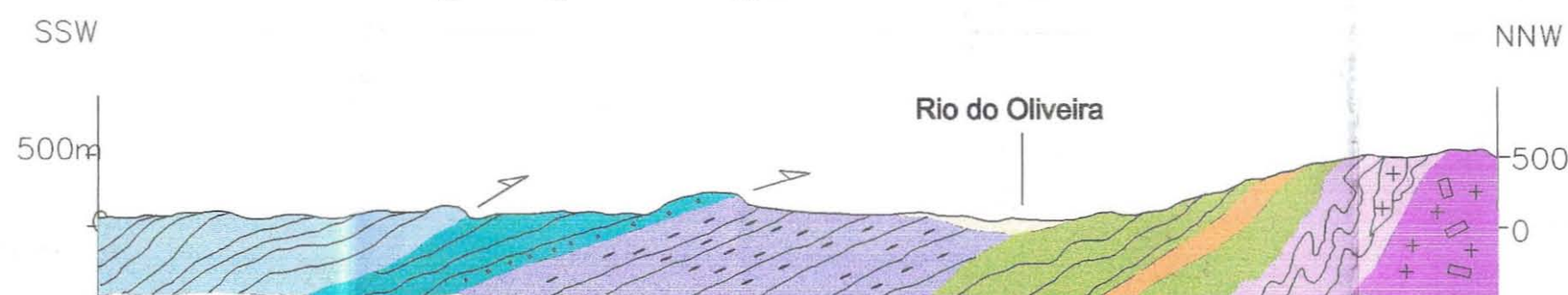
SÍMBOLOS

- RIOS
- ESTRADAS
- CIDADES
- CONTATOS
- FALHAS
- FOLIAÇÃO METAMORFICA
- PONTOS LAMINADOS
- PONTOS ESTUDADOS
- LÂMINA PARA MICROSSONDA
- PONTOS COM IDADE DE ZIRCÃO

A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA
CRESCER 9° ANUALMENTE

0 1 2Km
ESCALA 1:50.000

Perfil geológico da região do Rio do Oliveira



AUTOR: FABIO BRENTAN
ORIENTADOR: MIGUEL ÂNGELO STIPP BASEI
DIGITALIZAÇÃO: REYNALDO PEÑA CASTELLON

