

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Geologia, proveniência e geoquímica isotópica da
sequência metavulcanossedimentar do Grupo Brusque no
Estado de Santa Catarina**

Mariana Tiisel Yamamoto

Orientador: Prof. Dr. Miguel Angelo Stipp Basei

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-10/35)

SÃO PAULO

2010

TF
Y19
MT.g

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Geologia, proveniência e geoquímica isotópica da
sequência metavulcanossedimentar do Grupo Brusque no
Estado de Santa Catarina, SC.**

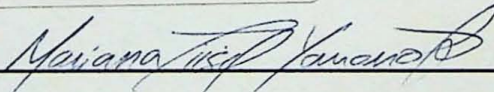


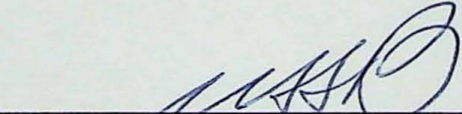
Monografia de Trabalho de Formatura (TF-10/35)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028388


Mariana Tiisel Yamamoto


Prof. Dr. Miguel Angelo Stipp Basei

São Paulo

2010

TF
Y19
MT.08

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Geologia, proveniência e geodinâmica tectônica da
seqüência metamórfica sedimentar do Grupo Pirapua
Estado de Santa Catarina, SC



Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

Mônica Tereza Yamamoto

Prof. Dr. Miguel Ângelo Siqueira

São Paulo
2010

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a minha família pela educação e por todo o apoio e carinho em todos os momentos. E agradeço a Ele por me fazer parte de suas vidas.

Agradeço ao meu Professor, Orientador e Amigo Miguel Basei pelos três anos de trabalho e companheirismo. Aprendi muito com você, obrigada por todos os ensinamentos, dicas e indicações de estágio.

Gostaria de agradecer a todos os professores e funcionários do Instituto de Geociências da USP que, de alguma forma, marcaram meus últimos cinco anos. Cuca e sua sala (valeu mesmo por toda ajuda e amizade, mas ainda espero meu notebook!), Vasco e Samuca (pela ajuda incondicional!), todos do CPGeo (obrigada pela paciência com minhas muitas análises e pelos cafezinhos!), Henrique da Gráfica, professores....A todos, muito obrigada!

E claro, agradeço por fazer parte da turma 49 da Geologia! Começamos como os piores e passamos a um grupo realmente inesquecível! Obrigada a todos pela amizade, pelos muitos momentos de felicidade, por todos os campos e por tudo o que aprendi com vocês. Alguns foram se distanciando, outros se aproximando, mas todos sempre estarão no meu S2.

Banda Sinistral (Massa, a fundadora! Lu, Lituânia Vive! Facinha e Gê) obrigada por terem feito não só o meu 4º ano, mas todos, sempre tão divertidos! Hey Pink! e seus heterônimos sempre tão bem-vindos....Cérebro (valeu pelo abrigo e pelos almoços!), Kabong (e as aulas de bateria imaginária!), Sertão (grupooo!), Gargalo (e nossas reclamações...), Biloba "Rock and roll all night", Broxa (no prazo hein!), meninas (e os sábios conselhos).....

Enfim, muito obrigada a todos. É graças a vocês que tenho a certeza de ter feito a escolha certa!

Geologia!

Sumário

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Localização da Área de Estudo.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
4.1 Geoquímica em Rocha Total.....	5
4.2 Geoquímica Isotópica em Rocha Total.....	5
4.2.1 Método Rb-Sr.....	5
4.2.2 Método Sm-Nd.....	6
4.2.3 Método Pb-Pb.....	7
4.3 Datação U-Pb: LA-ICP-MS e SHRIMP.....	8
5. ATIVIDADES REALIZADAS.....	8
5.1 Atividade de Campo e Amostragem na Área de Estudo.....	9
5.2 Confecção de Mapas de Localização das Amostras.....	9
5.3 Petrografia.....	9
5.4 Confecção de Mapa Geológico-Estrutural, Seções e Coluna Litoestratigráfica.....	10
5.5 Preparação de Amostras.....	10
5.5.1 Geoquímica em Rocha Total.....	10
5.5.2 Geoquímica Isotópica em Rocha Total (Sr, Nd e Pb naturais).....	10
5.5.3 Datação U-Pb (LA-ICP-MS) em Zircão Detrítico.....	11
5.5.4 Datação U-Pb (SHRIMP) em Zircão.....	12
6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	12
7. RESULTADOS OBTIDOS.....	14
7.1 Petrografia.....	14
7.2 Litoestratigrafia do Grupo Brusque na Área de Estudo.....	17
7.3 Geoquímica.....	19

7.4 Geoquímica Isotópica em Rocha Total (Sr, Nd e Pb naturais).....	28
7.5 Datação U-Pb (LA-ICP-MS) em Zircão Detrítico.....	32
7.6 Idade U-Pb (SHRIMP) do Magmatismo Básico do Grupo Brusque.....	35
8. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

ANEXOS

Anexo I - Mapa de Localização e Acessos à Área de Estudo	
Anexo II - Contexto Geológico do Grupo Brusque no Cinturão Dom Feliciano	
Anexo III - Tabela de Amostras Coletadas e Analisadas	
Anexo IV - Mapa de Localização das Amostras, Sertão do Valongo e Sertão de Santa Luzia	
Anexo V - Mapa de Localização das Amostras, região de Itapema, SC	
Anexo VI - Fotomicrografias	
Anexo VII - Fotos de Campo	
Anexo VIII - Coluna Litoestratigráfica do Grupo Brusque na Área de Estudo	
Anexo IX - Tabelas de Dados Geoquímicos	
Anexo X - Tabelas de Dados Isotópicos	
Anexo XI - Fotos das Amostras Datadas (LA-ICP-MS)	
Anexo XII - Imagens de Catodoluminescência de Cristais de Zircão Datados (LA-ICP-MS)	
Anexo XIII - Histogramas e Diagramas Concórdia	
Anexo XIV - Foto de Grãos de Zircão Datados (SHRIMP) e Diagrama Concórdia	
Anexo XV - Mapa Geológico-estrutural, Sertão do Valongo e Sertão de Santa Luzia, SC	
Anexo XVI - Mapa Geológico-estrutural, Região de Itapema, SC	

Índice de Figuras

Figura 1 - Cronograma atualizado das atividades realizadas.	13
Figura 2 - Diagramas de variação dos elementos maiores e traços com o número de magnésio (#Mg)	20
Figura 3 - A) Diagrama AFM; B) Diagrama de Jensen (1986); C) Diagrama total de álcalis versus sílica (Ludka & Wiedemann 2002); D) Diagrama Zr – Zr/Y (Pearce & Cann 1973) ..	22
Figura 4 – Spidergramas referentes às amostras de rochas metabásicas estudadas.	23
Figura 5 - Diagramas de variação dos elementos maiores com o IMAT.....	24
Figura 6 - A) Diagrama SiO ₂ x Al ₂ O ₃ ; B) Classificação dos sedimentos quanto à quantidade de quartzo (Floyd & Leveridge 1987); C) Classificação geoquímica dos sedimentos (Herron 1988); D) Diagrama ternário para classificação dos sedimentos através de elementos maiores (Floyd & Leveridge 1987)..	25
Figura 7 - Spidergramas ETR normalizados para o condrito (Taylor & McLennan 1995)	26
Figura 8 - A) Diagrama εNd x Th/Sc (McLennan <i>et al.</i> 1990); B) Diagrama discriminativo La/Th x Hf (Floyd & Leveridge 1987).....	27
Figura 9 - A) Diagrama Tempo versus ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr; B) Histograma de frequência do parâmetro μ; C) Diagrama isocrônico ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb versus ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb.	29
Figura 10 - A) Disposição das razões isotópicas ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb e ¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd; B) Diagramas de correlação ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb versus ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb assumindo o modelo da Plumbotectônica (Zartman & Doe 1981).....	30
Figura 11 - Diagrama de correlação entre εSr(600) e εNd(600)	31
Figura 12 - Diagrama de correlação entre εNd(600Ma) e Tempo (DePaolo 1988)	32

Resumo

O Grupo Brusque corresponde a uma faixa alongada de direção NE-SW localizada na porção norte do Cinturão Dom Feliciano no Estado de Santa Catarina. É composto por rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico associadas a rochas calcissilicáticas, turmalinitos e metabasitos metamorfizados de baixo a médio grau.

Dados geoquímicos associados à isotopia apontam ambiente de *rift* com sedimentação marinha vulcânica básica com contribuição químico-exalativa para o Grupo Brusque. Os metabasitos da região apresentam caráter toleítico de baixo potássio e derivam de magma enriquecido que sofreu contaminação crustal quando da ascensão magmática. As rochas metassedimentares apresentam altas razões $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e enriquecimento em quartzo.

As idades TDM das rochas metabásicas são, no geral, mesoproterozóicas e os valores de ϵNd pouco negativos, o que indica incorporação de material juvenil. Para as rochas metassedimentares tem-se idades TDM mais antigas, da ordem de 2,1 Ga, além de valores de ϵNd mais negativos indicando retrabalhamento de crosta antiga.

Os dados obtidos a partir dos grãos detriticos de zircão indicam que o início da sedimentação na paleobacia do Brusque é posterior a 1.2 Ga. A idade $936 \pm 40\text{Ma}$ (U-Pb SHRIMP) obtida em grãos de zircão de metagabro corresponde à idade de colocação do magmatismo básico que pode corresponder ao início da evolução da paleobacia. A datação em zircão metamórfico (baixa razão Th/U), $550 \pm 52\text{Ma}$, indica a ocorrência de processos pós-magmáticos como metamorfismo e hidrotermalismo. Esses processos geraram mudanças na composição química e isotópica das rochas do Brusque.

Com os dados analisados, nota-se que os metassedimentos do Grupo Brusque possuem fontes de idade paleoproterozóica, com importante contribuição arqueana e neoproterozóica. As assinaturas isotópicas de Nd do Complexo Camboriú e do Complexo Granulítico Santa Catarina são semelhantes às das rochas metassedimentares do Brusque. Idades mesoproterozóicas também foram encontradas e podem estar relacionadas a fontes africanas.

Abstract

The Brusque Group represents an elongated strip in the NE-SW direction, located in the northern portion of the Dom Feliciano belt at Santa Catarina. It's constituted of low grade metasedimentary rocks associated with tourmalinites, calc-silicate rocks and low to medium grade metamorphosed metabasites.

Geochemical data combined with the isotopic results showed that the basic magmatism of the Brusque Group is associated with a rift environment with marine sedimentation and contribution of chemical-exhalative sedimentation. The metabasites correspond from basic to ultrabasic rocks of the tholeiitic series of high iron and are derived from an enriched magma that underwent crustal contamination. The metasedimentary rocks have high $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios and have high quartz contents.

TDM ages of the metabasites are, in general, Mesoproterozoic and the slightly negative ϵNd values indicate juvenile accretion. The metasediments has TDM ages older, about 2.1 Ga, and strongly negative ϵNd values indicating reworking of older crust.

The analysis of detrital zircon grains showed that the onset of sedimentation in the Brusque paleobasin is younger than 1.2 Ga. The age of $936 \pm 40\text{Ma}$ (zircon U-Pb SHRIMP) obtained from the metagabbro, indicates the age of metabasites intrusion and it would be the age of the initial processes of Brusque paleobasin.

With the data analyzed, it's noticed that the metasediments of the Brusque Group have Paleoproterozoic sources, with significant contribution from Archean and Neoproterozoic components. The Nd isotopic signatures of the Camboriú Complex and Santa Catarina Granulitic Complex are similar to the metasedimentary rocks of the Brusque. Mesoproterozoic ages were also found and may be related to African sources.

1. Introdução

O Grupo Brusque corresponde à seqüência metavulcanossedimentar localizada na porção norte do Cinturão de dobramentos Dom Feliciano no Estado de Santa Catarina. Trata-se de uma faixa alongada segundo direção NE-SW, dividida em duas, a norte e a sul do batolito Valsungana. O limite sul do Grupo Brusque é marcado pela Zona de Cisalhamento Major Gercino (Bittencourt *et al.* 1989). A seqüência do Grupo Brusque cavalga os sedimentos do Grupo Itajaí a noroeste e é composta por rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico associadas a rochas calcissilicáticas, turmalinitos e metabasitos metamorfizados de baixo a médio grau.

Na evolução tectono-metamórfica e magmática do Cinturão Dom Feliciano, volumes de rochas básicas colocadas nos estágios iniciais da evolução do Grupo Brusque tornaram-se importantes marcadores dos processos que levaram à amalgamação Ediacariana das massas cratônicas Rio de La Plata /Luis Alves vs Kalahari/Congo (Basei 2000; Silva *et al.* 2005). A determinação da proveniência dos sedimentos associados às rochas básicas auxilia, por sua vez, na caracterização da evolução da paleobacia do Brusque.

O magmatismo básico do Grupo Brusque foi tema do Projeto de Iniciação Científica "Caracterização isotópica (Nd, Sr e Pb) e idade U-Pb do magmatismo básico do Grupo Brusque no Estado de Santa Catarina – SC" (FAPESP - Processo: 2007/58866-2) realizado pela aluna. Vinte e uma amostras de rochas metabásicas e afins foram estudadas em seus aspectos geoquímicos, isotópicos, petrográficos e geocronológicos.

O estudo proposto visa à revisão do conhecimento atual sobre a seqüência metavulcanossedimentar do Grupo Brusque a partir dos dados já disponíveis, inclusive aqueles referentes ao projeto de Iniciação Científica citado (vigência: 2008/2009) e dos resultados esperados para este trabalho.

1.1 Localização da Área de Estudo

A área de estudo localiza-se a sul do batolito Valsungana, entre os municípios de Itapema e Tijucas, região conhecida como Rio do Oliveira, na porção leste do Estado de Santa Catarina (**Anexo I**). Esta área está inserida na Folha Tijucas (SG-22-Z-D-11-2, escala 1:50.000). Na porção nordeste tem-se a região do costão norte de Itapema, cujo acesso se dá pela Rodovia Governador Mário Covas (BR-101), e a sudoeste tem-se as regiões do Sertão do Valongo e Sertão de Santa Luzia. Para essa área utiliza-se a Rodovia SC-411, além de estradas vicinais. Para essas regiões foram confeccionados mapas geológicos separados.

Na região de Itapema tem-se domínio do Granito Itapema ou Morro do Boi representado por monzogranito. Grande parte da área é coberta por sedimentos cenozóicos, porém, na

região da Ponta do Engodo e em alguns afloramentos ao longo da BR-101, tem-se exposição de metabásicas, além de rochas metassedimentares do Grupo Brusque cortadas por leucogranito turmalínífero.

Na região do Sertão do Valongo e Sertão de Santa Luzia tem-se predomínio de rochas metassedimentares pelíticas a psamíticas de baixo grau metamórfico com termos metavulcano-exalativos intercalados, tais como rochas metabásicas, calcissilicáticas e turmalinitos. Essa sequência ocorre dobrada definindo uma estrutura sinformal com eixo de direção NE-SW mergulhando para SW. Na porção noroeste do Sertão do Valongo destaca-se a sequência correspondente ao Morro do Carneiro. Trata-se de rochas paraderivadas com metarrilito na base e metaconglomerado no topo, além de muscovita-quartzo xisto e filito sericítico de baixo grau metamórfico. A sudeste da Zona de Cisalhamento Major Gercino, tem-se biotita granito porfirítico correspondente ao Batolito Florianópolis.

2. Objetivos

Este trabalho objetiva a revisão do conhecimento atual sobre a sequência de rochas metavulcanossedimentares do Grupo Brusque no Estado de Santa Catarina. Foi priorizado o estudo de proveniência sedimentar por meio de análises geoquímicas e isotópicas, além de idades U-Pb em zircão detritico (LA-ICP-MS). A partir de dados obtidos em campo e da compilação de informações bibliográficas, objetiva-se a apresentação do mapa geológico-estrutural e da coluna litoestratigráfica da área de estudo.

As datações U-Pb, tanto das rochas metassedimentares quanto do magmatismo básico *sin-deposicional*, são imprescindíveis para a melhor caracterização da sedimentação e de todo o processo evolutivo do Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. Associado às datações, o estudo de proveniência, além da caracterização geoquímica e isotópica das amostras, visa à determinação de possíveis áreas fontes para os metassedimentos do Grupo Brusque.

3. Revisão Bibliográfica

A sequência de rochas metavulcanossedimentares presente na região sul brasileira e uruguaia foi individualizada do Cinturão Ribeira, predominante na região sudeste do Brasil, e definida como Cinturão Dom Feliciano por Fragoso César (1980). Esse cinturão de dobramentos corresponde a uma faixa de direção N-S que se estende desde a região sul-litorânea do Estado de Santa Catarina até o Uruguai. No entanto, aflora apenas nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e na porção leste do Uruguai, pois é em grande parte recoberto pelos sedimentos da Bacia do Paraná, a oeste. No limite norte do Dom Feliciano tem-se o embasamento gnaíssico-migmatítico representado pela Microplaca Luis

Alves (Complexo Granulítico Santa Catarina) e, na parte centro-sul, pelo Craton Rio de La Plata.

No Cinturão Dom Feliciano podem ser distinguidos três segmentos alongados segundo direção aproximada NE-SW, em contato tectônico e de características litológicas muito distintas entre si. Devido à cobertura sedimentar, são reconhecidas porções correlatas dessas faixas em Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Uruguai. A faixa litorânea granítica-migmatítica corresponde ao Cinturão Granitóide que, em Santa Catarina, é representado pelo Batolito Florianópolis. Seus correlatos são os batólitos Pelotas (RS) e Aiguá (URU). A faixa central corresponde ao Cinturão Metavulcanossedimentar representado em Santa Catarina pela sequência de rochas metavulcanossedimentares do Grupo Brusque correlacionado, por sua posição geotectônica, ao Grupo Porongos no Rio Grande do Sul e ao Grupo Lavallega no Uruguai. A faixa oeste do Dom Feliciano é representada pelas bacias sedimentares paleozóicas pouco deformadas do Itajaí (SC), Camaquã (RS) e El Soldado-Piriápolis (URU).

Fragoso César (1980) propôs um modelo de evolução tectônica para o Cinturão Dom Feliciano baseado em um único ciclo orogênico brasileiro associado a um processo de subducção com placa litosférica oceânica mergulhando para oeste. Silva (1991) sugere evolução com ciclos de extensão e rifteamento crustal. Basei (2000) corrobora o modelo de evolução policíclica do Dom Feliciano sob a ação das orogêneses Brasileira (900-620 Ma) e Rio Doce (620-530 Ma) relacionadas aos eventos tectônicos que levaram à formação do Gondwana Ocidental.

O Grupo Brusque representa o domínio intermediário do Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina (**Anexo II**). Corresponde a uma faixa de direção NE-SW com cerca de 75km de extensão e 45Km de largura máxima. Possui limites tectônicos definidos a noroeste pela Zona de Transcorrência Itajaí-Perimbó (Silva 1991) e a sudeste pela Zona de Cisalhamento Major Gercino (Bittencourt *et al.* 1989), ambas zonas de movimento transcorrente dextral com alta taxa de deformação. Os corpos intrusivos sin-tectônicos Valsungana e Serra dos Macacos dividem o Grupo Brusque em duas faixas, a norte e a sul. O Grupo Brusque e estes granitóides formam um conjunto alóctone com transporte para NW cavalgando por sobre o Grupo Itajaí que, por conta disso, encontra-se dobrado e falhado.

O contato entre o batolito Valsungana e o Grupo Brusque é tido como intrusivo devido à presença de xistos nas bordas do granito e veios do mesmo cortando as rochas metassedimentares do Brusque. A região do Rio do Oliveira, a sul do batolito Valsungana, é composta pela unidade metavulcanossedimentar basal que representa a fase *rift* da paleobacia Brusque (Basei *et al.* 1994) com contribuição vulcano-exalativa representada por turmalinitos, metabásicas, formações ferríferas e rochas calcissilicáticas (Silva *et al.* 1985, Basei *et al.* 1998). Em contato tectônico, tem-se a unidade metassedimentar com metaconglomerado e metavulcânicas ácidas associadas (Basei 2000). Na porção a norte do

granitóide, na região conhecida como Ribeirão do Ouro, tem-se a unidade pelito-psamítica e, sobre ela, a psamo-pelítica sobreposta pela unidade metavulcanossedimentar. Silva (1991) destaca a ausência de turmalinitos e rara exposição de termos químico-exalativos nessa área.

Silva *et al.* (1985) consideraram o Grupo Brusque como uma associação do tipo *greenstone belt* com intercalação de rochas metassedimentares e metabásicas metamorfizadas de baixo a médio grau. Philipp (2008) sugerem, com base em dados geoquímicos e isotópicos, que o magmatismo básico do Grupo Brusque estaria associado a ambiente de *rift* continental com sedimentação marinha vulcânica básica a químico-exalativo. O rifteamento seria responsável pela fragmentação da antiga crosta continental paleoproterozóica a qual é representada por gnaiss e milonito do Complexo Granulítico de Santa Catarina e do Complexo Camboriú. Para a unidade metassedimentar, Basei *et al.* (1994) e Philipp *et al.* (2004) sugerem uma evolução relacionada a ambiente mais distal com turbiditos de leques submarinos.

A evolução tectônica e metamórfica-deformacional do Grupo Brusque relaciona-se com quatro fases de dobramentos superpostos associadas a eventos de metamorfismo com geração de superfícies de foliação metamórfica características. A principal fase deformacional é a D2, de idade Rb-Sr (considerada até então) de 706 ± 50 Ma (Basei & Teixeira 1987), embutida na orogênese brasileira. Trata-se de um evento dúctil tangencial caracterizado por dobramentos de eixos NE e de baixo mergulho para SE. Este momento representa o pico metamórfico (M2) regional entre os fácies xisto verde e anfibolito inferior com geração da superfície de transposição S2. Essas estruturas foram redobradas durante o estágio pós-colisional do ciclo brasileiro devido ao evento transcorrente D3, de escala litosférica, responsável pela atual forma alongada do Cinturão na direção NE-SW. É acompanhado por metamorfismo do fácies xisto verde (M3).

As intrusões graníticas no Brusque indicam um grande evento de magmatismo granítico posterior às principais fases de deformação e metamorfismo (Basei 2000). Três suítes deformadas e com alta contribuição crustal na sua geração podem ser encontradas em meio à seqüência do Grupo Brusque: Suíte São João Batista, a mais antiga, caracterizada por muscovita-biotita granito com granada e turmalina, hololeucocrático; Suíte Valsungana, intermediária, composta por granitóides de textura porfirítica com megacristais de feldspato potássico deformados nas bordas e imersos em matriz grossa equigranular; Suíte Nova Trento, formada por biotita granitóides cinza claros a levemente rosados com grande vivência crustal (Basei 2000).

A idade U-Pb (SHRIMP) $843 \text{Ma} \pm 12 \text{Ma}$ (Basei *et al.* 2008a) em zircão de granitos tipo A da Suíte Parapente, na região ao sul de Gaspar, é interpretada pelos autores como a mais antiga possível para o início da história evolutiva do Cinturão Dom Feliciano. Seria a primeira ocorrência de granito tipo A na porção sul brasileira e estaria relacionada ao

período de rifteamento da paleobacia do Brusque indicando, assim, a idade máxima da sedimentação na mesma. A idade do clímax metamórfico do Brasileiro é cerca de 640 ± 20 Ma (Basei 2000). Silva *et al.* (2002) determinou a idade 639 ± 11 Ma, dada pelo método U-Pb em zircão de metariolito, como registro do magmatismo sin-deposicional. Considera-se ainda, magmatismo tardio associado a eventos deformacionais ao redor de 650-600 Ma.

4. Materiais e Métodos

Neste capítulo é realizada uma breve revisão teórica dos métodos e técnicas analíticas utilizados nesse Trabalho de Formatura.

4.1 Geoquímica em Rocha Total

A composição química das rochas está relacionada às suas condições de formação e evolução. Processos intempéricos ou mudanças nas condições do ambiente podem gerar mudanças químicas que podem ajudar a entender a evolução mantélica do material ou para o estudo de proveniência sedimentar do mesmo.

Para a determinação dos elementos maiores (% em peso) e traços (ppm) podem ser utilizadas as técnicas de Fluorescência de Raio-X (FRX) ou Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Acoplamento Indutivo (ICP-MS). Os Elementos Terras Raras (ppm) são determinados por ICP-MS.

A análise geoquímica deve ser usada em conjunto com outras técnicas analíticas e como ferramenta para testar alguma hipótese ou modelo já discutido. É preciso conhecer a geologia da área de estudo antes de analisar os resultados químicos (Rollinson 1993).

4.2 Geoquímica Isotópica em Rocha Total

A análise isotópica em Rocha Total objetiva a caracterização isotópica do material fornecendo dados para o estudo de proveniência sedimentar a partir das razões e parâmetros isotópicos obtidos pelos métodos: Rb-Sr, Sm-Nd e Pb-Pb (isótopos naturais de Sr, Nd e Pb).

4.2.1 Método Rb-Sr

Baseia-se no decaimento radioativo do isótopo ^{87}Rb para o ^{87}Sr com emissão de partícula β negativa. A meia-vida do ^{87}Rb é de 48,8 bilhões de anos.

O Rubídio pertence ao Grupo IA (metais alcalinos) da Tabela Periódica, mesmo grupo do Potássio. Com raios iônicos semelhantes, o Rubídio pode substituir o Potássio em minerais

como micas e feldspato potássico. O Estrôncio pertence ao Grupo IIA (alcalinos-terrossos) juntamente com o Cálcio, o qual pode ser substituído por Estrôncio em minerais como plagioclásio e apatita. Observa-se a compatibilidade geoquímica entre Rubídio-Potássio e Estrôncio-Cálcio, porém nota-se que Rubídio e Estrôncio são geoquimicamente incompatíveis entre si (Faure 1986).

Durante a cristalização fracionada do magma, o Estrôncio se concentra no plagioclásio e o Rubídio tende a permanecer no líquido residual. Dessa forma, a razão Rb/Sr do magma residual tende a aumentar conforme a cristalização e diferenciação da rocha.

Segundo Faure (1986), a temperatura é o fator responsável por controlar a mobilidade iônica de Rb e Sr por meio do processo de Homogeneização Isotópica a partir de 300-350°C. Nessa temperatura, o ^{87}Sr (radiogênico) é distribuído de forma homogênea por toda a rocha. Quando um mineral ou rocha total é datada, obtém-se a idade do último resfriamento ou homogeneização sofrida, ou seja, a idade mínima de cristalização. Essa técnica é usada para a datação de rochas ígneas e metamórficas em especial de rochas ácidas a intermediárias devido à maior quantidade de Rb nas mesmas.

A idade pode ser obtida por meio de diagramas isocrônicos calculando-se a melhor reta que se ajusta a todos os pontos analíticos. A razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ é importante parâmetro petrogenético. Valores maiores que 0,705 indicam maior tempo de retrabalhamento e vivência crustal, enquanto valores mais baixos indicam menor tempo de diferenciação.

4.2.2 Método Sm-Nd

Baseia-se no decaimento radioativo de ^{147}Sm para ^{143}Nd com liberação de partículas α . A meia-vida do ^{147}Sm é de 106 bilhões de anos. Assim, os teores de Sm e Nd em rochas e minerais são da ordem de ppm e, sendo o tempo de meia-vida muito elevado, as variações na abundância desses isótopos são muito sutis exigindo alta precisão dos espectrômetros de massa (DePaolo 1988).

Samário e Neodímio pertencem, ambos, ao Grupo dos Lantanídeos ou Elementos Terras Raras (ETR). Possuem carga e raio iônico semelhante sendo compatíveis entre si (isoquímicos), o que lhes confere comportamento similar frente aos diferentes processos geológicos.

A maior diferenciação entre estes elementos se deu durante o processo de diferenciação entre manto superior e crosta continental quando o Neodímio, que possui menor relação carga/raio e tende a se concentrar na fase líquida, migrou para a crosta. No manto, a razão Sm/Nd é alta comparativamente a da crosta. Após este evento, ocorreu pouca diferenciação uma vez que os ETR são imóveis frente à maioria dos processos geológicos subsequentes não permitindo assim, uma nova abertura do sistema.

As idades-modelo obtidas por esse método refletem o momento da diferenciação manto-crosta, ou seja, o momento da derivação do protolito, do manto para a crosta. Tais idades podem ser baseadas em dois modelos distintos de evolução mantélica. O primeiro considera o manto como um reservatório uniforme de composição condrítica (CHUR). O segundo considera o manto empobrecido em Nd devido à diferenciação e construção da crosta continental (DePaolo 1988).

O índice ϵ_{Nd} compara a composição isotópica obtida com a do manto. Para valores maiores ou iguais a zero, tem-se pouco retrabalhamento com baixa vivência crustal. Valores negativos indicam material com muita vivência crustal (manto enriquecido).

4.2.3 Método Pb-Pb

O método radiométrico Pb-Pb teve sua metodologia derivada do método U-Pb. O Chumbo possui quatro isótopos naturais sendo três deles radiogênicos, ^{207}Pb , ^{206}Pb e ^{208}Pb , frutos dos decaimentos de ^{235}U , ^{238}U e ^{232}Th , respectivamente. O quarto isótopo, ^{204}Pb , é um isótopo estável de referência (Babinski 1988).

Esse método pode ser aplicado para minerais ou rocha total. Em termos de rocha total, a idade é determinada por meio de diagrama isocrônico $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. A idade corresponde à última abertura do sistema indicando a idade mínima para a formação da rocha. Na datação mineral é obtida a idade-modelo de cristalização do mesmo. Existem dois modelos para a evolução isotópica do Pb. O primeiro é conhecido como Holmes-Houtermans. Neste, a evolução se dá em um único estágio com razão inicial única de 3,78 Ga (Babinski 1988). O segundo é o modelo em dois estágios de Stacey & Kramers (1975), sendo o primeiro de 4,57 até 3,7 Ga ($\mu = 7,192$) e o segundo de 3,7 Ga até os dias de hoje ($\mu = 9,735$).

Segundo Moorbath & Taylor (1981), o parâmetro petrogenético indica diferentes valores para diferentes fontes magmáticas. Valores acima de 8,0 indicam fusão de crosta continental superior com enriquecimento em urânio. Valores entre 7,5 e 8,0 indicam contribuição do manto superior e valores menores que 7,5 apontam para fonte derivada de crosta inferior, onde se tem baixa concentração de urânio (Babinski 1988).

A vantagem da utilização desta técnica, em relação à do urânio-chumbo, está no fato de que não há a necessidade de se medir as concentrações de urânio e chumbo, não é preciso adicionar traçadores (*spike*), as perdas recentes de urânio podem ser desprezadas e, além disso, trata-se de um método mais barato e mais rápido. Sua aplicação é bastante ampla sendo possível a datação de rochas alteradas (que tenham perdido urânio recentemente), carbonatos, fosforitos além de minerais como galena, estauroлита e troilita.

As principais desvantagens no uso do Pb-Pb são possíveis altos erros nas idades, especialmente em materiais muito jovens quando pode haver perdas de U e/ou Pb por intemperismo químico.

4.3 Datação U-Pb: LA-ICP-MS e SHRIMP

Baseia-se na série de decaimentos radioativos de isótopos de Urânio para isótopos radiogênicos de Chumbo por meio da liberação de partículas sem de radiação. Os isótopos radioativos ^{238}U e ^{235}U decaem para ^{206}Pb e ^{207}Pb , respectivamente. Atualmente, mais de 99% do U da Terra é referente ao ^{238}U e menos de 1% corresponde ao ^{235}U . Isso devido aos diferentes tempos de meia-vida ($^{235}\text{U} = 70,4 \text{ Ma}$; $^{238}\text{U} = 4,5 \text{ Ga}$).

A datação de rocha total não é muito empregada em virtude das perdas de Pb quando da sua exposição à ambientes oxidantes. A idade U-Pb é obtida, principalmente, por meio de minerais que possuam urânio suficiente em seu retículo cristalino, como por exemplo zircão, titanita, monazita e galena. As idades são representadas em diagramas $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ nos quais a reta discórdia intercepta a concórdia nos interceptos superior e inferior. O primeiro marca a idade de cristalização do mineral datado ("idade real") enquanto o segundo indica perda episódica de Pb, sendo necessária a confirmação de seu significado por outros métodos.

As técnicas SHRIMP e LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) são de alta resolução espacial e permitem a análise pontual de amostras sólidas sendo utilizadas para a datação de cristais com morfologias complexas. É possível escolher os pontos e domínios para datação a partir do estudo de imagens de catodoluminescência (CL).

A principal vantagem da LA-ICP-MS é o menor tempo e custo por análise. Para estudos de proveniência nos quais são necessárias muitas datações, o uso dessa técnica é mais eficiente. No entanto, as análises por SHRIMP são mais precisas e acuradas. Para obter a mesma precisão, a análise por ICP-MS utiliza cerca de 50 vezes mais material. Além disso, os desvios padrões são maiores no ICP, sendo necessários mais dados para a diminuição do erro.

5. Atividades Realizadas

As atividades realizadas no período consistem em: revisão bibliográfica, uma atividade de campo para amostragem e coleta de dados estruturais e relações estratigráficas, preparação de amostras para geoquímica, isotopia e separação de grãos de zircão detrítico para datação U-Pb (LA-ICP-MS). Além disso, compilação e análise de dados estruturais e

petrográficos para confecção de mapa geológico-estrutural, seções geológicas e coluna litoestratigráfica da sequência de rochas do Grupo Brusque na área estudada.

5.1 Atividade de Campo e Amostragem na Área de Estudo

Foi realizada uma saída de campo em Maio de 2010. A preparação envolveu a análise de mapas geológicos 1:25.000 referentes aos trabalhos da disciplina 0440420 - Mapeamento Geológico (2003 e 2008), além da Monografia de Trabalho de Formatura (044500 - Trabalho de Formatura) de Flávio Henrique Remédio (TF-08/22). Mapas 1:50.000, modificados pela aluna durante o período de Iniciação Científica (FAPESP, processo: 2007/58866-2) também foram utilizados.

Essa atividade teve como objetivo principal a coleta de amostras para análises de geoquímica, isotopia e geocronologia (**Anexo III**). Também foram coletados dados estruturais e relações estratigráficas. Para isso, foram visitadas as regiões do Sertão do Valongo, Sertão de Santa Luzia e Ponta do Engodo, na porção leste do Estado de Santa Catarina (**Anexo I**).

Ao todo, foram coletadas doze amostras. Três para separação de cristais de zircão detrítico (datação U-Pb LA-ICP-MS) e cinco para geoquímica e isotopia (rocha total – isótopos naturais de Sr, Nd e Pb). Outras cinco amostras referentes aos trabalhos da disciplina 0440420 - Mapeamento Geológico (2008) foram selecionadas para análise geoquímica e isotópica. Dados referentes a vinte e uma amostras de rochas metabásicas e afins analisadas pela aluna durante o período de Iniciação Científica também serão considerados neste trabalho (**Anexo III**).

5.2 Confecção de Mapas de Localização das Amostras

Para a confecção dos mapas 1:50.000 foi utilizada a base plani-altimétrica 1:50.000 do IBGE, a folha Tijucas do Sul (SG-22-Z-D-11-2, escala 1:50.000) e o software *ESRI® Arc Gis 9™, Arc Map Versão 9.1*. A área de estudo foi dividida em dois mapas sendo o primeiro referente aos Sertões do Valongo e de Santa Luzia (**Anexo IV**) e, o segundo, à região da Ponta do Engodo, norte de Itapema-SC (**Anexo V**). Foram destacadas as amostras analisadas pela aluna no período de Iniciação Científica e no presente trabalho.

5.3 Petrografia

De todas as amostras coletadas na atividade de campo realizada em Maio de 2010, apenas quatro estavam em condições de serem laminadas. Assim, foi feita a compilação desses dados com os dados referentes aos trabalhos da disciplina 0440420 - Mapeamento

Geológico (2003 e 2008), à Monografia de Trabalho de Formatura (044500 - Trabalho de Formatura) de Flávio Henrique Remédio (TF-08/22) e às análises realizadas durante a Iniciação Científica da aluna (FAPESP, processo: 2007/58866-2).

5.4 Confeção de Mapa Geológico-Estrutural, Seções e Coluna Litoestratigráfica

Os mapas geológico-estruturais das regiões que compõem a área estudo foram confeccionados a partir de observações e dados coletados em campo, além da utilização do acervo do Instituto de Geociências (IGc-USP) com dados estruturais e descrições referentes a trabalhos da disciplina Mapeamento Geológico - 0440420 (1992, 2003, 2004 e 2008) e à Monografia de Trabalho de Formatura (044500 - Trabalho de Formatura) de Flávio Henrique Remédio (TF-08/22).

A partir da confecção dos mapas foi possível a escolha de seções para a visualização do empilhamento da sequência do Grupo Brusque e assim, definir o posicionamento das unidades em uma coluna litoestratigráfica.

5.5 Preparação de Amostras

5.5.1 Geoquímica em Rocha Total

Essa análise visa caracterizar a geoquímica das rochas metassedimentares e turmalinitos coletados, além de auxiliar na identificação de possíveis áreas fontes dos sedimentos. Oito amostras de rochas metassedimentares e duas de turmalinitos foram preparadas para este trabalho. Dados de vinte e uma amostras de metabasitos referentes à Iniciação Científica já foram interpretados.

A preparação foi realizada pela aluna no Laboratório de Preparação e Separação de Amostras do Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo-USP). As amostras foram quebradas com martelo de geólogo evitando-se as porções alteradas e contatos com serra ou tinta de caneta. Tais fragmentos foram triturados manualmente em pilão de aço inoxidável. O material (um pote médio) de cada amostra foi separado e pulverizado no moinho de disco. O pó de cada amostra foi enviado ao Laboratório de Química do Instituto de Geociências - USP para análise dos elementos maiores, traços e Terras Raras (ICP-MS e FRX).

5.5.2 Geoquímica Isotópica em Rocha Total (Sr, Nd e Pb naturais)

Com o intuito de caracterizar a isotopia das rochas metassedimentares e definir a proveniência dos sedimentos que preencheram a paleobacia do Brusque foi realizada a

análise química em rocha total pelos métodos Rb-Sr, Sm-Nd e Pb-Pb. Resultados de vinte e uma amostras de rochas metabásicas referentes ao Projeto de Iniciação Científica também serão apresentados.

O mesmo material preparado para as análises de geoquímica foi utilizado para as análises isotópicas. Após a etapa de preparação, as amostras seguiram para os laboratórios Rb-Sr, Sm-Nd e Pb-Pb do CPGeo-USP, onde foram obtidas as razões isotópicas. Os dados foram tratados utilizando-se o *Isoplot/Ex 3.0*.

5.5.3 Datação U-Pb (LA-ICP-MS) em Zircão Detrítico

Para a realização do estudo de proveniência das rochas metassedimentares que compõem a sequência do Grupo Brusque foram selecionadas três amostras (**Anexo III**) coletadas durante a atividade de campo de Maio de 2010. Dessas amostras foram separados grãos de zircão detrítico para datação pelo método U-Pb, técnica LA-ICP-MS.

A preparação foi realizada pela aluna no Laboratório de Preparação e Separação de Amostras do CPGeo-USP. As amostras foram britadas, passadas no moinho de disco e peneiradas. Assim, foram obtidas duas frações granulométricas para cada amostra: menor que 250µm e entre 100 e 250µm. Todas as frações da amostra TFM-34 foram passadas na mesa vibratória para concentração dos minerais pesados. A fração 100-250µm referente a cada uma das outras amostras (TFM-30 e TFM-26A) passou pelo mesmo processo. Os pesados (caneca 1) foram levados ao separador magnético *Frantz* (0.4 A; 10° de inclinação) após passarem pelo ímã de mão. A porção não magnética de cada amostra foi levada à capela para tratamento em líquidos densos (bromofórmio e iodeto). Os pesados recolhidos foram passados mais uma vez no *Frantz* (0,5 a 1 A; 10° de inclinação).

Com o material resultante foi feita a catação manual dos grãos. Todas as diferentes morfologias foram selecionadas a fim de se realizar um estudo geral e imparcial da proveniência dos sedimentos do Grupo Brusque. Foram separados cerca de 150 grãos para cada amostra (TFM-30 e TFM-26A). Já a amostra TFM-34 gerou dúvidas quanto à presença ou não de zircão. Desta forma, cerca de 40 grãos foram selecionados e colocados em ácido fluorídrico por cerca de 24 horas. A partir disso foi realizada a separação priorizando grãos como os não atacados pelo ácido.

Os grãos selecionados foram então montados em um *mount* (diâmetro em torno 2,5 cm) polido e metalizado. Em seguida, foi feito o imageamento no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) por Catodoluminescência (CL). O material também foi fotografado na lupa com luz transmitida. As imagens obtidas possibilitaram a visualização da estrutura interna dos grãos. Isso permitiu definir os locais (spots com diâmetro de 29 µm) mais propícios para serem atingidos pelo feixe de laser, garantindo maior confiabilidade à análise.

As análises foram realizadas no Laboratório de Espectrometria de Massa do CPGeo-

USP com a utilização do sistema LA-MC-ICP-MS com espectrômetro *Neptune* da *Thermo Scientific* e laser *Excimer* (ANALYTE.193V) da *Photon Machine*. Para cada amostra (TFM-30 e TFM-26A) foram datados 75 grãos. Na amostra TFM-34 havia zircão, porém de baixíssimo teor de urânio, portanto, não datáveis.

Outras três amostras coletadas estavam sendo preparadas no CPGeo-USP para datação U-Pb (SHRIMP), porém essas análises adicionais não ficaram prontas a tempo de serem apresentadas nessa Monografia de Trabalho de Formatura.

5.5.4 Datação U-Pb (SHRIMP) em Zircão

O magmatismo básico do Grupo Brusque foi tema do Projeto de Iniciação Científica "Caracterização isotópica (Nd, Sr e Pb) e idade U-Pb do magmatismo básico do Grupo Brusque no Estado de Santa Catarina – SC" (FAPESP - Processo: 2007/58866-2) realizado pela aluna. Nesse projeto foi preparada uma amostra para extração de grãos de zircão a serem datados pelo método U-Pb (SHRIMP). Os resultados obtidos serão apresentados nesse trabalho.

A amostra (IT-VIII-40) corresponde ao metagabro da região do Sertão de Santa Luzia. A preparação da mesma seguiu os procedimentos descritos no item 5.5.3.

6. Desenvolvimento do Trabalho

O cronograma proposto no Projeto Inicial sofreu algumas modificações ao longo do trabalho. A atividade de campo foi realizada com um mês de atraso devido aos compromissos acadêmicos referentes a outras disciplinas tanto da aluna quanto do orientador. Isso gerou atrasos nas atividades seguintes. Com isso, os resultados das análises laboratoriais não puderam ser apresentados no Relatório de Progresso.

Na atividade de campo foi realizada a coleta de amostras para estudos geoquímicos, isotópicos e geocronológicos, além de dados estruturais e relações estratigráficas. Não foi possível realizar a análise petrográfica das dez amostras sugeridas no cronograma inicial devido ao estado de alteração das rochas coletadas em campo. Entretanto, fez-se a compilação dos dados já disponíveis no Instituto de Geociências (USP). A partir dessa compilação e da análise dos dados obtidos, foi possível a elaboração do mapa geológico-estrutural da área de estudo e de seções geológicas. Com isso, as unidades do Grupo Brusque foram posicionadas litoestratigraficamente.

A preparação das amostras para as análises laboratoriais envolveu a criação de um Projeto no CPGeo-USP. Foi necessária a apresentação das amostras e indicação dos estudos pretendidos. A aprovação desse Projeto (Projeto E92, Etapas 1 e 2) foi demorada devido ao número de análises pretendidas e discussões sobre o tempo necessário para sua

conclusão. Isso gerou mais atrasos no cronograma devido à impossibilidade de se iniciar a preparação antes do Projeto ser aprovado. Resolvido esse impasse, dez amostras foram preparadas para geoquímica e isotopia. Todo o processo levou cerca de um mês e meio, desde a apresentação do projeto até o encaminhamento das amostras aos laboratórios respectivos. Os resultados de geoquímica foram obtidos nos meses de Setembro (FRX) e Outubro (ICP-MS) e os de isotopia, em Outubro. Assim, restou apenas um mês para análise e discussão dos resultados. A datação de grãos detríticos de zircão foi realizada no Laboratório de Espectrometria do CPGeo-USP na presença da aluna no início do mês de Agosto.

Para a finalização do projeto e apresentação dessa Monografia de Trabalho de Formatura restaram etapas essenciais tais como a conclusão das análises nos laboratórios de Química e Isotopia e recebimento dos resultados referentes às datações U-Pb dos grãos de zircão detrítico. De posse desses dados, foi possível a interpretação e discussão dos mesmos. Os resultados foram apresentados por meio de tabelas, diagramas discriminantes, gráficos de correlação e histogramas.

Os custos decorrentes das análises laboratoriais e da saída de campo foram bancados com as reservas do Projeto Temático "A América do Sul no contexto dos supercontinentes, Fusão e Fissão" (FAPESP n°: 2005/58688-1) sob coordenação do orientador deste trabalho, Prof. Dr. Miguel Angelo Stipp Basei.

O cronograma das atividades realizadas no período de trabalho é apresentado na **Figura 1**.

Atividades	Período (09 meses)									
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	
Revisão e pesquisa bibliográfica										
Trabalho de campo										
Confecção das lâminas delgadas										
Preparação de amostras: geoquímica, isotopia										
Preparação de amostras: geocronologia										
Confecção do mapa geológico-estrutural										
Análises petrográficas										
Elaboração da coluna litoestratigráfica										
Análises isotópica, geoquímica e geocronológica										
Integração e interpretação dos resultados										
Preparação da Monografia										

Figura 1 – Cronograma atualizado das atividades realizadas.

7. Resultados Obtidos

7.1 Petrografia

A partir da compilação dos dados referentes aos trabalhos da disciplina 0440420 - Mapeamento Geológico (2003 e 2008), da Monografia de Trabalho de Formatura de Flávio Henrique Remédio (TF-08/22) e do Projeto de Iniciação Científica (FAPESP, processo: 2007/58866-2) realizado pela aluna, foram descritas as unidades observadas em campo.

O Grupo Brusque, a sul do batolito Valsungana, é caracterizado por uma sequência metavulcanossedimentar sotoposta pela sequência metassedimentar descrita apenas para a região do Morro do Carneiro no Sertão do Valongo. Ao todo foram descritas oito unidades: rochas metabásicas com intercalações de clorita-(tremolita) xisto, rochas calcissilicáticas, turmalinito, biotita-quartzo-muscovita xisto, filito sericítico, quartzito com muscovita metarritmito e metaconglomerado.

Os metabasitos do Sertão do Valongo e do Sertão de Santa Luzia caracterizam-se por cor verde e estrutura maciça à foliada, por vezes com bandamento irregular (**Anexo VI - A**). Veios de quartzo cortam a foliação de maneira oblíqua a perpendicular (**Anexo VI - B**). Quando maciça, nota-se textura granonematoblástica com hornblenda, plagioclásio, opacos, epidoto, além de zircão e apatita subordinados (**Anexo VI - C**). Texturas ígneas reliquias como blastoporfírica e blastoamigdaloidal (**Anexo VI - D**) também são observadas. Essas são condicionadas pela presença de agregados de plagioclásio tabular, quartzo ou piroxênio prismático. Quando foliadas essas rochas apresentam textura nematoblástica com a foliação principal S₂ dada pela orientação de hornblenda, além de biotita e actinolita subordinadas. Titanita e opacos xenomórficos, além de lentes de quartzo, também seguem a foliação (**Anexo VI - E**). Os cristais de plagioclásio e quartzo estão arranjados em textura granoblástica poligonal a interlobada. As rochas bandadas apresentam bandas milimétricas ricas em anfibólio e epidoto (possivelmente ígneo) intercaladas com bandas de plagioclásio e quartzo subordinado. A paragênese observada, hornblenda + actinolita, indica condições de metamorfismo barrowiano do fácies anfibolito inferior.

Rochas metabásicas maciças com leitos carbonáticos (**Anexos VI - F e VII - A**) e níveis mais xistosos intercalados são observados na Pedreira da Prefeitura, região do Sertão de Santa Luzia. Esses níveis lepidoblásticos correspondem a biotita xistos. Foi realizada uma tentativa de coleta e extração de grãos de zircão desse material (amostra TFM-34), porém a contaminação era grande. É provável que não tenha sido coletado apenas níveis metassedimentares.

Na região da Ponta do Engodo, em Itapema, tem-se rochas com estrutura xistosa e textura granonematoblástica poligonal a interlobada. Actinolita, além de titanita e opacos marcam a foliação principal. Agregados de plagioclásio granular zonado e quartzo com

extinção ondulante podem indicar textura blastoporfirítica. Cristais de epidoto são encontrados inclusos no anfibólio e no plagioclásio. A presença de actinolita indica fácies xisto verde.

Lentes de clorita-tremolita xisto e rochas calcissilicáticas ocorrem intercaladas às rochas metabásicas na área estudada. Na região do Morro do Carneiro, nota-se, próximo às drenagens, a ocorrência de rochas com tremolita e actinolita prismáticas, além de clorita muito fina. A estrutura varia de maciça à foliada. Quartzo e opacos podem ocorrer estirados acompanhando a foliação. Agregados de plagioclásio tabular e/ou epidoto granular a xenoblástico indicam textura blastoamigdaloidal. A paragênese aponta fácies xisto verde.

As rochas calcissilicáticas afloram sem continuidade como blocos rolados na região do Sertão do Valongo e Santa Luzia. A rocha apresenta bandamento composicional milimétrico a centimétrico com bandas nematoblásticas equigranulares finas a grossas compostas por hornblenda prismática e biotita subordinada intercaladas a bandas de granulação média a grossa compostas por quartzo, minerais carbonáticos e lentes finas de quartzo relacionado a depósitos de "chert". Muscovita, grafita, biotita, opacos e clorita podem ocorrer. Epidoto e clinopiroxênio podem estar presentes como porfiroblastos em lentes de granulação grossa, ou finos e xenomórficos dispersos pela rocha. Próximo ao Morro do Carneiro tem-se rochas calcissilicáticas granonematoblásticas, de granulação fina, compostas por hornblenda, plagioclásio, quartzo, microclínio e minerais carbonáticos.

A unidade do turmalinito aflora na porção sudoeste do Sertão do Valongo, região conhecida como Rio do Oliveira, como blocos e matacões rolados (**Anexo VII - B**). Apresenta bandamento milimétrico com bandas de granulação fina a muito fina de turmalina prismática a granular e bandas de quartzo muito fino com contatos serrilhados e minerais opacos. Estaria associado a depósitos de "chert". Crenulação centimétrica e lentes turmaliníticas muito finas dobradas intrafolialmente são comuns.

A unidade do biotita-quartzo-muscovita xisto aflora em grande parte da região do Sertão do Valongo e ocorre de forma localizada no Morro do Carneiro. Apresenta cor roxa avermelhada quando alterada em cortes de estrada e exposições em planta contínuas. A rocha apresenta bandamento mineral centimétrico a milimétrico com níveis quartzosos intercalados a níveis micáceos. Nas bandas quartzosas tem-se textura granoblástica poligonal a interlobada dada por cristais de quartzo com extinção ondulante. Nas bandas micáceas tem-se muscovita, quartzo, biotita, opacos e, subordinadamente, clorita fina em textura lépidogranoblástica inequigranular. Turmalina prismática, epidoto fino e apatita muito fina ocorrem como minerais acessórios. A foliação principal plano-axial S2 crenulada (**Anexo VI - G**) apresenta microestruturas como arcos poligonais e dobras intrafoliais da S1.

Há variações para cianita-granada-biotita-quartzo-muscovita xisto na região de Itapema, com afloramentos na BR-101 onde é cortado por leucogranito turmalinífero do Granito Itapema ou Morro do Boi (**Anexo VII - C**). Essa rocha apresenta granada porfiroblástica

sendo contornada pela foliação principal S2 e, por vezes, estirada e com sombra de pressão. Apresenta inclusões de quartzo e biotita. Lentes de quartzo interlobado a serrilhado e cristais de plagioclásio também são contornados pela foliação. Arcos poligonais indicam a foliação S1 com S2 plano-axial. Porfiroblastos de cianita ocorrem orientados e dobrados segundo a foliação principal (**Anexo VI - H**). A paragênese observada indica metamorfismo do fácies anfíbolito, zona da cianita.

O quartzito ocorre por toda a região do Sertão do Valongo e Sertão de Santa Luzia. No Morro do Carneiro, aflora em escarpas e cortes de estradas e drenagens. Apresenta textura granoblástica com leitos lepidoblásticos subordinados compostos por muscovita/sericita e clorita. No domínio do Sertão do Valongo e de Santa Luzia, o quartzito apresenta bandamento milimétrico com bandas quartzíticas de granulação fina intercaladas a bandas de granulação grossa, por vezes com leitos lepidoblásticos dados por muscovita, biotita e clorita orientadas (**Anexo VI - I**). Apresenta grãos de quartzo recristalizados, com extinção ondulante e contatos serrilhados em textura granoblástica, além de opacos euhédricos a xenomórficos seguindo a orientação da mica. Como mineral acessório tem-se turmalina fina a média e clorita muito fina.

Intercalada a unidade do xisto na região do Sertão do Valongo ou na forma de lentes em meio ao metarritmito do Morro do Carneiro, tem-se o filito sericítico. Aflora com alto grau de alteração em drenagens ou como blocos rolados, além de cortes de estradas (**Anexo VII - D**). A rocha possui estrutura xistosa, granulação muito fina e é composta por sericita, quartzo e, subordinadamente, clorita.

A unidade do metarritmito aflora na base do Morro do Carneiro em escarpas de até 15m e em exposições em planta contínuas. Há ocorrências locais na região do Sertão do Valongo. Apresenta cor de alteração roxa avermelhada e bandamento milimétrico a centimétrico, contínuo e crenulado (**Anexo VII - E**). Tem-se níveis quartzíticos, inequigranulares muito finos a finos intercalados com leitos de material mais pelítico em textura lepidoblástica dada pela orientação de sericita e clorita.

Restrito a escarpas de até 20 m no topo do Morro do Carneiro, o metaconglomerado apresenta cor cinza com clastos centimétricos brancos e estirados (**Anexo VII - F**). A rocha possui textura porfiroblástica sustentada pela matriz. Possui cristais idiomórficos a subidiomórficos de magnetita, granada porfiroblástica arredondada rotacionada a xenomórfica (**Anexo VI - J e K**) e quartzo com contatos poligonais a interlobados. Os clastos são de ortoquartzito e, por vezes, de quartzito fino. A matriz mostra-se bandada milimetricamente onde se alternam lentes quartzíticas e lentes ricas em muscovita, opacos xenomórficos e biotita. Esses leitos lepidoblásticos apresentam foliação milonítica com pares S-C bem marcados, além de cristais de quartzo sigmoidais (**Anexo VI - J e K**). A assembléia mineral composta por quartzo, muscovita, biotita e granada indica metamorfismo barrowiano do fácies xisto verde.

7.2 Litoestratigrafia do Grupo Brusque na Área de Estudo

Através das descrições petrográficas e dos mapas geológicos e seções confeccionadas (**Anexos XV e XVI**), foi possível definir as sequências estratigráficas que compõem o Grupo Brusque na área estudada e posicioná-las em uma coluna litoestratigráfica (**Anexo VIII**).

A sequência metavulcanossedimentar foi posicionada na base da coluna, sob a sequência de rochas metassedimentares encontradas na região do Morro do Carneiro. Esses dois conjuntos são separados por uma superfície de cavalgamento oblíqua à foliação milonítica do Morro do Carneiro. Migmatitos e granitóides neoproterozóicos do Complexo Camboriú são observados em contato tectônico com o Grupo Brusque na Serra da Miséria (migmatito Morro do Boi). Suítes graníticas intrusivas (Valsugana, Nova Trento e São João Batista) afloram na porção noroeste do Sertão do Valongo e em grande parte da região de Itapema em meio à sequência do Grupo Brusque, onde também aflora o Granito Morro do Boi ou Itapema. A relação deste com o Brusque é dita intrusiva (Bitencourt & Nardi 2003 *apud* Hartmann *et al.* 2003). Na parte sudeste da área, nota-se a Zona de Cisalhamento Major Gercino colocando em contato tectônico o Grupo Brusque e os granitóides do Batolito Florianópolis.

A associação de rochas vulcânicas da sequência metavulcanossedimentar do Grupo Brusque apresenta, localmente, contribuição químico-exalativa. Com isso, tem-se as rochas metabásicas associadas às calcissilicáticas sotopostas pela unidade do turmalinito. As unidades do quartzo-muscovita xisto com biotita, granada e cianita, do filito sericítico e do muscovita quartzito com turmalina completam a sequência. Nota-se que a ocorrência de rochas metabásicas e afins não é ampla como a das rochas metassedimentares. Isso indica que o vulcanismo na paleobacia do Brusque não afetou a bacia como um todo. A intercalação desses litotipos, bem como a presença de texturas reliquiares nos metabasitos indicam derrames básicos subaquosos. Segundo Basei *et al.* (1994) e Philipp *et al.* (2004), essa sequência estaria relacionada a um ambiente de *rift* com sedimentação marinha vulcânica básica com contribuição químico-exalativa. Esse rifteamento seria responsável pela fragmentação de crosta antiga representada, em parte, pelo Complexo Camboriú (Philipp 2008).

A sequência metassedimentar é observada na *klippe* Morro do Carneiro, região do Sertão do Valongo. Possui na base metarritmico com alternância de níveis quartzíticos e sericíticos. Acima, tem-se quartzito, quartzo-muscovita xisto e, no topo, metaconglomerado com clastos de quartzo/quartzito estirados. Essa sedimentação indica evolução relacionada a ambiente mais distal com turbiditos de leques submarinos (Basei *et al.* 1994; Philipp *et al.* 2004). A presença do conglomerado pode estar associada às movimentações tectônicas da fase de deformação D2.

O contato entre as sequências metavulcanossedimentar e metassedimentar é tectônico, uma vez que a superfície de cavalgamento é oblíqua à foliação do pacote inferior. Esse evento seria posterior ao evento principal D2, porém anterior à fase D3, pois a sequência do Morro também é afetada pelos dobramentos de D3 e D4 (Remédio 2008). A foliação na região do Morro do Carneiro é milonítica (S2) e orientada segundo NW-SE com mergulho para SW. É evidenciada pela presença de estiramento mineral, clastos sigmoidais (**Anexo VII - F**) e indicadores cinemáticos com topo para NE, além de crenulação assimétrica no metarritmito. Essas feições sugerem que a sequência metassedimentar do Morro do Carneiro é alóctone sendo classificada como *klippe* por Remédio (2008).

As unidades do Grupo Brusque encontram-se dobradas devido à série de eventos deformacionais ligados às orogêneses brasileiras e à geração de zonas de cisalhamento. Regimes compressivos e transcorrentes levaram à formação das feições estruturais que podem ser observadas no mapa geológico-estrutural da região do Sertão do Valongo (**Anexo XV**). Nessa área, nota-se a presença de uma mega-estrutura sinformal com eixo NE-SW mergulhando para SW. Lateralmente são observadas antiformas com eixos sub-paralelos. Além desse dobramento, tem-se lineamentos regionais de direção NE-SW. Com a mesma orientação notam-se os contatos litológicos, as zonas de cisalhamento e as medidas de foliação principal (componente horizontal) e lineações minerais e de estiramento (Remédio 2008).

Na coluna litoestratigráfica é representado o posicionamento original tentativo do Grupo Brusque na área estudada, porém devido aos cavalgamentos e transcorrências, tem-se uma série de lascas tectônicas imbricadas na sequência. Essas lascas podem ser observadas nas seções geológicas apresentadas (**Anexos XV e XVI**) e são indicadas, em campo, pela ocorrência de lentes de quartzo estiradas e dobradas, lineações minerais, porfiroblastos boudinados em metabasitos e rochas xistosas, além de variações/repetições de zonas metamórficas (Philipp *et al.* 2004).

A evolução tectono-metamórfica do Grupo Brusque foi marcada por eventos polifásicos de deformação associados a metamorfismo e injeções magmáticas. A foliação metamórfica S1 é considerada paralela ao acamamento original S0 e é representada por dobras intrafoliais de charneira espessada e arcos poligonais com foliação plano-axial S2. A foliação metamórfica S2, de direção, no geral, NW-SE e caimento para SW, foi gerada durante o evento colisional D2, brasileiro, associado ao encurtamento crustal com cavalgamentos de baixo ângulo e transporte de topo para NE. Essas estruturas de empurrão são responsáveis pela intercalação tectônica de lascas e geração de lineação de estiramento mineral E-W com caimento para W. A intrusão de corpos tabulares de leucogranitos peraluminosos com turmalina e granada subordinadas está vinculada a evolução da superfície S2.

O evento D3 de deformação dúctil a dúctil-rúptil foi responsável pela formação das zonas de cisalhamento de alto ângulo (Major Gercino e Itajaí-Perimbó) associadas à colocação do granito Valsungana com metamorfismo de contato nas bordas (Philipp *et al.* 2004). Essas estruturas condicionaram os lineamentos regionais NE-SW citados e estão associadas a dobras normais com clivagem de crenulação (S3) orientada segundo NNW-SSW mergulhando para WSW, além de lineações de crenulação (L3) com caimento para W. Um possível evento D4 estaria relacionado a mega-estruturas com plano-axial (S4) sub-vertical (Remédio 2008).

7.3 Geoquímica

Vinte e uma amostras de rochas metabásicas referentes ao Projeto de Iniciação Científica, foram analisadas (elementos maiores, traços e terras raras) no laboratório ACME (ACME Analytical Laboratories Ltd.) do Canadá por meio da Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Acoplamento Indutivo (ICP-MS). Oito amostras de rochas metassedimentares e duas de turmalinitos foram preparadas e analisadas (FRX e ICP-MS) no Laboratório de Química do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Todos os dados são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 (Anexo IX).

As Tabelas 1 e 2 (Anexo IX) mostram que os metabasitos apresentam composição básica com teor de sílica entre 45 e 52%. Tem-se ainda rochas ultrabásicas cujo teor de sílica é menor que 45%, além de três amostras de composição intermediária. Nota-se a semelhança composicional com as amostras analisadas por Campos (2007).

Os diagramas de variação entre o número de magnésio ($\#Mg_{\text{molar}} = MgO/FeOt+MgO$ onde $FeOt = Fe_2O_3 + FeO$ e $FeO = Fe_2O_3 * 0,89981$) e os elementos maiores e traços (Figura 2), quando comparados com os dados de Campos (2007), apresentam boa correspondência sendo os *trends* principais (curvilíneos a retilíneos) sempre equivalentes. Para os elementos maiores tem-se, com o aumento do $\#Mg$, o aumento dos teores de MgO , P_2O_5 , Fe_2O_3 e a diminuição dos teores de Al_2O_3 e Na_2O . Os pontos referentes a Fe_2O_3 , CaO , encontram-se dispersos indicando que tais elementos foram afetados durante os processos pós-magmáticos. O teor de K_2O mostra-se pouco sensível à variação do número de magnésio sendo levemente negativo. Enquanto isso, para as amostras da Ponta do Engodo e Sertão do Valongo nota-se correlação negativa do teor de TiO_2 com magnésio. O contrário ocorre com as amostras referentes ao Sertão de Santa Luzia. A correlação positiva com P_2O_5 indica que a apatita começou a cristalizar na fase inicial de diferenciação magmática.

A disposição dos elementos traços obtida com os dados presentes equivale aos resultados de Campos (2007). Com o fracionamento magmático do Mg, tem-se a diminuição dos teores de Ni e Co (em tendências retilíneas) e aumento de Sr (tendência curvilínea), para todas as amostras. A correlação positiva entre teores de Ni e Mg pode indicar o

fracionamento da olivina a qual não é observada nas amostras. O teor de Zr apresenta correlação positiva para as amostras do Sertão de Santa Luzia. Para as outras regiões não há grande variação no teor de Zr. Em todas as regiões, nota-se o espalhamento dos pontos referentes ao teor de Y. Já o teor de Nb, apesar da dispersão, indica correlação positiva com as amostras do Sertão de Santa Luzia e negativa para o Sertão do Valongo.

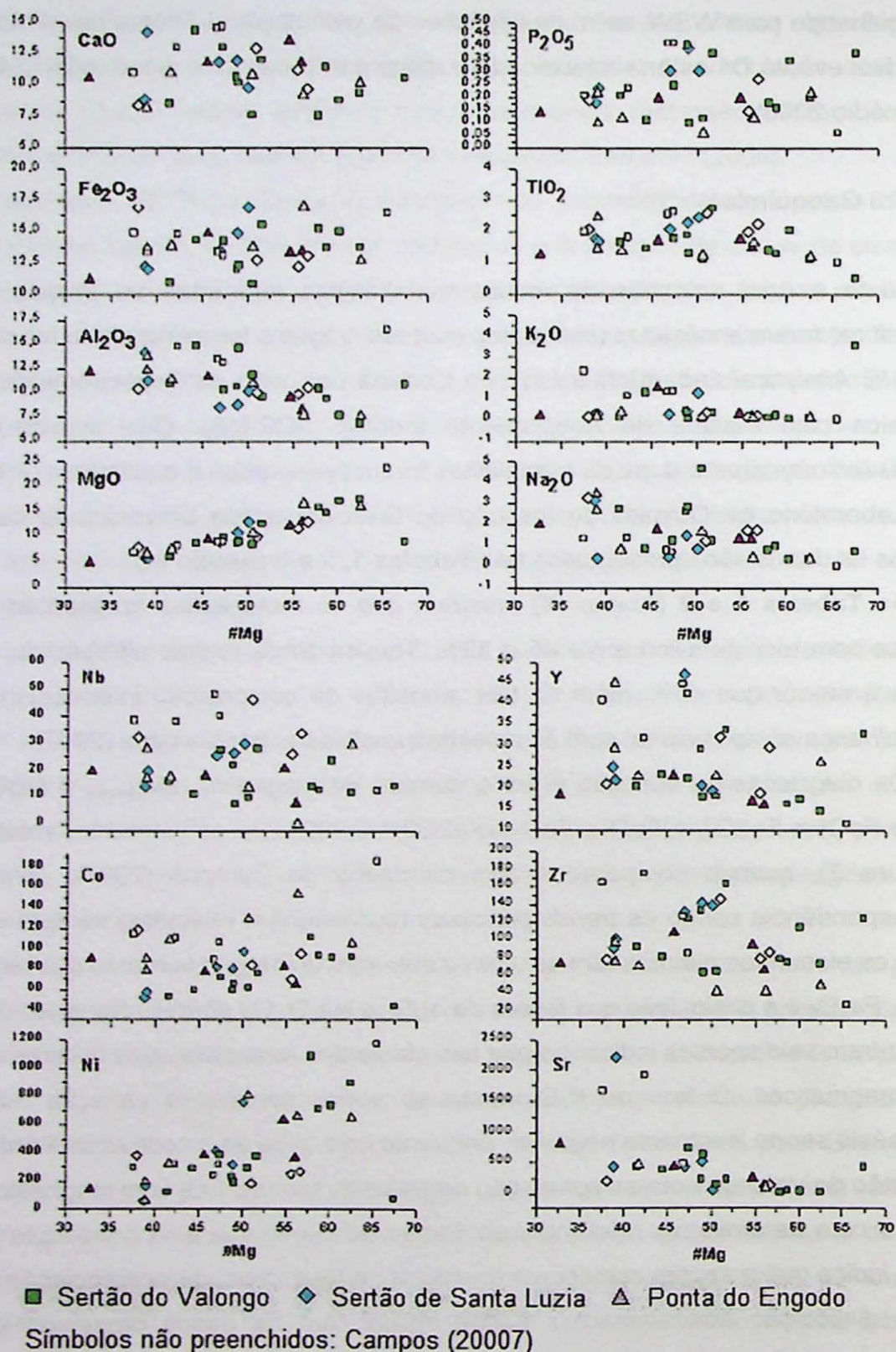


Figura 2 - Diagramas de variação dos elementos maiores (óxidos - % em peso) e traços (ppm) com o número de magnésio (#Mg).

Estes dados não indicam grandes diferenças geoquímicas entre os metabasitos das três regiões estudadas. É possível dizer que possuem composição similar aos seus correspondentes ígneos enriquecidos em elementos crustais, bem como propôs Philipp (2008).

Os diagramas utilizados para a classificação e determinação das séries magmáticas também apontam resultados semelhantes àqueles apresentados em Campos (2007). No diagrama AFM (**Figura 3A**) de Irvine & Baragar (1971), a disposição dos pontos indica que apenas uma das amostras não possui caráter toleítico. O diagrama total de álcalis *versus* sílica (**Figura 3C**) em Ludka & Wiedemann (2002) mostra que as amostras ocupam, de maneira predominante, os campos dos picritos e basaltos de caráter subalcalino. As amostras referentes ao Sertão do Valongo apresentam maior variação composicional se comparadas às amostras da Ponta do Engodo e do Sertão de Santa Luzia. No diagrama de Jensen (1986) (**Figura 3B**) nota-se a disposição das amostras entre os campos dos basaltos komatiíticos e os toleítos de alto ferro. Apenas uma amostra situa-se no campo dos toleítos de alto magnésio. O espalhamento dos pontos analíticos é menor se comparado ao que foi encontrado por Campos (2007) e aparentemente independe da região de coleta.

No diagrama de Pearce & Cann (1973) (**Figuras 3D**), há menor espalhamento das amostras em relação a Campos (2007) com concentração no campo dos basaltos intraplaca. Diagramas de discriminação tectono-magmática devem ser usados com cautela para rochas pré-cambrianas uma vez que foram elaborados com base em eventos fanerozóicos. Não se têm indícios de relação entre os metabasitos estudados e ambiente de subducção.

Os Elementos Terras Raras (ETR) foram normalizados para o condrito (Sun & McDonough 1989) e plotados em spidergramas (**Figura 4**). Na **Figura 4A**, nota-se que há considerável correlação entre as amostras. A abundância dos ETR normalizados indica padrão muito fracionado com enriquecimento em leves ($La/Sm=1,08-2,92$) e alto fracionamento dos ETR pesados ($Gb/Yb=1,65-4,84$). A amostra TF-3 apresenta padrão distinto dos demais, com altíssimo enriquecimento em ETR leves ($La/Sm=4,38$) e forte anomalia negativa de Eu (**Figura 4B**). Também foram encontradas anomalias negativas de Ce em boa parte das amostras (**Figura 4A e B**). Não são verificadas anomalias negativas significativas de Zr ou Y nas rochas ultrabásicas como àquelas observadas em Campos (2007).

Na **Figura 4C**, foram desenhadas as linhas correspondentes aos padrões encontrados em diferentes ambientes geotectônicos fanerozóicos. Observa-se que os teores de ETR assemelham-se ao padrão encontrado nos basaltos da Bacia do Paraná. Além disso, nota-se que a variação na distribuição dos elementos é maior nas rochas metabásicas relativamente às ultrabásicas de Campos (2007). Isso sugere a diferenciação do magma gerador por meio de fusão parcial.

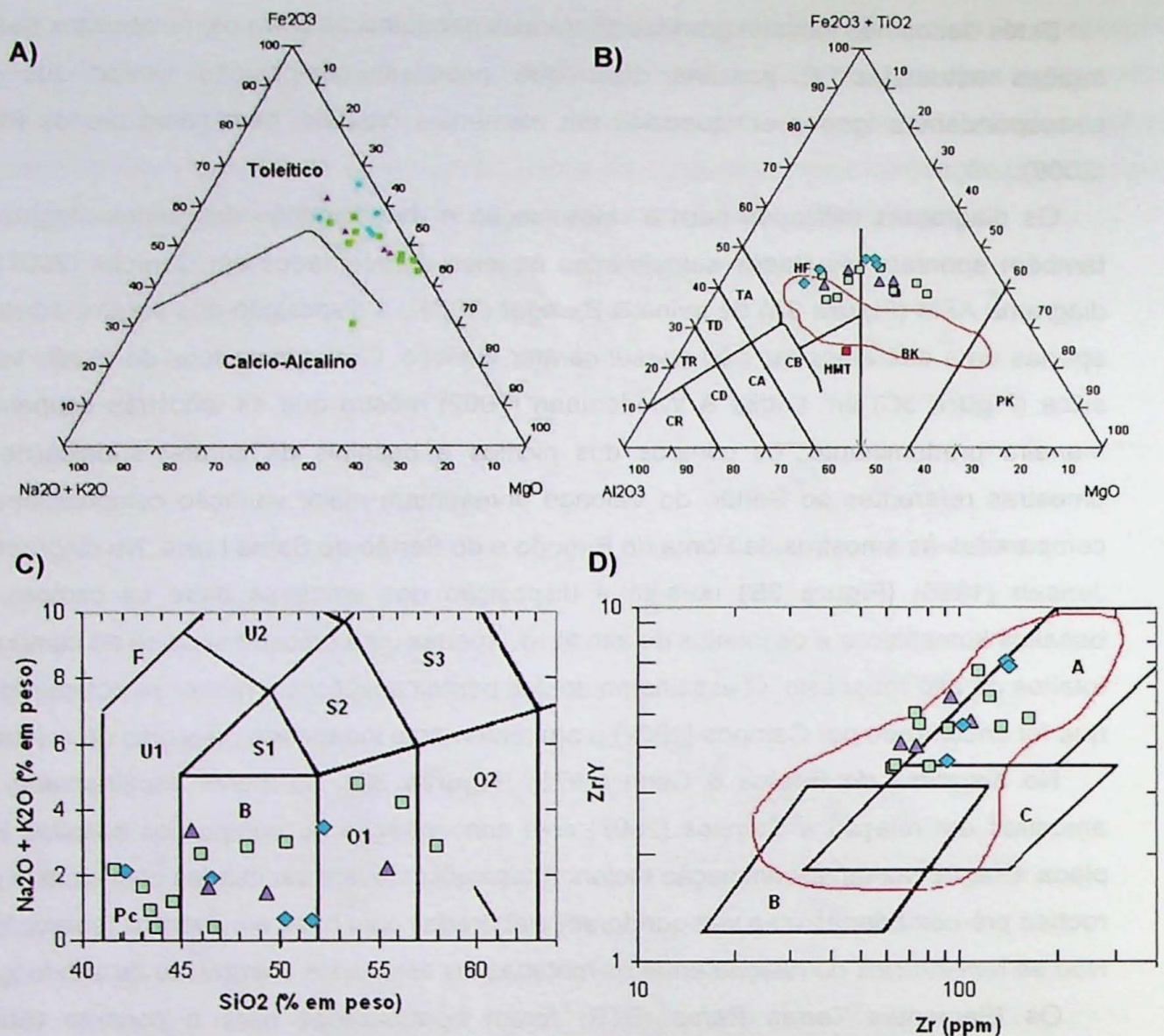


Figura 3 – Diagramas referentes às amostras de metabasitos do Grupo Brusque (Tabelas 1 e 2 – Anexo IX). A) Diagrama AFM proposto por Irvine & Baragar (1971). TF-3 é a única amostra calcio-alcálica. B) Diagrama de Jensen (1986 apud Campos 2007). Legenda: CR - riolito cálcio-alcálico; CD - dacito cálcio-alcálico; CA - andesito cálcio-alcálico; CB - basalto cálcio-alcálico; HMT - toleito de alto magnésio; BK - basalto komatiítico; PK - picrito komatiítico; HF - toleito de alto ferro; TA - andesito toleítico; TD - dacito toleítico; TR - riolito toleítico. C) Diagrama total de álcalis versus sílica (TAS), em Ludka & Wiedemann (2002). Legenda: F - foidito; Pc - picrobasalto; B - basalto; O1 - andesito basáltico; O2 - andesito; S1 - traquibasalto; S2 - traquiandesito basáltico; S3 - traquiandesito; U1 - tefrito; U2 - fonotefrito; D) Diagrama Zr – Zr/Y de Pearce & Cann (1973). Legenda: A - basaltos intra-placa; B - basaltos de arcos vulcânicos; C - MORB. Legenda de cores para todos os diagramas: Sertão de Santa Luzia - losango azul, Sertão do Valongo - quadrado verde; Ponta do Engodo - triângulo roxo. Resultados obtidos por Campos (2007): campo em vermelho. Quadrado vermelho: amostra TF-3.

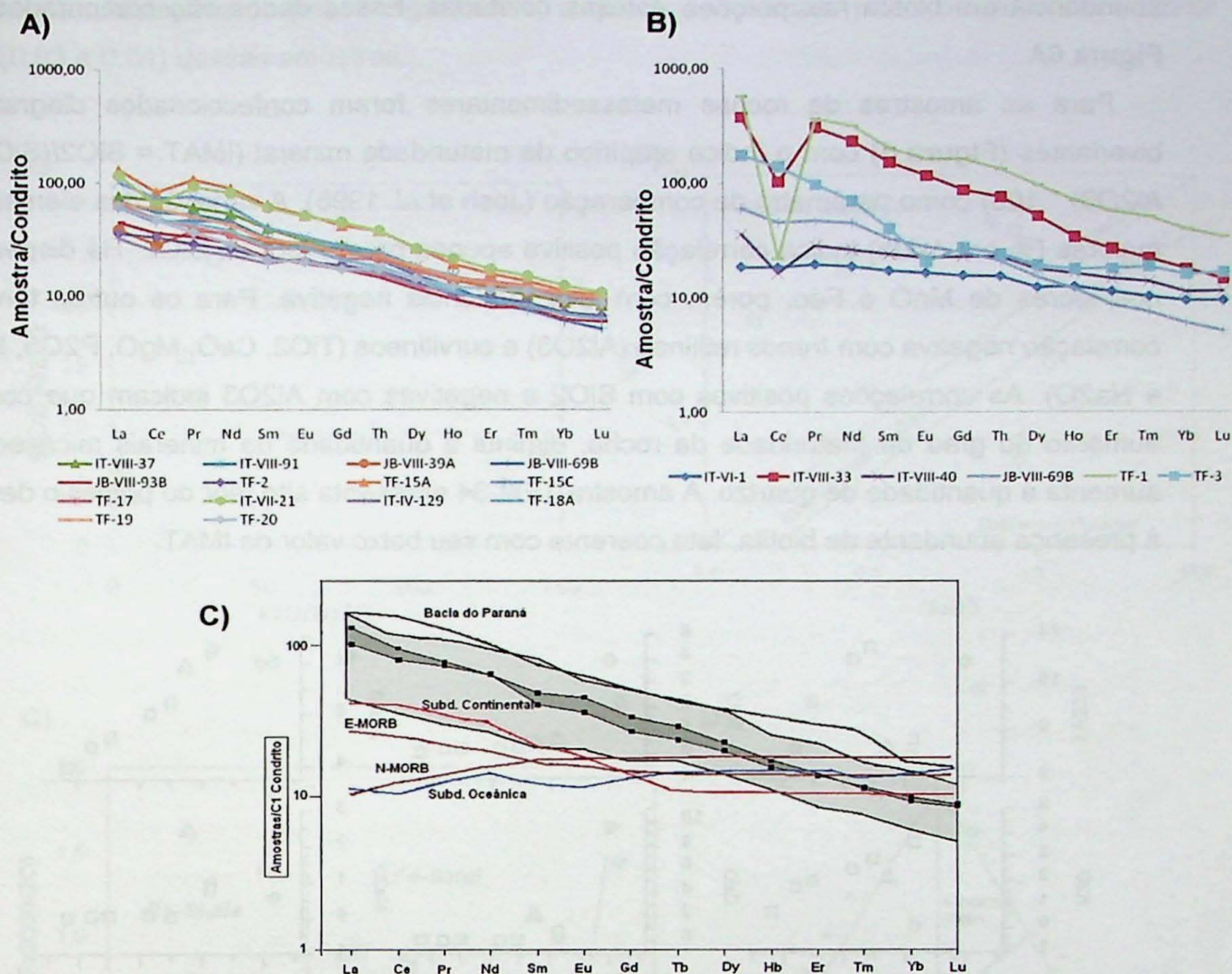


Figura 4 – A) e B) Spidergramas dos ETR normalizados para o condrito (Sun & McDonough 1989) relativos às amostras de metabasitos das Tabelas 1 e 2 (Anexo IX). C) Spidergrama com padrões comparativos para basaltos: E-MORB e N-MORB (Wilson 1989), Subducção oceânica (Wharton et al. 1995), Subducção Continental (Tormey et al. 1991), Toleítos continentais (Paraná Basin, Bellieni et al. 1986). Campos: cinza claro - metabasitos; cinza escuro - rochas ultrabásicas (Campos 2007).

As amostras de rochas metassedimentares analisadas apresentam teores de SiO₂ entre 63,37 e 90,09 (% em peso). Esse teor é menor na amostra de leitos de biotita-xisto associados a rochas metabásicas (TFM-34). Os teores de Al₂O₃ variam entre 3,76 e 13,05 sendo maiores nas amostras de turmalinitos e quando da presença de micas (TFM-34 e 126), além de cianita e granada (TFM-26). Assim, as razões SiO₂/Al₂O₃ obtidas são bastante altas e heterogêneas (5,41-23,96) independentemente da região de amostragem. Apenas nos turmalinitos e no biotita xisto associado à metabásica tem-se valores mais baixos. As razões K₂O/Na₂O também são altas e heterogêneas (0,82-33,50) com valores mais baixos nos turmalinitos. Na amostra TFM-34 tem-se alta razão (7,05) devido à

abundância em biotita nas porções xistosas coletadas. Esses dados são comparados na **Figura 6A**.

Para as amostras de rochas metassedimentares foram confeccionados diagramas bivariantes (**Figura 5**) com o índice empírico de maturidade mineral ($IMAT = SiO_2 / (SiO_2 + Al_2O_3) * 100$) como parâmetro de comparação (Josh *et al.* 1996). A variação dos elementos maiores (% em óxido) indica correlação positiva apenas para o teor de SiO_2 . Há dispersão nos teores de MnO e FeO , porém com leve tendência negativa. Para os outros tem-se correlação negativa com *trends* retilíneo (Al_2O_3) e curvilíneos (TiO_2 , CaO , MgO , P_2O_5 , K_2O e Na_2O). As correlações positivas com SiO_2 e negativas com Al_2O_3 indicam que com o aumento do grau de maturidade da rocha, diminui a quantidade de minerais micáceos e aumenta a quantidade de quartzo. A amostra TFM-34 apresenta alto teor de potássio devido à presença abundante de biotita, fato coerente com seu baixo valor de IMAT.

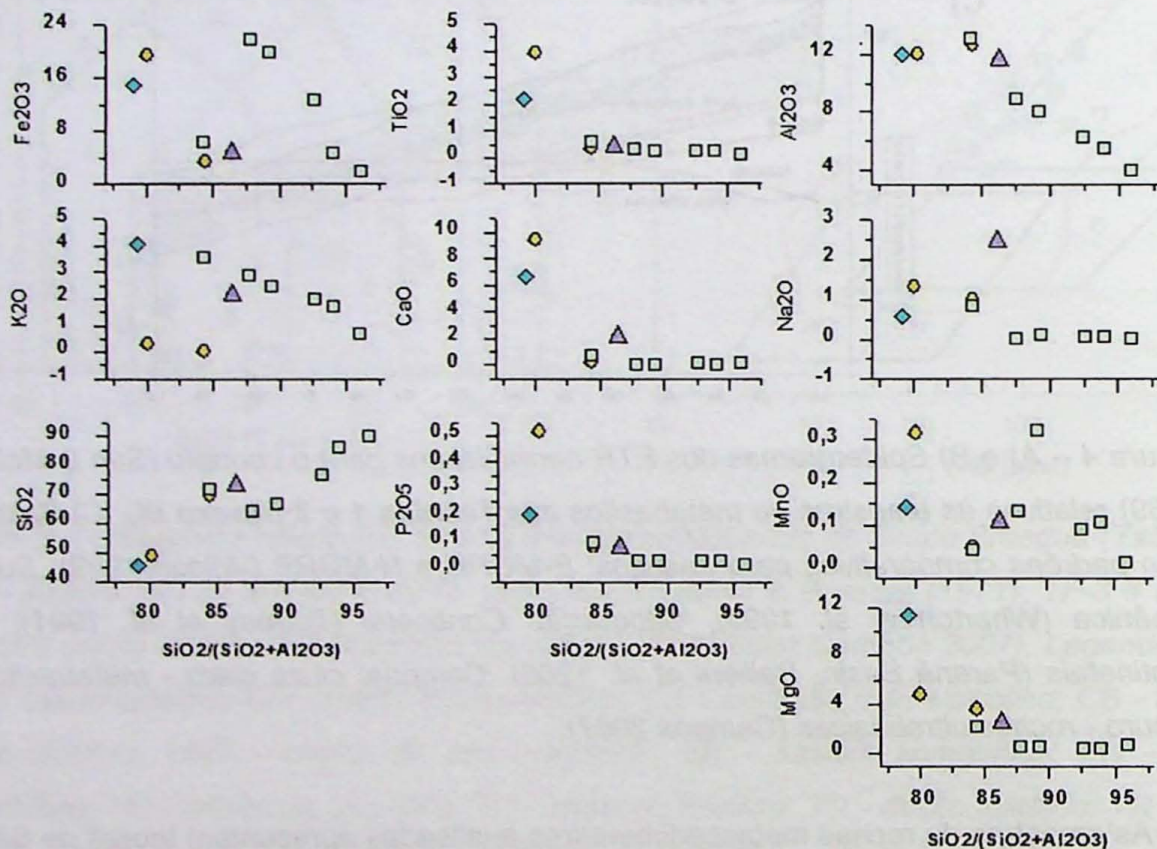


Figura 5 - Diagramas de variação dos elementos maiores (óxidos - % em peso) com o IMAT. Amostras da **Tabela 3 (Anexo IX)**. Legenda: Sertão de Santa Luzia (losango azul), Sertão do Valongo (quadrado verde) e Ponta do Engodo - Itapema (triangulo roxo).

No diagrama de Floyd & Leveridge (1987) para classificação dos sedimentos quanto à quantidade de quartzo (**Figura 6B**) tem-se as amostras situadas acima da reta $Na_2O/K_2O=1$. Isso indica que tais amostras apresentam enriquecimento em quartzo. Apenas os turmalinitos plotam abaixo dessa reta sendo pobres em quartzo. Esse dado pode

indicar intemperismo pouco significativo, o que é corroborado pelas baixas razões Rb/Sr (0,03 e 0,01) dessas amostras.

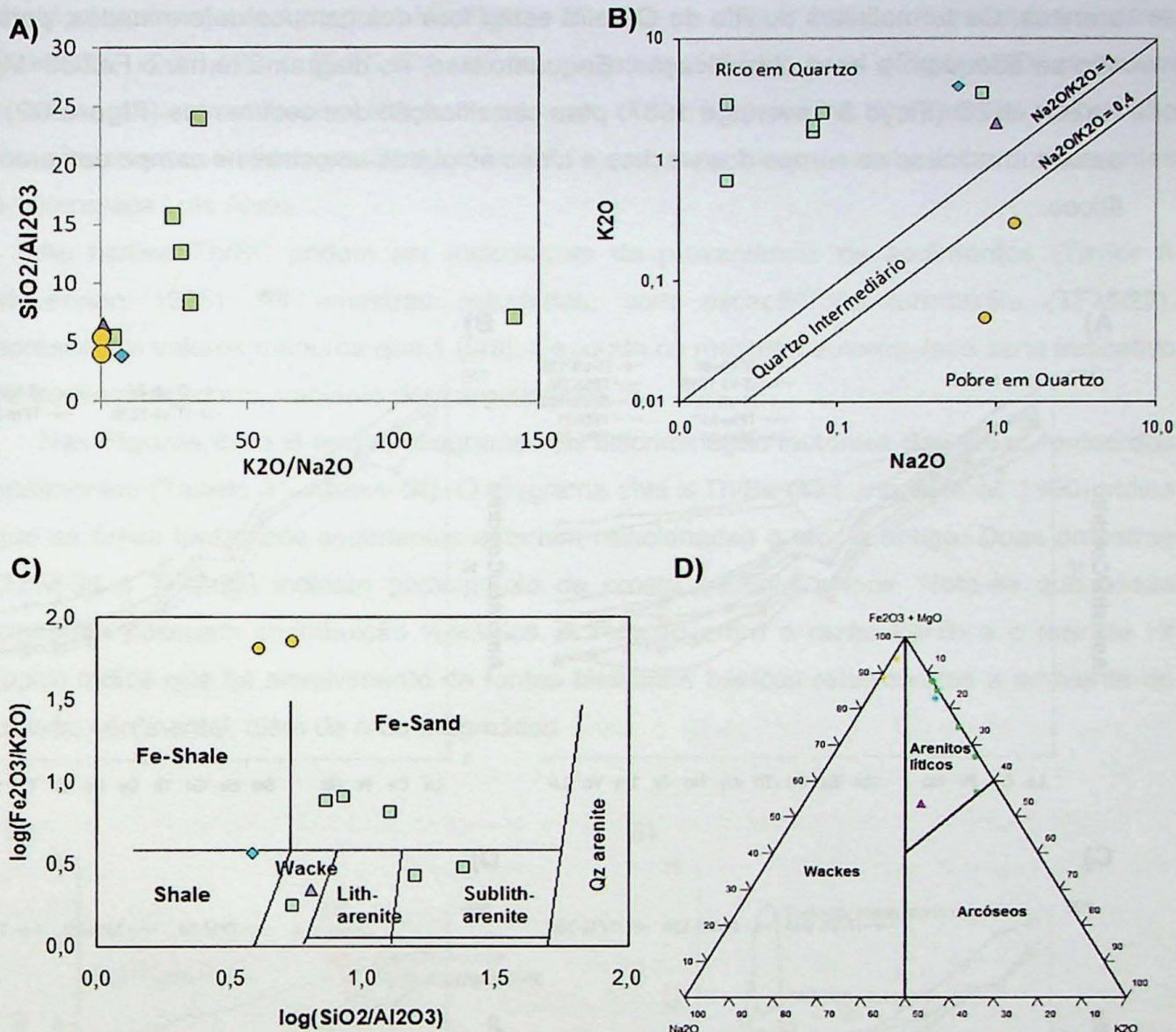


Figura 6 – Diagramas referentes às amostras da **Tabela 3 (Anexo IX)**. A) Diagrama $\text{SiO}_2 \times \text{Al}_2\text{O}_3$; B) Classificação dos sedimentos quanto à quantidade de quartzo (Floyd & Leveridge 1987); C) Classificação geoquímica dos sedimentos (Herron 1988); D) Diagrama ternário para classificação dos sedimentos através de elementos maiores (Floyd & Leveridge 1987). Legenda de cores para todos os diagramas: Sertão de Santa Luzia (losango azul); Sertão do Valongo (quadrado verde); Ponta do Engodo (triângulo roxo); Rio do Oliveira (círculo amarelo).

Na **Figura 6C** tem-se o diagrama $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ versus $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ (Herron 1988). A razão $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ é utilizada para diferenciar sedimentos ricos em quartzo (alta maturidade) de wackes e folhelhos. Já a razão $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$, é útil para diferenciar arcóseos de arenitos com presença de fragmentos líticos. Nessa figura, nota-se que a amostra da

Ponta do Engodo plota no campo dos wackes e a do Sertão de Santa Luzia nos folhelhos. Ambas correspondem a sedimentos imaturos. As amostras do Sertão do Valongo dividem-se em três campos, com maior grau de maturidade: wackes, arenitos sublíticos e Fe-arenitos. Os turmalinitos do Rio do Oliveira estão fora dos campos determinados, portanto, não se adéquam a essa classificação. Enquanto isso, no diagrama ternário $Fe_2O_3+MgO - Na_2O - K_2O$ (Floyd & Leveridge 1987) para classificação dos sedimentos (**Figura 6D**) tem-se os turmalinitos no campo dos wackes e todas as outras amostras no campo dos arcóseos líticos.

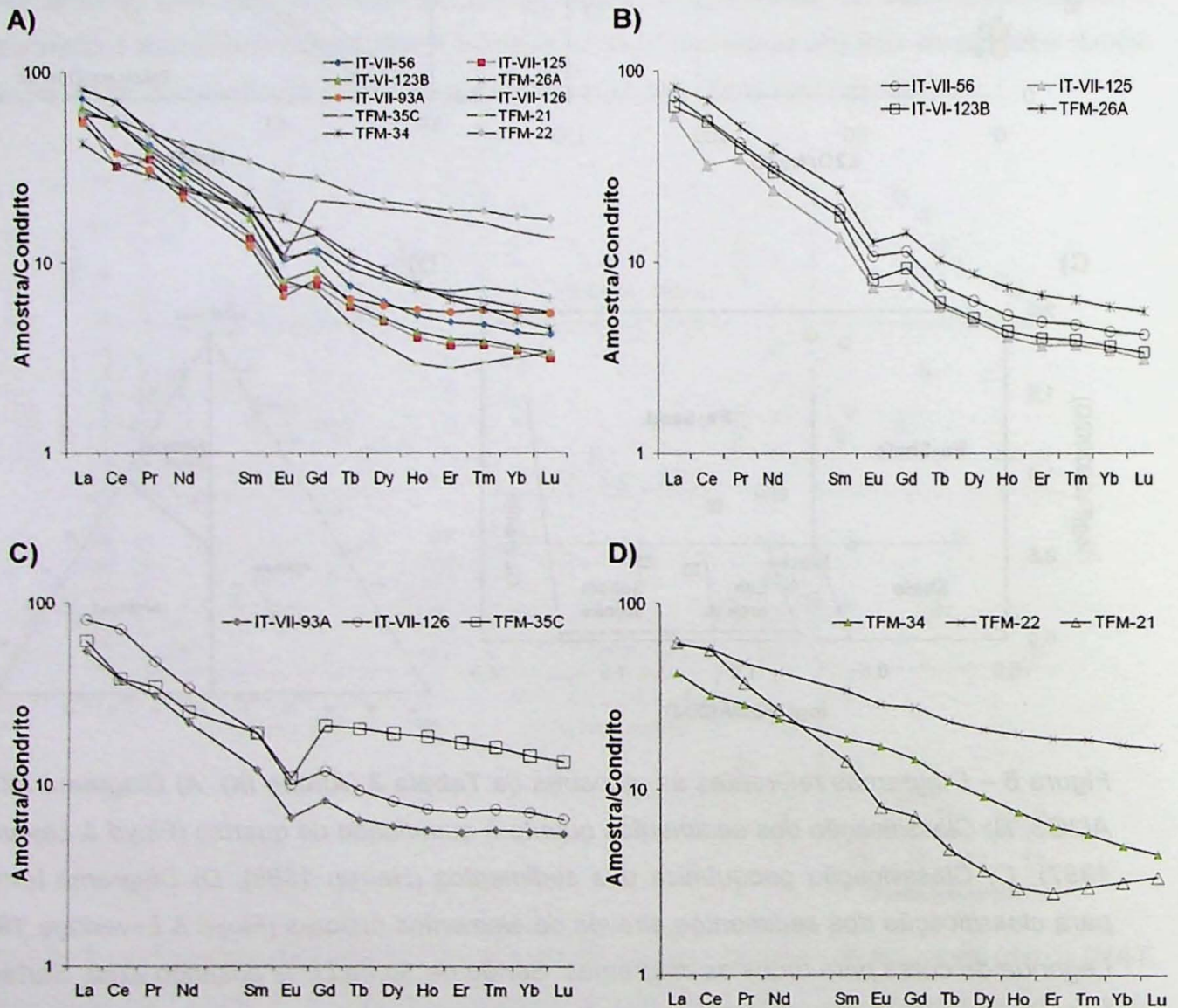


Figura 7 – Spidergramas ETR normalizados para o condrito (Taylor & McLennan 1995) relativos às amostras de rochas metassedimentares da **Tabela 3 (Anexo IX)**.

Os spidergramas dos Elementos Terra Raras (ETR) das amostras de rochas metassedimentares (**Figura 7A**) foram normalizados para o condrito CI (Taylor & McLennan 1985). O padrão da maioria das amostras (**Figura 7B**) apresenta forte enriquecimento em

ETR leves ($La/Sm=2,81-6,88$) e fracionamento dos ETR pesados ($Gd/Yb=1,80-3,63$). Anomalias negativas em Eu e positivas em Gd são observadas. Na amostra TFM-35C da Ponta do Engodo, a anomalia de Eu apresenta valores mais altos do que as outras amostras devido à presença de feldspato. Na **Figura 7C** nota-se menor fracionamento nas amostras TFM-35C, IT-VII-126 e IT-VII-93A. Já as amostras TFM-22 e 34 (**Figura 7D**) possuem padrão sem anomalias com alto fracionamento dos ETR pesados. Os padrões típicos são semelhantes aos obtidos por Basei *et al.* (1998) para as rochas do embasamento referentes à Microplaca Luís Alves.

As razões Th/Sc podem ser indicadores de proveniência de sedimentos (Taylor & McLennan 1985). As amostras estudadas, com exceção do turmalinito (TFM-22), apresentam valores menores que 1 (um). Segundo os mesmos autores, isso seria indicativo de sedimentação em ambiente de margem ativa.

Nas **Figuras 8A e B** tem-se diagramas de discriminação tectônica das áreas-fontes dos sedimentos (**Tabela 3 - Anexo IX**). O diagrama ϵNd x Th/Sc (McLennan *et al.* 1990) indica que as áreas fontes dos sedimentos estariam relacionadas a crosta antiga. Duas amostras (TFM-34 e TFM-22) indicam participação de crosta superior juvenil. Nota-se que essas amostras possuem contribuição vulcânica. A relação entre a razão La/Th e o teor de Hf (ppm) indica que há envolvimento de fontes félsicas e básicas relacionadas a ambiente de colisão continental, além de arco magmático.

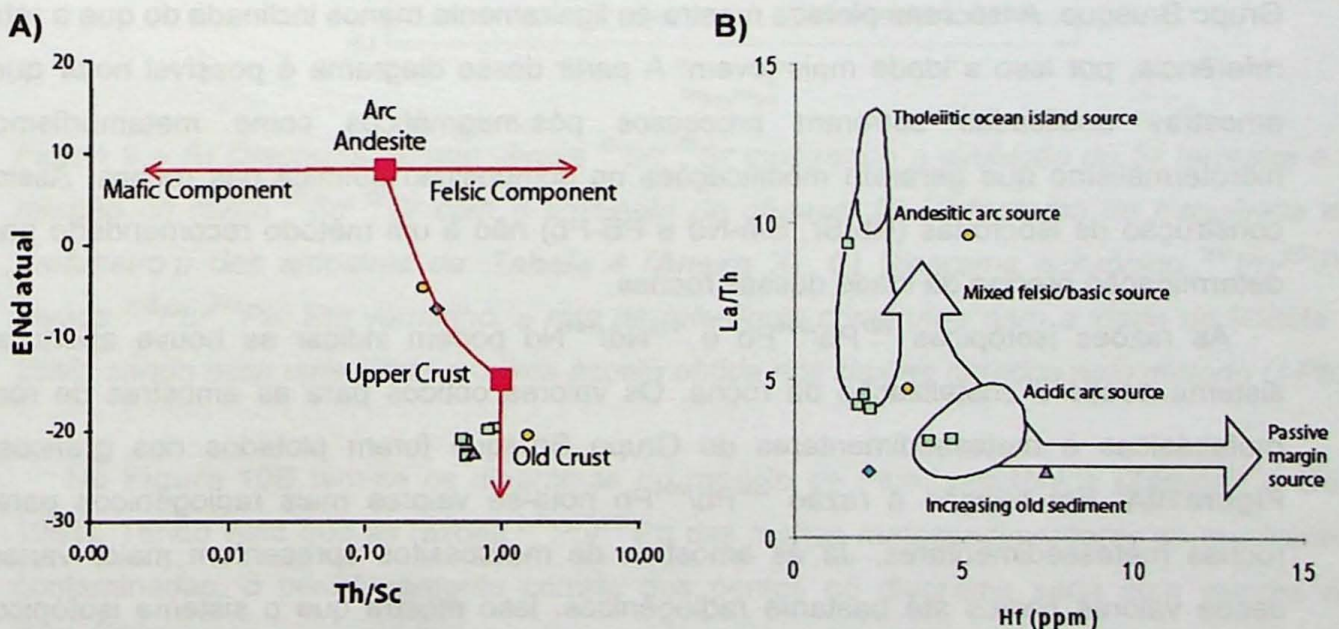


Figura 8 – Diagramas de discriminação tectônica das áreas-fontes dos sedimentos (**Tabela 3 - Anexo IX**). A) Diagrama ϵNd x Th/Sc (McLennan *et al.* 1990); B) Diagrama discriminativo La/Th x Hf (Floyd & Leveridge 1987). Legenda de cores para todos os diagramas: Sertão de Santa Luzia (losango azul); Sertão do Valongo (quadrado verde); Ponta do Engodo (triângulo roxo); Rio do Oliveira (círculo amarelo).

7.4 Geoquímica Isotópica em Rocha Total (Sr, Nd e Pb naturais)

A caracterização isotópica das amostras de rochas metassedimentares e metabásicas foi baseada nos resultados apresentados nas **Tabelas 4, 5 e 6 (Anexo X)**. Além dessas, foram utilizados dados da literatura (**Anexo X**).

As altas razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtidas para as rochas metabásicas (**Tabela 5 – Anexo X**) indicam contaminação crustal após a derivação mantélica, além de modificações decorrentes de processos pós-magmáticos (abertura do sistema). O diagrama *Tempo versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$* (**Figura 9A**) mostra a distribuição das razões atuais e medidas (750 e 900Ma). Além disso, são indicadas as curvas de evolução do Sr no manto e na crosta continental (Rollinson 1993). No gráfico, é possível observar que as razões se concentram em um intervalo comum localizado pouco acima da curva referente ao manto. Isso indica fonte mantélica já enriquecida e evolução com enriquecimento crustal.

O parâmetro petrogenético μ foi calculado para as rochas metabásicas de acordo com o modelo de simples estágio. No histograma frequência (**Figura 9B**) nota-se valores entre 9,457 e 11,174. Esses altos valores indicam fonte magmática crustal, ou seja, fusão de crosta continental superior.

No diagrama isocrônico $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (**Figura 9C**) foi construída uma reta de referência correspondente à idade obtida pela datação U-Pb em zircão (cerca de 900Ma). Assim, obteve-se a idade de 809 ± 150 Ma para a cristalização dos metabasitos do Grupo Brusque. A isócrona plotada mostra-se ligeiramente menos inclinada do que a reta de referência, por isso a idade mais jovem. A partir desse diagrama é possível notar que as amostras analisadas sofreram processos pós-magmáticos como metamorfismo e hidrotermalismo que geraram modificações na composição química das rochas. Assim, a construção de isócronas (Rb-Sr, Sm-Nd e Pb-Pb) não é um método recomendado para a determinação precisa da idade dessas rochas.

As razões isotópicas $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ podem indicar se houve abertura do sistema desde a cristalização da rocha. Os valores obtidos para as amostras de rochas metabásicas e metassedimentares do Grupo Brusque foram plotados nos gráficos da **Figura 10A**. Em relação à razão $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ nota-se valores mais radiogênicos para as rochas metassedimentares. Já as amostras de metabasitos apresentam maior variação, desde valores baixos até bastante radiogênicos. Isso mostra que o sistema isotópico foi aberto e contaminado por algum evento posterior como metamorfismo e hidrotermalismo. Considerando os altos valores de μ obtidos para as metabásicas, pode-se inferir ainda, que o ambiente de formação dessas rochas era muito rico em urânio. Já para a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ tem-se valores mais radiogênicos para as amostras de metabásicas, tendo sido o sistema isotópico do Nd menos afetado por eventos pós-magmáticos.

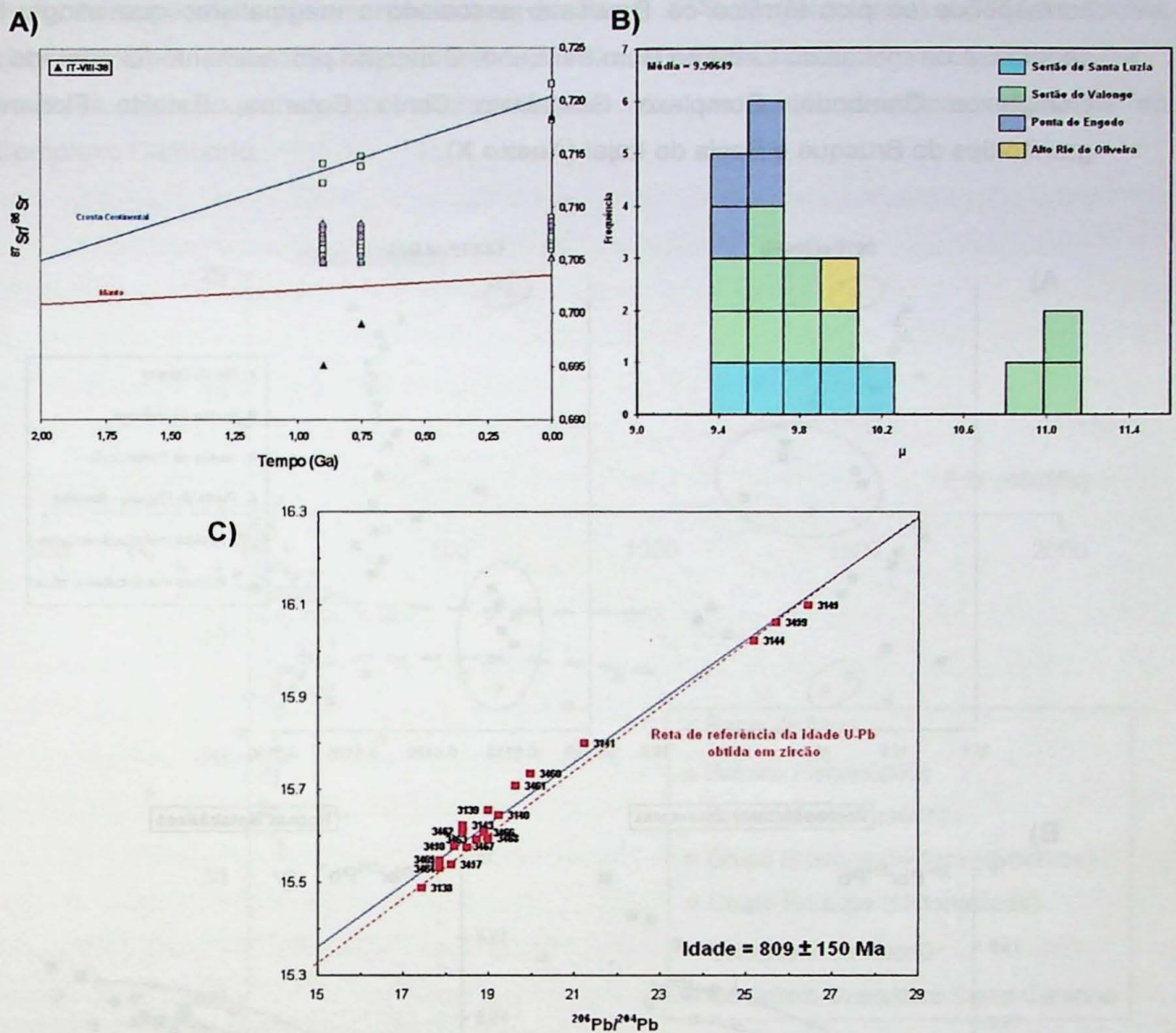


Figura 9 – A) Diagrama Tempo versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mostrando a evolução do Sr terrestre e a relação da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ com o ambiente de gênese. B) Histograma de frequência do parâmetro μ das amostras da **Tabela 4 (Anexo X)**. C) Diagrama isocrônico $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Em vermelho, a reta de referência construída para a idade de $908\text{Ma} \pm 25\text{Ma}$ sendo essa uma idade próxima àquela obtida nos zircões datados pelo método U-Pb.

Na **Figura 10B** tem-se os diagramas do modelo de Plumbotectônica (Zartman & Doe 1981). Tendo visto que as razões $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ das rochas metassedimentares se mostraram contaminadas, o posicionamento correto dos pontos no diagrama seria com valores de $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ menores, em direção às curvas do manto e crosta inferior. Já os pontos analíticos dos metabasitos mostram maior dispersão com valores menos radiogênicos próximos às curvas de ambiente orogênico, manto e crosta superior.

Os valores de ϵNd e ϵSr foram calculados para 600Ma e plotados em um diagrama XY (**Figura 11**). Segundo Basei *et al.* (2008b), há cerca de 600Ma ocorreu a colisão entre o Cinturão Dom Feliciano e os batolitos Florianópolis-Pelotas-Aiguá. Assim, a idade de 600Ma

corresponde ao pico térmico do Brasileiro associado a magmatismo que atingiu toda a sequência de rochas do Cinturão Dom Feliciano. O mesmo procedimento foi adotado para o Complexos Camboriú, Complexo Granulítico Santa Catarina, Batolito Florianópolis, granitóides do Brusque e Bacia do Itajaí (**Anexo X**).

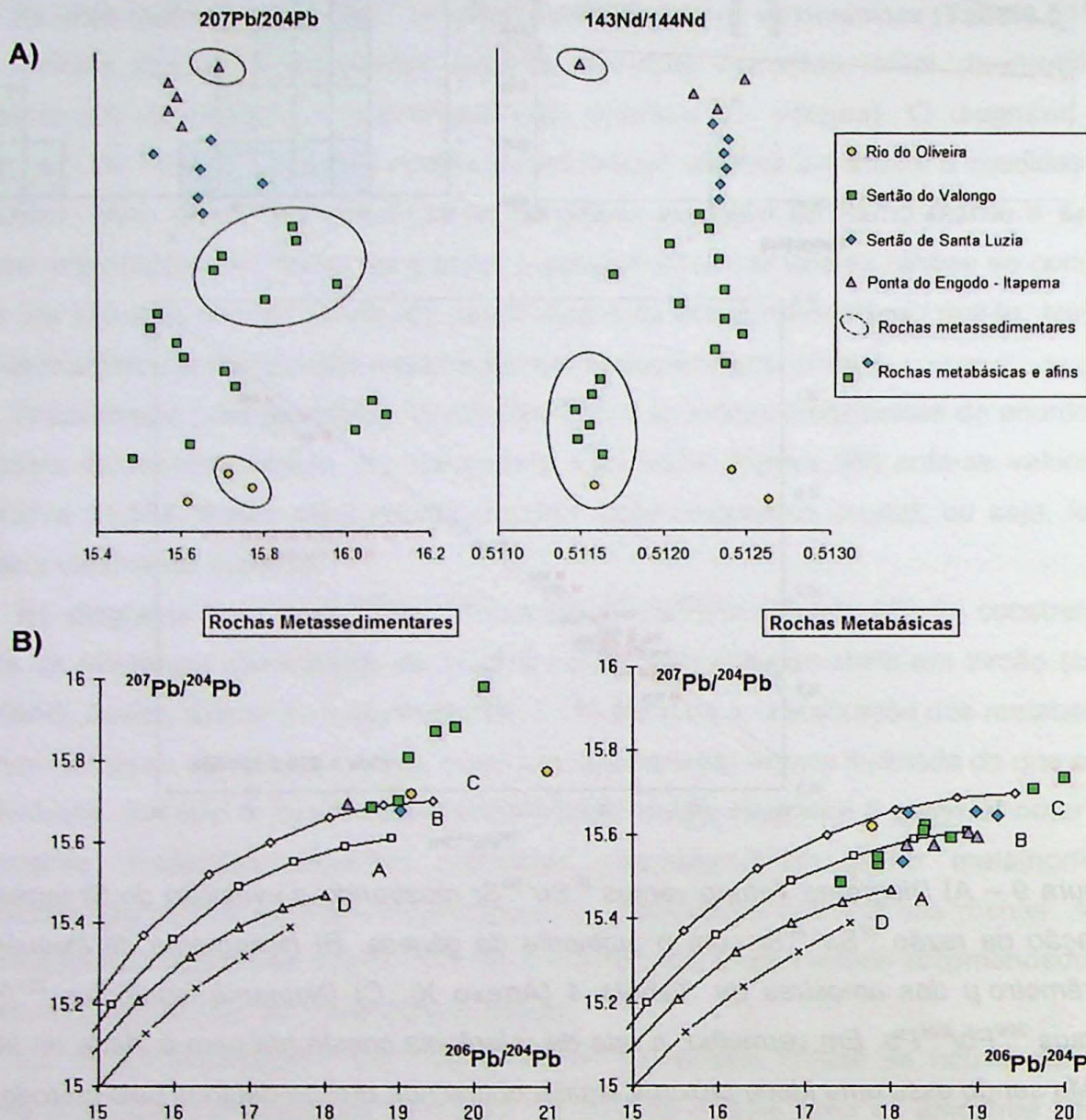


Figura 10 – A) Disposição das razões isotópicas $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ para as amostras do Grupo Brusque. B) Diagramas de correlação $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, assumindo o modelo da Plumbotectônica (Zartman & Doe 1981). Legenda: C - crosta superior; B - orógeno; A - manto; D - crosta inferior.

Na Figura 11, o posicionamento dos dados no quadrante inferior direito indica contaminação crustal sofrida pelas amostras. Nessa mesma figura é possível distinguir duas tendências evolutivas para as amostras do Grupo Brusque. As rochas metassedimentares possuem ϵNd mais negativos e maior ϵSr aproximando -se dos pontos correspondentes aos Complexos Camboriú e Santa Catarina. Já as amostras de rochas

metabásicas e afins, juntamente com as amostras TFM-22 (turmalinito) e TFM-34 (biotita xisto associado a metabásica), apresentam valores de ϵNd menos negativos, além de ϵSr positivos com pouca variação. Relacionam-se com os pontos analíticos referentes ao Complexo Camboriú.

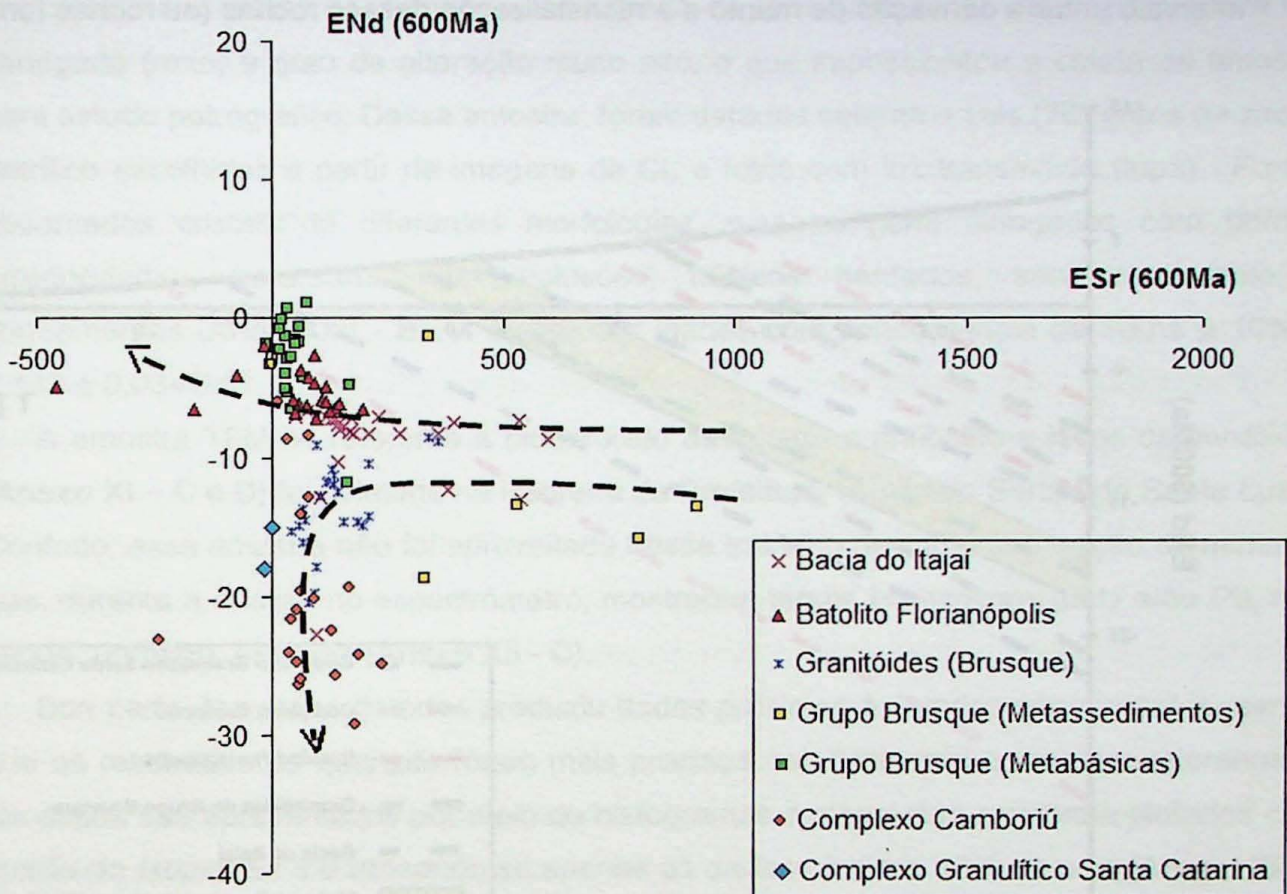


Figura 11 – Diagrama de correlação entre $\epsilon\text{Sr}(600)$ e $\epsilon\text{Nd}(600)$ para as amostras analisadas com incorporação de dados da literatura (Anexo X).

O diagrama de ϵNd versus Tempo (Figura 12) mostra a evolução isotópica do Nd em função do tempo, baseado no modelo de DePaolo (1988). Foram construídos os campos de evolução dos Complexos Camboriú e Santa Catarina, Batolito Florianópolis, granitóides do Brusque e Bacia do Itajaí (Anexo X). Os dados referentes às amostras de rochas metassedimentares do Grupo Brusque foram inseridos no gráfico resultando no campo indicado na figura. Nota-se que esse campo está totalmente inserido nos campos correspondentes ao Complexo Camboriú e ao Complexo Granulítico Santa Catarina. Boa parte do campo dos granitóides do Brusque sobrepõe o campo dos metassedimentos.

Nas Figuras 11 e 12, é possível observar que o Grupo Brusque e os granitóides intrusivos, juntamente com os Complexos Santa Catarina e Camboriú, podem ser indicados como áreas fonte para os sedimentos da Bacia do Itajaí.

As idades modelo TDM obtidas para as rochas metassedimentares variam entre 1.8 e 2.3 Ga e indicam o momento em que o protolito da rocha fonte se diferenciou do manto.

Essas idades associadas aos valores fortemente negativos de ϵNd indicam que houve retrabalhamento de crosta antiga, no mínimo de idade paleoproterozóica, com grande vivência crustal. As idades obtidas para as rochas metabásicas apresentam maior variação, porém com predomínio de idades mais jovens, entre 1.2 e 1.9 Ga. Esses valores apontam para possível acreção de material juvenil. Tais idades não conclusivas, mas limitam o intervalo entre a derivação do manto e a recristalização dessas rochas (ou rochas fontes).

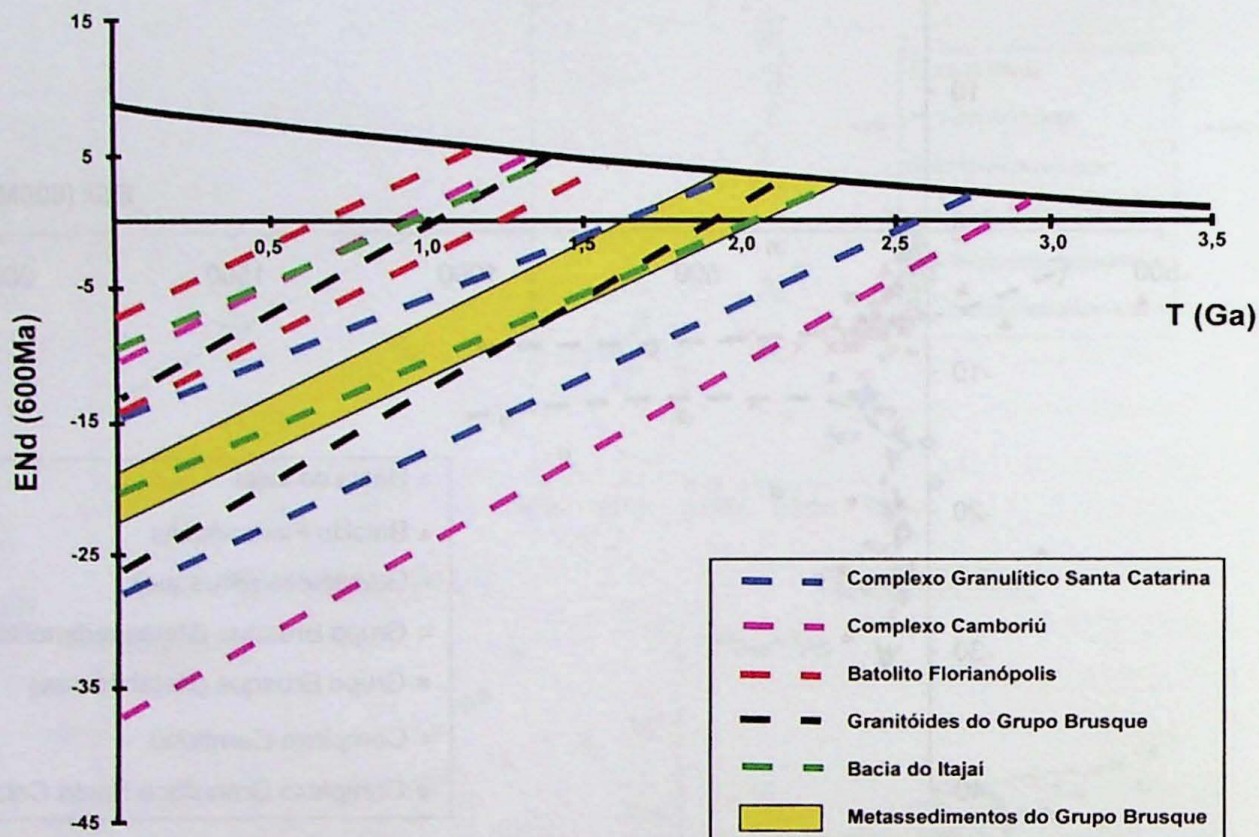


Figura 12 - Diagrama DePaolo (1988) de correlação entre $\epsilon Nd(600Ma)$ e $T(Ga)$ para o conjunto de amostras analisadas (**Anexo X**).

7.5 Datação U-Pb (LA-ICP-MS) em Zircão Detrítico

O estudo de proveniência das rochas metassedimentares do Grupo Brusque foi realizado a partir das datações U-Pb (LA-ICP-MS) em grãos de zircão detrítico extraídos de duas amostras coletadas em campo. Além disso, foram utilizados dados de Hartmann *et al.* (2003) e Basei *et al.* (2008b) para complementar o estudo.

O metaconglomerado (TFM-26A) aflora em escarpas e blocos rolados no topo do Morro do Carneiro (**Anexo XI - A**) e apresenta matriz milimetricamente bandada com leitos micáceos intercalados a bandas quartzíticas com presença de porfiroblastos de granada, além de clastos estirados de quartzo e foliação milonítica. Cor cinza nas porções menos alteradas. Dessa amostra foram datados sessenta e três (63) grãos. Nas imagens de catodoluminescência (CL) notam-se cristais, no geral, maiores do que os referentes à

amostra de quartzito (TFM-30) e prismáticos de bordas arredondadas e com inclusões, fraturas, núcleos herdados e zoneamentos. Tem-se ainda, cristais alterados por eventos hidrotermais (**Anexo XII - A**). A média das idades com concordância de $100\% \pm 10\%$ é $2,016 \pm 0,025\text{Ga}$.

O quartzito rítmico (TFM-30) foi coletado na região do Sertão de Santa Luzia onde aflora em corte e em calhas de drenagem de estrada de terra (**Anexo XI - B**). Apresentava cor variegada (roxo) e grau de alteração muito alto, o que impossibilitou a coleta de amostra para estudo petrográfico. Dessa amostra, foram datados setenta e seis (76) grãos de zircão detrítico escolhidos a partir de imagens de CL e fotos com luz transmitida (lupa). Foram observados cristais de diferentes morfologias, mas no geral alongados com bordas arredondadas, fraturados, com inclusões, núcleos herdados, sobrecrecimento e zoneamentos (**Anexo XII - B**). A média das idades com concordância de $100\% \pm 10\%$ é $2,143 \pm 0,034\text{Ga}$.

A amostra TFM-34 referente a biotita xisto associado a anfibolito e leitos carbonáticos (**Anexo XI - C e D**) foi coletada na Pedreira da Prefeitura, região do Sertão de Santa Luzia. Contudo, essa amostra não foi aproveitada nesse trabalho devido à separação de minerais que, durante a análise no espectrômetro, mostraram teores baixíssimos de U e/ou Pb, não sendo, portanto, datáveis (**Anexo XII - C**).

Boa parte dos grãos datados produziu dados próximos às idades concordantes, sendo que os resultados do quartzito foram mais precisos, relativamente ao metaconglomerado. Os dados são apresentados por meio de histogramas e diagramas concórdia plotados com auxílio do *Isoplot/Ex 3.0* utilizando-se apenas os dados com até 10% de erro (**Anexo XIII - A e B**). As idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ foram obtidas utilizando-se o mesmo critério. Como todas as idades são mais antigas que 1,0 Ga, foram consideradas essas idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, mais precisas do que as idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Hartmann *et al.* 2003).

Nas duas amostras tem-se grande predomínio de idades paleoproterozóicas, além de importante contribuição arqueana, em especial no metaconglomerado. Idades mesoproterozóicas são encontradas em ambas, porém de forma menos significante. Não foram datados grãos de idade neoproterozóica. Os menores valores encontrados foram 1,2-1,3 Ga.

Basei *et al.* (2008b) analisaram duas amostras de rochas metassedimentares do Grupo Brusque: mica xisto com contribuição vulcanogênica (localização: UTM E – 702267; UTM N - 6977450) e granada-biotita xisto (localização: UTM E – 694676; UTM N - 6992222). Ambas estão fora da área de estudo, mas por corresponderem a litotipos da sequência estudada foram analisadas em conjunto. A datação U-Pb (SHRIMP) foi realizada na Universidade Nacional Australiana. Foram obtidos oito grãos com idades entre 2,25 e 1,7 Ga, seis no intervalo de 1,5 a 1,3 Ga, quatro entre 1,3 e 1,1 e dois entre 0,54 e 0,57 Ga. Nota-se a maior amplitude dos valores em relação às amostras já apresentadas, inclusive com idades

neoproterozóicas, porém sem a presença de fonte arqueana (**Anexo XIII - C**).

Hartmann *et al.* (2003) apresentam dados de três amostras coletadas no Cinturão Dom Feliciano e datadas por SHRIMP na Universidade de Tecnologia Curtin, na Austrália: quartzito da porção norte do Grupo Brusque (Amostra 1: UTM E 729666; UTM N 7012730), milonito da Serra da Miséria (Morro do Boi) correspondente ao Complexo Camboriú (Amostra 2 - **Anexo 4**) e monzogranito do Granito Itapema ou Morro do Boi (Amostra 3 - **Anexo 5**). Todos os valores obtidos para o quartzito são paleoproterozóicos (**Anexo XIII - D**) sendo a idade modelo T_{DM} igual a 2550 Ma, o que indica que pode haver contribuição arqueana. O milonito da Serra da Miséria apresenta cristais de zircão com bordas porosas e inclusões minerais. Os núcleos datados geraram idades paleoproterozóicas em torno de 2162 Ma. Essa idade é interpretada como a de cristalização do protolito (monzogranito) da amostra. O monzogranito (Granito Itapema ou Morro do Boi) apresenta grande variedade de valores, de 590 a 2876 Ma. Segundo Hartmann *et al.* (2003), as idades mais antigas (cerca de 2,2 Ga) correspondem aos núcleos dos cristais com altas razões Th/U (0,4). Já as idades neoproterozóicas estariam associadas às bordas recristalizadas dos cristais de baixa razão Th/U (0,01).

Com base nos dados obtidos nesse trabalho, a sedimentação na paleobacia do Grupo Brusque pode ser considerada mais jovem que 1,2 Ga. Com a datação de grãos neoproterozóicos, Basei *et al.* (2008b) sugerem que parte importante dessa sedimentação tenha ocorrido no Neoproterozóico, durante o Brasileiro.

Analisando os histogramas de frequência apresentados (**Anexo XIII**) nota-se que há três intervalos principais de idades, desconsiderando os grãos neoproterozóicos. São eles: 1,2-1,6 Ga, 1,6-2,5 Ga e 2,5 a 2,9 Ga, respectivamente, mesoproterozóico, paleoproterozóico e arqueano.

A idade de 2,16 Ga para o protolito das rochas miloníticas do Complexo Camboriú indica que este pode ser considerado área fonte para o intervalo paleoproterozóico. A crosta arqueana a paleoproterozóica representada pelo Complexo Granulítico Santa Catarina (Microplaca Luís Alves) indica outra possível fonte para os metassedimentos do Grupo Brusque. Os dados isotópicos apresentados neste trabalho corroboram essas hipóteses.

O intervalo de idades mesoproterozóicas (1,2-1,6 Ga) é mais problemático, uma vez que não são conhecidos terrenos com essa idade no sudeste brasileiro. Basei *et al.* (2008b) apresentam idades (SHRIMP) de grãos de zircão detríticos extraídos de quartzito e filito do Cinturão africano Gariep (**Anexo XIII - E**). Esses dados sugerem terrenos com idades entre 1,0-1,2 Ga como fonte para o Cinturão. Idades mais jovens (0,6-0,8 Ga) foram observadas na porção oeste do mesmo e podem ser derivadas do batolito Florianópolis-Pelotas.

Com base nos mesmos autores, nota-se que não há grãos de idade arqueana para nenhuma das paleobacias dos Cinturões africanos (Gariep e Damara). Ou seja, os crátons Kalahari e Congo não seriam áreas fonte para essas sequências. A fonte seria o próprio

embasamento dessas paleobacias, representado pelo Complexo Metamórfico Namaqua (1,0-1,2 Ga). Durante o período de sedimentação, os terrenos do Namaqua estariam elevados constituindo uma barreira para o aporte de sedimentos dos crátons, a leste, para as bacias a oeste. Com isso, constituía a principal fonte de sedimentos para essas bacias. Esses dados podem indicar fonte africana para os grãos detríticos mesoproterozóicos encontrados no Grupo Brusque. Isso seria possível se, durante a deposição, os terrenos africanos e sul-americanos ainda estivessem juntos formando o pré-Gondwana.

Analisando os resultados obtidos e àqueles disponíveis na literatura nota-se que os metassedimentos do Grupo Brusque possuem fontes de idade principalmente paleoproterozóica, porém há importante contribuição arqueana e neoproterozóica (Basei *et al.* 2008b). Entretanto, com os dados disponíveis, observou-se que a participação neoproterozóica no Brusque é menor quando comparada àquela observada nos Complexos Metamórficos Porongos-RS e Lavalleya-URU (Basei *et al.* 2008b). Idades mesoproterozóicas podem estar relacionadas a fontes africanas.

7.6 Idade U-Pb (SHRIMP) do Magmatismo Básico do Grupo Brusque

No projeto de Iniciação Científica da aluna (FAPESP, processo: 2007/58866-2), sob a orientação do Professor Doutor Miguel Angelo Stipp Basei, foi preparada uma amostra (IT-VIII-40) para a extração de grãos de zircão e/ou badelleyta para datação U-Pb. No entanto, não foi possível a separação de badelleyta ou pela ausência na amostra ou devido a perdas durante os procedimentos laboratoriais. Foram encontrados cristais de aspecto rugoso e cor marrom que poderiam ser grãos de zircão em estado bastante alterado em meio a grãos incolores possivelmente de apatita (Anexo XIV). Um grupo destes minerais foi coletado e datado por SHRIMP.

Os resultados obtidos (Anexo XIV) mostram que dentre os grãos analisados distinguem-se três conjuntos de minerais: arqueanos (xenocristais), ígneos e metamórficos. O zircão ígneo, de alta razão Th/U, apresenta idades mais próximas daquela que se espera ser a idade de colocação dos metabasitos do Grupo Brusque, cerca de 936 ± 40 Ma. Já os grãos de zircão de origem metamórfica, de baixa razão Th/U, apresentam idade mais jovem (550 ± 52 Ma) resultante de eventos hidrotermais/metamórficos. Dois cristais apresentaram idades arqueanas e, provavelmente, derivam da encaixante que pode estar relacionada ao Complexo Camboriú. De fato, as amostras coletadas e os afloramentos visitados na área de estudo apresentam-se muito alterados devido às ações intempéricas e ao metamorfismo de grau baixo a médio com indícios de processos hidrotermais (saussuritização).

Os aspectos supracitados dificultaram a separação de grãos de zircão não alterados, são. Dessa forma, os dados são ainda incipientes e não conclusivos.

8. Conclusões

A sequência de rochas metavulcanossedimentares do Grupo Brusque em Santa Catarina foi estudada em seus aspectos geoquímicos, isotópicos e petrográficos. Além disso, foi realizado um estudo de proveniência das rochas metassedimentares com base na datação U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão detrítico. Também foram apresentadas datações U-Pb (SHRIMP) de zircão extraído de rochas metabásicas intercaladas.

O Grupo Brusque pode ser dividido em duas sequências. Na base tem-se a sequência metavulcanossedimentar associada à fase *rift* da paleobacia. Em contato tectônico por cavalgamento tem-se no topo, a *klippe* Morro do Carneiro composta, no geral, por metarritmito e metaconglomerado. Na área estudada, nota-se que as unidades encontram-se dobradas devido à série de eventos deformacionais ligados às orogêneses brasileiras e à geração de zonas de cisalhamento. Tem-se lineamentos regionais de direção NE-SW como a Zona de Cisalhamento Major Gercino que corresponde a uma zona de sutura que separa terrenos africanos a leste de sul-americanos a oeste (Basei *et al.* 2008b).

Os eventos deformacionais que afetaram o Brusque produziram lascas tectônicas imbricadas o que dificulta a reconstituição da litoestratigrafia da região. No entanto, a partir da confecção de seções geológicas e observações de campo foi proposto, nesse trabalho, o posicionamento da sequência metavulcanossedimentar do Brusque na área de interesse.

A geoquímica dos metabasitos da região indica caráter toleítico de baixo potássio com rochas cálcio-alcálicas associadas. Os basaltos associam-se a ambiente intraplaca, sem indícios de ambiente de subducção. As principais áreas de ocorrência das rochas metabásicas no Estado de Santa Catarina, Sertão do Valongo, Sertão de Santa Luzia e Ponta do Engodo - Itapema, apresentam poucas diferenças em suas composições químicas enquanto que em relação ao ambiente de geração, nenhuma diferença foi confirmada.

As rochas metassedimentares apresentam altas razões $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e enriquecimento em quartzo o que indica alto grau de maturidade sedimentar. Os turmalinitos, ao contrário, possuem razões mais baixas, além de serem pobres em quartzo. As classificações geoquímicas apontam para predomínio de arenitos líticos com presença de folhelhos e wackes. A partir das razões Th/Sc correlacionadas no atual, nota-se que houve retrabalhamento de crosta antiga para a formação dessas rochas.

Associando os dados geoquímicos com a isotopia é possível constatar que os metabasitos derivam de um magma enriquecido que sofreu contaminação crustal quando da ascensão magmática. As idades modelo manto empobrecido (TDM), no geral, mesoproterozóicas e os valores de ϵNd pouco negativos indicam acreção de material juvenil. Para as rochas metassedimentares tem-se idades TDM mais antigas, da ordem de 2,1 Ga, além de valores de ϵNd mais negativos o que indica retrabalhamento de crosta antiga.

A partir dos valores radiogênicos das razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, da impossibilidade de representação isocrônica dos dados associada aos dados geoquímicos, foi possível notar que toda a sequência foi afetada por eventos pós-tectônicos que geraram mudanças químicas e isotópicas. A idade obtida para grãos de zircão metamórfico (baixa razão Th/U), $550 \pm 52\text{Ma}$, corrobora essa informação indicando a ocorrência de eventos como metamorfismo e hidrotermalismo.

Os dados obtidos apontam ambiente de *rift* com sedimentação marinha vulcânica básica com contribuição químico-exalativa para o Grupo Brusque. As idades obtidas a partir dos grãos detríticos de zircão indicam que o início da sedimentação na paleobacia do Brusque é mais jovem que 1,2 Ga. Basei *et al.* (2008b) mostra que houve importante deposição durante o Neoproterozóico, até cerca de 540Ma. A idade $936 \pm 40\text{Ma}$ de colocação do magmatismo básico pode indicar o início da evolução da paleobacia do Brusque. Esse valor é cerca de 100Ma mais antigo do que a idade dos granitos tipo "A" do Cinturão Dom Feliciano (Basei *et al.* 2008a).

As idades obtidas dos grãos de zircão detrítico indicam que a proveniência dos sedimentos que preencheram a paleobacia do Brusque concentra-se no Paleoproterozóico (2,016-2,143 Ga), mas com contribuição importante de material arqueano e mesoproterozóico. Os isótopos de Nd indicam que o Complexo Granulítico Santa Catarina e o Complexo Camboriú apresentam assinaturas isotópicas semelhantes ao Brusque. Já a possível fonte de idade mesoproterozóica não é conhecida dentro do território brasileiro. Porém, dados de Basei *et al.* (2008b) apontam para uma possível fonte africana relacionada ao Complexo Metamórfico Namaqua.

O início da geração do Grupo Brusque está relacionado à abertura de uma bacia tipo *rift* intracontinental na crosta paleoproterozóica correspondente ao Complexo Granulítico Santa Catarina que serviu, como visto nesse trabalho, de fonte para o preenchimento da bacia. O aporte de sedimentos do Complexo Namaqua teria ocorrido nessa fase inicial da separação África-América do Sul. De acordo com o modelo tectônico apresentado por Basei *et al.* (2008b), os terrenos africanos e sul-americanos foram separados pela abertura de um oceano. Assim, o Brusque passou a ser margem passiva relacionada à Microplaca Luís Alves e ao cráton Rio de La Plata. No lado africano, há cerca de 610 Ma, a subducção da crosta oceânica levou à geração do arco magmático Florianópolis-Pelotas-Aiguá com bacia de retro-arco (Gariép) associada.

Há cerca de 530 Ma, com a colisão continental e amalgamação Ediacariana das massas cratônicas Rio de La Plata /Luís Alves vs Kalahari/Congo (Basei *et al.* 2000; Silva *et al.* 2005) surge a sutura representada pela Zona de Cisalhamento Major Gercino entre o Brusque e o batolito Florianópolis. Esse lineamento separa os antigos terrenos africanos e sul-americanos. (Basei *et al.* 2008b).

Referências Bibliográficas

- Babinski, M. 1988. Metodologia isotópica Pb/Pb: Aplicação aos migmatitos e rochas associadas da região de São José dos Campos, SP. Orientador: Sundaram Sankara Subba Iyer. pp. 101.
- Basei M.A.S. & Teixeira W. 1987. Geocronologia do Pré-Cambriano – Eon-Paleozóico de Santa Catarina. In: Silva L.C. & Basei M.A.S. 1990. O Grupo Brusque: uma evolução monocíclica. In: CBG, 36, Natal, 1990. Anais. Natal: SBG. V6, p.2649-57.
- Basei M.A.S., Neto M. da C.C. & Junior O.S. 1994. Geologia do Grupo Brusque na região de Canelinha, SC. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, 1: 243-244.
- Basei M.A.S, McReath, I. & SIGA Jr., O. 1998. The Santa Catarina Granulite Complex of Southern Brazil: a Review. Gondwana Research, V1, p. 383-391, Japan.
- 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. Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- Basei, M.A.S., Grasso, C.B., Vlach, S.R.F., Nutman, A., Siga Jr., O. & Osako, L.S., 2008a. "A"-Type rift related granite and the lower cryogenian age for the beginning of the Brusque Basin, Dom Feliciano belt, Southern Brazil. In: VI South American Symposium on Isotopic Geology, San Carlos de Bariloche. v. 01. p. 01-08.
- Basei, M.A.S., Frimmel, H. E., Nutman, A. & Preciozzi, F. 2008b. West Gondwana amalgamation based on detrital zircon ages from Neoproterozoic Ribeira and Dom Feliciano belts of South America and comparison with coeval sequences from SW Africa. Geological Society, London, Special Publications, v. 294: 239-256.
- Bellieni G., Comin-Chiaramonti P., Martinez L.A., Maerques L.S., Melfi A.J., Nardy A.J.R., Piccirillo E.M., Stolfa D. 1986. *Continental flood basalts from the central-western regions of the Parana Plateau (Paraguay and Argentina): petrology and petrogenetic aspects*. Neues Jahrb. Mineral, 154: 111-139.
- Bittencourt M.F., Hackspacker P.C. & Nardi L.S.V. 1989. A Zona de Cisalhamento Major Gercino – Santa Catarina. In: SBG, SNET, 2, Fortaleza, Atas, p. 214-216.
- 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 como registro parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.
- DePaolo, D.J. 1988. Neodymium Isotope Geochemistry, an Introduction. Springer-Verlag, 187 pp.
- Faure, Gunter. 1986. Principles of isotope geology. New York : Wiley, pp. 589.

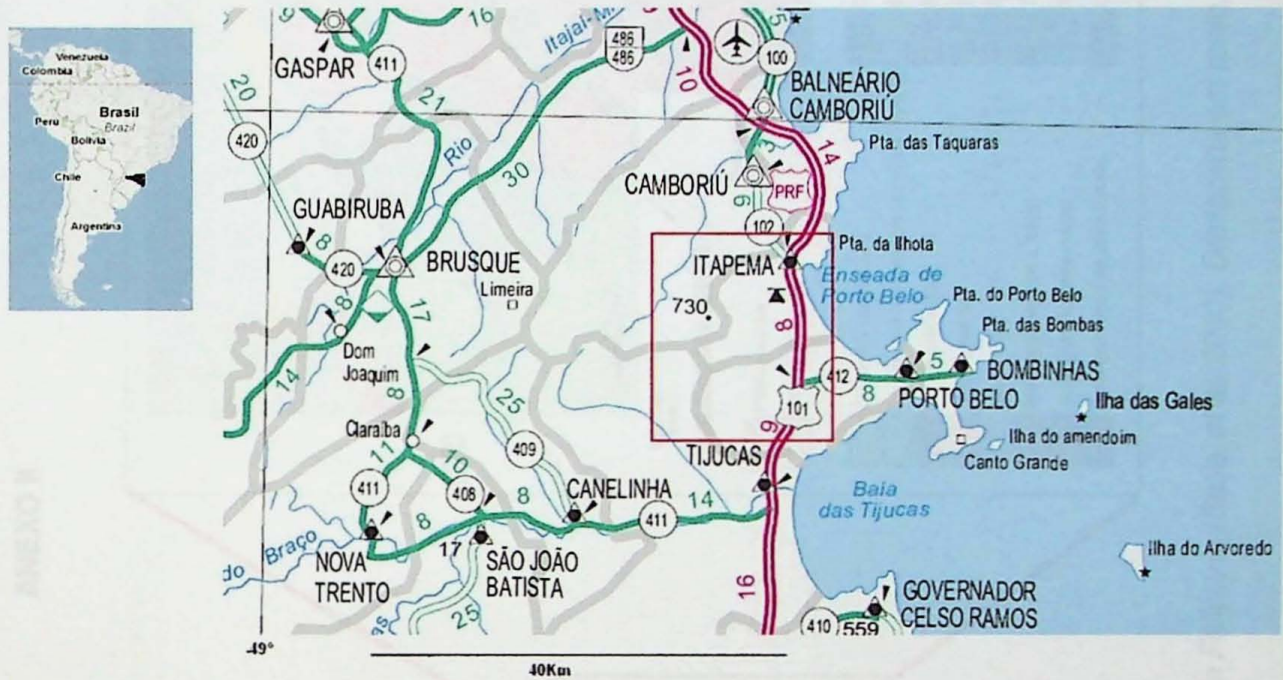
- Floyd, P.A. & Leveridge, B. E. 1987. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: frame work mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *Journal of the Geological Society*, Vol. 144, pp. 531- 542.
- Fragoso César A.R.S. 1980. O Cráton do Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, Camboriú, *Anais*, 5: 2879 - 2891.
- Hartmann L.A., Bitencourt M.F., Santos J.O.S., McNaughton N.J., Rivera C.B., Bettiollo 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;
- Herron, M. M., 1988. Geochemical Classification of Terrigenous Sands and Shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol.58, N°5, pp. 820-829.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8: 523-48.
- Jensen, L.S. 1976. A new cation plot for classifying subalkaline volcanic rocks. Ontario Division of Mines, Misc., Paper 66.
- Josh H.; Theodoro S.M.C.H.; Figueiredo A.M.G.; Boaventura G.R. 1996. Propriedades geoquímicas e proveniência de rochas metassedimentares detríticas arqueanas dos *greenstone belts* de Crixás e Guarinos, Goiás. *Rev. Bras. Geoc.*, 26: 151-166.
- Ludka I.P.; Wiedemann C.M. 2002. Geoquímica do Gabro Coronítico de Amparo, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ.*, 25: 44-67.
- McLennan, S. M.; Taylor S. R., McCulloch M. T.; Maynard J. B. 1990. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.54, pp 2015-2050.
- McLennan S.M. & Taylor S.R. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Rev. Geophys.* , 33, 241-265
- Moorbath, S. & Taylor, P.N. 1981. Isotopic evidence for continental growth in the Precambrian. *In: Precambrian Plate Tectonics* (ed. Kroner, A.). Elsevier, Amsterdam, p.491-525.
- Pearce, J.A. & Cann, J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Plan. Sci. Lett.*, 19: 290-300.
- Philipp R.P. 2008. Petrologia e Geologia isotópica dos derrames metamáficos do Complexo Metamórfico Brusque, Itapema, SC. *In: SBG, Cong. Brás. Geol.*, 44, Curitiba, *Anais*.
- 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.

- Remédio, F.H. 2008. Litoestratigrafia e caracterização estrutural do Grupo Brusque na região do Morro do Carneiro, Tijucas, SC. Monografia de Trabalho de Formatura. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- Rollinson H., 1993, Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman, UK. [Co-published by J. Wiley & Sons. Inc. in the USA]. Longman Scientific & Technical, p. 352.
- Silva L.C., Oliveira J.M.P., Aumond J.J, Lopes R.M.M., Eipper J. & Ferro G. 1985. Caracterização petrográfica da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Rio do Oliveira (Cinturão Itajaí-Mirim). *In: SBG, Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, I, Atas, Porto Alegre, pp.: 11-23.*
- 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, p. 510.*
- Silva, L.C., McNaughton, N.J., Armstrong, R., Hartmann, L.A., & Fletcher, I.R. 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U–Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African system of orogens. *Precambrian Research*, 136: 203-240.
- Stacey J. S., Kramers J. D. 1975. Approximation of terrestrial Lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26. pp.207-221.
- Sun S.S. & Mcdonough W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and process. *In: Magnetism in the ocean basins. Geological Society, Special Publication, 42: 313-345*
- Tormey D.R., Hickey-Vargas R., Frey F.A., López-Escobar L. 1991. Recent Lavas from the Andean Volcanic Front: Interpretations of A long-Arc Compositional Variations. *Geologic Society of America, Special Publication, 265: 57-78.*
- Wharton, M.R., Hathway, B. and Colley, H., 1995. Volcanism associated with extension in an Oligocene-Miocene arc, southwestern Viti Levu, Fiji. *In: J.L. Smelli (Editor), Volcanism associated with extension at consuming plate margins. Special Publication of the Geological Society of London, pp. 95-114.*
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrology*. London, Unwin and Hyman, 466pp.
- Zartman, R. E.; Doe, B. R. 1981. Plumbotectonics: the Model. *Tectonophysics*, 75: 135-162.

ANEXOS

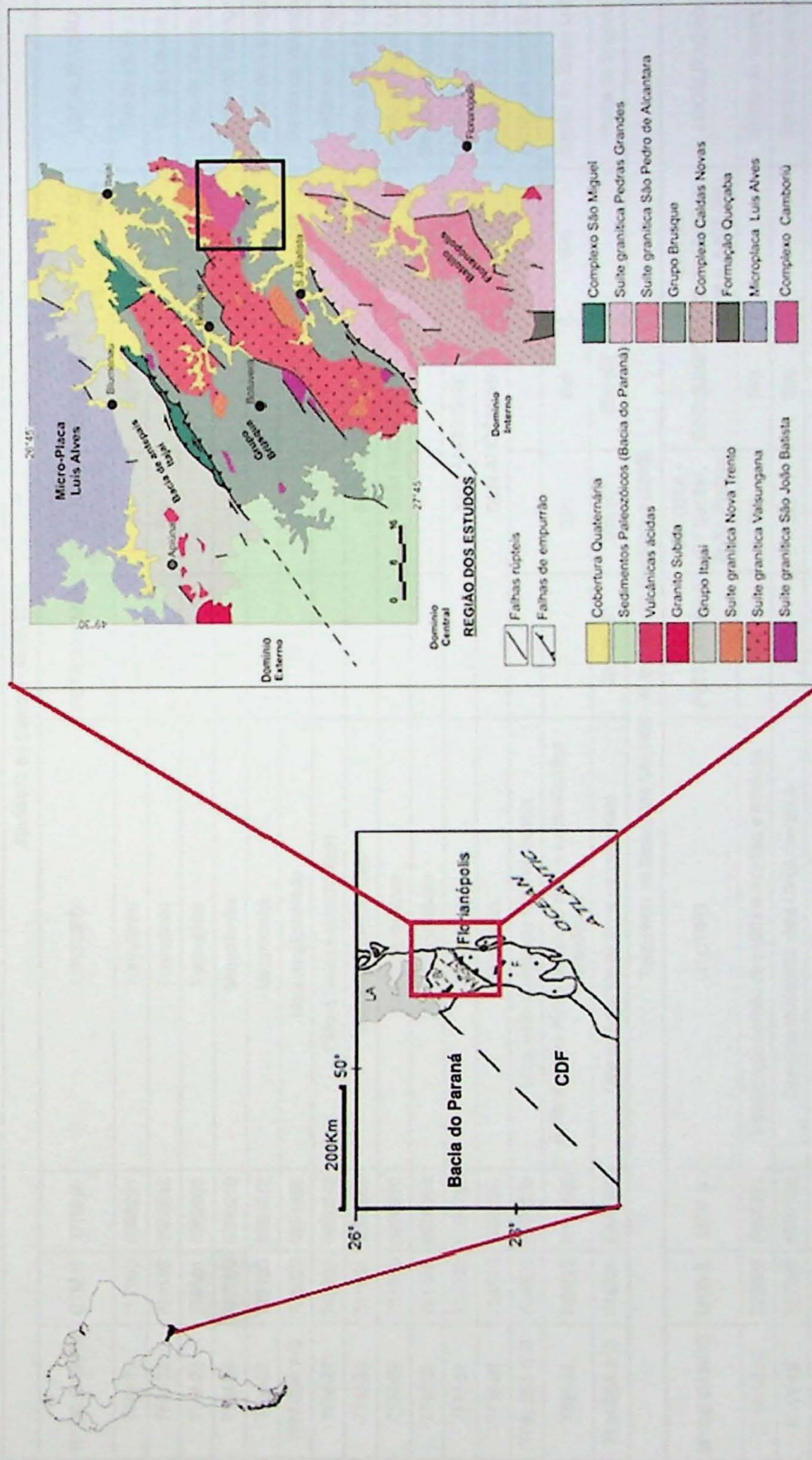
Este anexo apresenta os dados e informações necessárias para a elaboração do Plano de Trabalho, bem como os dados de identificação dos alunos e das instituições envolvidas.

ANEXO 1



No mapa da América do Sul tem-se, destacado, o Estado de Santa Catarina. No mapa seguinte, detalhe dos principais acessos à área estudada (destacada em vermelho).

ANEXO II



Contexto geológico do Grupo Brusque no Cinturão Dom Feliciano (Basei et al. 2000). Destacada em preto, tem-se a área de estudo.

ANEXO III

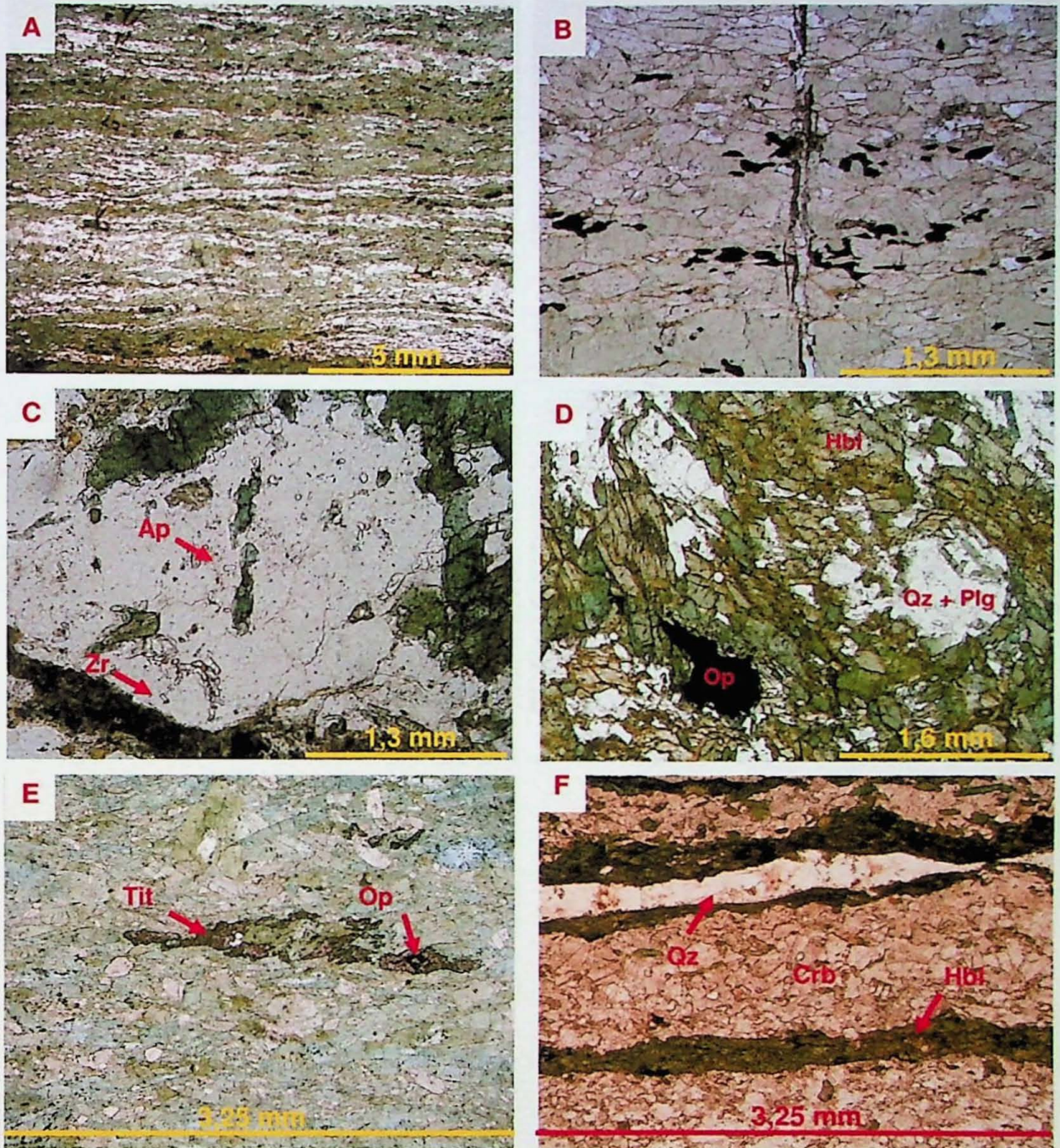
Atividade de Campo - Maio/2010								
Nº DE CAMPO	UTM E	UTM N	LITOTIPO	PETROGRAFIA	ISOTOPIA - RT (Nd/Nd, Sr/Sr, Pb/Pb)	GEOQUÍMICA	ZIRCÃO DETRÍTICO U-Pb (LA-ICP-MS)	LOCALIZAÇÃO
TFM-21	717363	6989221	Turmalinito	Sim	Sim	Sim		Rio do Oliveira
TFM-22	718138	6989843	Turmalinito	Sim	Sim	Sim		Rio do Oliveira
TFM-23	718181	6989952	Turmalinito					Rio do Oliveira
TFM-24	727009	6990218	Metarrilito					Sertão do Valongo
TFM-25	727103	6991512	Metarrilito					Sertão do Valongo
TFM-26A e B	726926	6991466	Metaconglomerado	Sim	Sim	Sim (B)	Sim (A)	Sertão do Valongo
TFM-27	728601	6988048	Filito a Sericita-quartzito xisto					Sertão do Valongo
TFM-28	731661	6990555	Muscovita-quartzito xisto			SEM AMOSTRAS		Sertão de Santa Luzia
TFM-29	731595	6990279	Quartzito micáceo			SEM AMOSTRAS		Sertão de Santa Luzia
TFM-30	731656	6990331	Quartzito micáceo				Sim	Sertão de Santa Luzia
TFM-31	734530	6991786	Metagabro			SEM AMOSTRAS		Sertão de Santa Luzia
TFM-32	734540	6992054	Metabásica			SEM AMOSTRAS		Sertão de Santa Luzia
TFM-33A e B	734520	6991976	Mica xisto intercalado em metabásica					Sertão de Santa Luzia
TFM-34	733972	6991495	Anfibolito com níveis de biotita xisto e calcissilicática intercalados			Sim	Sim	Sertão de Santa Luzia
TFM-35A a D	736721	6999248	Granada-cianita-biotita-muscovita xisto	Sim (A, B)	Sim (C)	Sim (C)		Ponta do Engodo
Trabalhos da Disciplina 0440420 - Mapeamento Geológico (2008)								
Nº DE CAMPO	UTM E	UTM N	LITOTIPO	PETROGRAFIA	ISOTOPIA - RT (Nd/Nd, Sr/Sr, Pb/Pb)	GEOQUÍMICA	ZIRCÃO DETRÍTICO U-Pb (LA-ICP-MS)	LOCALIZAÇÃO
IT-VI-123B	725082	6990223	Metaconglomerado de matriz quartzosa e micácea	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
IT-VII-56	727290	6991050	Granada-muscovita xisto conglomerático	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
IT-VII-93A	726754	6991880	Metaconglomerado	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
IT-VII-125	730200	6991270	Muscovita-biotita quartzito	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
IT-VII-126	730180	6991125	Clorita-biotita xisto quartzoso	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo

Tabela com a relação das amostras coletadas ou selecionadas para as análises referentes a este Trabalho de Formatura.

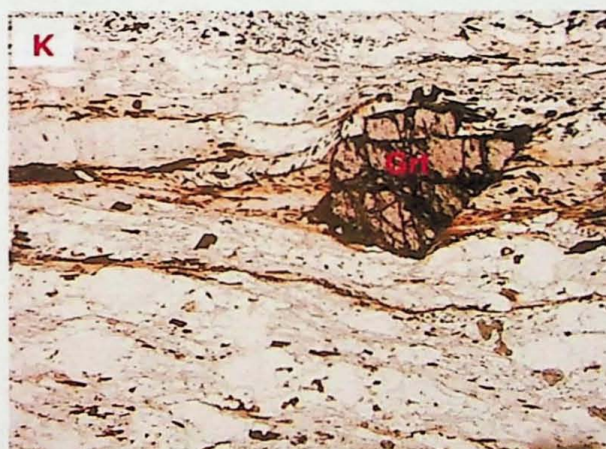
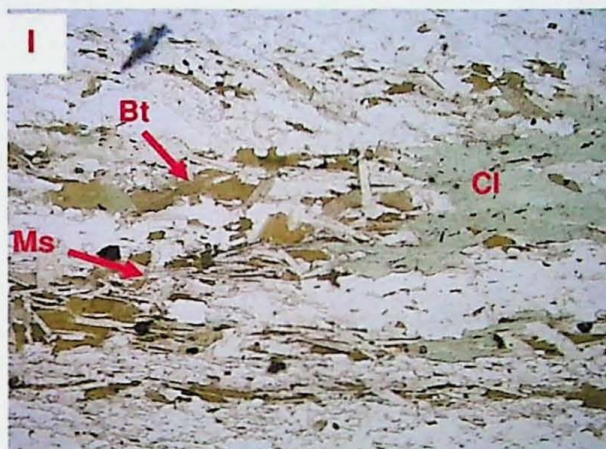
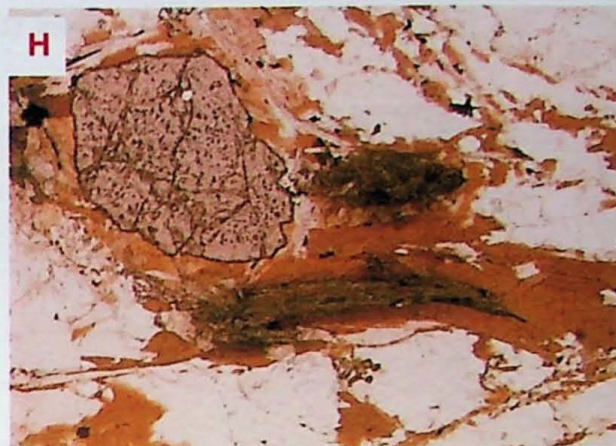
Projeto de Iniciação Científica (IC)								
Trabalhos da Disciplina 0440420 - Mapeamento Geológico (2003)								
Nº DE CAMPO	UTM E	UTM N	LITOTIPO	PETROGRAFIA	ISOTOPIA - RT (Nd/Sm, Sr/Sr, Pb/Pb)	GEOQUÍMICA	ZIRCÃO (U-PB SHRIMP)	LOCALIZAÇÃO
JB-VIII-39A	729000	6991850	Anfibolito	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
JB-VIII-69B	731960	6989345	Clorita-tremolita xisto	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
JB-VIII-93B	729860	6992222	Clorita-tremolita xisto	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
Trabalhos da Disciplina 0440420 - Mapeamento Geológico (2008)								
IT-IV-129	736279	6998982	Metabásica	Sim	Sim	Sim		Ponta do Engodo
IT-VI-1	718432	6989619	Metabásica com leitos de turmalina	Sim	Sim	Sim		Rio do Oliveira
IT-VII-21	727681	6993365	Metatufo	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
IT-VIII-33	733701	6992546	Epidoto-opaco anfibolito	Sim	Sim	Sim		Sertão de Santa Luzia
IT-VIII-37	733883	6991615	Anfibolito	Sim	Sim	Sim		Sertão de Santa Luzia
IT-VIII-38	733482	6991463	Anfibolito	Sim	Sim	Sim		Sertão de Santa Luzia
IT-VIII-40	734531	6991743	Metagabro	Sim	Sim	Sim	Sim	Sertão de Santa Luzia
IT-VIII-91	733760	6991212	Metabásica	Sim	Sim	Sim		Sertão de Santa Luzia
Atividade de Campo de IC - Junho/2008								
TF-1	727855	6991465	Anfibolito	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
TF-2	727892	6991432	Anfibolito	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
TF-3	727867	6991404	Calcissilicática	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
TF-15A	728958	6992191	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
TF-15C	728958	6992191	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
TF-15D	728958	6992191	Metabásica	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
TF-17	728136	6993120	Metabásica	Sim	Sim	Sim		Sertão do Valongo
TF-18A	737655	7000838	Opaco-titanita xisto	Sim	Sim	Sim		Ponta do Engodo
TF-19	737775	7000862	Epidoto-plagioclásio-acinolita xisto	Sim	Sim	Sim		Ponta do Engodo
TF-20	737913	7000866	Anfibolito	Sim	Sim	Sim		Ponta do Engodo

Tabela com a relação das amostras analisadas no projeto de Iniciação Científica. Esses dados foram aproveitados no Trabalho de Formatura.

ANEXO VI

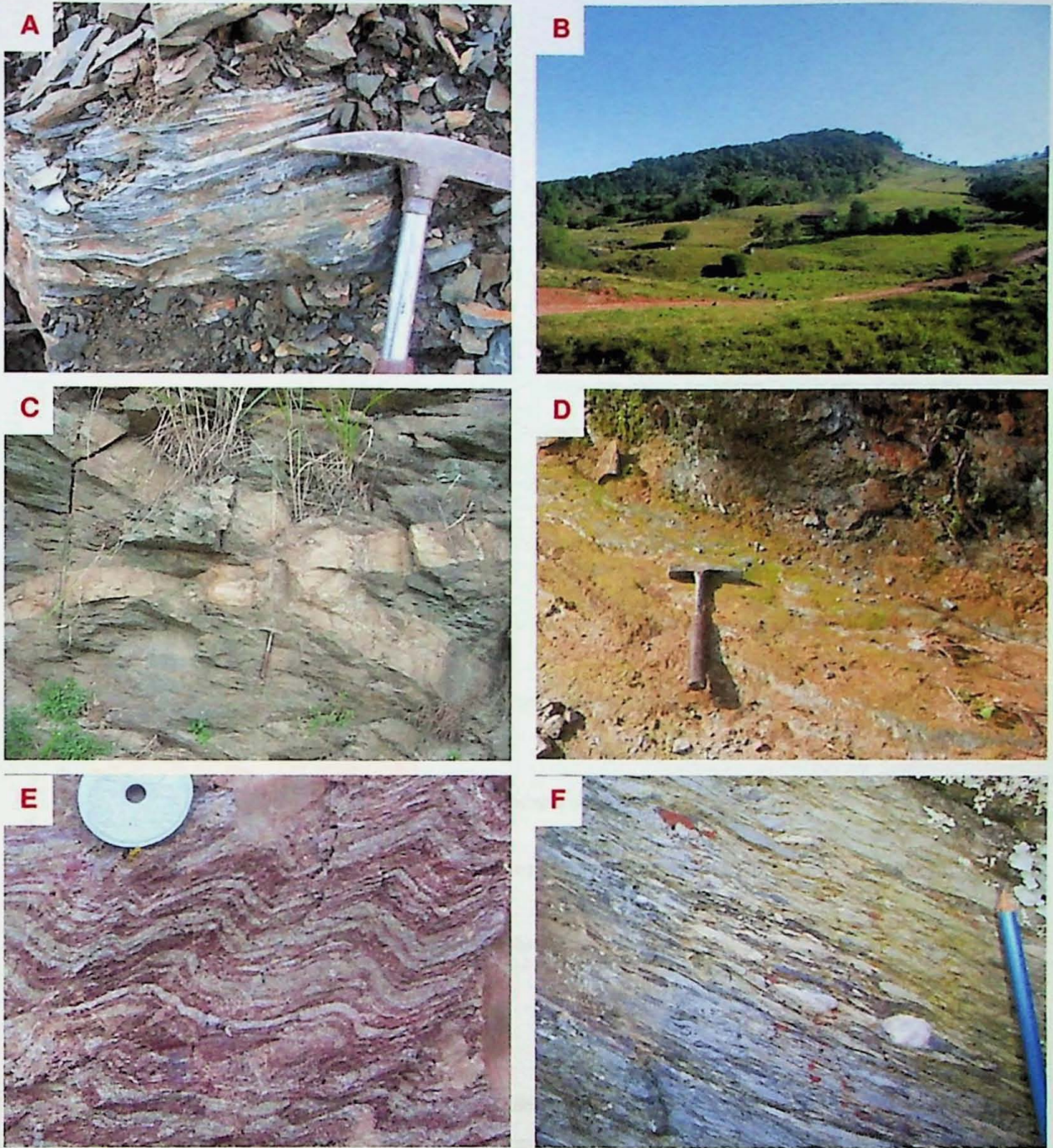


Fotomicrografias tiradas no fotomicroscópio OLYMPUS BX50 com a câmera OLYMPUS c5050. A) Bandamento irregular em metabásica (TF-15A); B) Veio de quartzo cortando a foliação (IT-VII-21); C) Grãos de apatita e zircão incolores e prismáticos (IT-VIII-40); D) Presença de hornblenda e opacos, além de plagioclásio e quartzo em textura blastoamigdaloidal (IT-VIII-40); E) Titanita e opaco xenomórficos orientados segundo a foliação dada por cristais de anfibólio (TF-18A); F) Anfibolito com leitos carbonáticos e veio de quartzo intercalados (IT-VIII-38). Todas as fotos foram tiradas com nicóis descruzados.



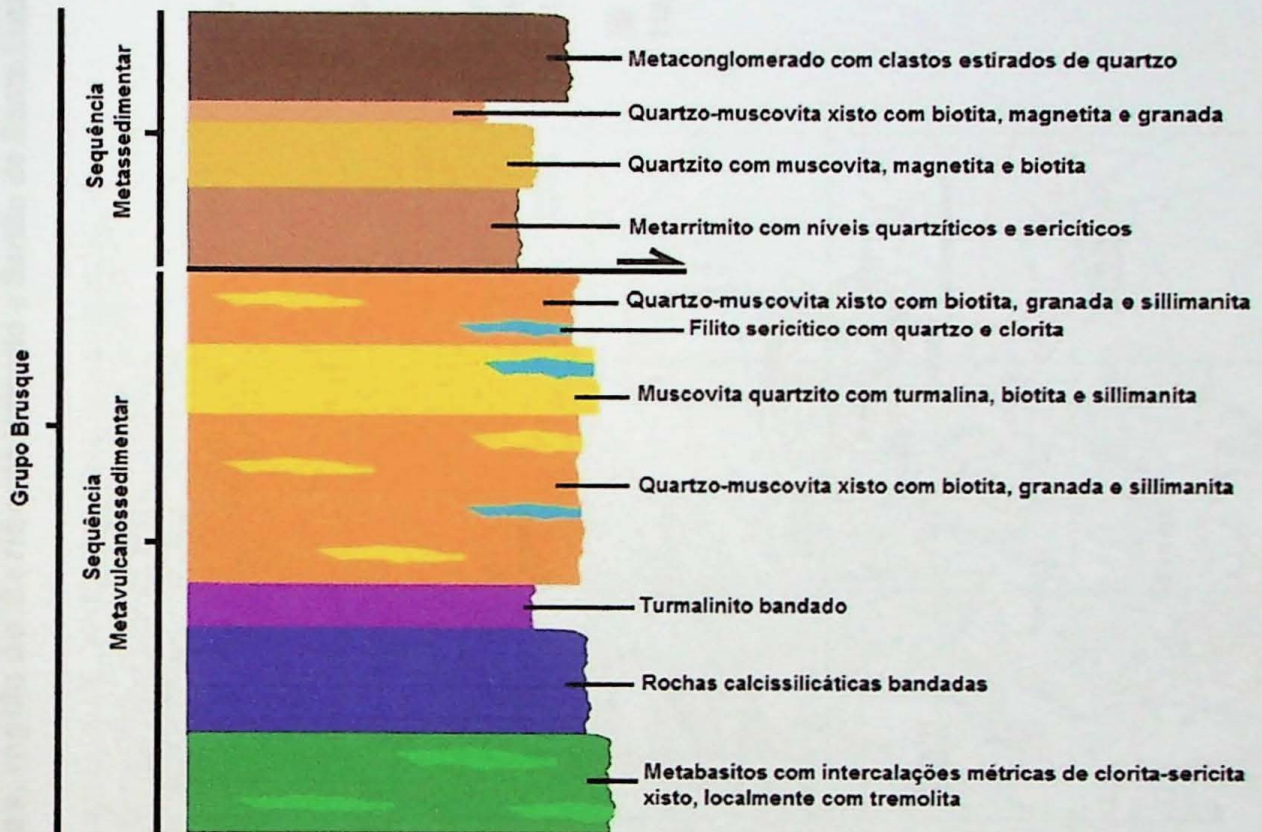
Fotomicrografias tiradas no fotomicroscópio OLYMPUS BX50 com a câmara OLYMPUS c5050. G) Biotita-muscovita-quartzo xisto com foliação S2 crenulada (IT-VI-16); H) Porfiroblasto de granada contornada pela foliação e cianita deformada e orientada segundo a foliação (TFM-35A); I) Quartzito com bandas quartzíticas intercaladas a leitos lepidoblásticos dados por muscovita, biotita e clorita (IT-VII-126); J) e K) Metaconglomerado com granada porfiroblástica estirada a granular. Matriz bandada com leitos lepidoblásticos onde nota-se foliação milonítica, além de cristais de quartzo sigmoidais (TFM-26B). Escala para todas as fotos: lado maior = 3,25mm. Fotos G, H, I e K = nicóis descruzados; Foto J = nicóis cruzados.

ANEXO VII



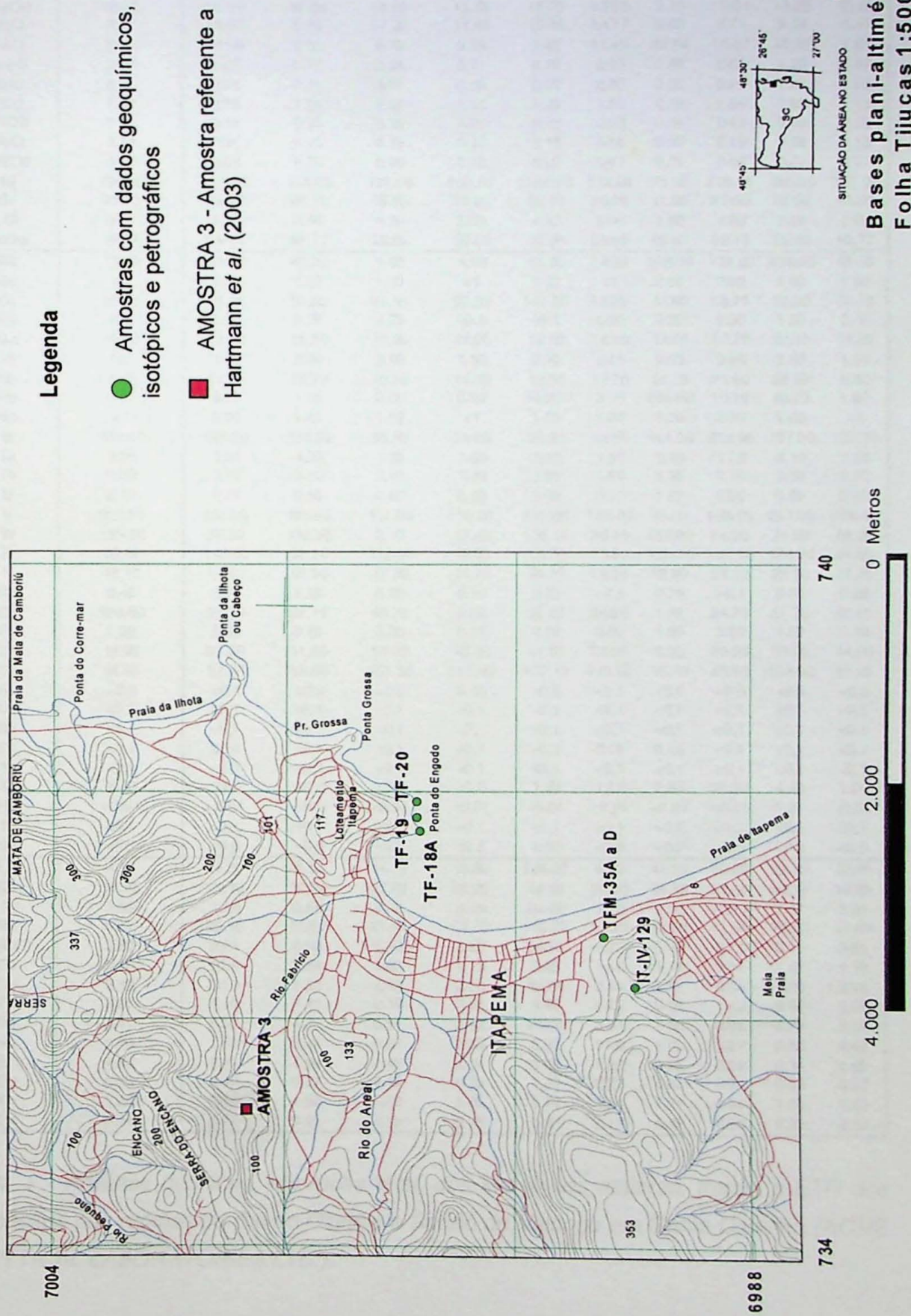
Fotos tiradas em campo. A) Rocha metabásica com leitos carbonáticos e níveis mais xistosos observados na Pedreira da Prefeitura, região do Sertão de Santa Luzia (TFM-34); B) Vista da região do Rio do Oliveira com blocos e matações de turmalinito; C) Cianita-granada-biotita-quartzo-muscovita xisto da região de Itapema, em afloramento na BR-101, onde é cortado por leucogranito turmalinífero do Granito Morro do Boi; D) Filito sericítico alterado aflorando em corte de estrada de terra na região do Sertão do Valongo; E) Metarritmico crenulado da base do Morro do Carneiro; F) Metaconglomerado do Morro do Carneiro, cor cinza com clastos de quartzo brancos e estirados.

ANEXO VIII



Coluna litoestratigráfica ilustrativa das seqüências que compõem o Grupo Brusque na área de estudo. O contato entre elas é tectônico por cavalgamento, como indicado na figura.

Anexo V - Mapa de localização das amostras, região da Ponta do Engodo, costão norte de Itapema, Santa Catarina



ANEXO IX

Localização	Sertão do Valongo										
	Rio do Oliveira										
Amostras	IT-VI-1	IT-VII-21	JB-VIII-39A	JB-VIII-69B	JB-VIII-93B	TF-1	TF-2	TF-3	TF-15A	TF-15C	TF-15D
SiO ₂	48.27	43.10	57.87	43.72	46.75	43.41	44.57	56.18	50.28	46.00	53.92
Al ₂ O ₃	14.53	9.57	10.85	7.57	6.76	10.39	9.32	10.82	10.58	10.22	11.77
Fe ₂ O ₃	12.33	15.54	10.96	14.98	13.78	15.20	13.68	5.79	12.01	14.22	10.81
MgO	9.01	12.63	5.90	17.20	17.42	15.84	14.77	9.09	8.71	9.74	8.41
CaO	10.17	11.99	8.53	8.79	9.39	7.52	11.43	10.54	10.67	12.97	7.61
Na ₂ O	2.82	1.23	2.73	0.34	0.31	0.79	0.95	0.69	2.65	1.23	4.67
K ₂ O	0.03	0.34	0.11	0.03	0.05	0.09	0.20	3.55	0.38	1.39	0.06
TiO ₂	1.32	2.76	1.66	2.05	1.15	1.39	1.30	0.50	1.89	1.80	1.13
P ₂ O ₅	0.10	0.38	0.21	0.35	0.20	0.18	0.16	0.38	0.41	0.25	0.12
MnO	0.16	0.20	0.13	0.13	0.17	0.18	0.16	0.24	0.19	0.18	0.15
Cr ₂ O ₃	0.03	0.08	0.05	0.08	0.10	0.08	0.07	0.01	0.09	0.07	0.07
Ni	190.00	374.00	120.00	737.00	900.00	1088.00	712.00	73.00	226.00	386.00	290.00
Sc	35.00	23.00	22.00	16.00	18.00	22.00	20.00	11.00	27.00	22.00	24.00
LOI	0.90	1.80	0.80	4.30	3.50	4.40	3.00	1.80	1.90	1.50	1.00
Soma	99.68	99.64	99.77	99.65	99.65	99.58	99.69	99.63	99.73	99.60	99.77
Ba	12.00	93.00	49.00	9.00	4.00	12.00	14.00	868.00	134.00	426.00	43.00
Be	<1	2.00	2.00	1.00	<1	1.00	<1	2.00	2.00	1.00	1.00
Co	65.20	75.30	52.60	91.50	92.30	111.50	93.00	43.60	58.70	72.30	61.10
Cs	<0.1	0.50	0.20	0.30	<0.1	<0.1	0.30	3.30	0.50	1.90	0.40
Ga	19.90	23.20	15.80	15.50	11.20	18.80	16.40	13.00	17.70	20.10	14.60
Hf	1.90	4.40	2.70	3.00	1.90	2.70	2.40	3.80	3.60	3.60	1.80
Nb	7.40	27.80	15.70	23.70	11.70	13.80	12.70	14.10	21.90	27.50	9.80
Rb	0.80	6.00	1.50	0.30	0.90	0.50	3.10	109.80	10.10	40.20	1.80
Sn	<1	2.00	1.00	1.00	<1	1.00	1.00	3.00	2.00	2.00	<1
Sr	632.10	228.90	439.30	39.40	24.50	20.20	49.50	441.30	223.40	737.50	137.70
Ta	3.20	2.50	4.20	1.60	1.00	1.50	1.30	5.10	1.70	3.10	2.50
Th	0.30	2.70	2.00	2.00	1.40	1.80	1.80	9.50	2.70	3.30	2.20
U	0.10	0.70	0.50	0.60	0.30	0.60	0.30	1.00	0.80	0.80	0.40
V	323.00	251.00	195.00	151.00	150.00	171.00	166.00	45.00	196.00	267.00	174.00
W	135.30	70.30	136.30	9.10	17.40	125.10	30.40	185.80	24.30	74.50	83.60
Zr	63.60	163.80	93.10	115.00	73.60	78.70	75.60	125.20	134.10	124.20	64.50
Y	18.10	34.00	20.50	17.50	14.70	94.10	16.30	32.80	29.30	22.30	18.20
Mo	0.40	0.50	0.30	0.20	0.10	0.20	<0.1	0.30	<0.1	0.30	0.20
Cu	129.60	38.50	36.10	43.70	2.80	92.80	54.20	1.70	34.70	51.70	36.50
Pb	1.30	5.50	0.40	0.30	0.10	0.20	0.50	1.60	3.20	1.80	0.70
Zn	13.00	37.00	11.00	54.00	45.00	91.00	28.00	6.00	23.00	39.00	14.00
Ni	44.30	97.50	15.40	351.30	313.40	407.40	179.90	15.10	45.50	108.90	45.60
As	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.50	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	<0.1	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	0.10	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au	1.40	0.80	<0.5	<0.5	<0.5	1.20	1.20	2.80	25.30	4.90	1.20
Hg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Tl	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.00	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
La	4.40	27.30	9.10	14.20	10.60	134.80	8.40	41.50	30.60	23.80	12.50
Ce	11.20	39.10	17.30	27.80	22.20	13.50	20.20	84.50	50.80	45.10	16.60
Pr	1.85	8.79	3.60	4.43	3.18	34.49	2.73	9.20	10.17	7.17	3.81
Nd	8.70	38.10	16.80	21.00	13.70	146.20	12.20	32.60	41.50	28.60	15.60
Sm	2.62	9.21	4.60	5.00	3.38	30.52	3.32	5.96	9.71	6.11	3.61
Eu	0.95	2.94	1.54	1.62	1.13	9.23	1.16	1.18	3.01	1.93	1.18
Gd	3.19	9.19	4.92	5.08	3.55	32.84	3.84	5.57	8.64	5.66	3.75
Tb	0.57	1.40	0.81	0.78	0.55	4.85	0.63	0.89	1.40	0.92	0.67
Dy	3.11	6.58	4.19	3.81	2.93	24.04	3.31	4.85	6.66	4.59	3.61
Ho	0.70	1.20	0.77	0.67	0.53	3.90	0.58	1.00	1.07	0.83	0.68
Er	1.86	2.81	1.99	1.42	1.31	9.32	1.62	2.95	2.56	2.14	1.82
Tm	0.26	0.38	0.27	0.19	0.20	1.29	0.22	0.47	0.34	0.29	0.27
Yb	1.60	2.08	1.53	1.02	1.06	6.79	1.21	2.71	1.88	1.66	1.53
Lu	0.24	0.27	0.22	0.13	0.15	0.87	0.17	0.42	0.26	0.23	0.20

Tabela 1 - Análises químicas, em rocha total, dos elementos maiores, traços e ETR dos metabasitos das regiões do Rio do Oliveira e Sertão do Valongo em Santa Catarina (ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD.).

Localização	Sertão de Santa Luzia						Ponta do Engodo			
	Amostras	TF-17	IT-VIII-33	IT-VIII-37	IT-VIII-38	IT-VIII-40	IT-VIII-91	TF-18A	TF-19	TF-20
SiO ₂	41.59	50.19	46.43	42.10	52.11	51.61	46.35	45.41	55.40	49.30
Al ₂ O ₃	14.85	8.49	8.75	10.14	14.09	11.27	9.48	11.61	12.12	8.17
Fe ₂ O ₃	14.30	13.49	14.89	16.96	12.21	11.96	13.34	14.88	11.21	13.41
MgO	8.66	9.07	10.81	12.91	5.86	5.81	12.23	9.49	4.76	12.96
CaO	14.28	11.86	12.00	9.75	8.86	14.23	13.50	11.82	10.56	11.75
Na ₂ O	0.83	0.48	1.49	0.86	3.16	0.36	1.32	1.78	1.98	1.30
K ₂ O	1.29	0.23	0.39	1.27	0.27	0.26	0.30	1.54	0.19	0.16
TiO ₂	1.46	2.08	2.31	2.47	1.77	1.72	1.75	1.72	1.26	1.48
P ₂ O ₅	0.11	0.31	0.40	0.31	0.18	0.24	0.20	0.20	0.14	0.13
MnO	0.23	0.18	0.22	0.17	0.16	0.14	0.16	0.22	0.15	0.18
Cr ₂ O ₃	0.08	0.07	0.06	0.09	0.01	0.06	0.08	0.09	0.07	0.19
N	286.00	413.00	318.00	761.00	58.00	164.00	633.00	382.00	144.00	364.00
Sc	29.00	23.00	26.00	21.00	25.00	23.00	17.00	28.00	25.00	32.00
LOI	2.00	3.20	1.90	2.50	1.10	1.90	0.90	0.80	1.90	0.60
Soma	99.69	99.68	99.66	99.66	99.76	99.53	99.69	99.65	99.71	99.69
Ba	287.00	39.00	74.00	172.00	124.00	139.00	27.00	401.00	10.00	33.00
Be	4.00	1.00	2.00	1.00	1.00	<1	1.00	1.00	1.00	<1
Co	59.10	82.10	80.30	97.50	52.10	57.60	83.00	78.00	90.60	65.10
Cs	6.60	0.20	0.60	4.20	0.40	0.20	0.80	6.80	0.40	0.10
Ga	24.80	17.90	17.10	26.50	20.10	20.90	17.60	21.10	19.20	20.50
Hf	2.40	3.50	4.00	3.80	2.70	2.90	2.70	3.20	2.30	1.80
Nb	11.00	25.50	26.70	29.90	13.90	19.90	20.60	18.10	19.70	7.80
Rb	41.80	1.20	7.20	36.00	2.30	8.10	5.00	37.70	7.40	1.10
Sn	16.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Sr	384.50	437.10	529.20	57.30	429.90	2233.90	253.40	437.40	811.80	136.70
Ta	1.90	2.90	2.70	2.50	2.50	4.40	2.50	2.10	8.50	0.90
Th	2.70	2.60	2.90	2.50	1.90	2.00	1.80	3.10	2.40	1.00
U	0.40	0.70	0.60	0.60	0.40	0.40	0.60	0.50	1.20	0.30
V	236.00	241.00	241.00	244.00	218.00	254.00	193.00	233.00	268.00	237.00
W	62.90	64.40	72.40	33.70	97.30	134.10	65.00	50.20	338.00	12.50
Zr	81.10	132.40	142.70	138.90	91.40	101.90	94.60	108.70	73.40	65.90
Y	23.30	47.10	20.90	19.70	25.10	22.20	16.90	23.10	18.40	16.10
Mo	0.30	0.20	0.10	<0.1	0.40	0.40	0.30	0.20	0.80	<0.1
Cu	14.80	39.30	50.10	57.50	42.60	26.90	8.20	114.00	10.70	114.20
Pb	1.20	1.60	0.80	0.50	0.70	0.80	0.60	0.80	0.90	0.20
Zn	58.00	27.00	27.00	57.00	24.00	10.00	19.00	48.00	24.00	5.00
Ni	155.20	99.80	79.20	383.10	15.70	24.80	103.00	111.40	52.60	20.50
As	1.90	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.70	2.00	<0.5
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0.10	<0,1	0.10	0.20	<0,1
Bi	0.20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0.30	<0,1
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	<0,5	<0,5	0.70	<0,5	0.80	0.70	0.60	5.30	4.90	1.40
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*	<0,01
Tl	0.20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0.10	<0,1	<0,1
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
La	15.30	89.00	17.90	13.50	8.50	16.30	14.10	15.70	14.50	7.60
Ce	29.60	62.60	42.80	33.80	10.00	33.60	28.90	36.60	28.60	15.20
Pr	3.90	28.78	5.75	4.35	2.70	4.99	4.18	4.76	3.49	2.42
Nd	16.10	107.80	24.80	18.70	12.20	21.50	17.70	19.80	13.40	10.80
Sm	4.04	22.99	6.08	4.76	3.67	4.77	4.16	4.80	3.21	2.96
Eu	1.53	6.69	1.81	1.52	1.30	1.70	1.54	1.67	1.16	1.24
Gd	4.37	17.72	5.81	5.11	4.67	5.32	4.25	4.94	3.53	3.56
Tb	0.78	2.81	0.90	0.80	0.85	0.85	0.68	0.84	0.65	0.59
Dy	4.11	12.95	4.38	4.01	4.45	4.56	3.61	4.58	3.63	3.12
Ho	0.80	1.90	0.79	0.75	0.92	0.84	0.61	0.80	0.68	0.60
Er	2.20	4.39	1.90	1.76	2.41	2.06	1.49	2.10	1.88	1.49
Tm	0.31	0.56	0.26	0.23	0.35	0.28	0.21	0.30	0.28	0.20
Yb	1.59	3.03	1.49	1.37	1.90	1.59	1.16	1.76	1.56	1.19
Lu	0.24	0.37	0.21	0.19	0.29	0.22	0.16	0.24	0.22	0.16

Tabela 2 - Análises químicas, em rocha total, dos elementos maiores, traço e ETR dos metabasitos do Sertão de Santa Luzia e Ponta do Engodo, em Santa Catarina (ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD.).

Análise por FRX										
Localização	Sertão do Valongo						Sertão de Santa Luzia	Ponta do Engodo	Rio do Oliveira	
Amostras	IT-VII-56	IT-VII-93A	IT-VII-125	IT-VII-126	IT-VI-123B	TMF-26B	TMF-34	TMF-35C	TMF-21	TMF-22
SIO2	63,16	86,10	90,09	70,65	76,69	66,56	45,35	73,09	69,85	48,62
TIO2	0,302	0,209	0,105	0,583	0,189	0,264	2,092	0,451	0,447	3,943
Al2O3	8,76	5,47	3,76	13,05	6,06	7,95	11,85	11,48	12,89	12,08
Fe2O3	21,68	4,56	2,00	6,19	12,47	19,71	14,67	4,44	3,57	19,40
MnO	0,124	0,101	0,010	0,038	0,091	0,319	0,135	0,098	0,039	0,322
MgO	0,41	0,25	0,59	1,96	0,27	0,37	11,07	2,25	3,53	4,77
CaO	0,03	0,01	0,06	0,41	0,02	< 0,01	6,51	1,87	0,71	9,38
Na2O	0,05	0,07	< 0,02	0,81	0,07	0,08	0,57	2,45	0,86	1,30
K2O	2,83	1,71	0,67	3,53	1,91	2,44	4,02	2,01	0,05	0,30
P2O5	0,018	0,019	0,012	0,087	0,033	0,034	0,193	0,070	0,086	0,513
LOI	1,47	0,76	1,60	1,65	0,94	1,16	1,92	0,53	3,30	0,00
Total	98,83	99,26	98,90	98,96	98,74	98,89	98,38	98,74	95,33	100,63
Co	53	78	127	63	108	47	80	85	234	68
Cr	36	18	13	51	68	39	566	41	56	26
Ga	10	< 9	< 9	15	< 9	9	22	11	16	23
Sc	< 14	< 14	< 14	< 14	< 14	< 14	26	< 14	< 14	48
V	34	< 9	< 9	42	36	22	260	40	65	490
Cu	20	< 5	16	5	14	14	130	188	50	21
Zn	21	10	15	69	20	27	152	73	9	148
Ni	48	41	66	49	65	46	446	59	93	40
Cl	< 50	< 50	< 50	< 50	155	< 50	< 50	< 50	< 50	883
F	< 500	< 500	< 500	698	< 500	< 500	1580	753	969	< 500
S	< 550	< 550	5065	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	14610	< 550
Análise por ICP										
Ba	811	532	187	556	719	770	729	206	8,54	21,8
Cs	5,56	3,31	2,31	7,63	3,33	5,66	62,4	15,3	0,19	0,15
Hf	1,89	3,99	1,57	4,68	2,28	2,11	2,24	7,45	3,36	5,14
Nb	4,07	5,62	0,45	7,61	1,22	4,40	17,6	8,06	5,70	20,2
Rb	71,9	56,0	26,2	140	68,8	80,7	130	154	1,93	2,48
Sr	14,6	15,2	9,71	80,9	19,9	18,6	122	361	56,4	225
Th	6,43	6,51	2,29	9,49	5,90	6,74	2,38	10,7	4,86	2,30
U	0,67	0,87	0,42	1,55	1,06	1,03	0,40	2,07	1,39	0,86
Zr	73,3	147	47,8	182	96,3	88,6	89,7	305	122	247
Y	13,3	14,3	8,27	17,4	12,5	19,2	17,4	57,9	7,53	62,4
Pb	10,7	4,75	3,32	8,47	8,27	7,21	2,20	18,0	3,28	3,40
La	26,8	19,9	21,3	29,6	23,9	30,2	15,6	22,6	22,6	22,0
Ce	53,1	35,9	30,6	68,6	51,6	66,8	30,8	36,6	53,8	54,6
Pr	5,72	4,22	4,76	6,52	5,40	6,97	3,93	4,71	5,11	6,55
Nd	22,1	15,6	16,8	24,1	21,0	27,7	17,1	17,9	19,2	30,4
Sm	4,33	2,79	3,09	4,41	3,95	5,48	4,33	4,45	3,29	7,84
Eu	0,93	0,57	0,64	0,87	0,70	1,10	1,49	0,95	0,70	2,50
Gd	3,44	2,50	2,31	3,63	2,82	4,31	4,46	6,44	2,18	8,48
Tb	0,43	0,37	0,34	0,54	0,36	0,59	0,64	1,17	0,28	1,35
Dy	2,37	2,26	1,86	3,09	1,93	3,28	3,51	7,29	1,40	8,00
Ho	0,45	0,48	0,34	0,62	0,37	0,62	0,65	1,56	0,25	1,69
Er	1,21	1,36	0,91	1,75	0,99	1,65	1,58	4,23	0,69	4,66
Tm	0,17	0,20	0,13	0,26	0,14	0,22	0,20	0,57	0,11	0,66
Yb	1,07	1,36	0,85	1,74	0,89	1,44	1,23	3,58	0,78	4,28
Lu	0,16	0,20	0,12	0,25	0,13	0,21	0,17	0,51	0,13	0,64

Tabela 3 - Análises químicas, em rocha total, dos elementos maiores, traço e ETR das rochas metassedimentares amostradas.

ANEXO X

SPB	Amostras	Material (Rocha total)	²³⁸ Pb/ ²³⁸ Pb	Erro % (1σ)	²³⁷ Pb/ ²³⁸ Pb	Erro % (1σ)	²³⁵ Pb/ ²³⁸ Pb	Erro % (1σ)	μ	Erro	Localização
3137	IT-VI-1	Metabásica com turmalinitos	17.795	0.006	15.620	0.006	37.472	0.006	9.950	0.0001	Rio do Oliveira
3989	TFM-21	Turmalinito	20.979	0.011	15.774	0.011	41.937	0.011	-	-	
3990	TFM-22	Turmalinito	19.164	0.010	15.717	0.010	38.900	0.010	-	-	
3138	IT-VII-21	Metatufo	17.440	0.013	15.488	0.013	38.019	0.014	9.458	0.0001	Santão do Valengo
3143	JB-VIII-39A	Anfibolito	18.414	0.006	15.623	0.006	38.624	0.006	9.778	0.0001	
3144	JB-VIII-69B	Clorita-tremolita xisto	25.200	0.209	16.021	0.173	48.620	0.174	10.901	0.0001	
3145	JB-VIII-93B	Clorita-tremolita xisto	26.460	0.012	16.097	0.012	49.663	0.013	11.174	0.0001	
3459	TF-1	Metabasalto	25.705	0.021	16.060	0.021	46.902	0.020	11.043	0.0001	
3460	TF-2	Metabasalto	19.993	0.010	15.735	0.011	41.149	0.012	9.991	0.0001	
3461	TF-3	Calcissilicática	19.652	0.015	15.707	0.016	43.679	0.018	9.920	0.0001	
3462	TF-15A	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto	18.400	0.012	15.609	0.012	38.777	0.012	9.720	0.0001	
3463	TF-15C	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto	18.717	0.008	15.592	0.008	39.654	0.008	9.579	0.0001	
3464	TF-15D	Metabasalto	17.862	0.007	15.530	0.007	38.514	0.007	9.512	0.0001	
3465	TF-17	Metabásica	17.861	0.005	15.546	0.003	39.098	0.005	9.582	0.0001	
3992	IT-VII-56	Granada-muscovita xisto conglomerático	19.120	0.007	15.805	0.008	39.636	0.009	-	-	
3993	IT-VII-92A	Metaconglomerado	20.138	0.007	15.979	0.008	42.125	0.009	-	-	
3994	IT-VII-125	Muscovita-biotita quartzito	18.638	0.007	15.683	0.008	39.687	0.007	-	-	
3995	IT-VII-126	Clorita-biotita xisto quartzoso	18.993	0.008	15.702	0.009	40.644	0.009	-	-	
3996	IT-VI-123B	Metaconglomerado	19.757	0.010	15.881	0.010	40.340	0.009	-	-	
3997	TFM-26B	Metaconglomerado	19.490	0.009	15.871	0.009	40.069	0.009	-	-	
3139	IT-VIII-33	Epidoto-opaco anfibolito	18.989	0.014	15.656	0.015	39.172	0.017	9.803	0.0001	Santão de Santa Luzia
3140	IT-VIII-37	Epidoto-opaco anfibolito	19.238	0.010	15.644	0.010	39.928	0.011	9.717	0.0001	
3141	IT-VIII-38	Epidoto-opaco-biotita-actinolita xisto	21.236	0.007	15.799	0.007	42.838	0.007	10.156	0.0001	
3142	IT-VIII-40	Metagabro	18.210	0.005	15.651	0.005	38.668	0.005	9.956	0.0001	
3457	IT-VIII-91	Metabásica	18.143	0.010	15.538	0.011	38.497	0.010	9.470	0.0001	
3991	TFM-34	Biotita xisto associado a metabásica	19.013	0.017	15.676	0.018	39.793	0.018	-	-	
3456	TF-18A	Opaco-titanita xisto	18.907	0.007	15.606	0.007	39.507	0.007	9.609	0.0001	
3457	TF-19	Epidoto-plagioclásio-actinolita xisto	18.503	0.007	15.575	0.007	39.410	0.008	9.550	0.0001	
3458	TF-20	Metabásica	19.009	0.009	15.595	0.009	38.821	0.009	9.545	0.0001	
3458	IT-IV-129	Metabásica	18.198	0.008	15.576	0.008	38.627	0.008	9.623	0.0001	
3998	TFM-35C	Biotita-muscovita xisto	18.320	0.009	15.695	0.009	39.967	0.009	-	-	

Tabela 4 - Dados isotópicos Pb-Pb referentes às amostras de rochas metabásicas e metassedimentares analisadas. Os dados referentes ao Complexo Camború, Complexo Granulítico Santa Catarina, Batólito Florianópolis e granitóides do Grupo Brusque foram retirados de Basei (1985), Basei (em andamento), Guadagnin (2007) e Pacheco (2007).

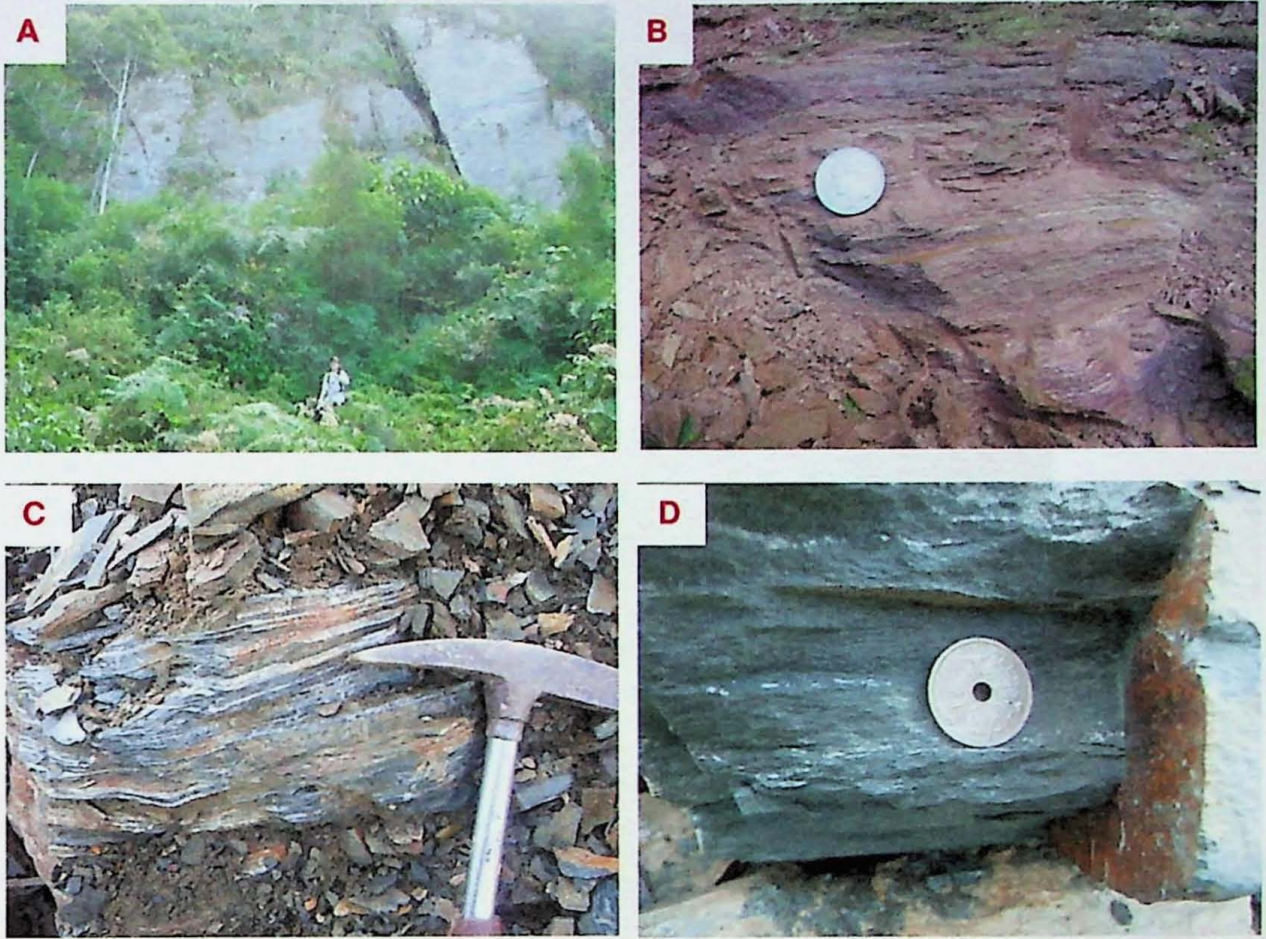
SPR	No. Campo	Material - RT	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\epsilon\text{Sr}(0)$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (T = 750Ma)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (T = 900Ma)	$\epsilon\text{Sr}(600)$	Localização
5469	IT-VI-1	Metabásica com turmalinitos	0.800	632.100	0.709	0.004	65.170	0.709	0.705	74.708	Rio do Oliveira
6384	TFM-21	Turmalinito	1.927	56.380	0.742	0.099	531.939	41241.161	366.434	530.322	
6385	TFM-22	Turmalinito	2.475	224.863	0.728	0.032	331.037	-	-	337.406	
5470	IT-VII-21	Metatufo	6.000	228.900	0.706	0.076	27.340	0.706	0.705	28.070	Sertão do Valongo
5475	JB-VIII-39A	Anfibolito	1.500	439.300	0.706	0.010	22.100	0.706	0.706	30.845	
5476	JB-VIII-69B	Clorita-tremolita xisto	0.300	39.400	0.706	0.022	27.500	0.706	0.705	34.765	
5477	JB-VIII-93B	Clorita-tremolita xisto	0.900	24.500	0.708	0.106	53.360	0.707	0.707	50.405	
5693	TF-1	Metabasalto	0.500	20.200	0.707	0.072	34.403	0.706	0.706	35.649	
5694	TF-2	Metabasalto	3.100	49.500	0.708	0.181	46.455	0.706	0.705	34.386	
5695	TF-3	Calcsilicática	109.800	441.300	0.722	0.721	242.647	0.714	0.712	165.143	
5696	TF-15A	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto	10.100	223.400	0.709	0.131	63.961	0.708	0.707	58.035	
5701	TF-15C	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto	40.200	737.500	0.708	0.158	51.727	0.706	0.706	42.519	
5697	TF-15D	Metabasalto	1.800	137.700	0.707	0.038	39.166	0.707	0.707	44.526	
5702	TF-17	Metabásica	41.800	384.500	0.718	0.315	194.358	0.715	0.714	166.161	
-	IT-VII-56	Granada-muscovita xisto conglomerático	71.898	14.596	-	-	-	-	-	-	
-	IT-VII-93A	Metaconglomerado	55.962	15.164	-	-	-	-	-	-	
6473	IT-VII-125	Muscovita-biotita quartzito	26.200	9.710	0.836	7.908	1870.718	1190.609	-23.481	921.087	
6474	IT-VII-126	Clorita-biotita xisto quartzoso	140.262	80.889	0.803	5.066	1397.841	1399.403	-22.106	793.295	
-	IT-VI-123B	Metaconglomerado	68.772	19.930	-	-	-	-	-	-	
-	TFM-26B	Metaconglomerado	80.749	18.646	-	-	-	-	-	-	
5471	IT-VIII-33	Epidoto-opaco anfibolito	1.200	437.100	0.705	0.008	10.299	0.705	0.705	19.264	Sertão de Santa Luzia
5472	IT-VIII-37	Epidoto-opaco anfibolito	7.200	529.200	0.705	0.039	12.414	0.705	0.705	17.561	
5474	IT-VIII-38	Epidoto-opaco-biotita-actinolita xisto	36.000	57.300	0.719	1.821	199.122	0.699	0.695	-12.057	
5473	IT-VIII-40	Metagabro	2.300	429.900	0.709	0.016	59.048	0.708	0.708	67.144	
5691	IT-VIII-91	Metabásica	8.100	2233.900	0.705	0.011	11.351	0.705	0.705	20.007	
6470	TFM-34	Biotita xisto associado a metabásica	129.650	122.110	0.730	3.080	359.865	637.437	-27.100	50.456	
5698	TF-18A	Opaco-titanita xisto	5.000	253.400	0.708	0.057	47.432	0.707	0.707	30.301	
5699	TF-19	Epidoto-plagioclásio-actinolita xisto	37.700	437.400	0.708	0.249	50.658	0.705	0.705	28.936	
5700	TF-20	Metabásica	7.400	811.800	0.709	0.026	58.687	0.708	0.708	-	
5692	IT-IV-129	Metabásica	1.100	136.700	0.708	0.023	53.261	0.708	0.708	60.402	
6383	TFM-35C	Biotita-muscovita xisto	153.636	360.893	0.738	1.236	469.242	2062.520	-17.704	329.398	

Tabela 5 - Dados isotópicos Rb-Sr referentes às amostras de rochas metabásicas e metassedimentares analisadas. Os dados referentes ao Complexo Camboriú, Complexo Granulítico Santa Catarina, Batolito Florianópolis e granitóides do Grupo Brusque foram retirados de Basei (1985), Basei (em andamento), Guadagnin (2007) e Pacheco (2007).

SPS No. Campo	Material - RT	Sm (ppm)	Nd (ppm)	147Sm/144Nd	143Nd/144Nd	$\epsilon Nd(t)$	fSm/Nd	TDM (Ma)	$\epsilon Nd(TDM)$	$\epsilon Nd(600)$	Localização
5469 IT-VI-1	Metabásica com turmalinitos	2,62	8,7	0,1821	0,512336	-0,03	-0,07	1950,3	3,60	1,085	Rio do Oliveira
6384 TFM-21	Turmalinito	3,29	19,2	0,1037	0,511586	-20,52	-0,47	2020,3	3,45	-13,399	
6385 TFM-22	Turmalinito	7,84	30,4	0,1559	0,512412	-4,40	-0,21	1654,6	4,22	-1,277	
5470 IT-VII-21	Metatufo (SV)	9,21	38,1	0,1462	0,512376	-5,11	-0,26	1500,5	4,56	-1,246	Sertão do Valongo
5475 JB-VIII-39A	Anfibolito (SV)	4,6	16,8	0,1656	0,512312	-6,36	-0,16	2325,3	2,87	-3,978	
5476 JB-VIII-69B	Clorita-tremolita xisto (SV)	5	21	0,1440	0,512471	-3,25	-0,27	1248,2	5,14	0,782	
5477 JB-VIII-93B	Clorita-tremolita xisto (SV)	3,38	13,7	0,1492	0,512368	-5,27	-0,24	1589,3	4,36	-1,636	
5693 TF-1	Metabasalto (SV)	30,52	146,2	0,1262	0,512090	-10,70	-0,36	1657,5	4,21	-5,297	
5694 TF-2	Metabasalto (SV)	3,32	12,2	0,1646	0,512365	-5,30	-0,16	2102,4	3,29	-2,865	
5695 TF-3	Calcsilicática (SV)	5,96	32,6	0,1106	0,511696	-18,40	-0,44	1991,5	3,51	-11,782	
5696 TF-15A	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto (SV)	9,71	41,5	0,1415	0,512333	-5,90	-0,28	1493,9	4,57	-1,724	
5701 TF-15C	Epidoto-titanita-plagioclásio-hornblenda xisto (SV)	6,11	28,6	0,1292	0,512034	-11,80	-0,34	1817,3	3,87	-6,615	
5697 TF-15D	Metabasalto (SV)	3,61	15,6	0,1399	0,512273	-7,10	-0,29	1586,3	4,37	-2,776	
5702 TF-17	Metabásica (SV)	4,04	16,1	0,1517	0,512218	-8,20	-0,23	2028,2	3,44	-4,752	
6471 IT-VII-56	Granada-muscovita xisto conglomerático	4,33	22,1	0,1184	0,511633	-19,61	-0,40	2261,1	2,99	-13,212	Sertão de Santa Luzia
6472 IT-VII-93A	Metaconglomerado	2,79	15,6	0,1083	0,511479	-22,62	-0,45	2269,0	2,97	-15,399	
6473 IT-VII-125	Muscovita-biotita quartzo	3,09	16,8	0,1111	0,511556	-21,11	-0,43	2215,7	3,07	-13,612	
6474 IT-VII-125	Clorita-biotita xisto quartzo	4,41	24,1	0,1106	0,511469	-22,81	-0,44	2334,8	2,85	-15,850	
6475 IT-VI-123B	Metaconglomerado	3,95	21,0	0,1140	0,511566	-20,92	-0,42	2266,5	2,88	-14,173	
6382 TFM-26B	Metaconglomerado	5,48	27,7	0,1196	0,511620	-19,85	-0,39	2312,8	2,89	-13,560	
6470 TFM-34	Biotita xisto associado a metabásica	4,33	17,1	0,1530	0,512296	-6,67	-0,22	1869,6	3,76	-3,323	
5471 IT-VIII-33	Epidoto-opaco anfibolito	22,99	107,8	0,1290	0,512331	-5,99	-0,34	1279,2	5,07	-0,802	
5472 IT-VIII-37	Epidoto-opaco anfibolito	6,08	24,8	0,1482	0,512335	-5,90	-0,25	1641,8	4,24	-2,194	
5474 IT-VIII-38	Epidoto-opaco-biotita-actinolita xisto	4,76	18,7	0,1539	0,512373	-5,17	-0,22	1702,0	4,11	-1,998	
5473 IT-VIII-40	Metagabro	3,67	12,2	0,1819	0,512361	-5,40	-0,08	3455,3	1,12	-4,272	
5691 IT-VIII-91	Metabásica	4,77	21,5	0,1342	0,512386	-4,90	-0,32	1257,8	5,12	-0,129	
5698 TF-18A	Opaco-titanita xisto	4,16	17,7	0,1421	0,512327	-6,10	-0,28	1519,8	4,51	-1,690	Ponta do Engodo - Itapema
5699 TF-19	Epidoto-plagioclásio-actinolita xisto	4,8	19,8	0,1466	0,512183	-8,90	-0,25	1951,0	3,59	-5,041	
5700 TF-20	Metabásica	3,21	13,4	-	-	-	-	-	-	-	
5692 IT-IV-129	Metabásica	2,96	10,8	0,1657	0,512486	-3,00	-0,16	1760,8	3,99	-0,595	
6383 TFM-35C	Biotita-muscovita xisto	4,45	17,9	0,1505	0,511497	-22,26	-0,23	3884,1	0,61	-18,727	

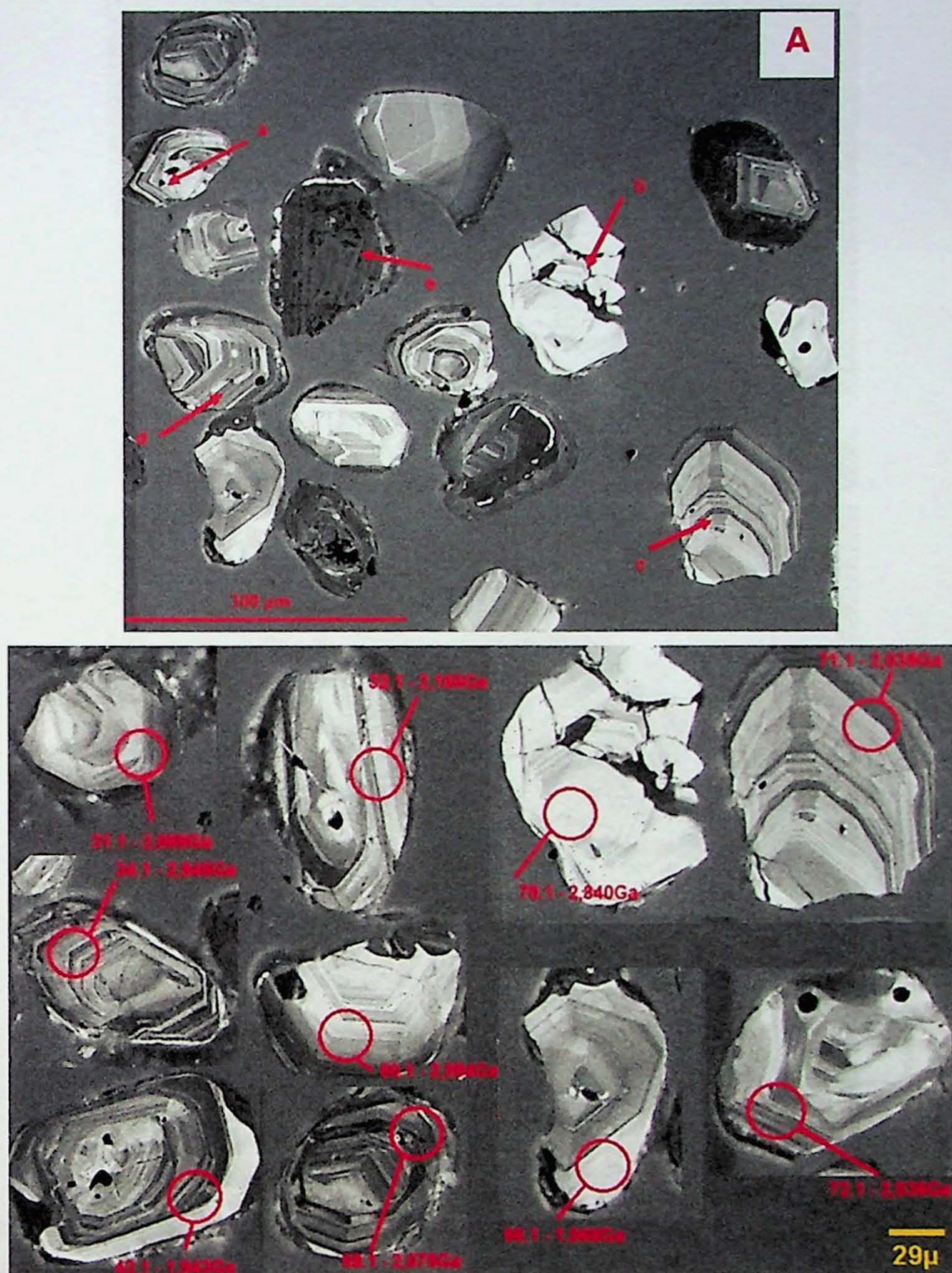
Tabela 6 - Dados isotópicos Sm-Nd referentes às amostras de rochas metabásicas e metassedimentares analisadas. Os dados referentes ao Complexo Camború, Complexo Granulítico Santa Catarina, Batolito Florianópolis e granitóides do Grupo Brusque foram retirados de Basei (1985), Basei (em andamento), Guadagnin (2007) e Pacheco (2007).

ANEXO XI

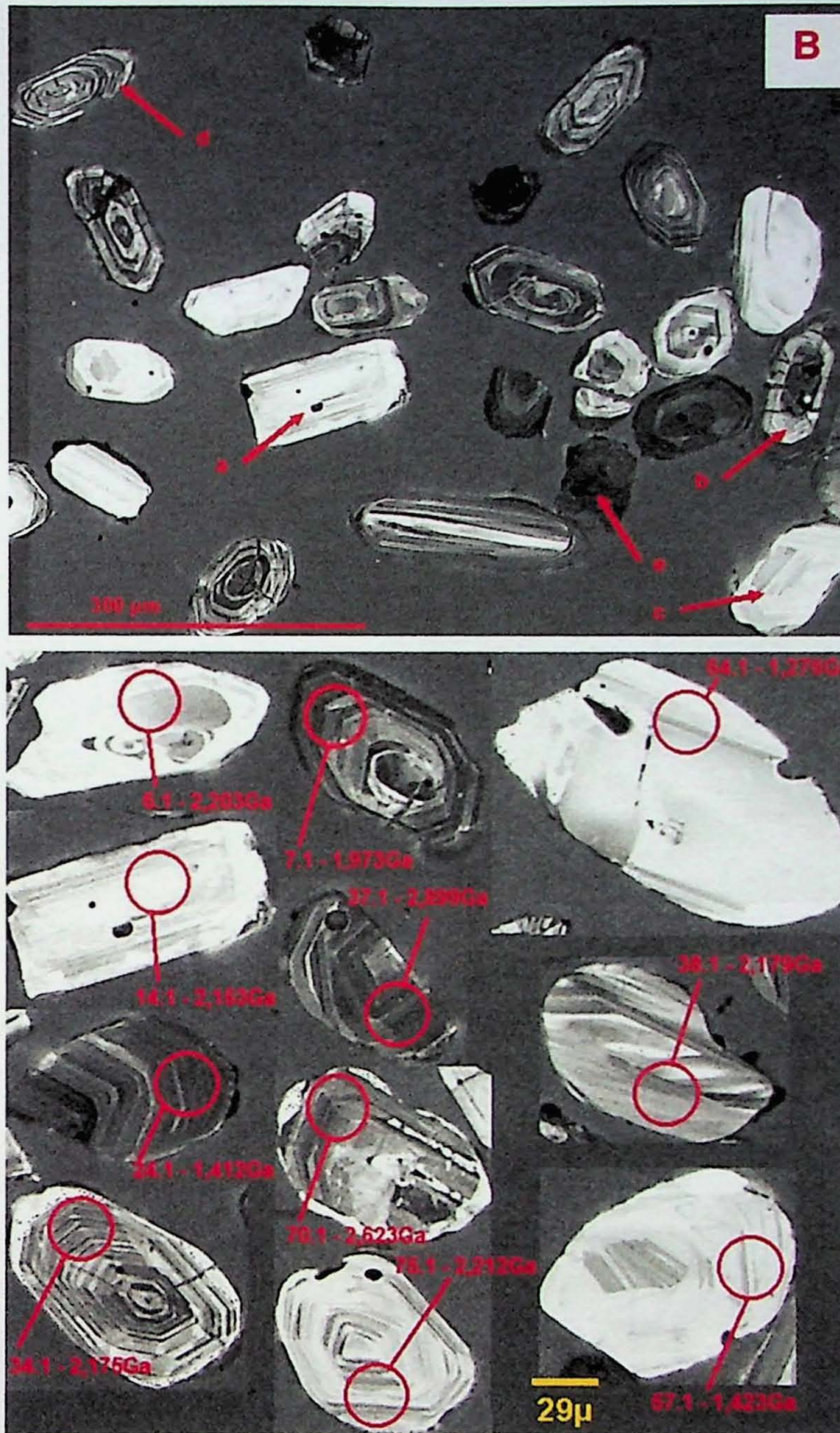


A) Escarpa de metaconglomerado (TFM-26A) no topo do Morro do Carneiro; B) Quartzito rítmico (TFM-30) de cor roxa afluando em calha de drenagem de estrada de terra; C) Rocha metabásica com leitos carbonáticos intercalados, Pedreira da Prefeitura, Sertão de Santa Luzia; D) Anfibolito maciço da Pedreira da Prefeitura, Sertão de Santa Luzia.

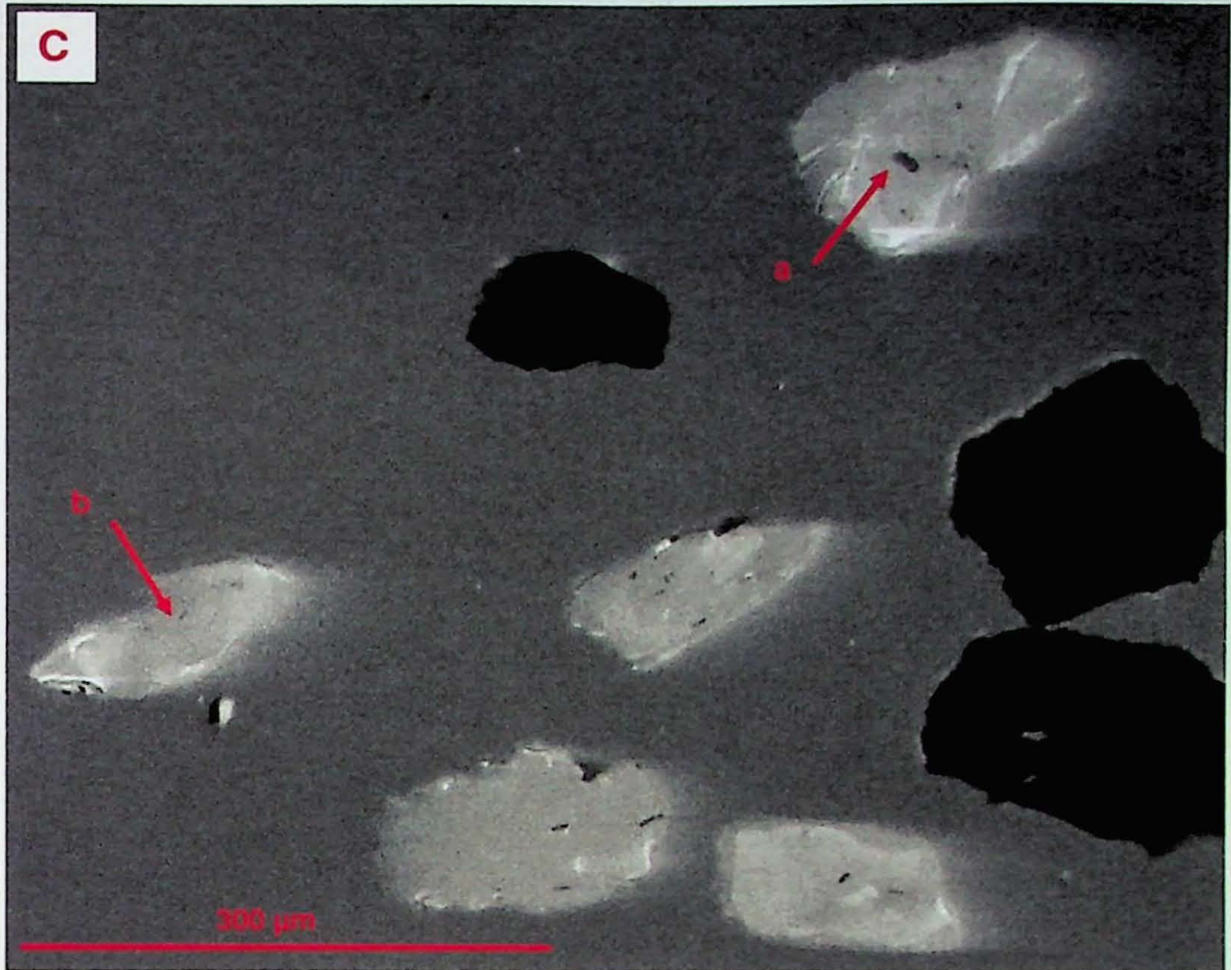
ANEXO XII



A) Metaconglomerado do Morro do Carneiro (TFM-26A) - Imagens de Catodoluminescência de alguns dos cristais de zircão selecionados para análise por LA-ICP-MS. Notam-se cristais arredondados com inclusões (a), fraturas (b), núcleos herdados e sobrecrecimento (c), zoneamentos (d), além de cristais alterados por eventos hidrotermais (e).

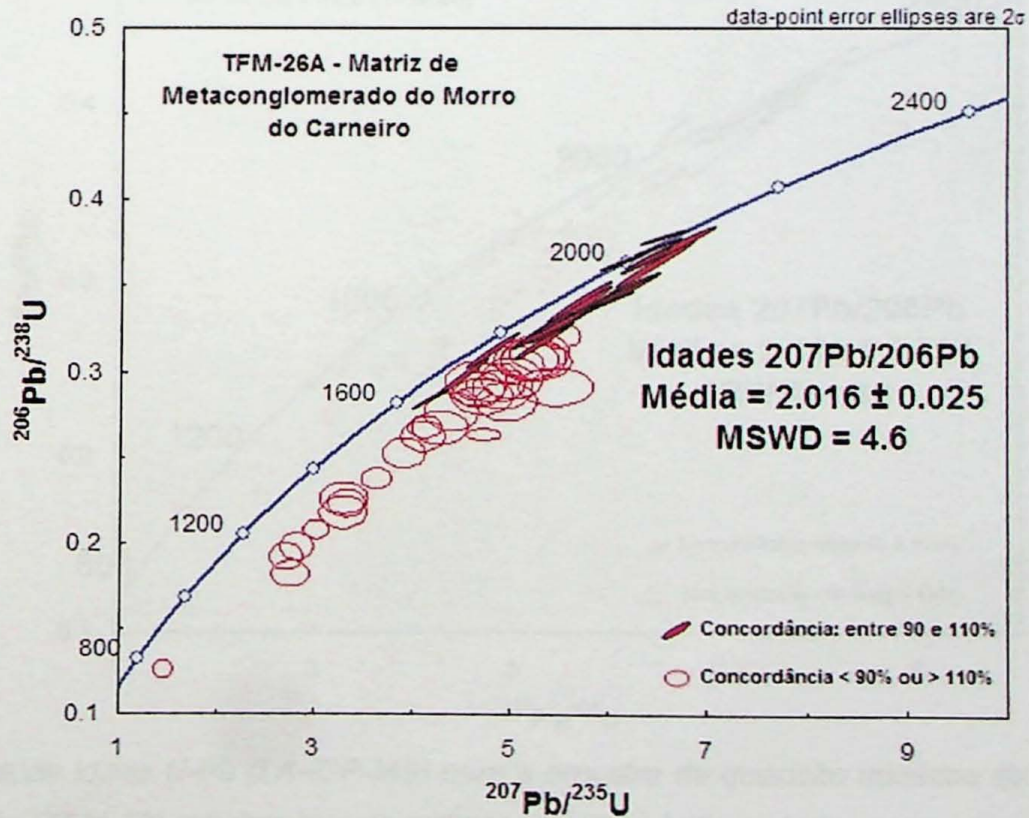
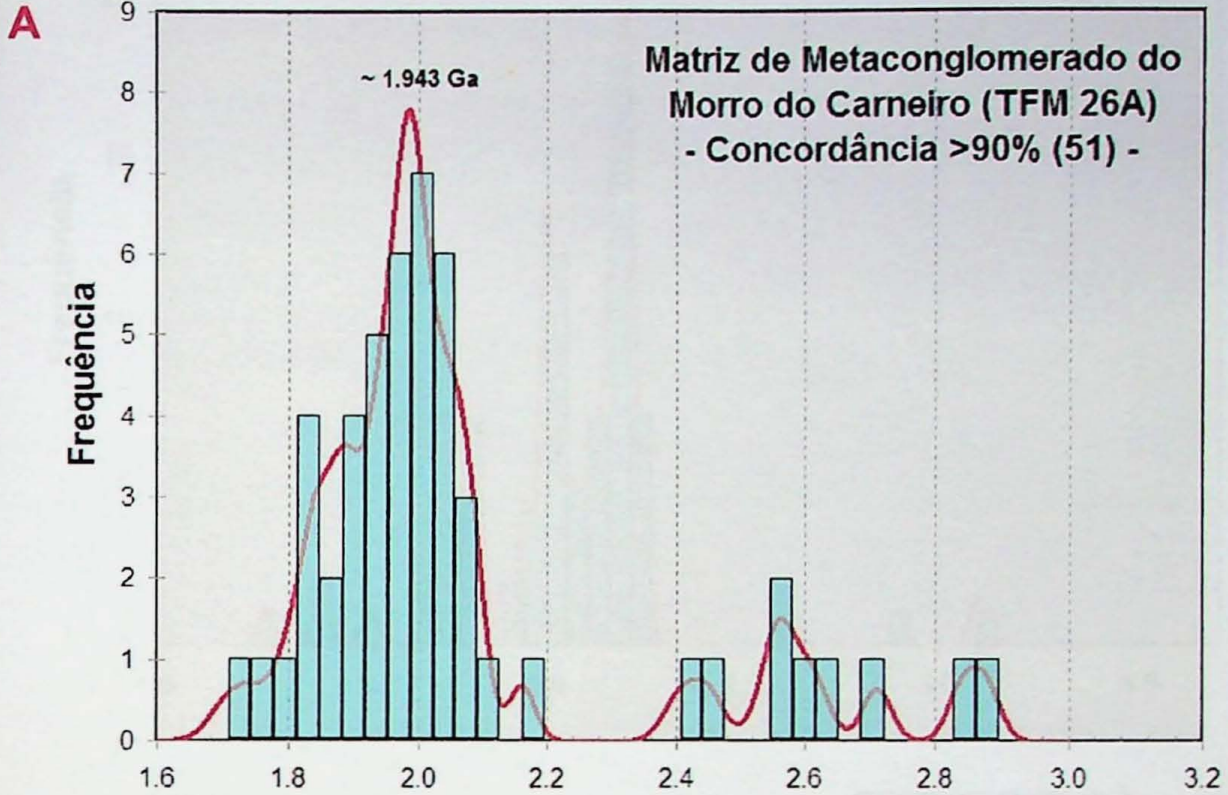


B) Quartzito rítmico (TFM-30) - Imagens de Catodoluminescência de alguns dos cristais de zircão selecionados para análise por LA-ICP-MS. Notam-se cristais com inclusões (a), fraturas (b), núcleos herdados (c), sobrecrescimento, zoneamentos (d), cristais de diferentes morfologias, de arredondados a alongados, além de cristais alterados por eventos hidrotermais (e).

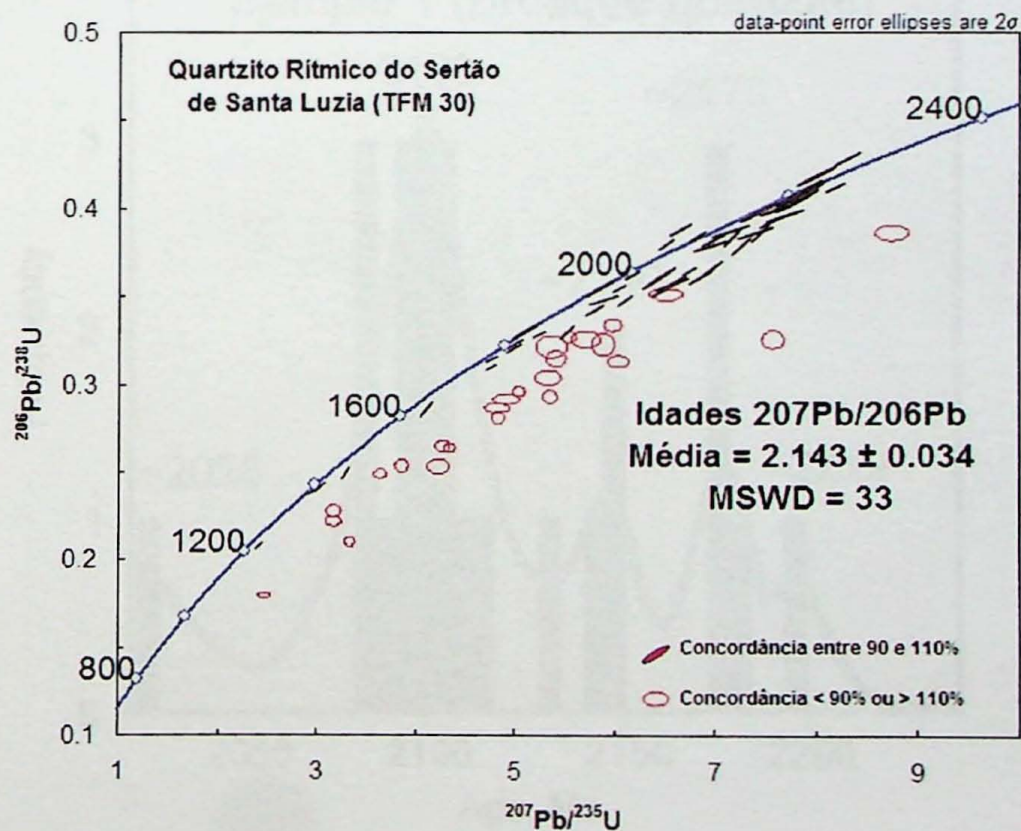
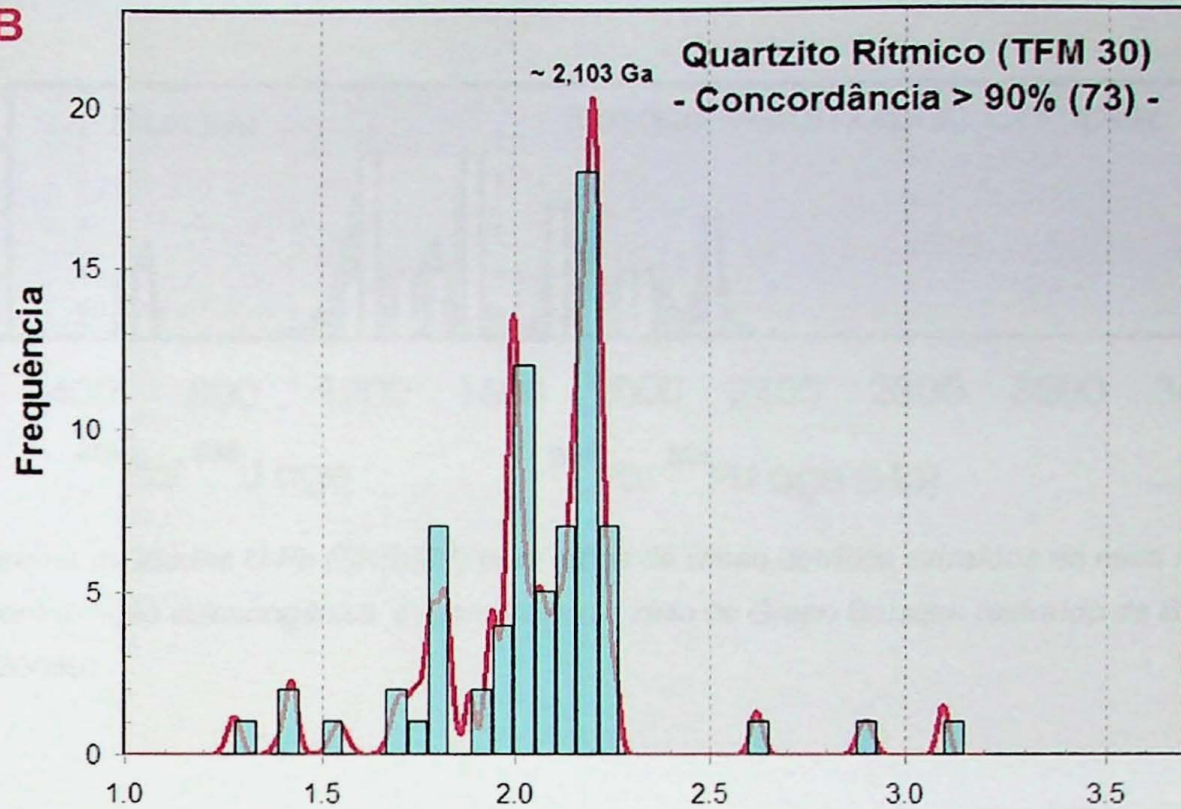


C) Biotita xisto associado a rochas metabásica (TFM-34) - Imagem de Catodoluminescência de alguns dos cristais selecionados para análise por LA-ICP-MS. Notam-se cristais com inclusões (a). Os cristais de cor branca (b) apresentam quantidades baixíssimas de urânio e chumbo. Podem ser zircão, porém não são datáveis.

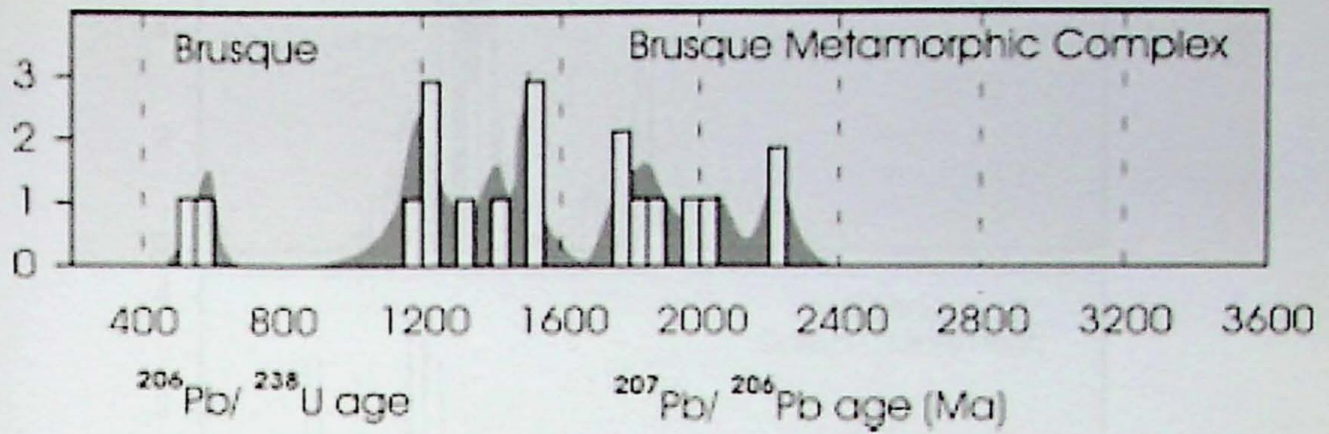
ANEXO XIII



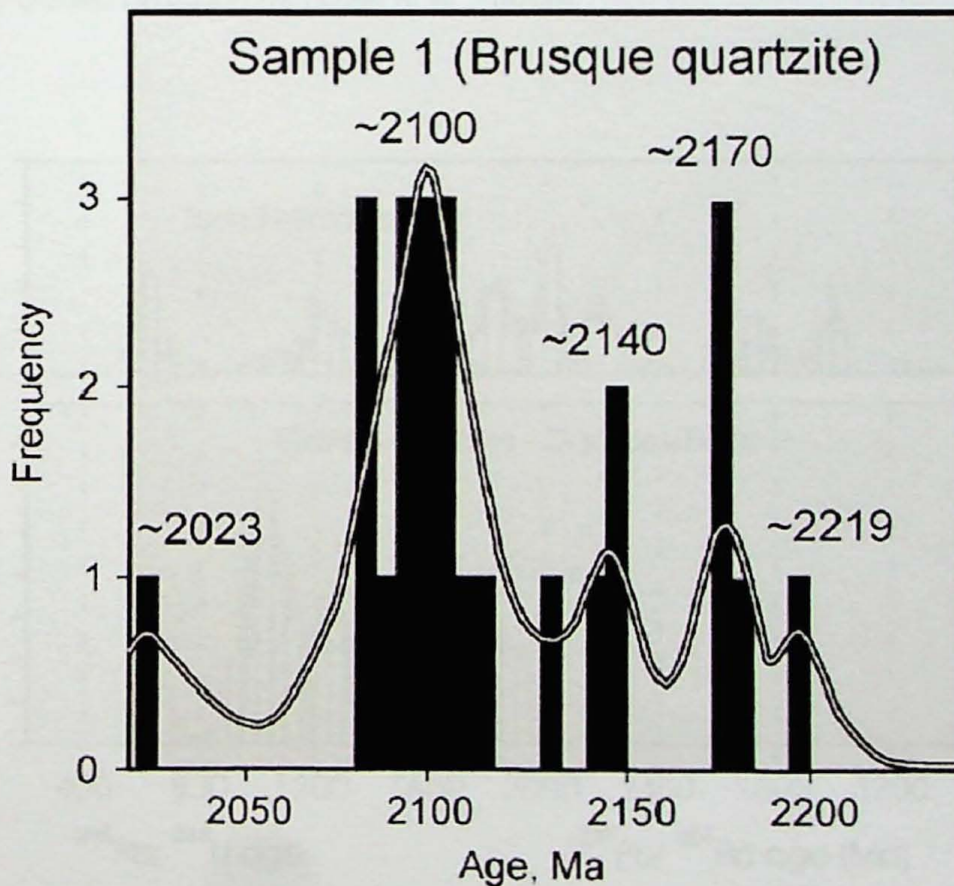
Histograma de idade U-Pb (LA-ICP-MS) para a amostra de metaconglomerado do Morro do Carneiro (TFM-26A). Abaixo, tem-se o diagrama Concordia plotado apenas para os dados com concordância maior que 90% (até 10% de erro).

B

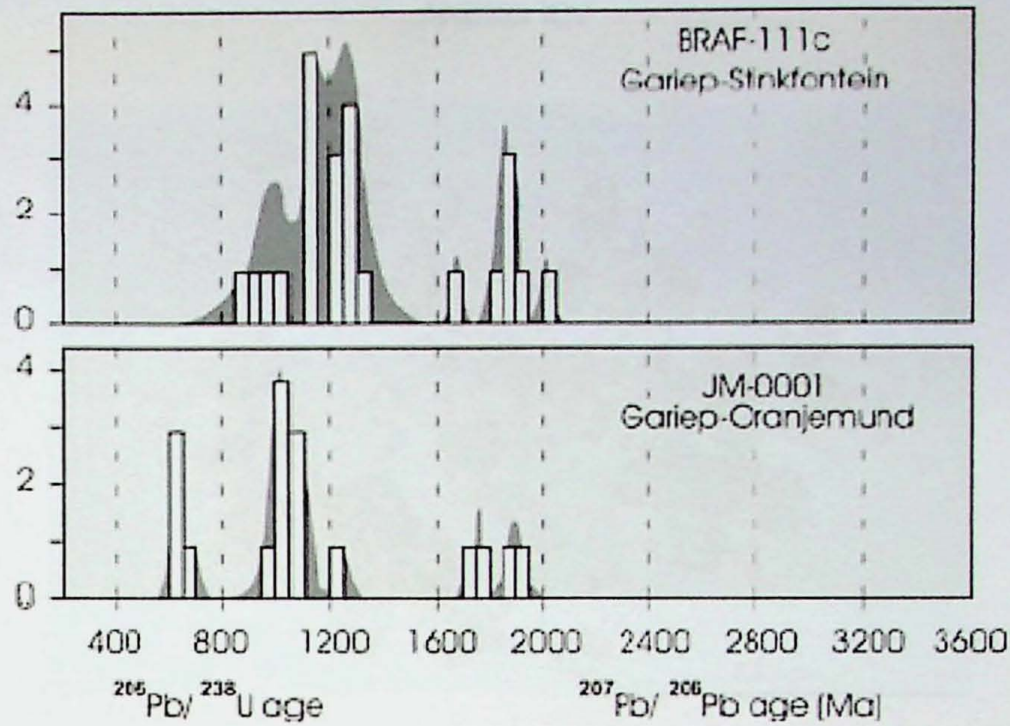
Histograma de idade U-Pb (LA-ICP-MS) para a amostra de quartzito micáceo do Sertão de Santa Luzia (TFM-30). Abaixo, tem-se o diagrama Concórdia plotado apenas para os dados com concordância maior que 90% (até 10% de erro).

C

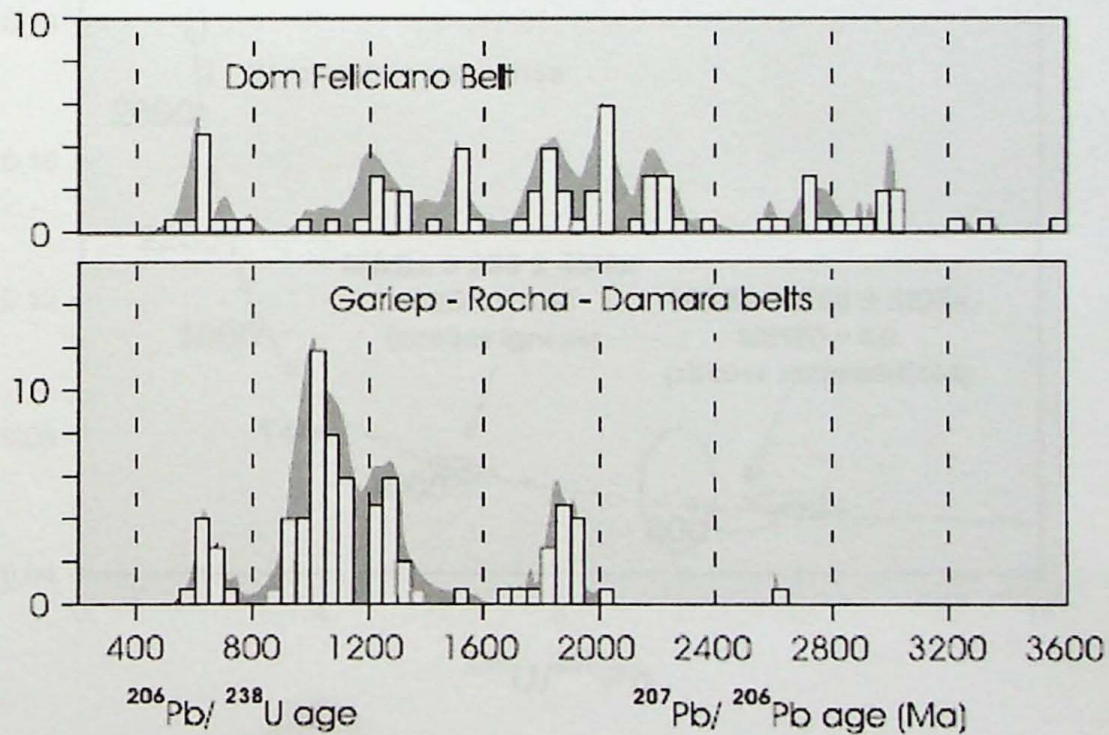
Histograma de idades U-Pb (SHRIMP) para grãos de zircão detrítico extraídos de mica xisto com contribuição vulcanogênica e granada-biitita xisto do Grupo Brusque (extraído de Basei et al. 2008b).

D

Histograma de idades U-Pb (SHRIMP) para grãos de zircão detrítico extraídos de quartzito do Grupo Brusque, a norte do batolito Valsungana (extraído de Hartmann et al. 2003).

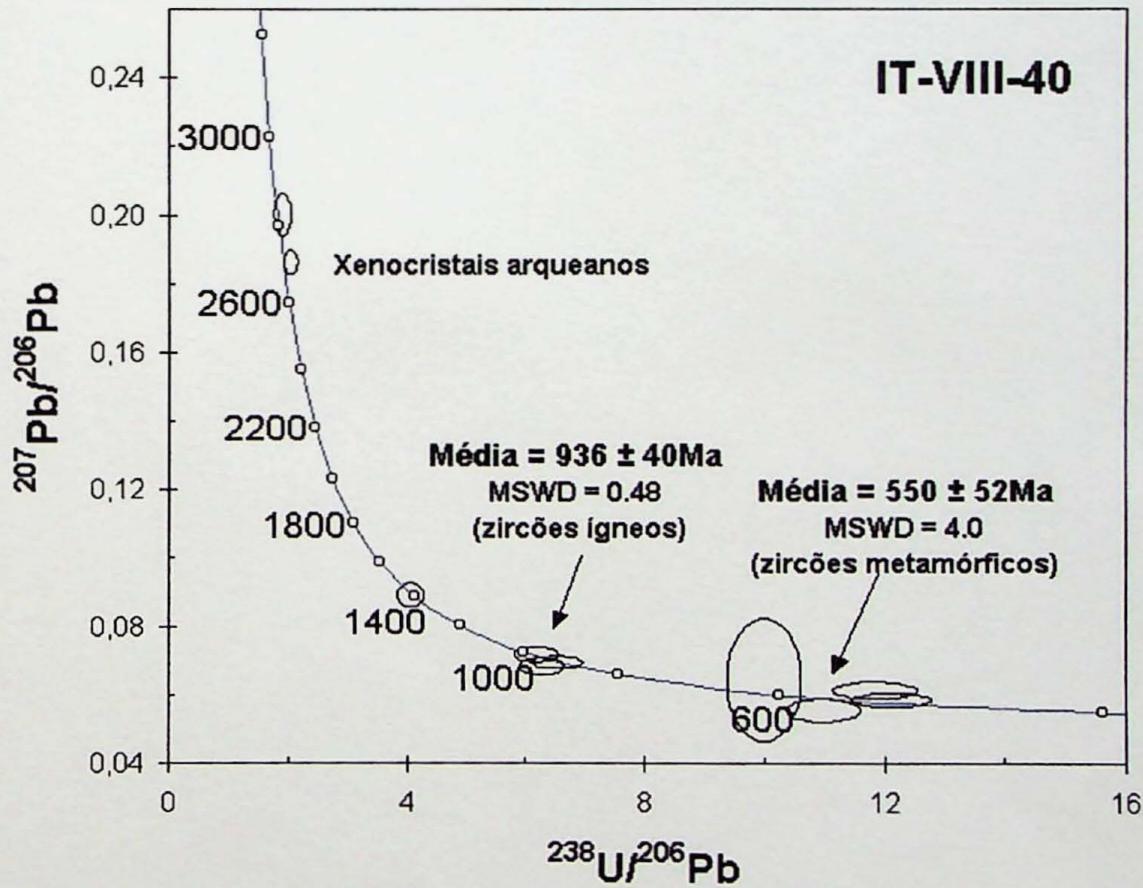
E

Histogramas de idades U-Pb (SHRIMP) para grãos de zircão detrítico extraídos de quartzito do Cinturão Gariep (extraído de Basei et al. 2008b).

F

Comparação entre os histogramas de idades U-Pb (SHRIMP) em zircão detrítico para o Cinturão Dom Feliciano e os Cinturões "africanos" Gariep-Rocha-Damara (extraído de Basei et al. 2008b).

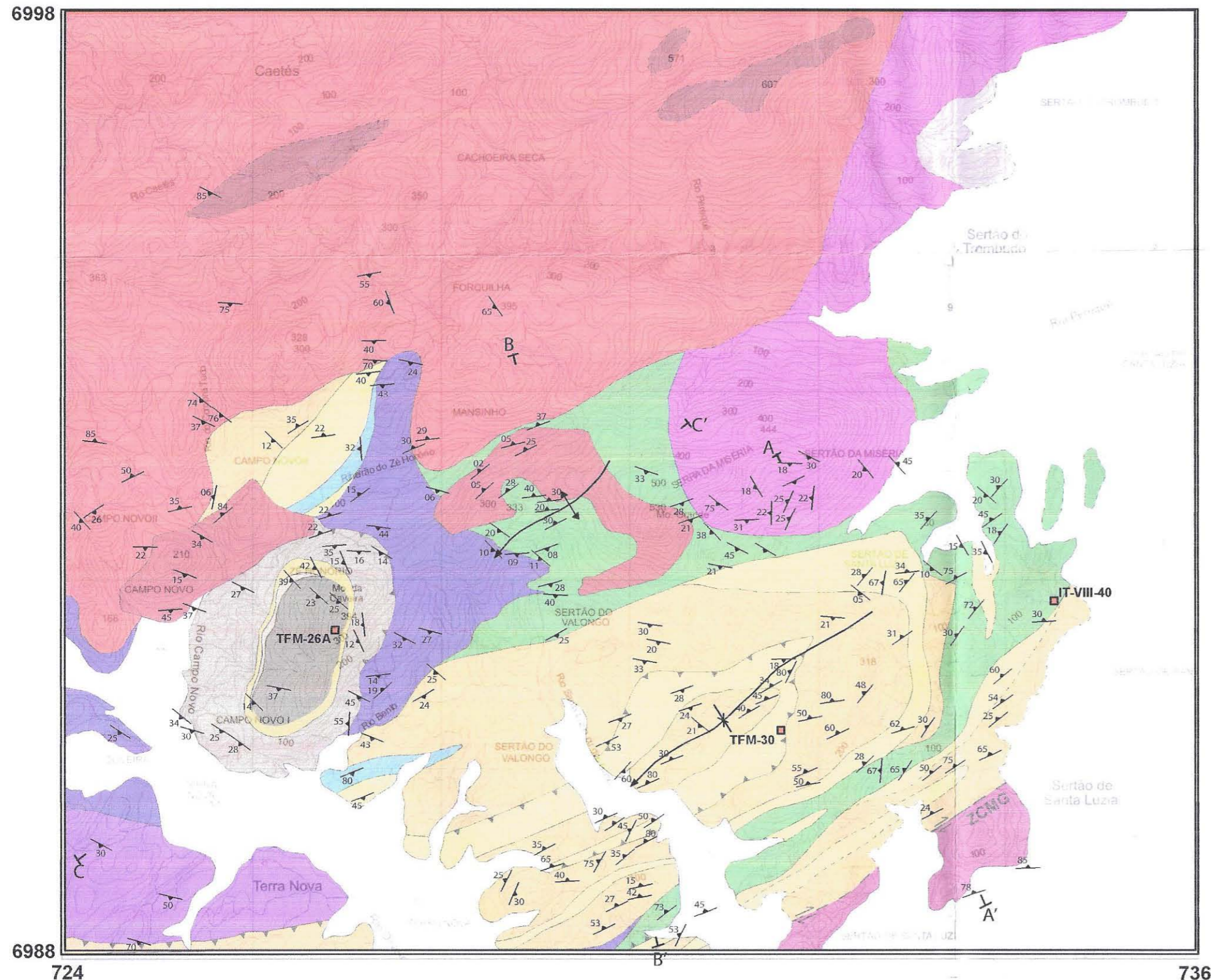
ANEXO XIV



Metagabro do Sertão de Santa Luzia (IT-VIII-40): Imagem (lupa – luz transmitida) dos grãos selecionados: grãos de apatita (incolor) e grãos de mineral escuro (possível zircão). Abaixo tem-se o diagrama Concórdia para os grãos de zircão datados por SHRIMP.

DOAÇÃO _____
TGC-USP
Data: 01/02/11

ANEXO XV - Mapa Geológico-estrutural da região do Sertão do Valongo e Sertão de Santa Luzia, Santa Catarina



Legenda

Cobertura sedimentar, aluviões

Suítas Graníticas

- Suíte Intrusiva Nova Trento - biotita granito com titanita, hololeucocrático, equigranular a inequigranular.
- Suíte Intrusiva Valsungana - biotita granito com anfibólio e titanita, leucocrático, porfirítico com alta densidade de megacristais de feldspato potássico.
- Suíte Intrusiva São João Batista - muscovita-biotita granito com granada e turmalina, hololeucocrático, equigranular a inequigranular.

Grupo Brusque

Sequência Metassedimentar

- Metaconglomerado (diamictito?) com clastos quartzíticos em matriz granoblástica composta por quartzo, muscovita, biotita e granada.
- Quartzo-muscovita xisto com biotita, magnetita e granada.
- Quartzito com muscovita, magnetita e biotita e intercalações de filitos sericíticos com quartzo.
- Metarritmito com níveis quartzíticos e sericíticos alternados.

Sequência Metavulcanossedimentar

- Muscovita quartzito com turmalina, biotita e sillimanita. Granulometria fina a média. Intercalações de quartzo-muscovita xisto.
- Filitos sericíticos com quartzo e clorita. Níveis de quartzito intercalados.
- Quartzo-muscovita xisto com biotita, granada e sillimanita com variação para biotita-muscovita xisto com granada e cianita. Intercalações de muscovita quartzito.
- Turmalinitos bandados alternando níveis milimétricos de *chert* ou turmalina. Presença de rochas calcissilicáticas intercaladas.
- Rochas calcissilicáticas bandadas.
- Rochas metabásicas de textura nematogranoblástica com hornblenda, epidoto e clorita. Apresentam bandamento irregular e intercalações métricas de sericita xisto e clorita-sericita xisto com tremolita.

Batolito Florianópolis

- Biotita granito com diferentes graus de deformação milonítica; presença de sigmóides de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio.

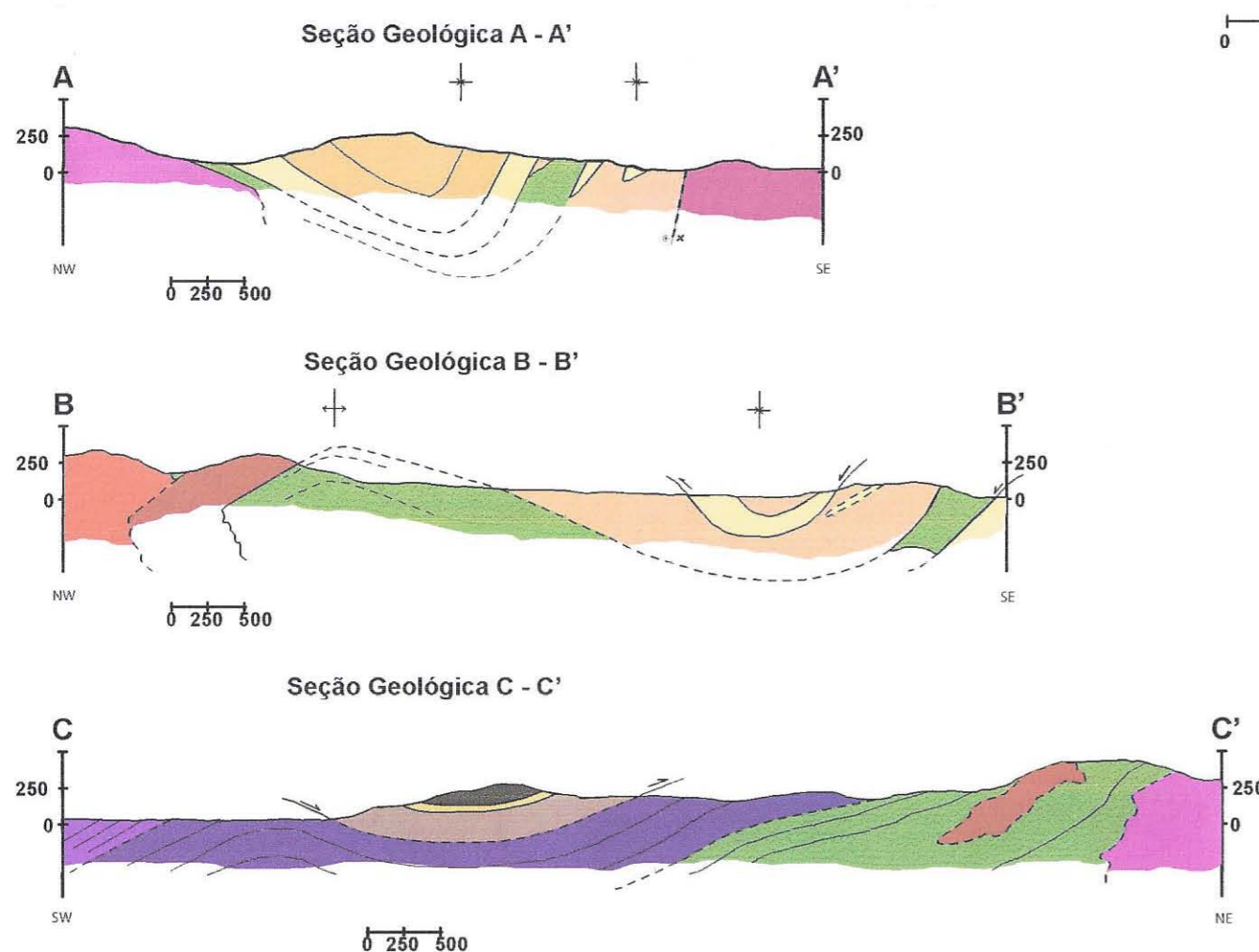
Complexo Camboriú

- Migmatito Morro do Boi - mesossoma de biotita gnaiss bandado com veios leucograníticos dobrados e foliados.
- Granito Morro do Boi - granitóides leucocráticos de composição granodiorítica a monzogranítica ricos em enclaves máficos (piroxenitos, anfibólitos).

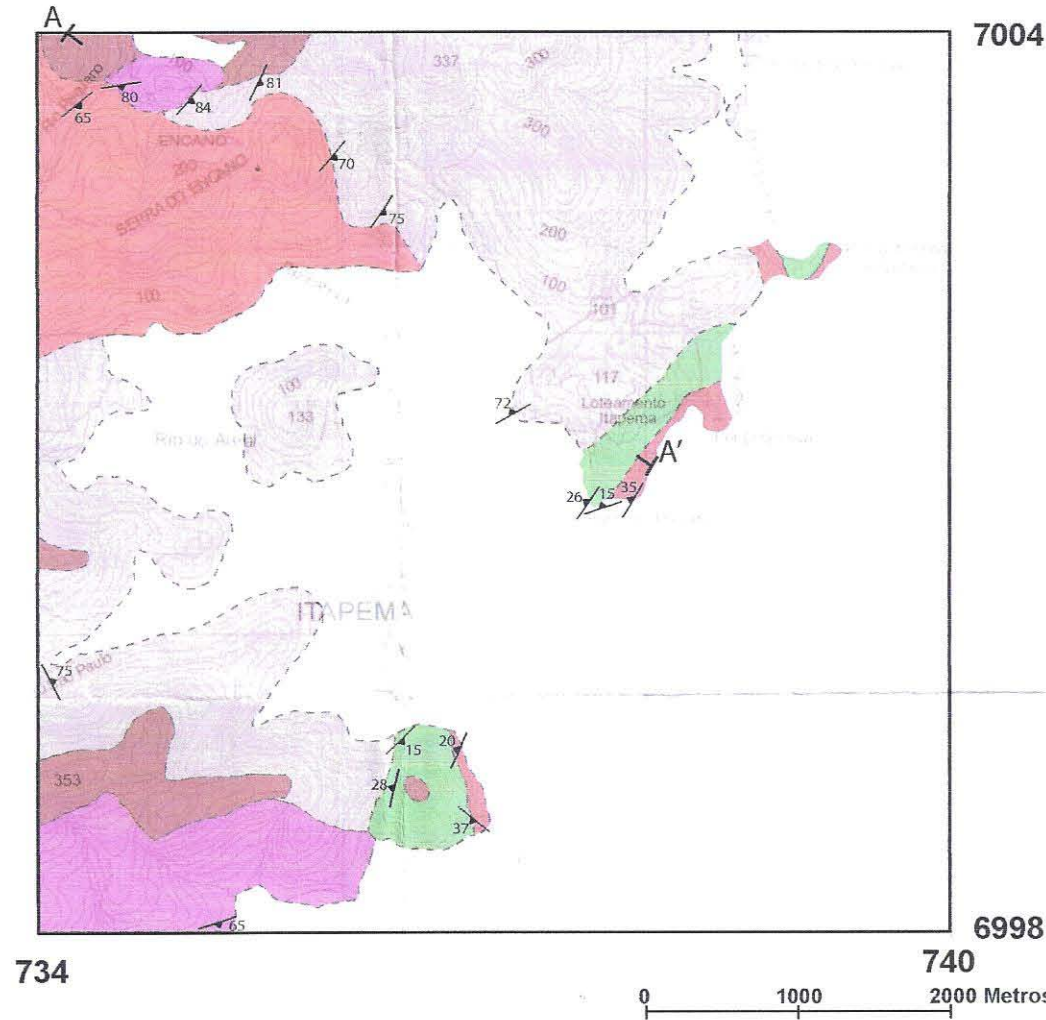
- Superfície Principal
- Contatos normais
- Contatos inferidos
- Zona de Cisalhamento Major Gercino
- Antiforma
- Sinforma
- Cavalgamento



SITUAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



ANEXO XVI - Mapa Geológico-estrutural da região de Itapema, SC



Legenda

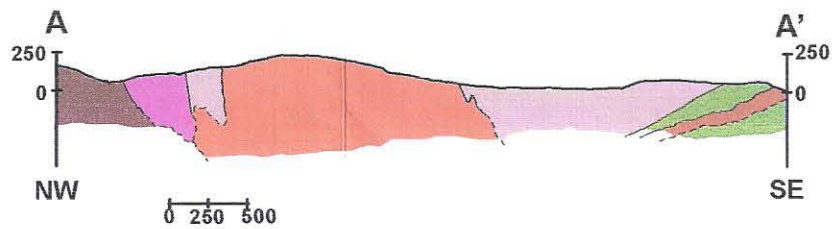
- Cobertura sedimentar, aluviões
- Suítes Graníticas**
 - Suíte Intrusiva Nova Trento - biotita granito com titanita, hololeucocrático, equigranular a inequigranular.
 - Suíte Intrusiva Valsungana - biotita granito porfirítico com anfibólio e titanita, leucocrático.
 - Suíte Intrusiva São João Batista - muscovita-biotita granito com granada, hololeucocrático, equigranular a inequigranular.
- Grupo Brusque**
 - Predomínio de rochas metabásicas com hornblenda, epidoto e clorita. Intercalações métricas de sericita xisto e clorita-sericita xisto com tremolita.
- Complexo Camboriú**
 - Migmatito Morro do Boi - mesossoma de biotita gnaiss bandado com veios leucograníticos dobrados e foliados.
 - Granito Morro do Boi - granitóides leucocráticos de composição granodiorítica a monzogranítica ricos em enclaves máficos.

- Superfície Principal
- Contatos normais
- Contatos inferidos
- Cavalgamento



Bases plani-altimétricas IBGE 1:50000
Folha Tijucas

Seção Geológica A-A'



Mapa compilado a partir dos levantamentos referentes à disciplina 0440420 - Mapeamento Geológico, Projeto Itapema (áreas IV e VIII).

