

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

GEOLOGIA E TECTÔNICA DA PORÇÃO OESTE DA ILHA DE SÃO
SEBASTIÃO, SP E A COMPARAÇÃO COM AS ÁREAS CONTINENTAIS
ADJACENTES

Glaucia Silva Barreto

Orientador: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher
Co-orientador: Me. Vinícius Tieppo Meira

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2012 / 20)

SÃO PAULO
2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

GEOLOGIA E TECTÔNICA DA PORÇÃO OESTE DA ILHA DE SÃO
SEBASTIÃO, SP E A COMPARAÇÃO COM AS ÁREAS CONTINENTAIS
ADJACENTES

Glucia Silva Barreto



Orientador: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher
Co-orientador: Me. Vinícius Tieppo Meira

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2012 / 20)

DEDALUS - Acervo - IGC

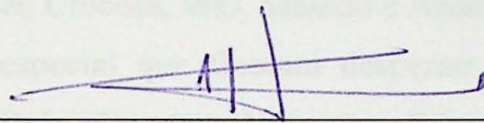


30900031186

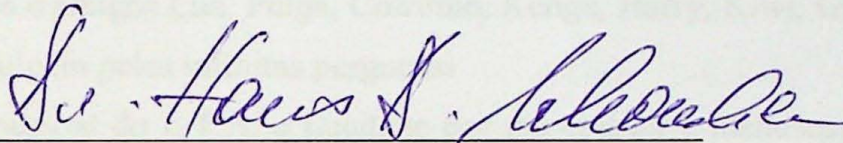
SÃO PAULO
2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

*GEOLOGIA E TECTÔNICA DA PORÇÃO OESTE DA ILHA DE SÃO SEBASTIÃO, SP
E A COMPARAÇÃO COM AS ÁREAS CONTINENTAIS ADJACENTES*



Glauca Silva Barreto



Johann Hans Daniel Schorscher

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2012 / 20)

SÃO PAULO
2012

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer principalmente a minha mãe, minha melhor amiga e companheira e meu sobrinho Dudu, pelas brincadeiras, risadas e perguntas insaciáveis, amo muito vocês. Ao meu Orientador – Schorscher e Coorientador – Mikuin, grandes pessoas e excelentes professores, com toda paciência, carinho e sabedoria, obrigada pelas orientações e acompanhamento ao longo desse ano cheio de aprendizado.

Algumas pessoas merecem destaque: Guibis, queridíssimo, ótima pessoa, músico e geólogo de sucesso, sempre ao meu lado em todos os meus momentos, os bons e os ruins. Beiça, Tigresa, Sinistro, Pigs, Bixa, Iskenta, Mihang, Obelix, Fofona, Marcella, Emília, Cotoco, Chavas, Lesado e todos que tanto me ouviram rir e chorar ao longo da graduação (especialmente Sinistro, Beiça, Bixa e Pig, ótimos amigos). Agradeço às imitações do Bixa e momentos compartilhados com pig e bixa, dupla dinâmica, recebendo premio da categoria.

À sala Barbeton nesses últimos dias por cederem espaço, paciência, sabedoria, calma, ajuda psicológica e risadas, valeu Chicoín, WC, Melado e Aedes.

Alguns professores em especial que fizeram despertar o interesse e amor pela geologia Schorscher, Mário, Valdecir, Silvio, Excelso, Ninguém, Ricomini, Gianini, Caetano, Gergely e Renato. Monitores, veteranos e amigos Lua, Pulga, Cofrinho, Kenga, Harry, Kiwi, Gabriela, Kabong e Biloba obrigada e me desculpem pelas infinitas perguntas.

Super obrigada pro pessoal do L.T.A. e Lucilene por me ensinar a manusear equipamentos. Funcionários do instituto, da portaria, biblioteca, laminação, audiovisual limpeza, manutenção, copa, segurança, lanchonete, etc. com quem tive a oportunidade de conviver e pedir muitos favores.

Agradeço o CEPEGE por existir, com toda a sua carga histórica, nunca deixando de ser um cantinho acolhedor no meio dos altos e baixos ao longo da graduação. As músicas da Geo que fazem parte de todo estudante, ao ENEGEO e a empolgação das pessoas que fazem parte da ENEGE, grandes inspiradores.

Casal geólogo de Ilhabela com seus afluídos guardados na manga e apoio ao estudo.

Turminha do Seixos pra um, Oncinha, Sheila, Fyona (agradecimento dobrado pelo acompanhamento em campo), mimoso e dé. Galera do Poker a momentos de distração merecidos. Agradeço minha amiga Tuca em especial, por ser tão boa amiga pra mim, e também a Dé, Gabi, Gabi, Marry, João e Pedritos, por sempre fazerem parte na minha vida.

Quero agradecer a todos os que me apoiam e sempre estão dispostos a ajudar, muito obrigada.

Agora em frente, a mais um passo na vida, subir mais e mais morros, colher amostras e explorar. Conhecer a geologia e as pessoas de outros lugares...

Ah!!!! E traga traga mais cachaça!!!!!!

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal contribuir para o melhor entendimento da evolução geológica, tectônica e magmática precambriana da Ilha de São Sebastião, utilizando técnicas de mapeamento geológico, levantamento de seções geológicas de detalhe, análises petrográficas, estruturais e geoquímicas.

A área de estudo insere-se na porção central da Província Mantiqueira, no contexto geotectônico da Faixa Ribeira, com notáveis zonas de cisalhamento de direção NE-SW, subparalelas à costa brasileira. Neste contexto, a Ilha de São Sebastião e suas áreas continentais adjacentes são constituídas por rochas ígneas e metamórficas em fácies anfibolito médio a alto, cuja a estrutura principal caracteriza-se por uma foliação milonítica (S_n) de direção NE-SW e mergulho em torno de 30° para NW. A lineação de estiramento associada à foliação milonítica (S_n) possui orientação geral NNE-SSW, com caimento de baixo ângulo para ambos os lados e indicadores cinemáticos sugerem movimentação de topo para SSW, caracterizando, na região, uma cinemática inversa com componente lateral sinistral.

Dentro das rochas precambrianas do Complexo Costeiro foi possível distinguir 8 unidades na região estudada: Granito gnaissé grosso, granito porfirítico foliado, biotita gnaissé mesocrático, biotita gnaissé milonítico fino, granito leucocrático milonítico, gnaisses bandados, rochas calciossilicáticas e, apenas na porção continental, gnaisses migmatíticos milonitizados. Importantes ocorrências de rochas ígneas intrusivas mesozoicas e cenozoicas, como diques de basaltos e lamprófiros, e *stocks* de álcali-sienitos e gabros estratiformes completam o quadro litológico da região.

As análises geoquímicas revelaram dois grupos de granito gnaisses, ambos de características sódico-cálcicas com razões de $Na_2O/K_2O > 1,5$, um perquartzoso e o segundo com $60 \leq SiO_2 \leq 70$, evidenciando assim algumas das principais características de metagranitoides de tipo TTG, eventualmente indicativos de derivação de protolitos arqueanos. Os litotipos subordinados félsicos milonitizados apresentam características geoquímicas distintas entre si e dos granito gnaisses, apontando origens diferentes. Veios pegmatíticos pseudoconcordantes, de alto Ba e baixo Pb, podendo ser produtos de fusão parcial inicial dos gnaissé graníticos em fases tardias da milonitização e, o granito leucocrático milonítico, de baixo Ba e alto Pb, sendo possivelmente derivado de um magma granítico fortemente diferenciado de origens desconhecidas, intrusivo nos protolitos premiloníticos dos granito gnaisses.

ABSTRACT

This work aims to contribute to the understanding of the precambrian geological, tectonic and magmatic history of the São Sebastião Island, using geological mapping techniques, description of detailed geological sections, and petrographic, structural and geochemical analyses.

The studied area is included in the Central Mantiqueira Province, on the geotectonic context of the Ribeira Belt, characterized by remarkable NE-SW shear zones, subparallel to the Brazilian coast. In this context, the São Sebastião Island and its adjacent continental area comprise igneous and metamorphic rocks in medium to upper amphibolite facies. The main structural feature in these rocks is characterized by a mylonitic foliation (S_n), oriented generally NE-SW and dipping around 30° to NW. The stretching lineation associated to the mylonitic foliation (S_n) is oriented NNE-SSW dipping gently to both directions and kinematic indicators suggest top to the SSW sense of movement, characterizing on that area, an inverse kinematic with a left-lateral component.

In the studied area, the precambrian rocks from the Costeiro Complex was subdivided in eight geological units: Coarse-grained granite gneiss, foliated porphyritic granite, mesocratic biotite gneiss, fine-grained mylonitic biotite gneiss, leucocratic mylonitic granite, banded gneisses, calcsilicate rocks and, only in the continental area, mylonitized migmatitic gneisses. Relevant mesozoic and cenozoic occurrences of intrusive igneous rocks, exemplified by basaltic and lamprophyric dikes, and álcali-sienites and stratified gabbros stocks complete the lithological framework of the region.

Geochemical analysis revealed two groups of granite gneisses, both sodi-calcic with $Na_2O/K_2O > 1,5$. One, perquartzous, the other, with $60 < SiO_2 < 70$, evidencing properties of TTG metagranitoids, possibly indicative of Archean protoliths. Subordinated lithologies of felsic mylonites showed distinct geochemical characteristics when compared with each other and with the granite gneisses, pointing to different origins. Pseudoconcordant pegmatitic veins with high Ba and low Pb may have been product through initial partial fusion of the granitic gneisses that occurred during late stages of mylonitization. Mylonitic leucocratic granite, with low Ba and high Pb, possibly was derived from highly differentiated granitic magma, of unknown origin, that intruded the premylonitic protoliths of the granite gneisses.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	4
2. Objetivos	5
3. Localização da Área.....	5
4. Materiais e Métodos.....	6
4.1. Revisão Bibliográfica.....	6
4.2. Trabalho de Campo	6
4.3. Análises Petrográficas	6
4.4. Análises Estruturais.....	7
4.5. Análises Químicas.....	7
5. Desenvolvimento do trabalho	8
6. Revisão Bibliográfica.....	9
7. Geologia local.....	15
7.1. Granito gnaissoso.....	15
7.1.1. <i>Biotita gnaissoso mesocrático</i>	19
7.1.2. <i>Biotita gnaissoso milonítico fino</i>	21
7.1.3. <i>Granito Leucocrático Protomilonítico</i>	22
7.1.4. <i>Gnaissoso Bandado e Rochas Calciossilicáticas</i>	24
7.2. Granito porfirítico foliado	28
7.3. Álcali-sienito.....	30
7.4. Gnaissos migmatíticos milonitizados	33
8. Mapa Geológico.....	35
9. Geologia Estrutural	36
10. Metamorfismo	38
11. Comparação com áreas continentais adjacentes	41
12. Geoquímica	42
12.1. Introdução.....	42
12.2. Resultados.....	47
<i>Classificação geoquímica</i>	47
<i>Normas CIPW</i>	50
<i>Diagramas de Harker</i>	51
<i>Variogramas binários de elementos traço versus SiO₂</i>	53
12.3 Conclusões.....	55
13. Discussões finais.....	56
14. Conclusões.....	60
15. Referências Bibliográficas.....	63

ANEXOS:

ANEXO I – MAPA DE PONTOS

ANEXO II – MAPA GEOLÓGICO

ANEXO III – PERFIL GEOLÓGICO A-A’

ANEXO IV – PERFIL GEOLÓGICO B-B’

ANEXO V – PERFIL GEOLÓGICO C-C’

ANEXO VI - PLANILHA DE AFLORAMENTOS

ANEXO VII – TABELA DE AMOSTRAS

ANEXO VIII – TABELA DE AMOSTRAS LAMINADAS

ANEXO IX – TABELA DE AMOSTRAS COM ANÁLISE GEOQUÍMICA (FRX)

ANEXO X – RESULTADOS ANALÍTICOS BRUTOS

1. Introdução

Estudos geológicos detalhados da região da Ilha de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo, são escassos, principalmente a respeito da evolução geológica das rochas precambrianas. Por essa razão, este trabalho de formatura foi desenvolvido na região oeste da Ilha de São Sebastião e áreas continentais adjacentes.

Inserida no Complexo Costeiro, as rochas precambrianas aflorantes na região incluem principalmente gnaisses, migmatitos e milonitos, as quais foram intrudidas no Mesozoico por distintas associações magmáticas, que incluem diques toleíticos e alcalinos, pequenos stocks gabróicos estratiformes e plútons sieníticos.

A formação da Ilha de São Sebastião está relacionada ao processo de abertura do Oceano Atlântico Sul, com início a cerca de 140 Ma, como consequência da fragmentação do supercontinente Pangea. A ilha é separada das porções continentais do litoral norte do Estado de São Paulo pelo canal de São Sebastião, de direção NE, instalado na parte central de uma zona de intenso fraturamento e intrusão de diques máficos, erodida por intemperismo diferencial e posteriormente submersa (Lima, 2001).

A principal meta deste trabalho foi o reconhecimento e caracterização geológica, estrutural e petrográfica dos litotipos da porção oeste da Ilha de São Sebastião e suas áreas continentais adjacentes, com foco na descrição detalhada das rochas precambrianas, com o intuito de contribuir para a evolução do entendimento dos litotipos da área estudada.

Dentro das rochas precambrianas do Complexo Costeiro, foi possível distinguir 8 unidades na região estudada: Granito gnaisse grosso; granito porfirítico foliado; biotita gnaisse mesocrático; biotita gnaisse milonítico fino; granito leucocrático milonítico, gnaisses bandados; rochas calciossilicáticas e; apenas na porção continental, gnaisses migmatíticos milonitizados. Destaca-se ainda a importante ocorrência de rochas ígneas intrusivas como diques de basaltos e lamprófiros, e *stocks* de álcali-sienitos e gabros estratiformes.

Com os estudos realizados, obteve-se mapas e seções geológicas e, discussões a respeito da gênese do granito porfirítico foliado e do Canal de São Sebastião.

Estudos litogeoquímicos, por FRX, realizados possibilitaram uma caracterização petrogenética preliminar do granito gnaisse grosso e da sua relação genética com as rochas leucocráticas milonitizadas.

2. Objetivos

O estudo teve como meta principal contribuir para o melhor entendimento da geologia da Ilha de São Sebastião, tectônica e magmática precambriana assim como da evolução na região, utilizando técnicas de mapeamento geológico, levantamento de seções geológicas de detalhe, análise petrográfica e estrutural. A análise geoquímica tem como objetivo a tentativa de compreensão da relação entre a unidade Granito gnaisse grosso com litotipos associados.

A comparação com as áreas continentais adjacentes teve como objetivo a contribuição ao entendimento da gênese do Canal de São Sebastião.

3. Localização da Área

A área de estudo localiza-se no litoral norte do Estado de São Paulo, na região de São Sebastião, englobando os municípios de São Sebastião e Ilhabela, coberta pelas folhas topográficas SF-23-Y-D-VI-1 (Caraguatatuba) e SF-23-Y-D-VI-3 (São Sebastião).

Os principais acessos, saindo de São Paulo, são pela Estrada dos Tamoios (SP-099), descendo até Caraguatatuba, seguindo para sul até São Sebastião (Figura 1, acesso A), ou pela Rodovia Mogi-Bertioga, seguindo posteriormente para norte pela Rodovia Rio-Santos (BR-101) (Figura 1, acesso B).

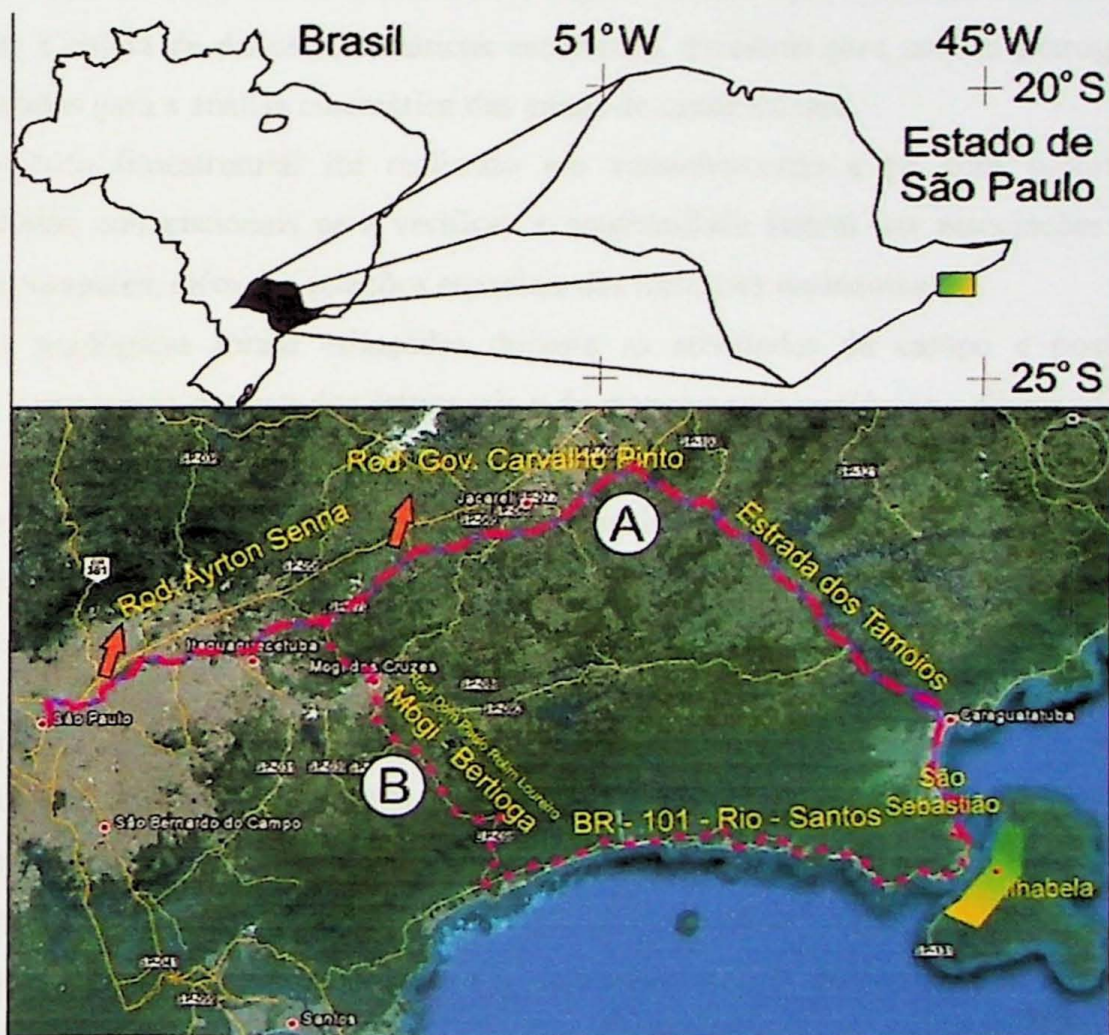


Figura 1: Localização da Ilha de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo e acessos.

4. Materiais e Métodos

Para atingir os objetivos traçados, foram realizadas revisões bibliográficas, duas atividades de campo para coleta de dados petrográficos, estruturais, confecções de perfis geológicos, mapeamento geológico e estudo litogeoquímico.

4.1. Revisão Bibliográfica

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado o levantamento bibliográfico, envolvendo a avaliação de trabalhos anteriores de cunho regional e local, organização e listagem das informações disponíveis na literatura. . O levantamento bibliográfico foi feito em grande parte na biblioteca do IGc-USP e em sites de busca científica como science direct (<http://www.sciencedirect.com>). Além da revisão bibliográfica regional, o levantamento bibliográfico contou com a consulta de diversos livros textos a respeito dos temas básicos da pesquisa, encontrados na Revista Brasileira de Geociências e na Revista do Instituto de Geociências – USP.

4.2. Trabalho de Campo

Foram executados estudos geológicos de campo em duas etapas, somando 10 dias de trabalho, visando o reconhecimento das rochas aflorantes na região e a descrição detalhada dos litotipos e suas estruturas, com a coleta de dados sistemáticos estruturais, amostras para análise petrográfica e de amostras orientadas para a análise cinemática das zonas de cisalhamento.

O mapeamento litoestrutural foi realizado em caminhamento a pé com suporte veicular utilizando métodos convencionais para verificar a continuidade lateral das associações litológicas precambrianas coerentes, além das relações espaciais das intrusões mesozoicas.

As seções geológicas foram esboçadas durante as atividades de campo e posteriormente refinadas com o progresso dos estudos estruturais e do mapeamento geológico, utilizando como base os mapas topográficos em escala 1:50.000 (IBGE - Folhas São Sebastião e Caraguatatuba) da área de trabalho. Os afloramentos estudados foram georreferenciados com o auxílio de um GPS (*Global Positioning System*). Os afloramentos descritos estão apresentados na planilha de afloramentos (ANEXO VI).

4.3. Análises Petrográficas

Após a descrição e coleta de amostras em campo, 26 amostras foram selecionadas para a análise petrográfica microscópica. As lâminas delgadas foram confeccionadas no laboratório de laminação do Instituto de Geociências da USP. A análise microscópica contou com a descrição mineralógica e textural criteriosa das lâminas delgadas, buscando determinar os processos genéticos, a sequência de cristalização e condições de formação de cada litotipo. Os estudos micropetrográficos contaram com

documentação fotográfica e foram realizados no laboratório de Microscopia Petrográfica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da USP, utilizando-se o microscópio ótico Olympus, modelo BX40F-3.

4.4. Análises Estruturais

Os dados estruturais coletados em campo estão incluídos na planilha de afloramentos (ANEXO VI) e foram tratados pelo programa “*Open Stereo*” em projeção equidimensional em hemisfério inferior, de Grohmann, C.H. e Campanha, G.A.C. (2010; 2011). Os estereogramas confeccionados possibilitaram análises estruturais de orientação preferencial das principais estruturas, além de análises comparativas entre as rochas expostas na Ilha de São Sebastião e as rochas continentais adjacentes.

As amostras orientadas foram submetidas a análises petrográficas com ênfase na descrição das microestruturas e contribuíram à caracterização da direção de movimentação nas zonas de cisalhamento estudadas.

4.5. Análises Químicas

Após o estudo petrográfico detalhado, foram selecionadas amostras representativas para análises litogeoquímicas multielementares no Laboratório de Fluorescência de Raios-X (LDRX) do Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências da USP, a fim de complementar os estudos petrogenéticos das rochas em foco. Foram analisadas nove amostras que representam de três grupos litológicos: Granito gnaissoso grosso, Biotita gnaissoso milonítico fino e Granito leucocrático protomilonítico.

Para a realização das análises, as amostras foram serradas em fatias de até 3 cm e/ou fragmentadas com martelo em pedaços com dimensões de até 5 cm. A seguir foi utilizado um britador primário, com mandíbulas de aço, para obtenção de fragmentos com dimensões menores que 1 cm. O passo seguinte foi a diminuição da granulometria dos fragmentos para inferior a 2 mm na prensa hidráulica, com pistão de aço, seguido de quarteamento. A pulverização se deu em moinho de panela de anéis de ágata.

As pastilhas utilizadas nas análises foram preparadas de duas maneiras: pastilhas prensadas e pastilhas fundidas. Para a preparação do pó prensado, foi separada uma quantidade de aproximadamente 7,0g de pó (menor do que 200 mesh) previamente micronizado e seco em estufa por 2 dias. Foi adicionado 1,4g de ligante (cera) ao pó e este material foi prensado em pastilhas de aproximadamente 5 cm de diâmetro e 30 mm de espessura.

Para a preparação das pastilhas fundidas, uma quantidade de $2,0000 \pm 0,0001$ g da amostra foi misturada a $10,000 \pm 0,0002$ g de tetraborato de lítio, que atua como fundente. A mistura é fundida

em cadinho de platina e resfriada em lingoteira de platina, gerando disco de cerca de 5 cm de diâmetro e 30 mm de espessura.

As pastilhas fundidas são utilizadas para análise de elementos maiores e as pastilhas em pó prensado para os elementos traço, segundo procedimento descrito por Mori *et al.*, 1999.

Para o cálculo de minerais normativos - CIPW foi utilizado o programa *Norm 3* e a interpretação dos dados foi desenvolvida através de gráficos binários e diagramas classificatórios, confeccionados com auxílio dos softwares Microsoft Excel 2007 e GCDkit 2.3.

5. Desenvolvimento do trabalho

O trabalho contou essencialmente com pesquisas bibliográficas, duas etapas de levantamento de campo, análises petrográficas, estruturais e litoquímicas.

Como produtos finais deste trabalho tem-se um mapa geológico da área de estudo, seções geológicas de detalhe e a integração e interpretação dos dados obtidos, a fim de contribuir à caracterização dos diferentes litotipos aflorantes nessa região do Complexo Costeiro. Essa caracterização foi concentrada na determinação das relações estruturais e temporais entre as unidades e no melhor entendimento da evolução petrogenética dos litotipos. Na tentativa de colaborar à compreensão dos processos tectônicos extensionais mesozoicos e cenozoicos, foi realizado, complementarmente, uma análise estrutural comparativa entre as rochas da Ilha de São Sebastião e de suas áreas continentais adjacentes.

A tabela 1 apresenta o cronograma das atividades desenvolvidas. O trabalho seguiu o cronograma proposto, com exceção das análises químicas por ICP-MS, as quais não foram realizadas devido a não previsão desse tipo de análise na cota institucional para o trabalho de formatura.

Tabela 1: Cronograma das atividades realizadas.

Atividades	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Pesquisa bibliográfica									
Campo									
Mapa de pontos									
Análise estrutural									
Preparação de lâminas									
Análise petrográfica									
Confecção Seções Geológicas									
Preparação de de amostras (Geoq.)									
Análises lito geoquímicas									
Confecção do mapa geológico									
Integração de dados									
Projeto Inicial									
Relatório de Progresso									
Monografia									

6. Revisão Bibliográfica

A área de estudo insere-se na porção central da Província Mantiqueira, no contexto geotectônico da Faixa Ribeira, um cinturão orogênico, com mais de 1400 km de extensão ao longo da margem atlântica brasileira (Ebert, 1971; Almeida *et al.*, 1973) (Figura 2).

A Província Mantiqueira representa um sistema orogênico Neoproterozóico situado no sul e sudeste do Brasil (se estende desde a Bahia até o Rio Grande do Sul), engloba os orógenos Araçuai, Ribeira, Brasília Meridional, Dom Feliciano e São Gabriel, sendo subdividida em Setentrional, Central e Meridional (Heilbron *et al.*, 2004).

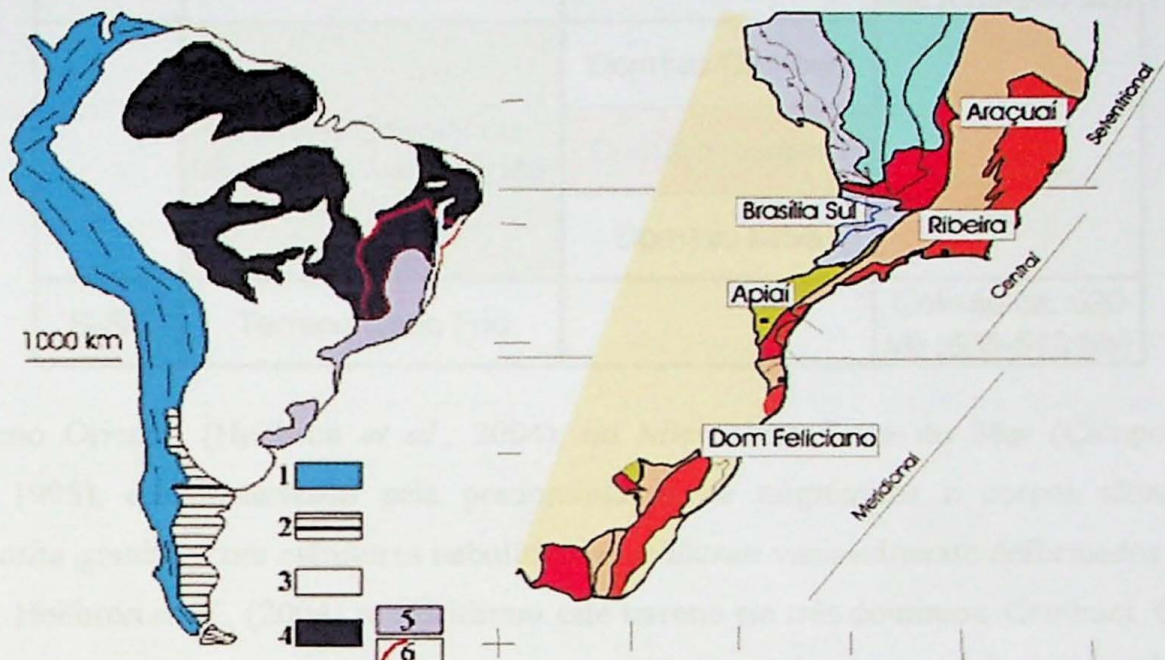


Figura 2: Lado esquerdo: Mapa tectônico da América do Sul, extraído de Heilbron *et al.*, 2004. 1- Sistema orogênico andino. 2- Terreno Patagônia. 3- Cobertura fanerozóica da Plataforma Sul-Americana. 4- Escudos da Plataforma Sul-Americana, destacando a Província Mantiqueira (5) e o Cráton São Francisco (6). Lado direito: Subdivisão do Sistema Orogrênico Mantiqueira, segundo Heilbron *et al.*, 2004: o segmento setentrional constituído pelo Orógeno Araçuai; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira (área na qual o estudo está inserido) e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel. As cores roxo e laranja indicam os terrenos que alojam arcos magmáticos neoproterozóicos.

A Faixa Ribeira apresenta estruturas gerais orientadas NE-SW, tradicionalmente interpretado como o resultado de interações de microplacas com a margem leste do Cráton São Francisco e a margem sudoeste do Cráton do Congo. Essas interações convergentes de placas e microplacas teriam produzido o empilhamento de terrenos de leste para oeste-noroeste, com predomínio de encurtamento crustal e zonas com componente transpressivo destrai. Seguindo esses conceitos, a Faixa Ribeira foi subdividida em terrenos tectono-estratigráficos, separados ora por falhas de empurrão, ora por zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas (Heilbron *et al.*, 2004) (Tabela 2).

Tabela 2: Compartimentação tectônica da parte central do Orógeno Ribeira, com destaque para o Terreno e o Domínio Estrutural em estudo. Fonte: Heilbron *et al.*, 2004.

	Terrenos	Domínios Estruturais	Principal período colisional
N-NW	Terreno Ocidental	Domínio Autóctone	Colisão ca. 580 Ma (605-560 Ma)
		Domínio Andrelândia	
		Domínio Juiz de Fora	
Klippe Paraíba do Sul			
	Terreno Oriental ou Microplaca Serra do Mar	Domínio Cambuci	
		Domínio Costeiro	
		Domínio Italva	
S-SE	Terreno Cabo Frio		Colisão ca. 520 Ma (535-510 Ma)

O Terreno Oriental (Heilbron *et al.*, 2004), ou Microplaca Serra do Mar (Campos Neto e Figueiredo, 1995), é caracterizado pela predominância de migmatitos e corpos alongados de (granada)-biotita granitos com estruturas nebulíticas e *schlieren* variavelmente deformados (Campos Neto, 2000). Heilbron *et al.*, (2004) subdividiram este terreno em três domínios, Cambuci, Costeiro e Italva (Tabela 2), e a área de estudo insere-se no segundo domínio citado. O Domínio Costeiro foi denominado anteriormente de Conjunto Costeiro (Hasui e Sadowski, 1976) e Complexo Costeiro (IPT, 1981), e este último será utilizado neste trabalho.

O Complexo Costeiro constitui uma unidade bastante heterogênea, dominada por rochas metamorfasadas em fácies granulito e anfíbolito, frequentemente migmatizadas (IPT, 1981). Freitas (1947) e IPT (1981) consideram que as rochas desse complexo tenham idade Arqueana, Silva *et al.* (1977) idade precambriana média a superior e Hasui *et al.* (1984) idade precambriana indiferenciada. No entanto, é consenso que o Complexo Costeiro possui uma história policíclica e foi retrabalhado no Ciclo Brasileiro, com posterior processo de cratonização (Schobbenhaus e Campos, 1984).

Predominam rochas migmatíticas, incluindo metatexitos e diatexitos de estruturas variadas, e rochas granulíticas, representadas por piroxênio granulitos, granulitos quartzo-feldspáticos, kinzingitos, charnockitos e rochas granito-gnáissicas com hiperstênio, localmente migmatizadas, anfíbolitos e serpentinitos associados (IPT, 1981). Ocorrem também rochas de composição básica, dentre elas metadioritos, quartzo gabros e quartzo dioritos a sul do Reservatório de Paraibuna e

metagabros, metadioritos, quartzo dioritos e ortoanfíbolitos designados Complexo Bairro do Marisco (IPT, 1981).

Um recorte do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981) é apresentado na figura 3, com a região da área de estudo. No continente ocorrem dois corpos graníticos, o Granito Pico do Papagaio (a norte da Falha de Camburu, atualmente denominada Zona de Cisalhamento Camburu) e o Granito Guaecá (a sudeste da parte continental do mapa, próximo à cidade de São Sebastião) *sensu* Maffra, 2000 (Figura 4). Destaca-se ainda, a sul da Falha de Camburu, o Complexo Gnáissico/Migmatítico do Planalto do Juqueriquerê. Na Ilha de São Sebastião e na área costeira justaposta, observam-se em meio ao embasamento gnáissico-migmatítico intrusões alcalinas e diques básicos de direção NE-SW.

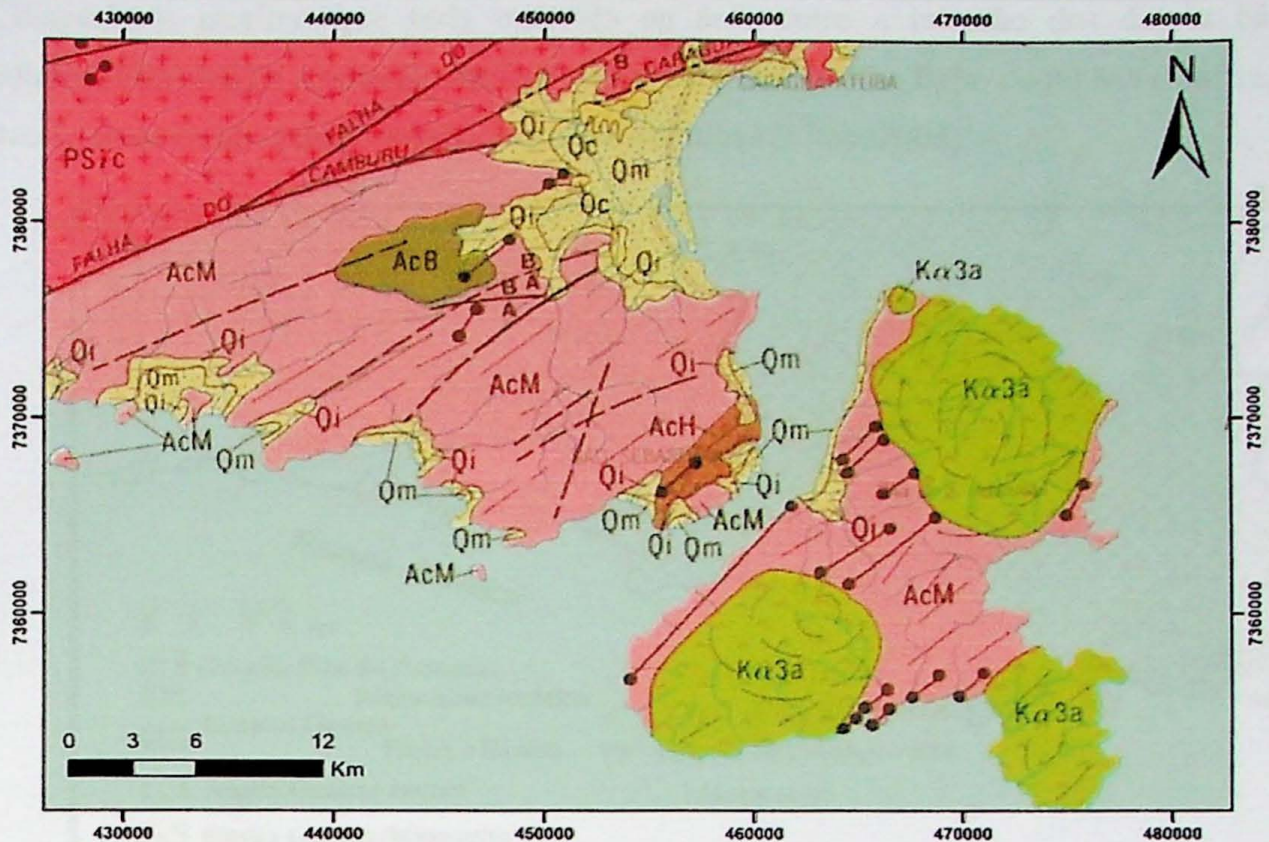
O Granito Pico do Papagaio é um biotita granito porfirítico variavelmente deformado e em suas porções indeformadas apresenta fenocristais idiomórficos de feldspato alcalino de cor rósea e branca. Ocorrem passagens gradativas para litotipos bandados até faixas locais de milonitos e ultramilonitos, em zonas de concentração da deformação (Campanha e Ens, 1996).

A Falha de Camburu constitui uma faixa de dezenas a centenas de metros de espessura de rochas miloníticas, ultramiloníticas, blastomiloníticas e protomiloníticas, predominantemente quartzo feldspáticas (Campanha e Ens, 1996 e Campanha *et al.*, 1994).

A sul da Falha de Camburu ocorre o Planalto do Juqueriquerê, delimitado a sul pelo Oceano Atlântico e a Planície Costeira. É composto por rochas paraderivadas variavelmente migmatizadas, com frequentes intercalações de rochas anfíbolíticas e, subordinadamente rochas granitóides nebulíticas, além das rochas básicas e intermediárias parcialmente migmatizadas do Complexo Bairro do Marisco. Biotita gnaisses e xistos bandados com granada e sillimanita, além de kinzingitos com cordierita porfiroblástica foram descritos como os protolitos dos migmatitos (Campanha e Ens 1996).

O Granito Guaecá insere-se no Planalto do Juqueriquerê e é representado por monzogranitos e granodioritos com quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita, muscovita e granada. Este granito é dividido em duas fácies, uma leucocrática com granada e outra enriquecida em biotita (Maffra, 2000).

Ainda segundo Campanha e Ens (1996), a Serra do Juqueriquerê mostra uma disposição em leque das estruturas principais (xistosidade, bandamento gnáissico e foliação milonítica) em torno da Falha de Camburu. Os autores associam esse padrão estrutural a um sistema transpressivo (estrutura em flor positiva) para a deformação dúctil ocorrida na área.



LEGENDA:

CENOZÓICO

- Qm** Sedimentos Marinheiros Mistos: Sedimentos atuais e subatuais, incluindo termos arenosos praias, depósitos marinhos localmente retrabalhados por ação fluvial e/ou eólica, termos areno-siltico-argilosos de deposição flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue.
- Qi** Sedimentos Continentais Indiferenciados: Depósitos continentais incluindo sedimentos elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos de caráter variado associados a encostas.
- Qc** Sedimentos do Grupo Mar Pequeno / Formação Cananéia: Areias marinhas finas inconsolidadas frequentemente limonizadas, com presença de esparsos leitos argilosos.

- Contato geológico
- A B Falhamentos de gravidade (encobertos quando pontilhados) movimento relativo dos Blocos: A=alto; B=baixo.
- Falhamentos inferidos e fraturas.
- Diques básicos mesozóicos.

MESOZÓICO

- Kα3a** Corpos Alcalinos do Litoral Norte: Vulcanismo das Ilhas de São Sebastião, Monte de Trigo, dos Búzios e Vitória, incluindo nefelina sienitos, pulaskitos, teralitos, essexitos, nordmarkitos, tingualtos, alcali-sienitos, cortados por diques não individualizados de micro sienitos, traquitos, lamprófiros, fonólitos, tingualtos, nordmarkitos e teschenitos.

PRECAMBRIANO

- PSic** Suíte Granítica Sintectônica - Fácies Cantareira - Correspondente ao Granito Pico do Papagaio: Corpos paraautóctones e alóctones, foliados, granulação fina a média, textura porfírica frequente; contatos parcialmente concordantes e composição granodiorítica a granítica.
- AcM AcH AcB** Complexo Costeiro - AcM: Piroxênio granulitos, granulitos quartzo feldspáticos, kinzigitos, charnoquitos e rochas granito-gnáissicas a hiperstênio, incluindo anfíbolitos e serpentinitos localmente migmatizados. AcH: Charnoquitos, kinzigitos e rochas granito-gnáissicas a hiperstênio com migmatização e feldspatização sobrepostas. AcB: Metadioritos, quartzo gabros e quartzo dioritos.

Figura 3: Geologia da região maior da área de estudo (recorte do Mapa Geológico do Estado de São Paulo – IPT, 1981).

No Complexo Costeiro ocorrem diques de direção ENE de composição básica, ultrabásica e intermediária, diabásios e dioritos, lamprófiros de afinidade alcalina e traquitos. Segundo Garda (1995) os diques de lamprófiro possuem origem mantélica distinta dos demais. Os diques de composição básica e intermediária tem afinidade com os basaltos da Bacia do Paraná e poderiam ter sido gerados durante a abertura do atlântico, já os lamprófiros provavelmente são relacionados ao

evento magmático alcalino que teria ocorrido na área entre a intrusão dos diques básicos e intermediários (130 Ma) e a intrusão do Complexo Sienítico de Ilha Bela, de 80 Ma (Maffra, 2000). Os diques de traquito são posteriores às intrusões sieníticas (Lima, 2001).

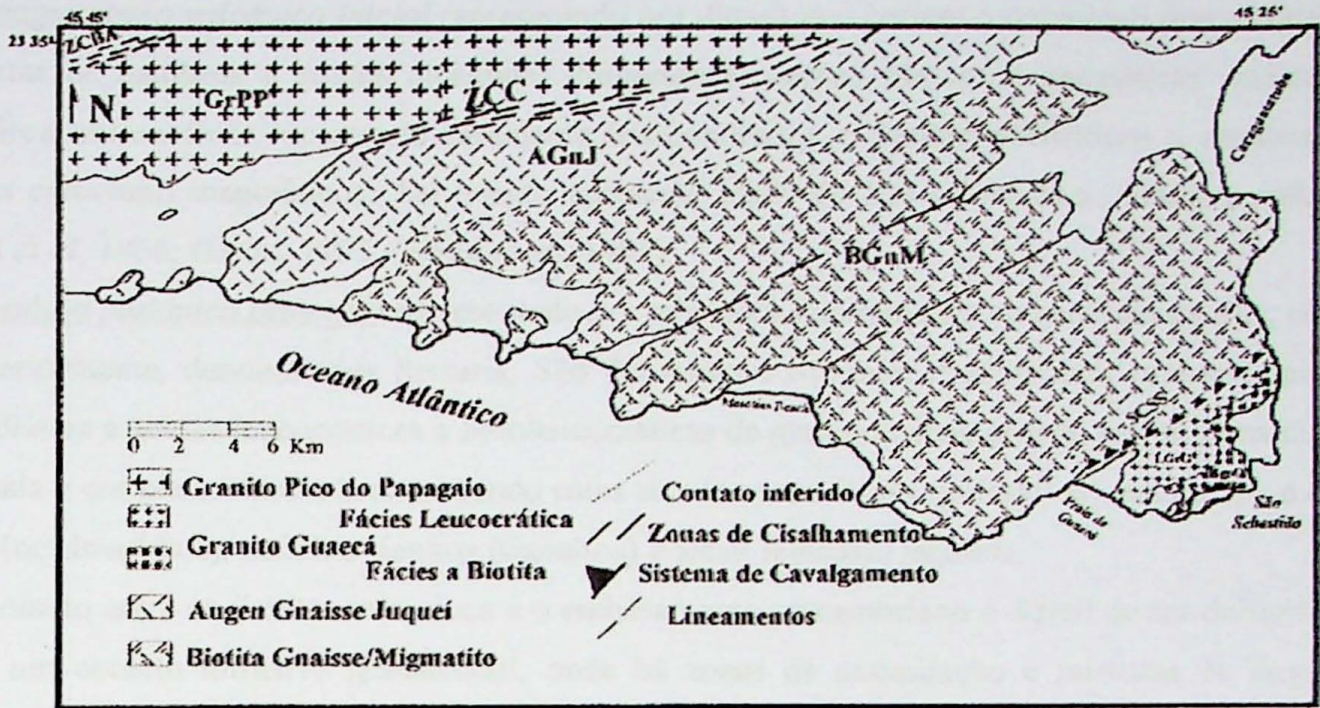


Figura 4: Mapa Geológico Geral. ZCBA = Zona de Cisalhamento Bairro do Alto; ZCC = Zona de Cisalhamento Camburu; SCSS = Sistema de Cavalgamento São Sebastião; GrPP = Granito Pico do Papagaio; AGJ = Augen Gnaiss Juqueí; CGM = Complexo Gnaissico / Migmatítico; GrGL = Granito Guaecá fácies Leucocrática; GrGB = Granito Guaecá fácies a Biotita; SNC = Sedimentos não Consolidados. Extraído de Maffra, 2000.

A Ilha de São Sebastião constitui-se de um fragmento do bloco continental, cortado por importantes intrusões mesozoicas subvulcânicas, plutônicas e hipoabissais (batólitos e Stocks) ultramáficas, ultrabásicas a intermediárias e alcalinas. O magmatismo mesozoico apresenta feições geológicas e composições litosféricas contrastantes, e ocorrem em dois períodos de atividade subvulcânica distintos, separados por um evento plutônico principal. A atividade vulcânica originou enxames de diques heterogêneos diferentes entre si, e o evento plutônico os três stocks originais de sienitos, que marcam a paisagem e sustentam a morfologia acidentada da ilha, além de outros corpos intrusivos menores. Um desses é a intrusão gabrótica estratiforme da Ponta da Pacuíba, localizado a norte da ilha (Lima e Schorscher, 1999).

O Evento tectônico magmático mesozoico observado nesta região, segundo Almeida (1983, 1986) caracterizou-se pela reativação de antigos falhamentos do embasamento cristalino, soergimento de arcos, abatimento de bacias costeiras e acentuada subsidência da Bacia do Paraná. Seus efeitos manifestaram-se através de intenso e variado magmatismo, que inclui desde basaltos toleíticos até complexos alcalinos.

Lima (2001) caracterizou três estágios magmáticos principais relacionados ao magmatismo mesozoico, sendo o primeiro o magmatismo vulcânico inicial, posteriormente o plutonismo principal e por fim o magmatismo hipoabissal a subvulcânico final, os diferenciando da seguinte maneira:

O magmatismo vulcânico inicial representado por diques que cortam o complexo precambriano, sem cortar os batólitos e stocks alcalinos. Predominam rochas básicas a andesíticas máficas e lamprófiros ultramáficos, ocorrendo raramente leucoandesitos e dacitos porfiríticos e ultrabásitos ricos em carbonato magmáticos. Tal evento apresenta idade de 120 a 140 M.a., cretácea inferior (Amaral *et al.*, 1966; Garda, 1995; Garda *et al.*, 1995).

O estágio plutônico principal representado por três stocks dominantes na geologia da ilha, como dito anteriormente, denominados Serraria, São Sebastião e Mirante. Predominam rochas alcalinas intermediárias a ácidas leucocráticas a hololeucocráticas de granulometria grossa, estrutura maciça a acamadada e cor cinza claro a branco, sendo estes sienitos com foides (pulaskitos), saturados, e com quartzo (nordmarkitos), nefelina sienitos (tiguaítos) e álcali feldspato sienitos.

O contato entre os sienitos intrusivos e o embasamento precambriano é difícil de ser delimitado, pois há um contato intrusivo gradacional, onde há zonas de assimilação e misturas de larguras decimétricas, sendo estas representadas pelo desaparecimento de quartzo e aumento de feldspato alcalino em direção aos sienitos. Tal fato indica o estado ainda relativamente quente em profundidade crustal considerável das rochas encaixantes durante a intrusão dos sienitos. Gabros, dioritos, piroxenitos e equivalentes alcalinos são raros, sendo encontrados ao norte da ilha, na Ponta da Pacuíba, na Pedra do Sino e no Stock das Canas.

Datações deste evento foram efetuadas por Amaral *et al.*, 1967; Hennies e Hasui, 1968, confirmando idades essencialmente iguais para os sienitos dos 3 corpos intrusivos principais em torno de 80-85 Ma, no Cretáceo Superior, e idades mais elevadas \approx 95 Ma, para os essexitos da Pedra do Sino (Amaral *et al.*, 1967) e de \approx 86 Ma, para um gabro rolado do stock de Canas (Hennies e Hassui, 1968).

Destaca-se que as intrusões de sienitos alcalinos ocupam cerca de 300 km² da extensão total da ilha (336 km²), representando uma das maiores províncias alcalinas do Brasil (Freitas, 1947).

O magmatismo hipoabissal a subvulcânico final representado por numerosos diques, veios e corpos intrusivos menores que cortam os batólitos e stocks do plutonismo principal, já em estágio rígido e frio, não representado em mapas geológicos devido à sua irregularidade e sua pequena extensão. Trata-se de rochas desde ultramáficas a leucocráticas, em geral alcalinas, muito grossas-pegmatóides (hipoabissais) a faneríticas médias e finas (subvulcânicas rasas), porfiríticas incluindo, entre outros, piroxenitos, teschenitos, microgabros, microsienitos diversos, fonolitos, diabásios raros e subordinados e traquitos.

Para este magmatismo há dados geocronológicos de amplo intervalo de 81-55 Ma (Cretáceo Superior a Paleoceno Superior) (Hennies e Hasui, 1968; Garda, 1995; Garda *et al.*, 1995).

Ocorrem ainda sedimentos recentes cenozoicos, pré-atuais e atuais, ao longo das planícies litorâneas. Trata-se, em geral, de sedimentos marinhos (arenitos e siltitos) e continentais (depósitos de tálus e sedimentos coluvionares), devido ao relevo de alta declividade (Maffra, 2000), além dos solos espessos por toda a ilha.

7. Geologia local

As rochas precambrianas da Ilhabela, na área de estudo, foram subdivididas em 8 unidades geológicas: Granito gnaissé grosso - aflora ao longo da costa oeste da ilha, com intercalações de biotita gnaisses mesocráticos, biotita gnaissé milonítico fino lentes métricas de gnaisses bandados e rochas calciossilicáticas e, ainda, intrusões de granitos leucocráticos protomiloníticos, com todo o conjunto deformado simultaneamente; Granito porfirítico foliado - aflora em grande parte da Ilha de São Sebastião, com ampla continuidade lateral e, para leste, comporta-se geomorfologicamente, como suporte para um primeiro patamar de morros. Na porção continental estudada foi observada a unidade do Granito gnaissé grosso com intercalações do biotita gnaissé milonítico fino e ainda gnaisses migmatíticos milonitizados, constituindo extensos e complexos afloramentos ao longo da costa. É importante ressaltar a ocorrência de rochas ígneas intrusivas como diques basálticos e de lamprófiros, e *stocks* de álcali-sienitos e gabros estratiformes.

Para melhor representação geológica da área de estudo foi confeccionado o mapa geológico da porção oeste da Ilhabela associado a um mapa de detalhe dos litotipos aflorantes (ANEXO II), e seções geológicas de detalhe que serão mencionadas ao longo do texto.

7.1. Granito gnaissé grosso

O Granito gnaissé grosso aflora ao longo de quase toda a costa oeste da Ilha de São Sebastião, na direção NE-SW, com aproximadamente 1 km de espessura, normalmente em lajes expostas no costão e em cortes da estrada principal da ilha (Av. Brasil). Este litotipo também foi observado em São Sebastião, na Ponta do Araçá, e é correlacionável à Unidade Granito Guaecá Fácies a Biotita, definido por Maffra, 2000.

Trata-se de rocha de cor cinza clara, estrutura foliada, textura milonítica a protomilonítica. Ocorre com texturas lepidogranoblástica e nematolepidogranoblástica média a grossa, definida por *ribbons* de quartzo, cristais de feldspato estirados, bandas milimétricas ricas em minerais máficos e bandas milimétricas quartzo-feldspáticas granoblásticas (Figuras 5A e B). Apresenta foliação em torno de 298/20 e lineação de estiramento por volta de 244/30 e 10/15.

Microscopicamente, observa-se estrutura foliada anastomosada, textura protomilonítica nematolepidogranoblástica e lepidogranoblástica. As porções granoblásticas possuem granulação fina e contato serrilhado entre os grãos, e são compostas essencialmente por quartzo (25-35%), plagioclásio (andesina - An₃₂) (20 – 40%), feldspato alcalino (20 – 30%), apatita (0 – 3%) acicular em inclusões no plagioclásio e no quartzo, e granular arredondada na matriz, além de epidoto xenomórfico (traço).

Quartzo também constitui *ribbons* de até 7 mm de espessura, recristalizados de contato interlobado a serrilhado. Plagioclásio e feldspato alcalino definem textura protomilonítica como porfiroclastos de até 4 mm, com bordas cominuídas e ocasionalmente com sombras de pressão quartzosas. Os porfiroclastos de feldspato são frequentemente envolvidos por *ribbons* de quartzo e bandas nematolepidoblásticas compostas por biotita (11 – 4%) alongada, hornblenda (5-0%) idiomórfica a subidiomórfica, magnetita (3 – 1%) xenomórfica e alongada, clorita (2 – 0%) nas bordas da biotita, titanita (2 – 0%) idiomórfica a subidiomórfica, e muscovita (traço) nas bordas da biotita (Fotomicrografias 1A a D). Observa-se ainda zircão (traço) nas porções lepidoblásticas e nematolepidogranoblásticas, associado à biotita.

O litotipo principal dessa unidade caracteriza-se, portanto, como (hornblenda)-biotita gnaiss protomilonítico inequigranular médio a grosso e apresenta variações graduais de granulação mais fina, milonítica (granito gnaiss fino), característica comum em zonas de cisalhamento.

Nesta litologia ocorrem frequentes veios leucocráticos de granulação grossa, quartzo feldspáticos, deformados e estirados de 2 a 10 cm de espessura, concordantes a subconcordantes à foliação milonítica, com contato abrupto, estirados e descontínuos, por vezes formando dobras intrafoliais apertadas centimétricas a métricas, com flancos rompidos e espessamento da charneira (Figuras 5C e D). Essas feições sugerem que os veios foram deformados concomitantemente à rocha hospedeira.

Há ainda um segundo tipo de veios leucocráticos associados a esse litotipo, que cortam os veios leucocráticos descritos acima. Trata-se de intrusões pegmatíticas centimétricas a métricas, concordantes à foliação milonítica, também quartzo feldspáticas, milonítico (menos deformados do que os veios estirados), de contato sinuoso, por vezes difuso, afunilado e/ou lenticularizado (Figuras 5E e F), denominados de veios pegmatíticos miloníticos. Feições estas indicativas de intrusões no final e/ou posteriores à intensa deformação e milonitização observada na região.

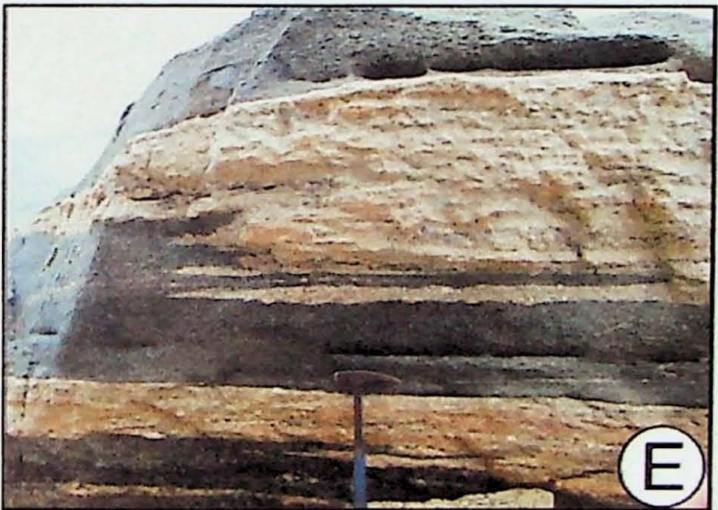
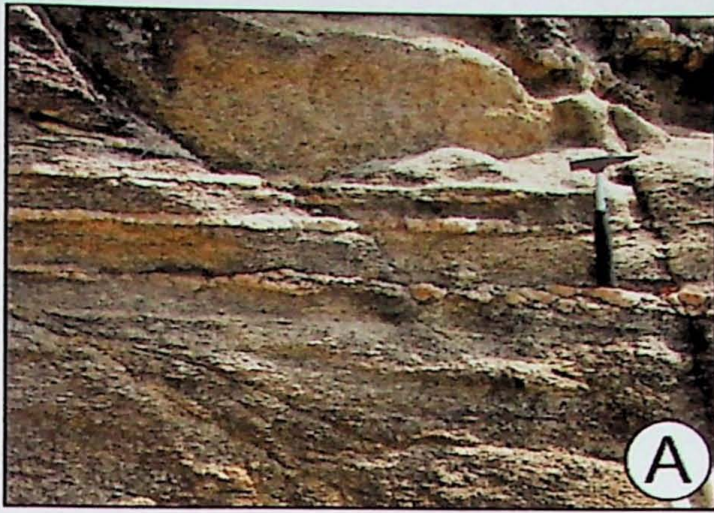
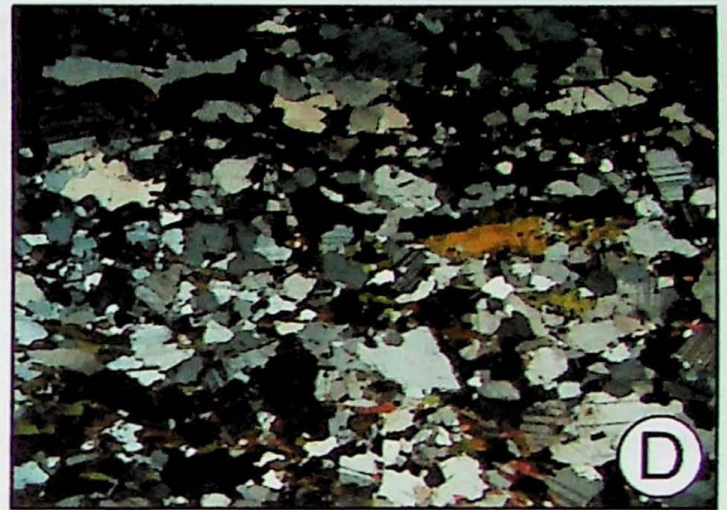
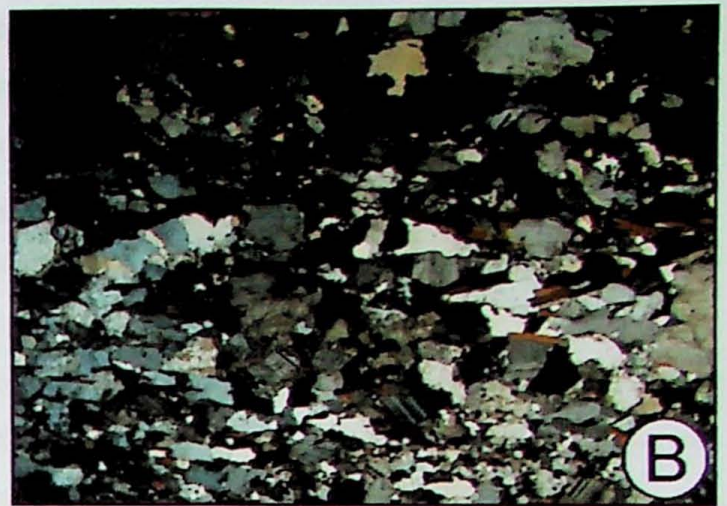


Figura 5: **A:** TC-01: Ponta do Araçá – São Sebastião - Granito gnaisse grosso rico em veios leucocráticos deformados concordantes à foliação milonítica. **B:** TC-17: Praia do Oscar – Ilha Bela - Granito gnaisse grosso com veios leucocráticos estirados concordantes à foliação e definindo dobra intrafolial apertada com espessamento de charneira e rompimento dos flancos. **C e D:** TC-12 - Praia do Cural – Ilha Bela – Veios leucocráticos no granito gnaisse grosso de contato abrupto, constituindo dobras intrafoliais apertadas, com espessamento de charneira e rompimento dos flancos. **E:** TC-12 - Praia do Cural – Ilha Bela – Veios leucocráticos pegmatíticos descontínuos, afunilado e/ou lenticularizado em meio ao granito gnaisse grosso; **F:** TC-42 – Ponta do Portinho – Ilha Bela – Veios leucocráticos pegmatíticos cortando veios estirados, de contato difuso, constituindo dobras intrafoliais.



Fotomicrografia 1: A e B: Amostra TC-12B - Textura geral do granito gnaissé grosso: Rocha de granulação média e textura lepidogranoblástica descontínua, com biotita contornando cristais maiores de feldspato e *ribbons* de quartzo. Lado maior da fotomicrografia = 12 mm. C e D: Amostra TC-13A - Textura geral do granito gnaissé grosso, com porções granoblásticas quartzo feldspáticas contornadas por porções nematolepidoblásticas (biotita + clorita + hornblenda) descontínuas, que dão aspecto anastomosado à foliação. Lado maior da fotomicrografia = 12 mm. E e F: Amostra TC-12E - Textura geral de Veio pegmatítico milonítico, essencialmente granoblástica, com *ribbons* de quartzo estirados definindo foliação e porfiroclastos de feldspato alongados, com bordas cominuidas, contornados por finas porções microgranulares. Lado maior da fotomicrografia = 12 mm.

Com relação aos veios pegmatíticos miloníticos, observa-se microscopicamente textura protomilonítica grossa, essencialmente granoblástica, composta por quartzo (40-36%), feldspato alcalino (50-30%) e andesina (25-7%) de contato irregular entre si. Quartzo também constitui *ribbons* recristalizados, de contato interlobado, irregulares de 0,2 a 1,5 mm de espessura. Cristais de feldspato também aparecem como porfiroclastos de aproximadamente 5 mm, subidiomórficos, com bordas cominuídas, contornados por porções microgranulares quartzo feldspáticas e por concentrações milimétricas alongadas micáceas, compostas por biotita (2-1%), muscovita (1%), clorita (1-0%), opacos (1%) e epidoto (traço). Observa-se também apatita (1%) acicular inclusa em FK e quartzo, e granular (0,5 mm) em meio à textura granoblástica. (Fotomicrografias 1 E e F).

Em meio ao granito gnaissoso grosso ocorrem intercalações em bandas e lentes de rochas metassedimentares, classificadas como biotita gnaissoso mesocrático (Seção Geológica A-A' - ANEXO III), biotita gnaissoso milonítico fino, gnaissoso bandado (Seção Geológica D-D' - ANEXO II) e anfibolito calciossilicático (Seções Geológicas C-C' - ANEXO V e D-D' - ANEXO II), além destas ocorre lentes de granito leucocrático protomilonítico (Seção Geológica B-B' - ANEXO IV), que serão descritos a seguir.

7.1.1. Biotita gnaissoso mesocrático

O biotita gnaissoso mesocrático ocorre como intercalações centimétricas a métricas com contato abrupto, levemente sinuoso e por vezes difuso, aparentemente gradacional com o granito gnaissoso grosso exposto na Praia da Siriúba, Ilhabela, representado na Seção Geológica A-A' - ANEXO III).

Apresenta cor cinza escura, estrutura foliada, textura lepidogranoblástica fina a média, com porções intensamente dobradas (Figura 6 A) e foliação Sn (principal) plano axial em torno de 300/69.

Microscopicamente, observam-se cristais de até 3 mm de plagioclásio, quartzo e feldspato alcalino subidiomórficos, orientados, praticamente indeformados. É composta por plagioclásio (labradorita -An₅₂) (40 - 10%), quartzo (20%) e feldspato alcalino (10%) de contato irregular entre si, destaca-se textura antipertítica em plagioclásio.

As porções lepidoblásticas são descontínuas compostas por biotita (40 - 28%) orientada de pleocroísmo bege a castanho escuro, por vezes associada a magnetita (5 - 1%) xenomórfica estirada, epidoto (1%) (tanto associado à biotita quanto em inclusões de 0,1mm em plagioclásio). Apatita (1%) granular de 0,25 mm aparece associada à biotita e em inclusões prismáticas <0,1 mm em quartzo e feldspato. Muscovita (traço) ocorre associada às bordas dos cristais de biotita (Fotomicrografias 2A e B).

Neste litotipo se encontra veios felsicos deformados de aproximadamente 2 a 4 cm de espessura, dobrados sob a forma de dobras centimétricas intrafoliais apertadas com espessamento de charneira e

rompimento dos flancos. Foi possível medir o eixo do dobramento (190/20; 218/27) e seu plano axial (325/58; 295/42) (Figuras 6B e C).

Há um segundo tipo de veios quartzo feldspáticos, de aproximadamente 1 cm de espessura dobrados, sendo que o material interno encontra-se indeformado, de granulação média a grossa, sendo interpretadas como dobras pitgmáticas (Figuras 6D).

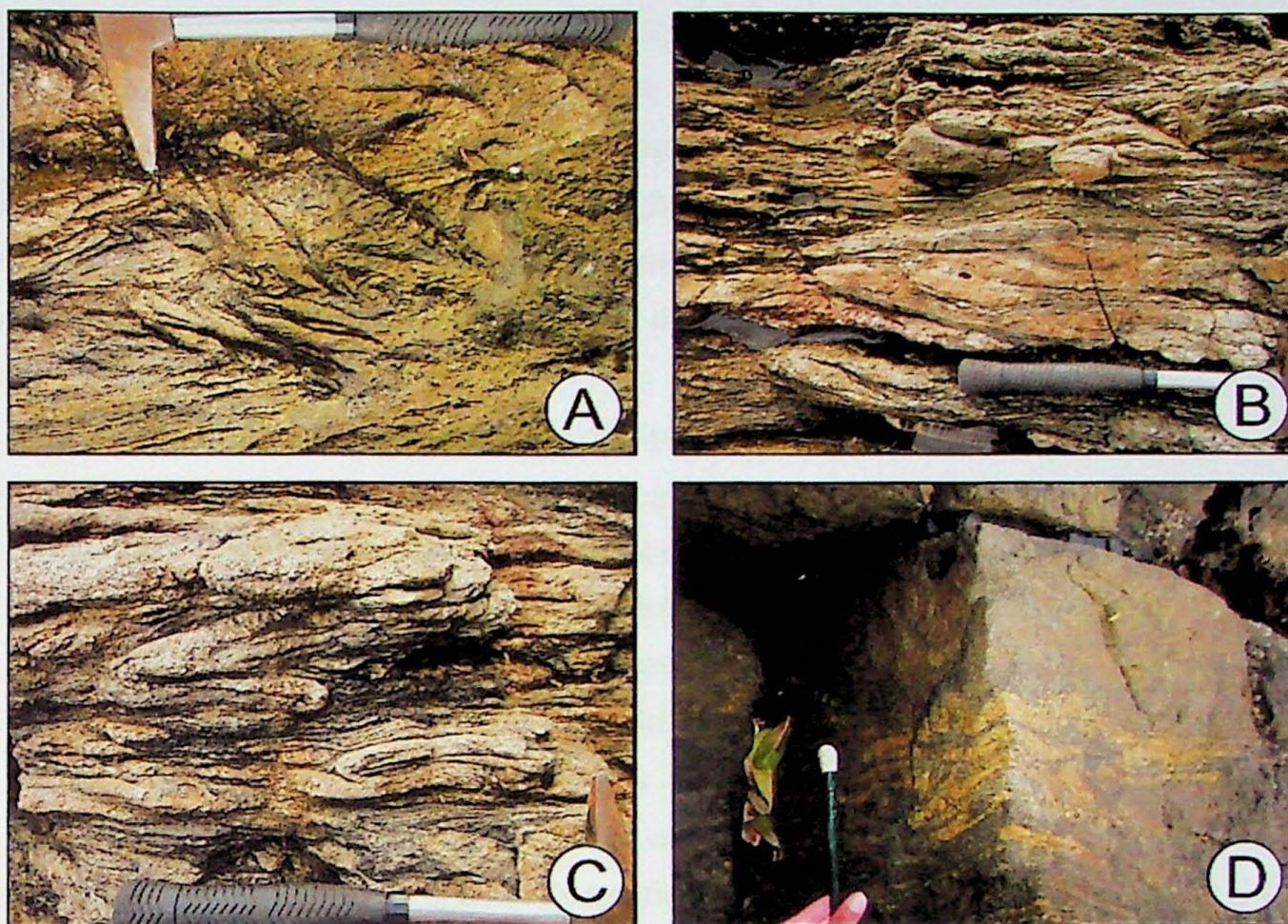
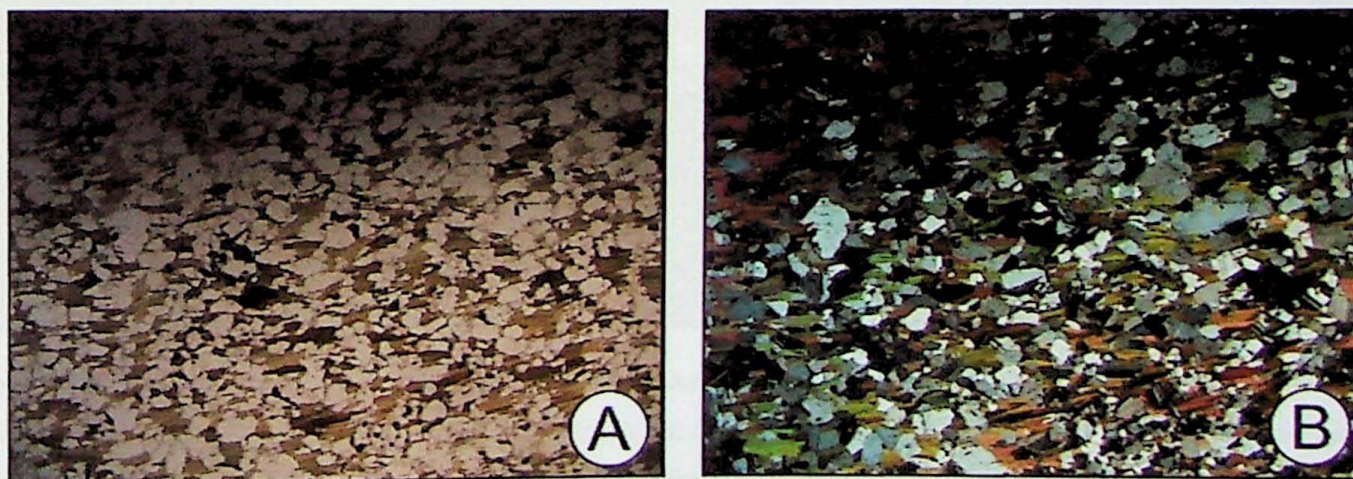


Figura 6: TC-07 - Praia da Siriúba - Ilha Bela. **A:** Porção do biotita gnaiss mesocrático intensamente dobrado. **B e C:** biotita gnaiss milonítico fino rico em dobras intrafoliais apertadas com espessamento de charneira e rompimento dos flancos. **D:** Veio leucocráticos de aproximadamente 1 cm de espessura, indeformado, de granulação grossa em meio ao biotita gnaiss milonítico fino mais homogêneo, de foliação anastomosada.



Fotomicrografia 2: A e B: TC-07B - Textura geral do biotita gnaiss milonítico fino: textura lepidogranoblástica, com cristais subidiomórficos orientados. Lado maior da fotomicrografia = 12 mm.

7.1.2. Biotita gnaiss milonítico fino

O biotita gnaiss milonítico fino ocorre como intercalações centimétricas a métricas com contato abrupto, levemente sinuoso, no granito gnaiss grosso na Ponta do Araçá, em São Sebastião e, por vezes com feições intrusivas em cúspide (Figura 7A).

Apresenta cor cinza escura, estrutura foliada, textura milonítica lepidogranoblástica fina a média, com foliação Sn (principal) em torno de 300/69.

Microscopicamente, observam-se cristais de até 3 mm de plagioclásio, quartzo e feldspato alcalino subidiomórficos a xenomórficos, intensamente deformados envolvidos por uma massa micácea, por vezes em lentes descontínuas, porções granoblásticas lenticularizadas, compostas por quartzo (26%), plagioclásio (25 - 10%) e feldspato alcalino (20 - 18%) de contato irregular entre si e *ribbons* de quartzo de aproximadamente 0,2 mm de espessura, com cristais recristalizados e contato interlobado.

As porções lepidoblásticas são predominantemente contínuas, compostas por biotita, clorita e muscovita (40 - 28%) e envolvem as porções granoblásticas, os porfiroclastos e os *ribbons* de quartzo, definindo feição anastomosada à foliação milonítica. Ocorre ainda magnetita (5 - 1%) xenomórfica estirada, associada às porções lepidoblásticas e epidoto (1%) associado à biotita e em inclusões de 0,1 mm em plagioclásio. Em porções com maior grau de milonitização pode-se observar, microscopicamente, pares S-C em meio à foliação milonítica anastomosada fina a muito fina, onde porções lepidoblásticas micáceas contornam aglomerados quartzo feldspáticos arredondados, com indicação cinemática sinistral com topo para SW (Fotomicrografias 3A e B).

Neste litotipo ocorrem veios quartzo feldspáticos deformados de aproximadamente 2 a 4 cm de espessura, dobrados sob a forma de dobras centimétricas intrafoliais apertadas com espessamento de charneira e rompimento dos flancos (Figuras 7B e C).

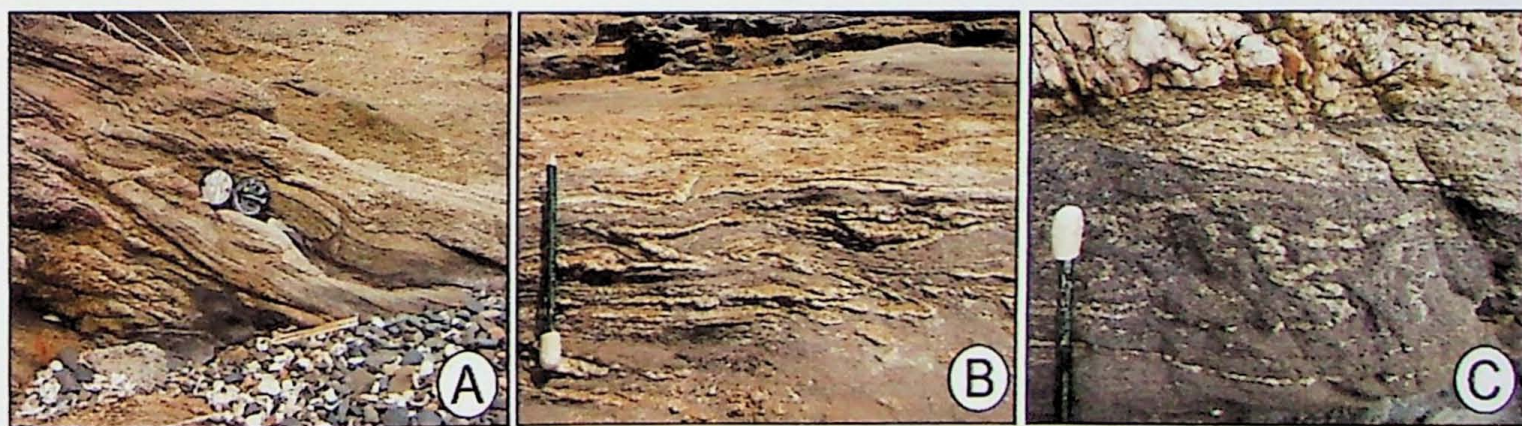
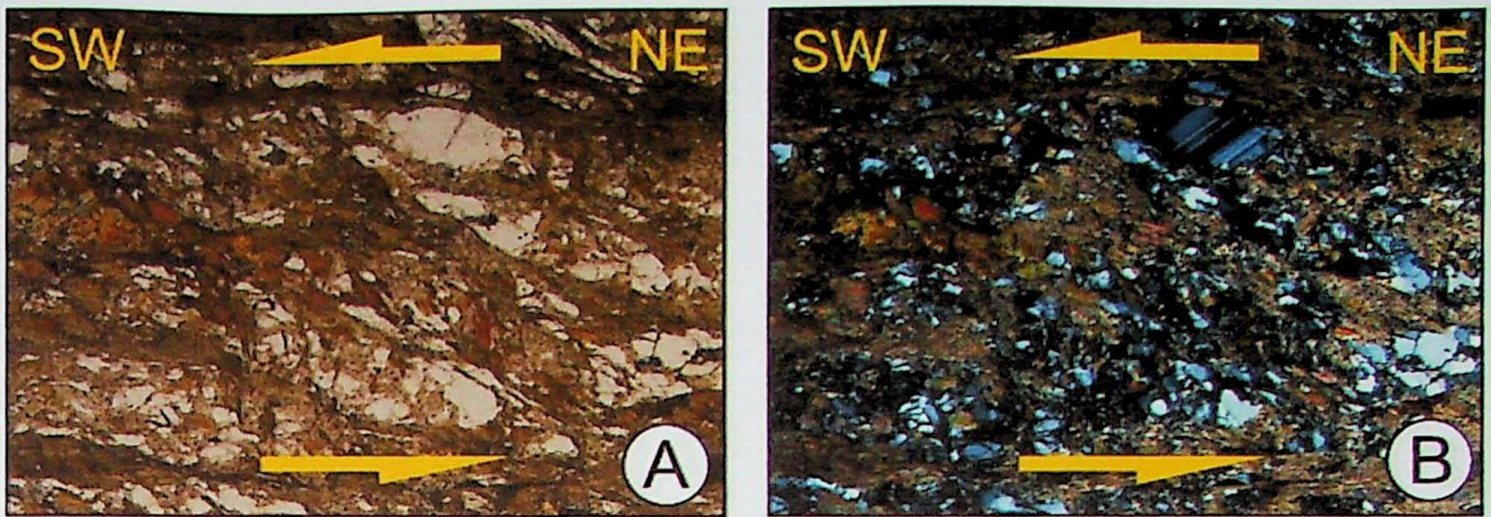


Figura 7: A, B e C: TC-01 – Ponta do Araçá – São Sebastião – **A:** Feições intrusivas em cúspide do biotita gnaiss milonítico fino no granito gnaiss grosso. **B:** Intercalação do granito gnaiss grosso com o biotita gnaiss milonítico fino, sendo que o primeiro litotipo constitui dobras centimétricas intrafoliais apertadas com espessamento de charneira e rompimento dos flancos no segundo; **C:** Um estágio possivelmente mais dúctil de deformação, destaca-se ainda no topo da foto veio pegmatítico cortando demais estruturas.



Fotomicrografia 3: A e B: TC- 01B - Biotita gnaiss milonítico fino parcialmente intemperizado, com foliação anastomosada e pares S-C, indicando movimentação no sentido anti-horário com topo para S52°W/10°SW. Lado maior da fotomicrografia = 3,5 mm.

7.1.3. Granito Leucocrático Protomilonítico

A unidade Granito Leucocrático Protomilonítico aflora na estrada principal da Ilhabela (Av. Brasil), entre as praias do Barreiro e de Santa Tereza, intercalado com gnaiss bandado. Não foi encontrado o contato do Granito Leucocrático Protomilonítico com a unidade Granito Gnaiss Grosso (Seção Geológica B-B' – ANEXO IV) e foi interpretado como uma lente alongada paralelamente à foliação medida, representada no mapa geológico - ANEXO II.

Trata-se de um litotipo de cor branca a levemente rosada, estrutura foliada, textura protomilonítica média a grossa, com *ribbons* milimétricos de quartzo que envolvem os cristais de feldspato rotacionados. Apresenta foliação S_n (principal) em torno de 322/56 e lineação de estiramento de 241/12. Indicadores cinemáticos sugerem rotação no sentido horário, com topo para SW (Figura 8A).

Observam-se veios do granito leucocrático protomilonítico intrudindo o gnaiss bandado, evidenciando relação temporal entre estes litotipos, com o granito sendo mais novo que os gnaisses bandados (Figura 8B).

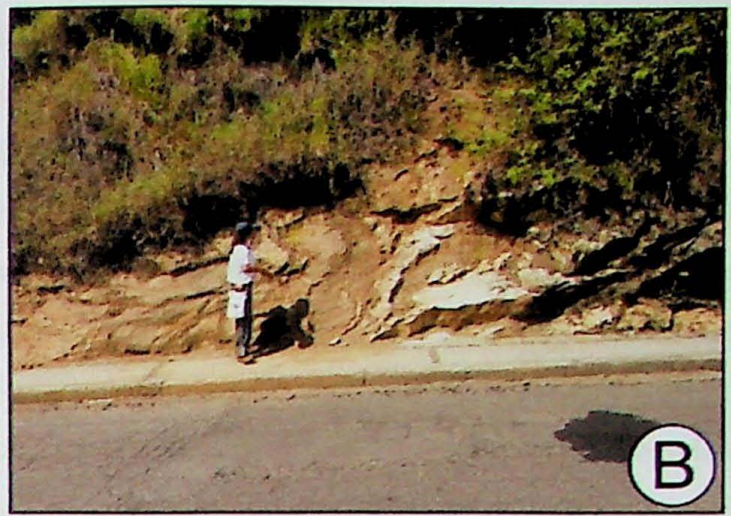
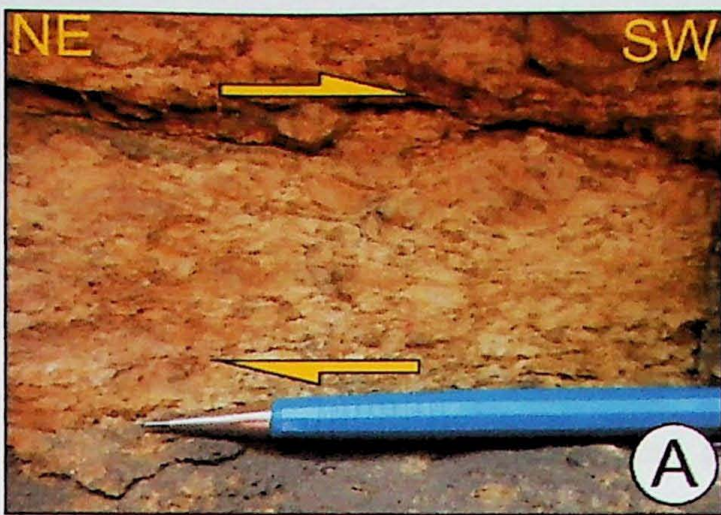
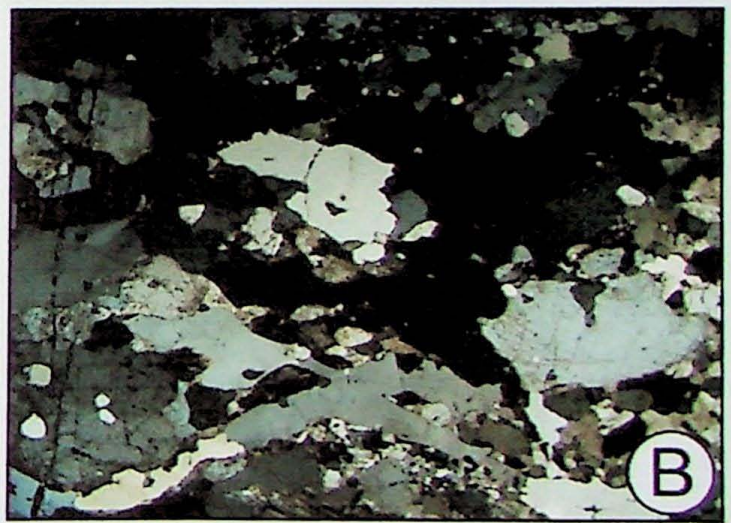


Figura 8 A: TC-11 - Granito leucocrático protomilonítico com feldspato rotacionado no sentido horário, sugerindo direção de movimento de topo para SW. **B:** TC-10 - Feições intrusivas do granito leucocrático protomilonítico no gnaiss bandado.

Microscopicamente observa-se textura protomilonítica grossa, essencialmente granoblástica, composta por quartzo (40%), feldspato alcalino/microclínio (30%) e plagioclásio (27%), sendo que quartzo também constitui *ribbons* irregulares de aproximadamente 1,5 mm de espessura, recristalizados, e cristais de feldspato aparecem como porfiroclastos de aproximadamente 1 cm, com bordas cominuídas, subidiomórficos.

Porfiroclastos são envolvidos por *ribbons* de quartzo, concentrações microgranulares quartzo feldspáticas e por pequenas concentrações micáceas, compostas por biotita (1%), muscovita (1%) e opacos (1%). Observa-se epidoto (traço) arredondado incluso em biotita, zircão (traço) prismático incluso no quartzo e produtos de alteração como óxido de ferro (traço), associado a opacos e sericita (traço), associado a feldspato (Fotomicrografia 4).



Fotomicrografia 4: Amostra TC-09A - Textura geral do granito leucocrático protomilonítico. Rocha de granulação grossa e textura essencialmente granoblástica, com porfiroclastos de feldspato envolvidos por *ribbons* de quartzo recristalizados. Lado maior da fotomicrografia = 12 mm.

7.1.3. Gnaiss Bandado e Rochas Calciossilicáticas

Os gnaisses bandados foram observados como intercalações de espessuras métricas a decamétricas na unidade Granito Gnaiss Grosso (Figura 9A), na Ponta do Portinho e na Praia do Veloso, frequentemente associados a *boudins* e/ou lentes de rochas calciossilicáticas (Figura 9C) (representação na Seção Geológica D-D' e mapa geológico de detalhe - ANEXO II); associados aos granitos leucocráticos protomiloníticos (Figura 9B) nas proximidades das praias do Barreiro e de Santa Tereza, Ilhabela (Seção Geológica B-B' - ANEXO IV).

O Gnaiss Bandado apresenta cor cinza escura e estrutura definida por bandas nematogranoblásticas, por vezes nematolepidogranoblásticas, e bandas granonematoblásticas. É composto por quartzo (10-30%), feldspato (40-60%), hornblenda (10-30%), biotita (0-15%) e magnetita (0-3%), rico em veios félsicos de granulação média, estirados, intercalados à estrutura bandada. Há ocorrências de veios félsicos de espessuras milimétricas, granulares restritos às porções granonematoblásticas que, por vezes, encontram-se lenticularizadas. Exibe foliação Sn por volta de 332/22 e lineação de estiramento em torno de 10/17.

Microscopicamente, o gnaiss bandado apresenta bandas nematogranoblásticas predominantes, com variação gradual para porções granonematoblásticas, compostas por quartzo (20%), andesina (30%), feldspato alcalino/microclínio (20%), hornblenda (20-25%), epidoto (0-10%), biotita (0-10%), titanita (0-2%), apatita (1%), magnetita (3%) e piroxênio (0-10%) (Fotomicrografias 5 A a F).

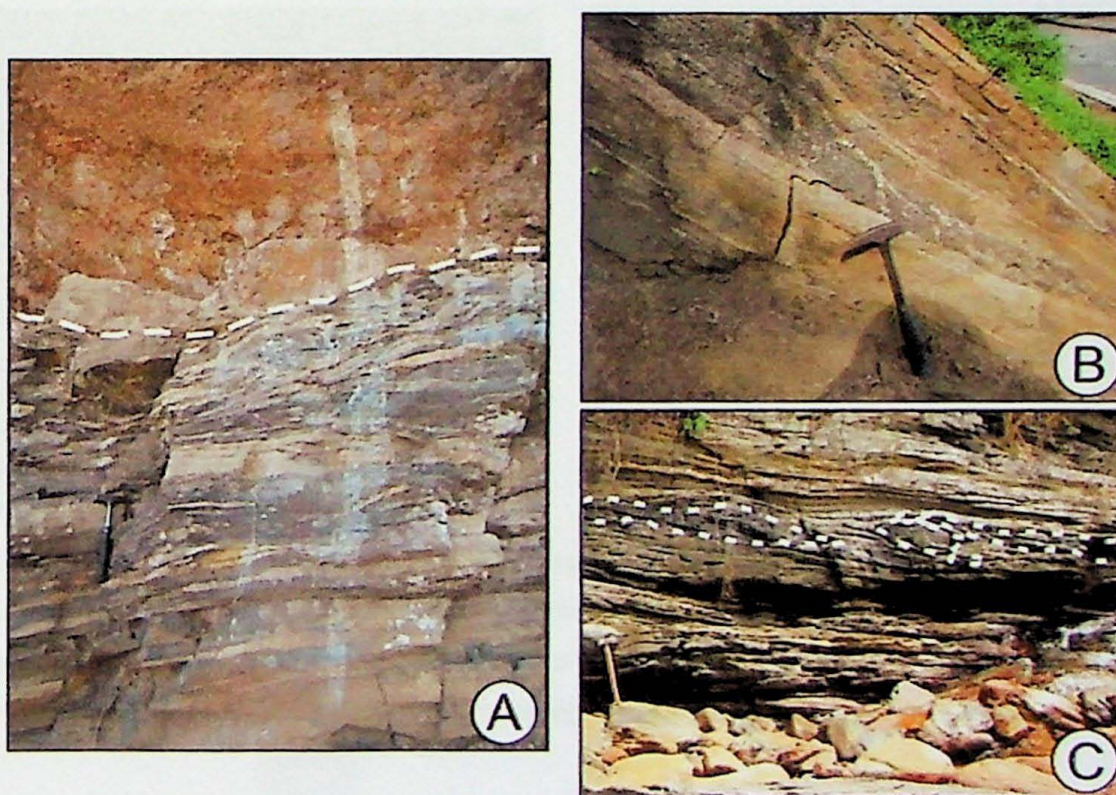
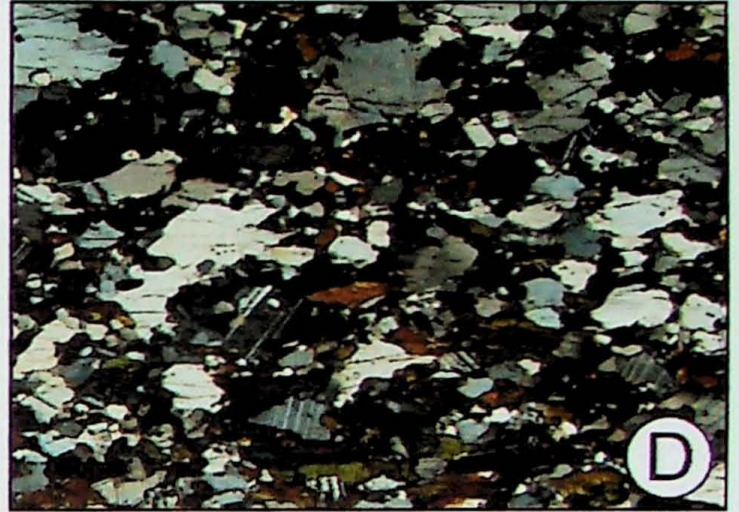
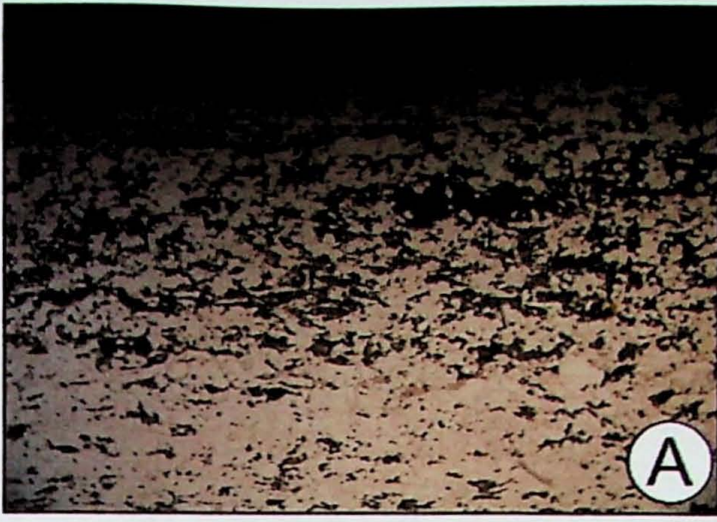


Figura 9: A: TC-58 – Contato abrupto entre gnaiss bandado rico em veios félsicos (base) e granito gnaiss grosso (topo). B: TC-09 - Banda granonematoblástica lenticularizada do gnaiss bandado, com veios félsicos subconcordantes a discordantes à foliação milonítica. C: TC-43 – gnaiss bandado rico em veios félsicos estirados com *boudin* rompido de rocha calciossilicática.



Fotomicrografia 5: A e B: Estrutura bandada do gnaiss representada pela amostra TC-09F, definida pela intercalação entre bandas nematogranoblásticas e bandas granonematoblásticas. Lado maior da fotomicrografia = 12 mm; C e D: Textura granonematoblástica com hornblenda subidiomórfica orientada. Lado maior da fotomicrografia = 3,5 mm; E e F: TC-9E: Porção mais grossa do gnaiss bandado de textura lepidonematogranoblástica. Lado maior: da fotomicrografia = 12 mm.

As rochas calciossilicáticas ocorrem na forma de *boudins*, formando dobras surreicas nos locais de estrangulamento da estrutura boudinada (Figuras 10 A e B). Frequentemente os *boudins* de rocha

calciossilicáticas são caracterizados por dobras intrafoliais apertadas isoclinais, com eixo das dobras subparalelo à lineação de estiramento das rochas hospedeira (gnaisse bandado) (Figura 10 C).

Este litotipo apresenta coloração escura, esverdeada, estrutura bandada, heterogênea, textura milonítica nematogranoblástica de granulação fina.

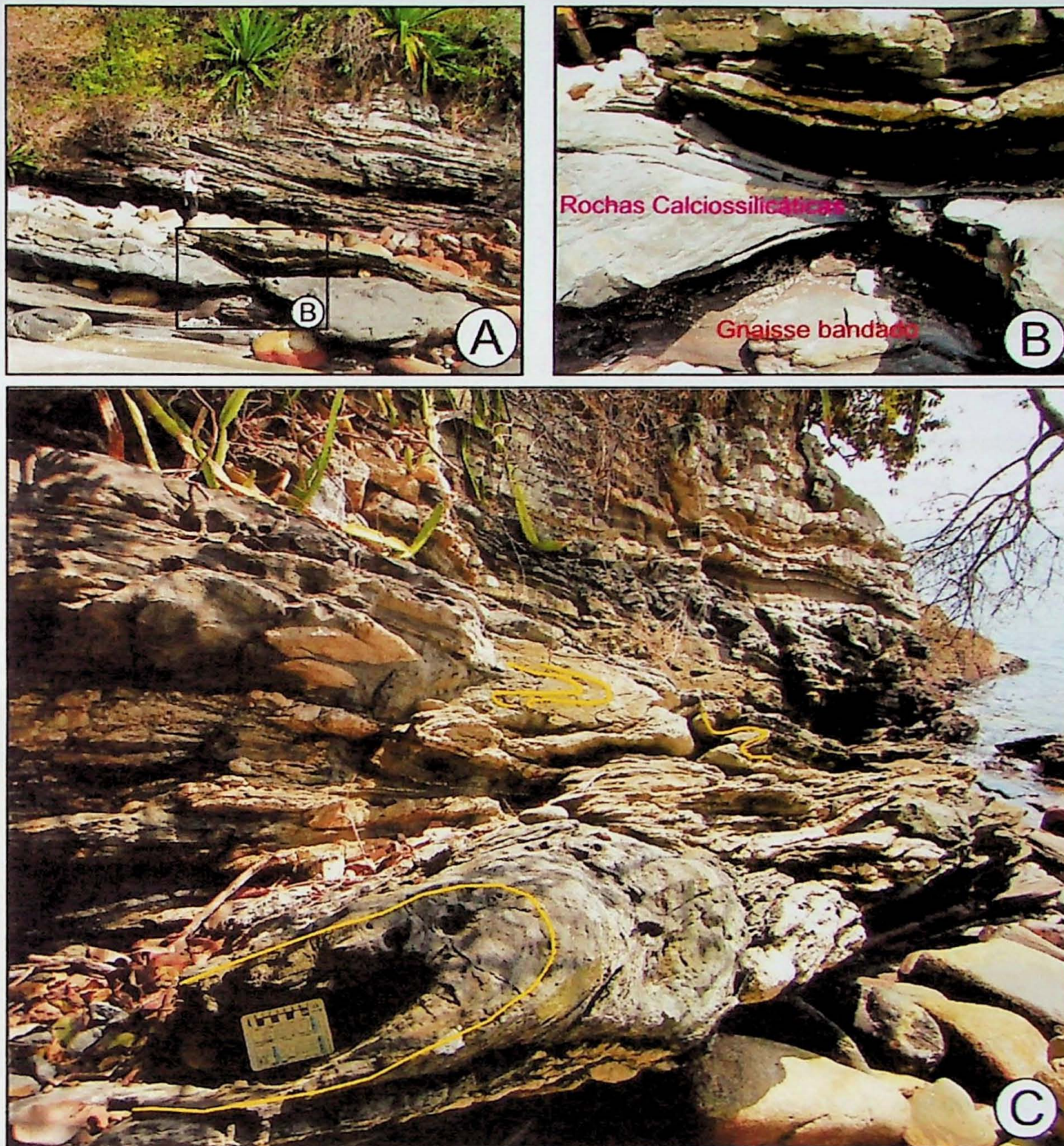


Figura 10: TC-43 - Rocha calciosilicática, litotipo com estrutura paralelizada ao Gnaisse Bandado, com veios leucocráticos. **A:** Boudins de aproximadamente um metro de espessura da rocha calciosilicática no Gnaisse Bandado. **B:** Zoom em dobras surreicas do boudin. **C:** Dobras intrafoliais apertadas tanto definidas pelo bandamento das rochas calciosilicáticas, quanto de veios quartzo feldspáticos no Gnaisse Bandado.

As rochas calciossilicáticas exibem ainda veios quartzo feldspáticos dobrados de 1 a 2 cm de espessura, com textura fanerítica inequigranular média a grossa, constituindo dobras pitgmáticas (Figura 11 A e B).

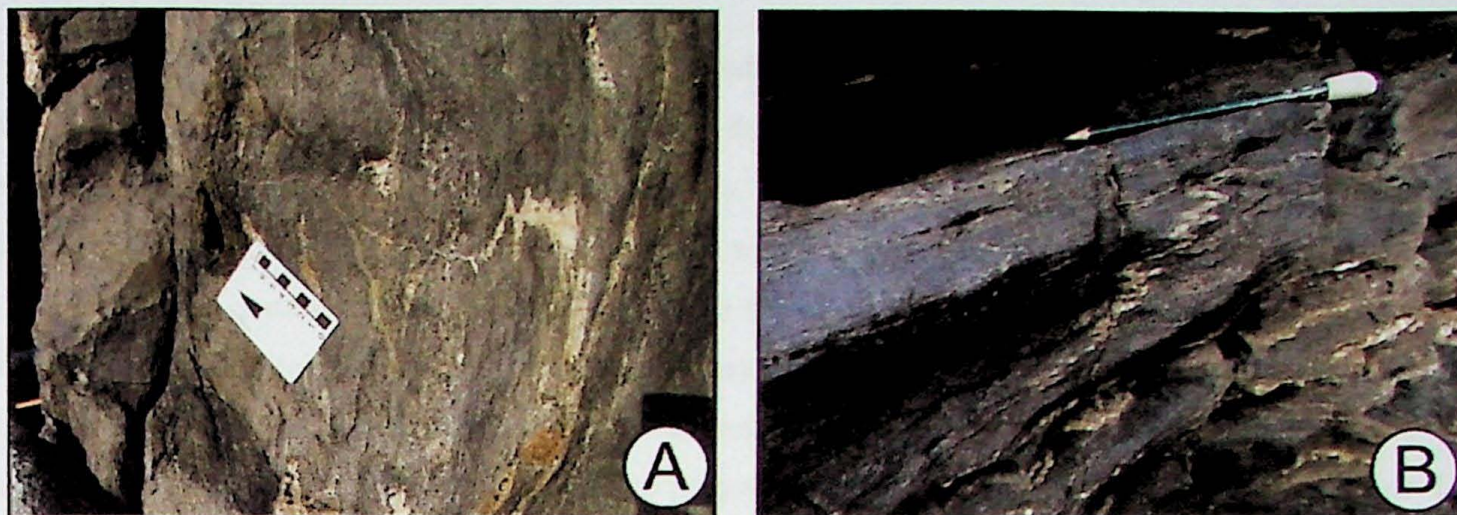
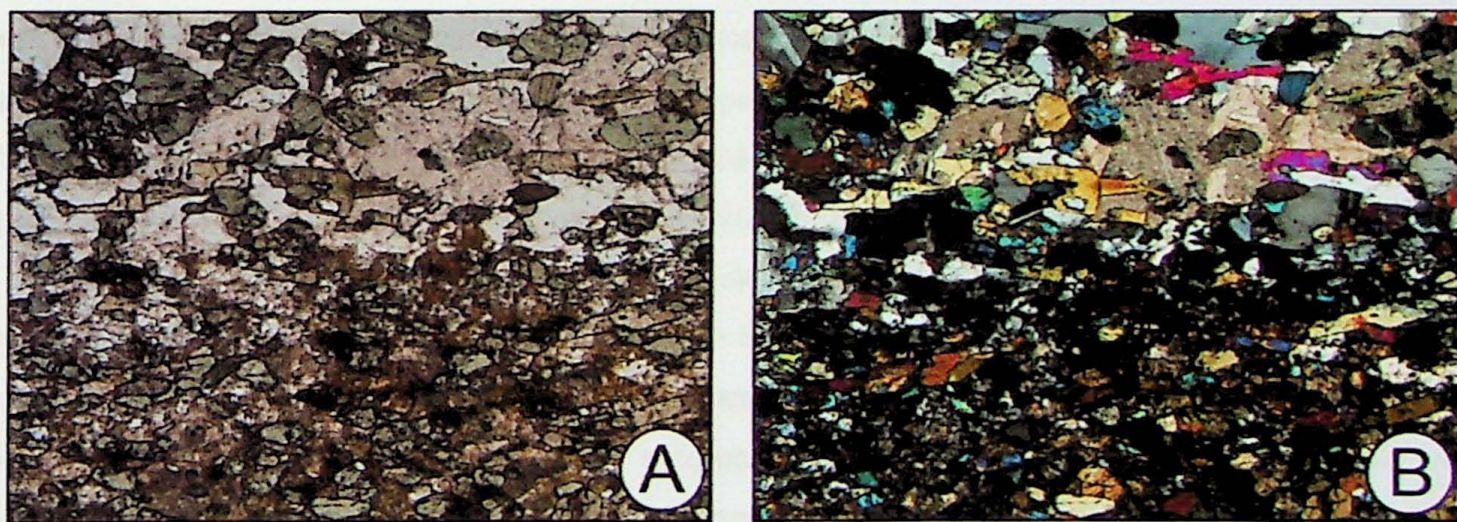


Figura 11: A: TC-43 e B: TC-12 - Dobras pitgmáticas definidas por veios félsicos descontínuos de aprox. 1 cm de espessura com textura fanerítica média a grossa, segundo definição de Mehnert (1968).

Microscopicamente, observa-se rocha bandada nematogranoblástica com porções granoblásticas definidas por andesina (30%), feldspato alcalino (25-10%) e quartzo (22-25%) e porções nematoblásticas compostas por hornblenda (20%), diopsídio (5%) epidoto (5%), calcita (5%), titanita (1%) e opacos (1%). Por vezes ocorrem bandas lepidoblásticas compostas por biotita subidiomórfica, associada à clorita. Hornblenda ocorre subidiomórfica, com bordas cominuídas intimamente relacionado à titanita, epidoto e opacos. (Fotomicrografias 6 A e B).



Fotomicrografia 6: Amostra TC-12G - Textura geral da rocha calciossilicática com banda granonematoblástica, composta por hornblenda, diopsídio, epidoto, calcita, titanita e opacos. Lado maior da fotomicrografia = 3,5 mm.

É importante ressaltar que o termo calciossilicático está sendo empregado devido ao grande volume de minerais com elevado teor de cálcio neste litotipo, como por exemplo, calcita, hornblenda, plagioclásio e diopsídio. Frequentemente as rochas calciossilicáticas são associadas a

metamargas, no entanto, rochas imaturas como *wackes* com cimentação carbonática poderiam também apresentar química similar a dessas rochas.

7.2. *Granito porfirítico foliado*

Esta unidade apresenta grande representatividade na Ilha de São Sebastião e ocorre em uma faixa NE-SW que se estende para leste na área de estudo, em contato inferido com a Unidade de Granito Gnaiss Grosso e com os *stocks* sieníticos. Aflora predominantemente em lajes expostas nas regiões de relevo acidentado, e também nos leitos e margens de rios, drenagens e cachoeiras.

Predomina uma rocha de cor cinza, estrutura foliada (principalmente associada a uma foliação de fluxo magmático) e textura porfirítica com matriz inequigranular grossa composta por quartzo (53%), feldspato (40%), biotita (7-10%), hornblenda (0-5%) e magnetita (0-3%). Os fenocristais são constituídos por feldspato alcalino (feldspato potássico - FK), idiomórficos a subidiomórficos de 1 a 8 cm de extensão, e perfazem de 30 a 70% do total da rocha. As porções mais ricas em fenocristais caracterizam uma fácies cumulática que ocorre na forma de intercalações, bolsões e/ou lentes em contato bem delimitado com porções porfiríticas matriz-suportadas. Por vezes ocorrem inclusões de biotita e/ou hornblenda nos megacristais de FK (Figura 12 A a D).

A foliação de fluxo magmático é marcada principalmente pelo alinhamento dos fenocristais de FK, e bandas submilimétricas rica em máficos (biotita). A foliação magmática observada neste litotipo acompanha a foliação milonítica observada na ilha em torno de N314/74. A foliação magmática grada localmente para uma foliação milonítica (deformação no estado sólido) em faixas estreitas onde há maior concentração de deformação de estado sólido, transformando a textura porfirítica em textura protomilonítica com ribons de quartzo milimétricos e porfiroclastos de feldspato alcalino sigmóides com sombra de pressão e caminhos de máficos (biotita), possivelmente provenientes dos enclaves máficos, fortemente estirados (Figura 13 A e B).

Há a ocorrência de, pelo menos, dois tipos de enclaves microgranulares máficos em meio ao granito porfirítico foliado. O primeiro tipo ocorre de forma alongada com espessuras centimétricas, de contato abrupto e estrutura foliada concordante com a foliação da rocha encaixante, textura inequigranular sacaroidal, com IC = 25% e composição diorítica (Figura 14 A). O segundo tipo possui a mesma composição do tipo anterior porém aparece como bolsões alongados de contato irregular difuso e estruturas interdigitadas com a rocha hospedeira. As estruturas interdigitadas são caracterizadas por dobras centimétricas apertadas e contatos lobados e em cúspide, o que sugere feições de interação entre o magma félsico granítico e magmas mais máficos (Figura 14 B).

Observa-se diques quartzo feldspáticos de contato reto, alongados, com sua estrutura interna foliada (mesma foliação da rocha encaixante), IC = 2 % e textura fanerítica fina, aplítica. E bolsões

difusos, de contato sinuoso e irregular apresentam estrutura maciça, textura fanerítica grossa a muito grossa composto por quartzo, feldspato e cristais de hornblenda de até 1 cm (Figura 14 C e D).

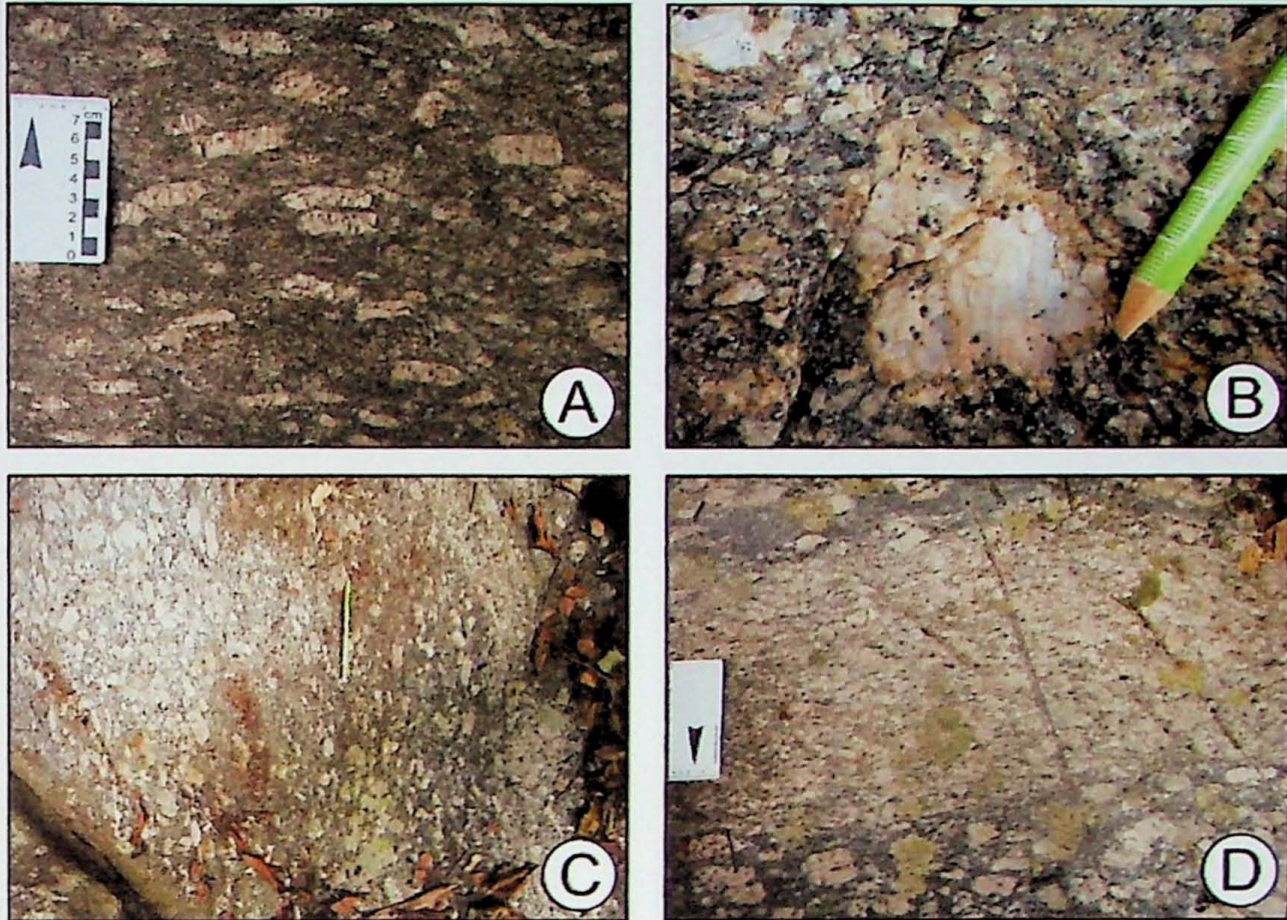


Figura 12: **A:** TC-25, textura porfirítica de sienogranito porfirítico com fenocristais de FK alinhados definindo a foliação de fluxo magmático. **B:** TC-19, fenocristal de feldspato alcalino subidiomórfico com inclusões milimétricas de biotita. **C e D:** TC-27, estrutura cumulática do Porfirítico Foliado definida por porções mais ricas em fenocristais de FK intercaladas com porções matriz suportada.

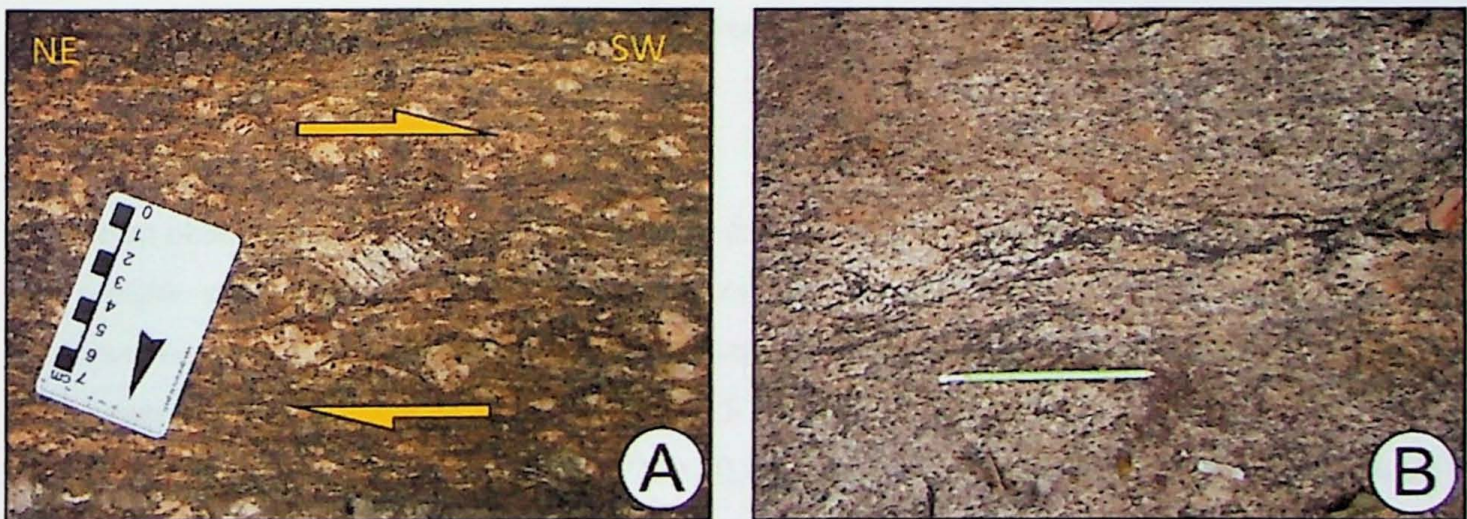


Figura 13: **A:** TC-26: Concentração da deformação de estado sólido no granito porfirítico, agora com textura protomilonítica, com porfiroclastos de feldspato alcalino em sigmóides com sombra de pressão indicando movimentação com topo para SW. **B:** TC-26: Concentrações lineares anastomosadas de biotita em meio à foliação de estado sólido.

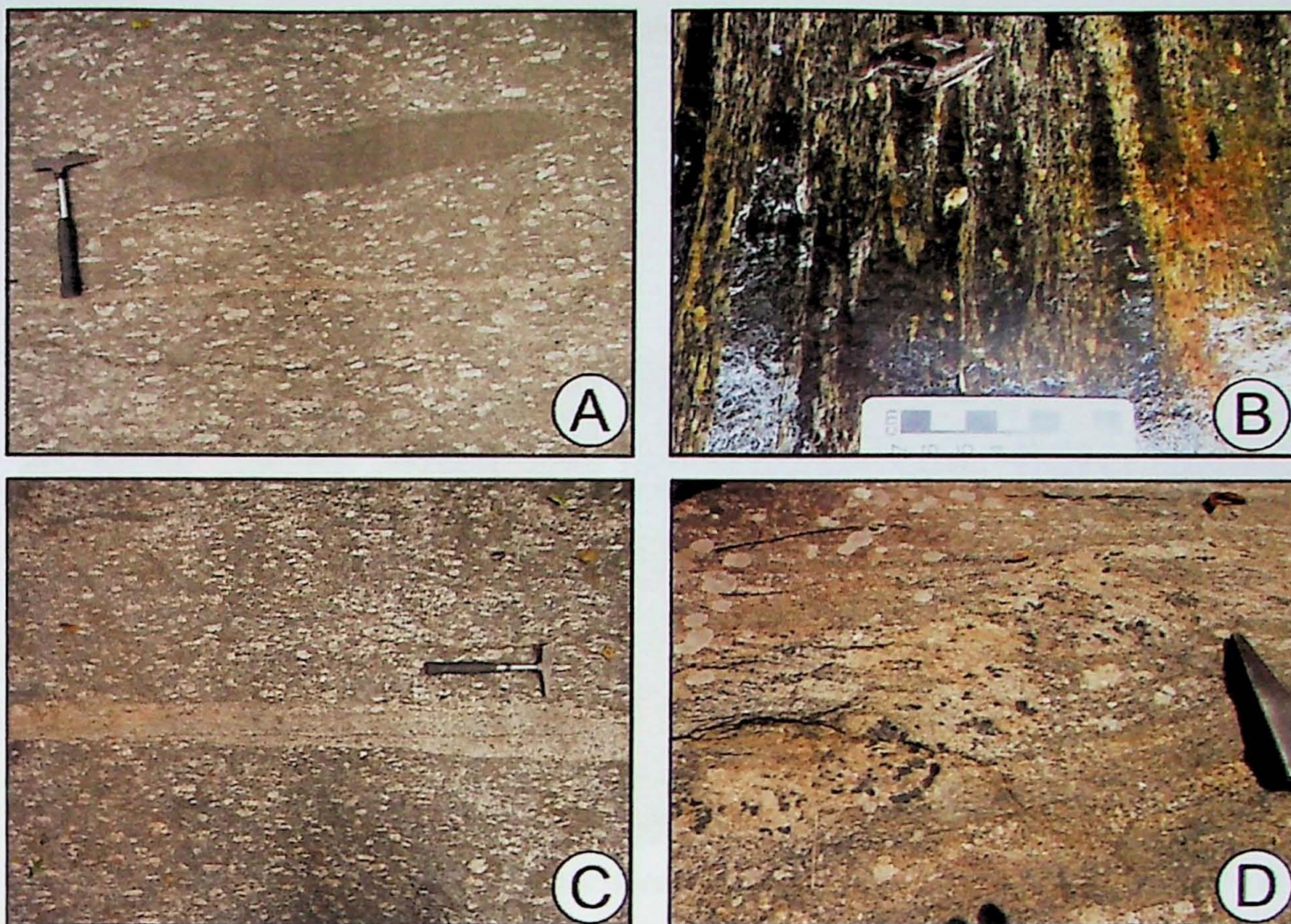


Figura 14: **A:** TC-25, enclave microgranular máfico foliado, alongado, centimétrico, de contato abrupto e dique aplítico de espessura. **B:** TC-27, enclave máfico foliado, alongado, com estruturas de “mingling”, com dobras centimétricas intrafoliais da matriz do granito porfirítico no enclave com contato difuso e irregular. **C:** TC-25, dique aplítico quartzofeldspático foliado e alongado de contato abrupto, com enclave microgranular máfico alongado no canto superior esquerdo da foto. **D:** TC-54, bolsões pegmatíticos com contatos difusos, de estrutura maciça e textura fanerítica grossa a muito grossa, com cristais de hornblenda de até 1 cm.

7.3. Álcali-sienito

Foram observadas rochas sieníticas ao longo da costa sob a forma de blocos e matacões rolados, que sempre predominavam em relação a blocos de gabros, lamprófiros e basaltos, compondo depósitos recentes de tálus. Foi encontrado *in situ* na cachoeira do Veloso (TC-46), afloramento correspondente ao *stock* São Sebastião (Figuras 15 A e B).

No mapa geológico apresentado (ANEXO II), estão desenhados tanto o *stock* São Sebastião (a sul), quanto o *stock* Serraria (a norte), delimitados segundo o mapa geológico da Ilha de São Sebastião de Hennies e Hasui, 1977.

Quando fresca apresenta cor esverdeada e quando alterada coloração rosada/esbranquiçada. Trata-se de rocha leucocrática (IC em torno de 5%), estrutura maciça, textura fanerítica

inequigranular seriada média a grossa, onde se destaca feldspato alcalino tabular de até 1,5cm de extensão.

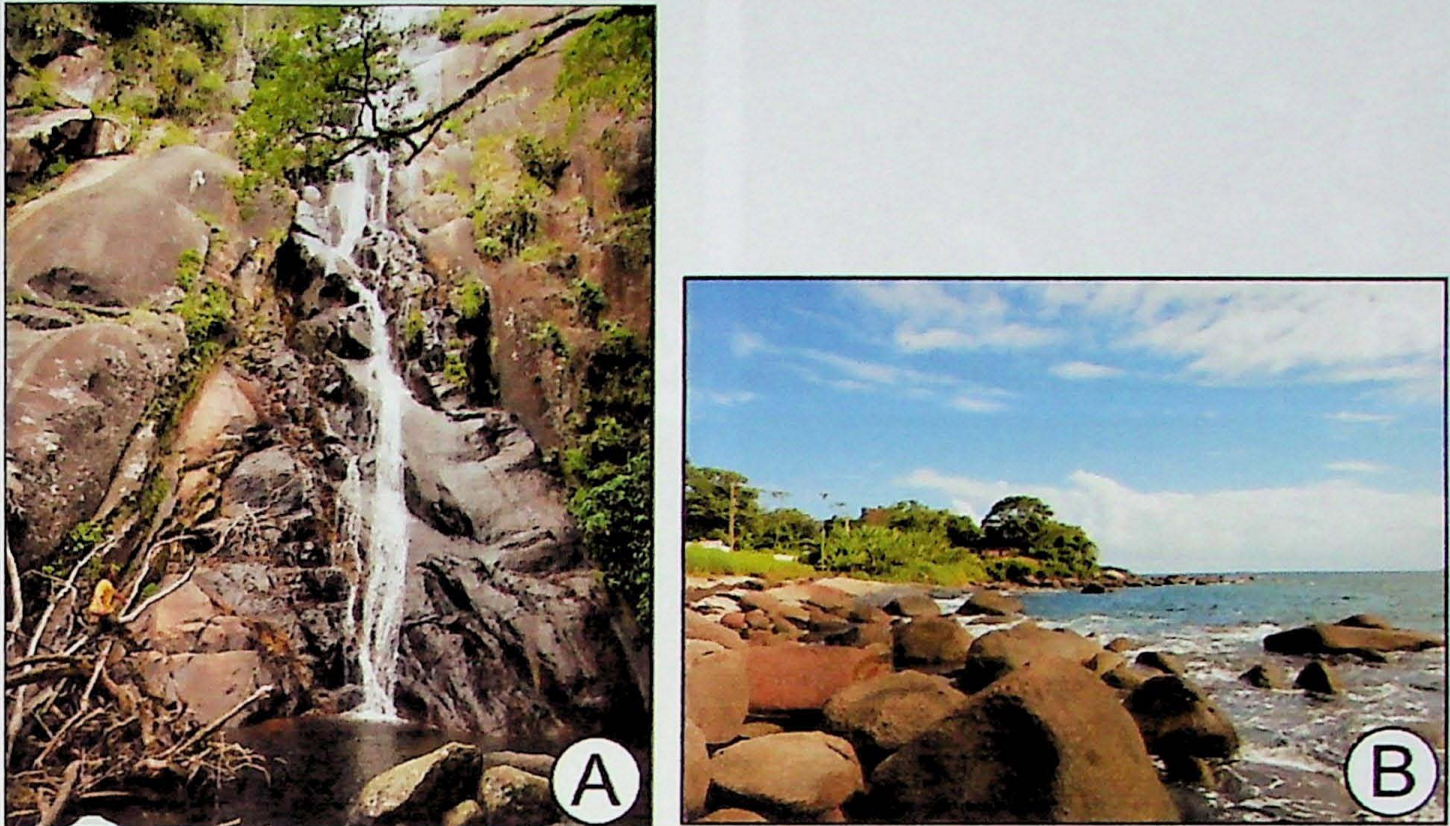
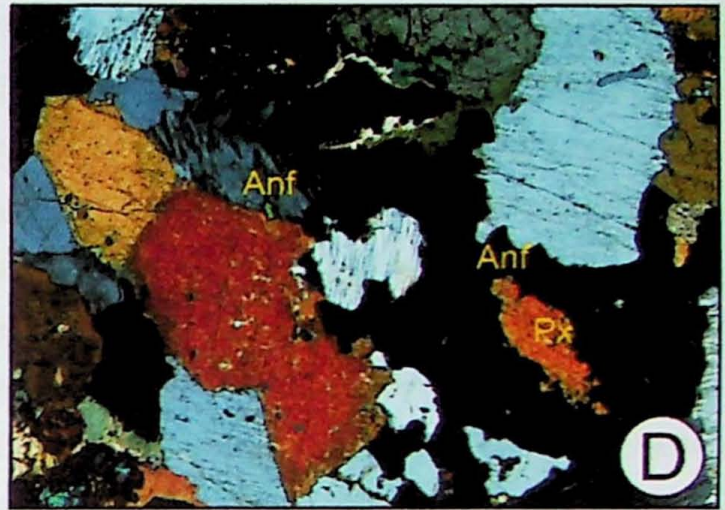
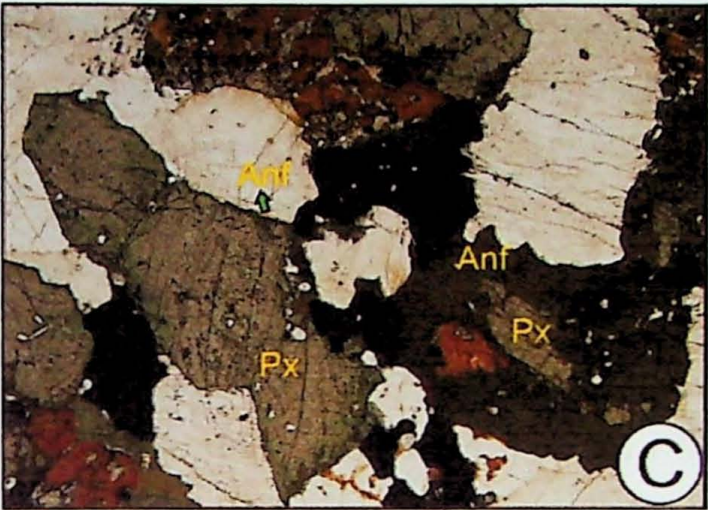


Figura 15: Vista geral dos afloramentos das rochas sieníticas. **A:** TC-46 – Exposição de aproximadamente 30 m de altura do álcali-sienito (porção correspondente ao *stock* São Sebastião). **B:** TC-16 - Blocos e matacões rolados entre a Praia do Veloso e a Praia do Selo.

Ao microscópio a textura é dominada por cristais idiomórficos a subidiomórficos de feldspato alcalino mesopertítico a pertítico (90 – 97%), com lamelas de albita de espessuras variáveis, quartzo subordinado (3-5%), xenomórfico intersticial, com leve extinção ondulante. Máficos ocorrem como agregados de cristais ou como cristais maiores subidiomórficos isolados e incluem piroxênio (diopsídio/henderbegita), anfibólio cálcico com pleocroísmo de tons verde acastanhados a incolor, substituindo piroxênio em suas bordas (Fotomicrografia 7), e biotita subidiomórfica intersticial, com pleocroísmo em tons de castanho. Ocorrem ainda minerais acessórios como opacos (magnetita e ilmenita), zircão e apatita.

Este litotipo foi classificado, segundo o diagrama QAP da I.U.G.S. como álcali sienito (Figura 16).



Fotomicrografia 7: **A:** TC-15 – Álcali-sienito de estrutura maciça, textura fanerítica inequigranular seriada grossa, composto principalmente por feldspato alcalino com geminação de carlsbard e exsolução de albita, constituindo pertitas e mesopertitas. Observar aglomerados de minerais máficos dispersos pela lâmina. Lado maior da fotomicrografia = 12 mm. **B:** TC-15 – Detalhe dos aglomerados máficos mencionados. Notar piroxênio sendo substituído por anfibólio e contato irregular entre todos os minerais. Lado maior da fotomicrografia = 3,5 mm.

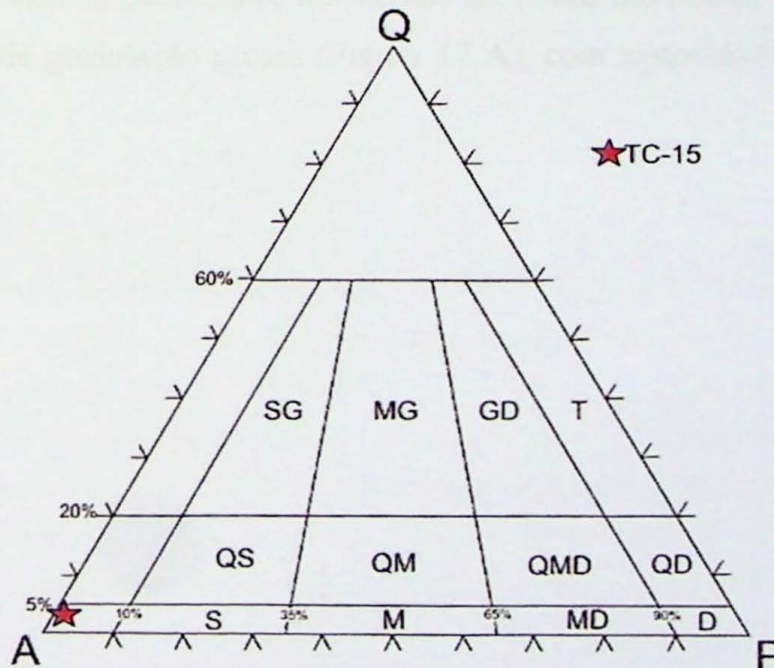


Figura 16: Diagrama QAP da I.U.G.S. (Streckesen, 1976) para os dados modais do álcali-sienito do *Stock* São Sebastião (amostra TC-15).

7.4. *Gnaisses migmatíticos milonitizados*

Esta unidade ocorre na costa da região central de São Sebastião e foi observada nas praias de Pitangueiras e Barequeçaba constituindo extensos e complexos afloramentos, ao longo da costa. A complexidade dos afloramentos imprime um aspecto heterogêneo para esta unidade, com a existência de relações diversas entre os litotipos constituintes.

A rocha predominante possui coloração acinzentada, IC ~ 5-10%, estrutura foliada e textura milonítica inequigranular média a grossa, composta por quartzo (30%), feldspato (60%), biotita (~5-10%) e localmente granada (3-5%) (Figura 17 A). Frequentes alinhamentos/bolsões de biotita (*schlieren*) também foram observados (Figura 17 B). Trata-se de um (granada)-biotita gnaisse migmatítico milonitizado, com neossoma caracterizado pelas porções de granulação mais grossa e composição granítica, normalmente representado por neossoma segregado (Figura 17C) e, localmente, por rochas mesocráticas que aparentemente representam neossoma não segregado (Figura 17D). A textura milonítica é caracterizada por veios félsicos estirados e porfiroclastos quartzo feldspáticos de até 10 cm de tamanho (Figura 17 E e F).

Ocorrem também intercaladas rochas gnáissicas de granulação fina, cinza (biotita gnaisse fino) e rochas máficas boudinadas descontínuas a lenticulares, de coloração escura, em meio aos (granada)-biotita gnaisses migmatíticos (Figura 18 A e B). Este litotipo possui IC ~ 35%, estrutura foliada e textura nematogranoblástica, composta por quartzo + feldspato (65%), biotita + anfibólio (30%), granada (3%) e magnetita (2%), com veios félsicos milimétricos a centimétricos dobrados.

Na Praia de Pitangueiras ocorre banda de aproximadamente 1 m de espessura de granada-silimanita-biotita xisto quartzoso de granulação grossa, com porfiroblastos de silimanita de até 2,5 cm. A banda de rocha xistosa encontra-se no entrada de dobra intrafolial, envolvida pelo granada-biotita granito foliado de granulação grossa (Figura 17 A), com xistosidade paralela ao plano axial dessa dobra.



Figura 17: **A:** TC-62 – Granada-biotita granito foliado com granada arredondada de até 1 cm de diâmetro. **B:** TC-60 - Gnaisses migmatíticos milonitizados, félsicos de granulação média. Notar a ocorrência de bolsões félsicos arredondados de aproximadamente 10 cm no topo da foto e trilhas/alinhamentos (*schlieren*) de biotita na parte inferior esquerda. **C:** - TC-60: gnaiss migmatítico milonitizado com neossoma de granulação mais grossa segregado. **D:** TC-60 – gnaiss migmatítico milonitizado com porções mesocráticas, que aparentemente representam neossoma não segregado **E** e **F:** TC-61 Profiroclastos centimétricos de até 7 cm de extensão de material quartzo feldspático e enclaves máficos estirados.

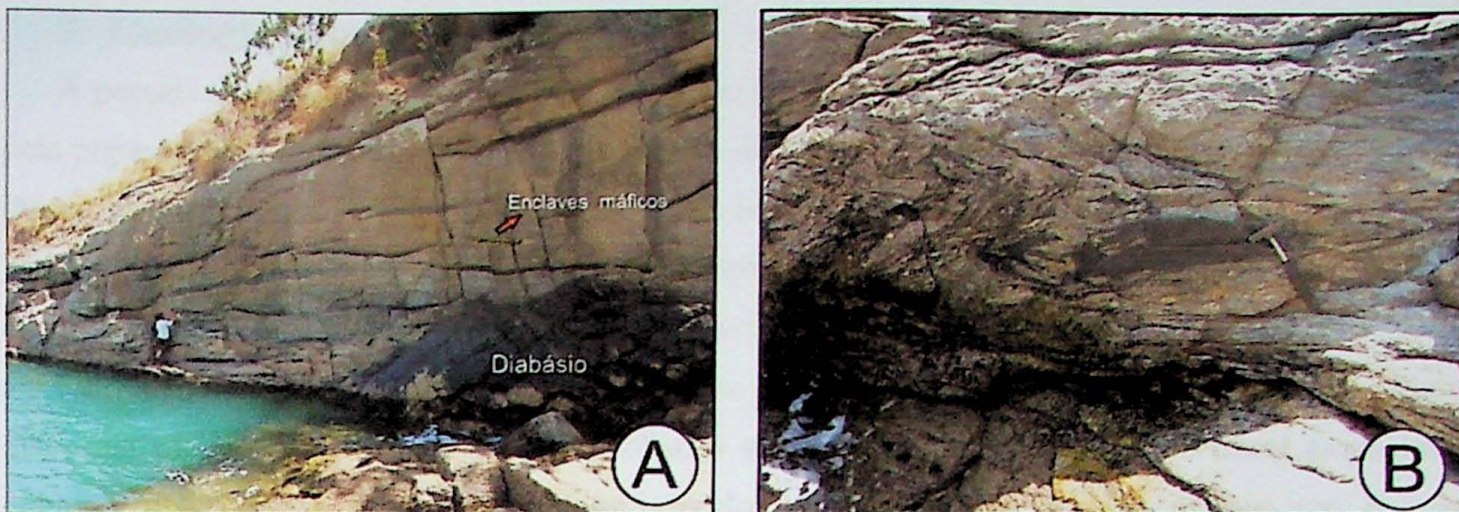


Figura 18: **A:** - TC-61: Paredão de gnaiss migmatítico milonitizado, rico em enclaves lenticulares/estirados máficos de espessuras centimétricas. **B:** TC-60 – Enclave máfico *boudinado* com dobras fechadas centimétricas na extremidade do *boudin* definidas pelo bandamento do gnaiss migmatítico milonitizado.

8. Mapa Geológico

O reconhecimento dos litotipos e estruturas, associado a confecção de seções geológicas de detalhe foi fundamental para a confecção do mapa geológico da porção oeste da Ilhabela e do mapa de detalhe (ANEXO II).

Dentre os litotipos mapeados destaca-se o Granito gnaiss grosso, que aflora ao longo de quase toda a costa oeste da Ilha de São Sebastião, na direção NE-SW, com aproximadamente 1 km de espessura, apresentando lentes de granito gnaiss grosso; o Granito Porfírico Foliado, com grande representatividade na ilha, também em faixa NE-SW com extensão para leste da área de estudo e; Álcali sienito, aflorante a norte (*stock* Serraria) e a sul (*stock* São Sebastião) da área estudada.

Para o mapa de detalhe destaca-se lente (ou intercalação) de gnaiss bandado em meio ao granito gnaiss grosso.

O contato entre as unidades geológicas mapeadas são quase sempre inferidos devido a falta de afloramentos nas porções próximas aos contatos e a densa Mata Atlântica, em grande parte preservada na Ilhabela.

Para a delimitação dos corpos sieníticos foi utilizado o mapa geológico da Ilha de São Sebastião de Hennies e Hasui, 1977. E ainda, a fim de se visualizar a geologia da região continental, foi compilado o mapa geológico da região de São Sebastião de Maffra, 2000.

9. Geologia Estrutural

A porção central da Província Mantiqueira, no contexto geotectônico da Faixa Ribeira, é notável pela presença de extensas zonas de cisalhamento de direção NE-SW, subparalelas à costa brasileira. Dentro deste contexto, a Ilha de São Sebastião e suas áreas continentais adjacentes são constituídas por rochas ígneas e metamórficas, cuja a estrutura principal caracteriza-se por uma foliação milonítica (S_n) de direção NE-SW e caimento em torno de 30° para NW.

No mapa geológico da área (Anexo II) é possível observar a estruturação das rochas e as lentes dispostas na direção NE-SW, seguindo foliação milonítica regional. O contato entre as unidades geológicas mapeadas são quase sempre inferidos devido a falta de afloramentos nas porções próximas aos contatos e a densa Mata Atlântica, em grande parte preservada na Ilhabela.

As unidades estudadas apresentam diversas estruturas, muitas delas associadas a um processo de milonitização intenso que afetou grande parte das rochas na área de estudo. A principal estrutura (foliação S_n) é uma foliação milonítica de transposição, definida principalmente por leitos submilimétricos micáceos, *ribbons* de quartzo e leitos quartzo feldspáticos estirados (Fotomicrofotografias 1A a D). Na Unidade Granito Porfírico Foliado a estruturação principal é dada por uma foliação magmática de fluxo, paralela à foliação milonítica principal (Figura 12A). Zonas de concentração de deformação nesta unidade aparecem em faixas estreitas, com o desenvolvimento de uma foliação protomilonítica, caracterizada pela presença de *ribbons* de quartzo e porfiroclastos de feldspato com sombras de pressão preenchidas por quartzo e feldspato de granulação mais fina (Figura 13A).

Tanto na ilha (Unidade Granito Gnaiss Grosso) quanto no continente foram observadas dobras intrafoliais isoclinais apertadas, definidas principalmente por veios e bandas leucocráticas, caracterizadas pelo espessamento das zonas de charneira e flancos rompidos (Figura 19). Dobras intrafoliais definidas pelo bandamento dos gnaisses bandados e das rochas calciossilicáticas também foram observadas (Figura 10C). O eixo das dobras intrafoliais é frequentemente paralelo a subparalelo à lineação de estiramento associada à foliação milonítica (S_n) (Estereogramas 1 e 2). As bandas de rochas calciossilicáticas ocorrem como *boudins* estirados com dobras surreicas bem desenvolvidas, definidas pelo bandamento das rochas encaixantes gnáissicas (Figura 10B e Seção Geológica D-D' – ANEXO II).

A orientação geral da foliação principal (S_n) é $292/32$ nos afloramentos visitados no continente e $308/40$ nos afloramentos da ilha (Estereogramas 3 e 4). A direção geral NE-SW da foliação principal (S_n) segue a orientação regional das estruturas, porém é possível observar uma dispersão sutil dos pólos dos planos de foliação em toda a área estudada. A dispersão polar de S_n pode estar vinculada a um dobramento aberto e suave, cônico com eixo de caimento aproximado $N310/40^\circ$. A variação dos

ângulos de mergulho da foliação Sn apresenta disposição em leque (de ~15° até subvertical), bem evidenciado na estruturação das rochas da Ilhabela (Estereograma 2). As foliações com maior ângulo de mergulho correspondem à Unidade Granito Porfíritico Foliado e as lineações de estiramento coletadas nessa unidade apresentam-se subverticais (Estereograma 2).

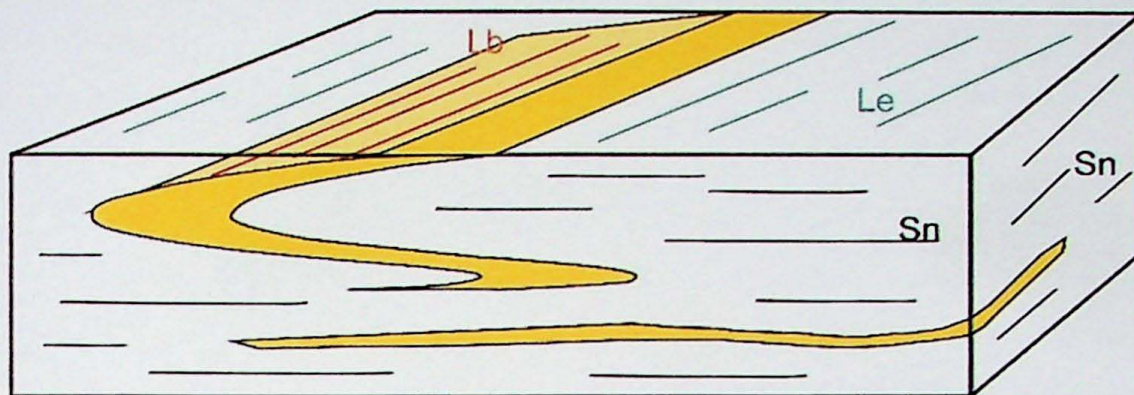
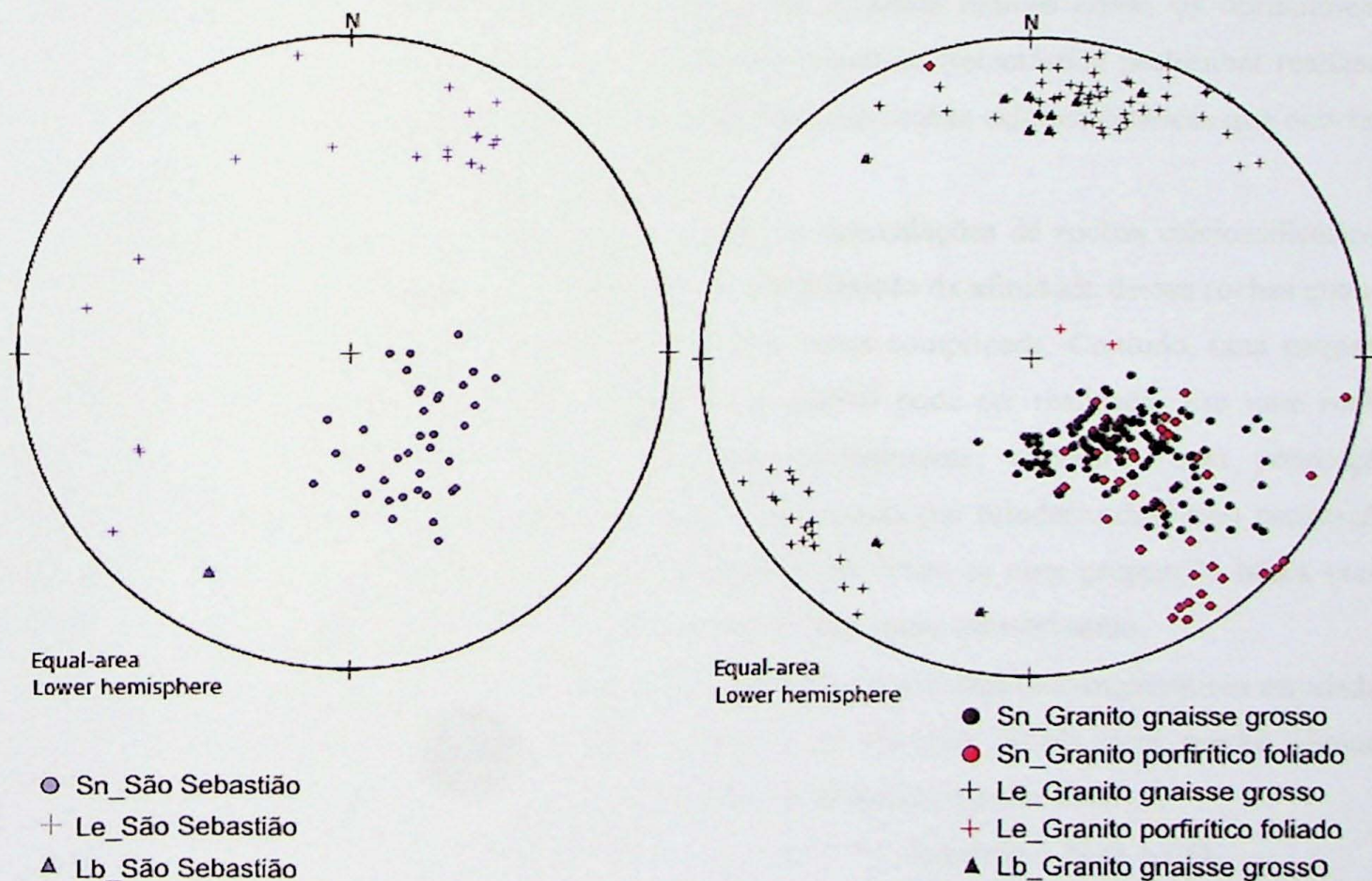


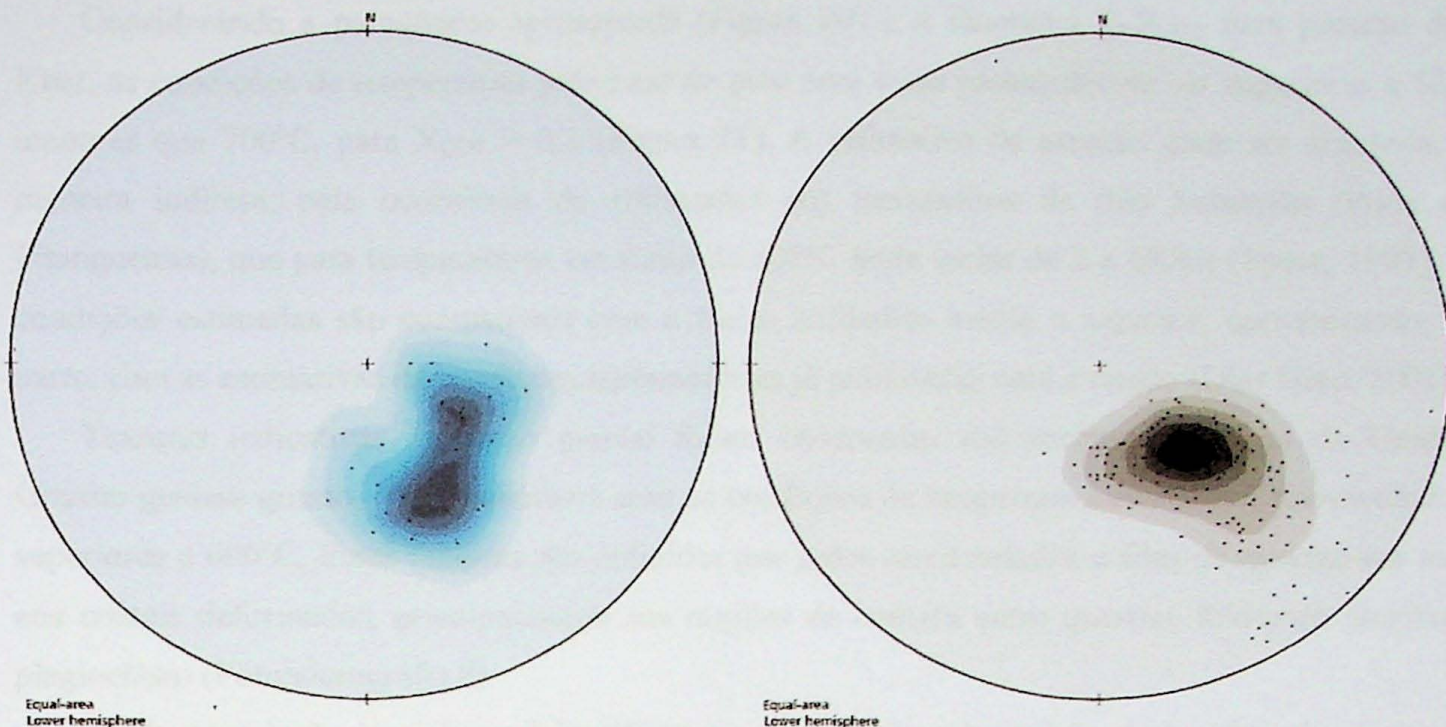
Figura 19: Bloco diagrama esquemático representando os veios leucocráticos dobrados intrafolialmente à foliação Sn, com espessamento de charneira e rompimento dos flancos, com eixo (Lb) paralelo à lineação de estiramento (Le), de orientação média N20E/20°.

A lineação de estiramento (Le), vinculada à foliação principal (Sn), está orientada NNE-SSW, com caimento de baixo ângulo para ambos os sentidos (Estereogramas 1 e 2). Os indicadores cinemáticos observados, associados à lineação de estiramento, sugerem movimentação de topo para SW, tanto em São Sebastião, quanto na Ilhabela (Figuras 8A e 13A; Fotomicrografia 3).



Estereograma 1: Dados estruturais coletados em São Sebastião (Ponta do Araçá, Praia de Pitangueiras e Praia do Baraqueçaba).

Estereograma 2: Dados estruturais obtidos na Ilhabela, diferenciando dados das Unidades Granito Gnaisse.



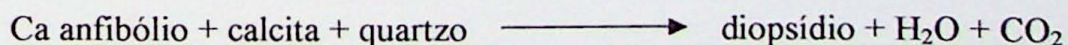
Estereograma 3: Diagrama de dispersão para foliação S_n de São Sebastião juntamente com projeção polar da foliação S_n. **Estereograma 4:** Diagrama de dispersão para foliação S_n de Ilhabela juntamente com projeção polar da foliação S_n.

10. Metamorfismo

A determinação das condições de metamorfismo em rochas ortognaissicas mostra-se frequentemente de difícil acesso devido a ausência de minerais índices como os normalmente observados em rochas metassedimentares. Dessa forma, a análise metamórfica preliminar realizada nesse trabalho será baseada essencialmente na mineralogia das rochas calciossilicáticas que ocorrem intercaladas na Unidade Granito Gnaiss Grosso.

As rochas predominantes da unidade que contêm as intercalações de rochas calciossilicáticas, compreendem gnaisses de granulação média a grossa e a definição da afinidade dessas rochas quanto sua derivação ígnea ou sedimentar apresenta-se muitas vezes complicada. Contudo, uma pequena discussão a respeito da proporção entre feldspatos e quartzo pode ser realizada. Em uma rocha sedimentar (ou paraderivada) arcoseana espera-se, normalmente, encontrar uma proporção quartzo/feldspatos relativamente alta, enquanto em rochas ígneas (ou ortoderivadas) essa proporção tende a ser próxima de 1. Para os gnaisses em questão, observou-se uma proporção baixa entre quartzo e feldspatos, o que nos levou a considerar essas rochas como ortoderivadas.

A paragênese que representa o metamorfismo progressivo nas rochas calciossilicáticas estudadas é definida por diopsídio, calcita e quartzo, a qual pode ter sido gerada pela reação abaixo, envolvendo o consumo do anfibólio cálcico e a blastese de diopsídio (Spear, 1993).



Considerando a paragênese apresentada (Figura 20) e o diagrama T- X_{CO_2} para pressão de 5 Kbar, as condições de temperatura próximas do pico para essas rochas devem ser superiores a 560 e menores que 700°C, para $X_{CO_2} > 0,1$ (Figura 21). A estimativa de pressão pode ser acessada, de maneira indireta, pela ocorrência de sillimanita nos metapelitos de São Sebastião (Praia das Pitangueiras), que para temperaturas em torno de 600°C pode variar de 2 a 6Kbar (Spear, 1993). As condições estimadas são compatíveis com a fácies anfibolito médio a superior, corroborando, em parte, com as estimativas de condições metamórficas já publicadas para a região (Dias Neto, 2001).

Texturas indicativas de fusão parcial foram observadas nas rochas gnáissicas da Unidade Granito gnaisse grosso, o que corrobora com as condições de temperatura estimadas, provavelmente superiores a 600°C. Essas texturas são definidas por grãos arredondados e fitas de quartzo em meio aos cristais deformados, principalmente nas regiões de contato entre quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio (Fotomicrografia 8).

Ainda em relação às rochas calciossilicáticas, texturas de substituição de hornblenda por biotita sugerem reações retrometamórficas em condições da fácies xisto verde.

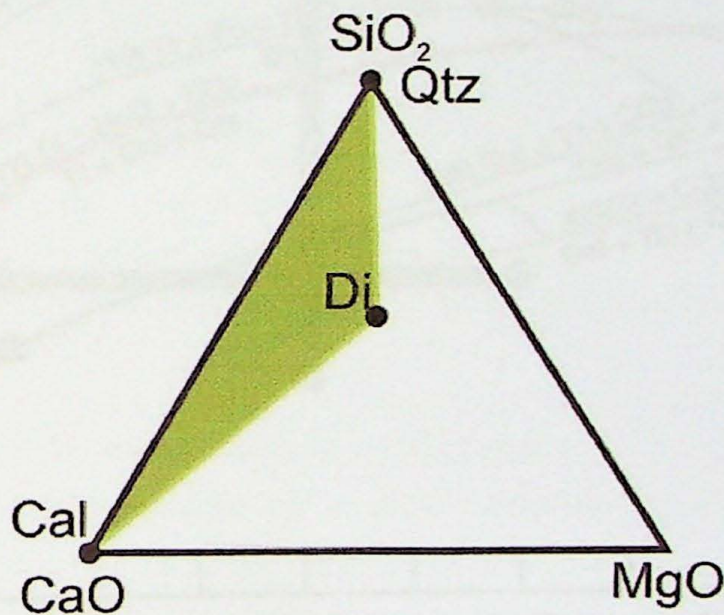


Figura 20: Triângulo composicional para o sistema SiO_2 - CaO - MgO - H_2O - CO_2 , mostrando a paragênese composta por diopsídio + quartzo + calcita, observado na Fotomicrografia 6, lâmina TC-12G. Posições dos minerais plotados segundo Spear (1993).

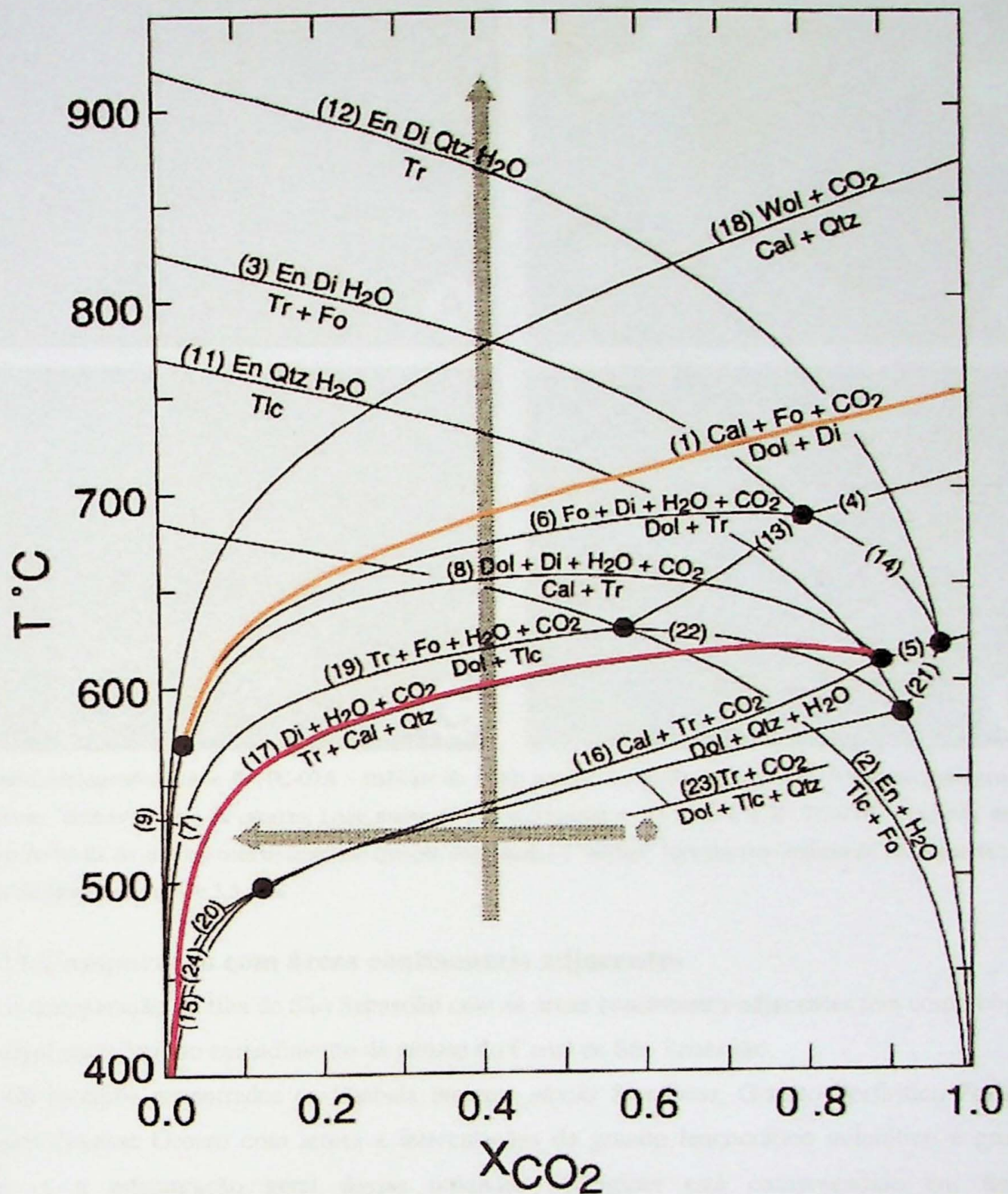
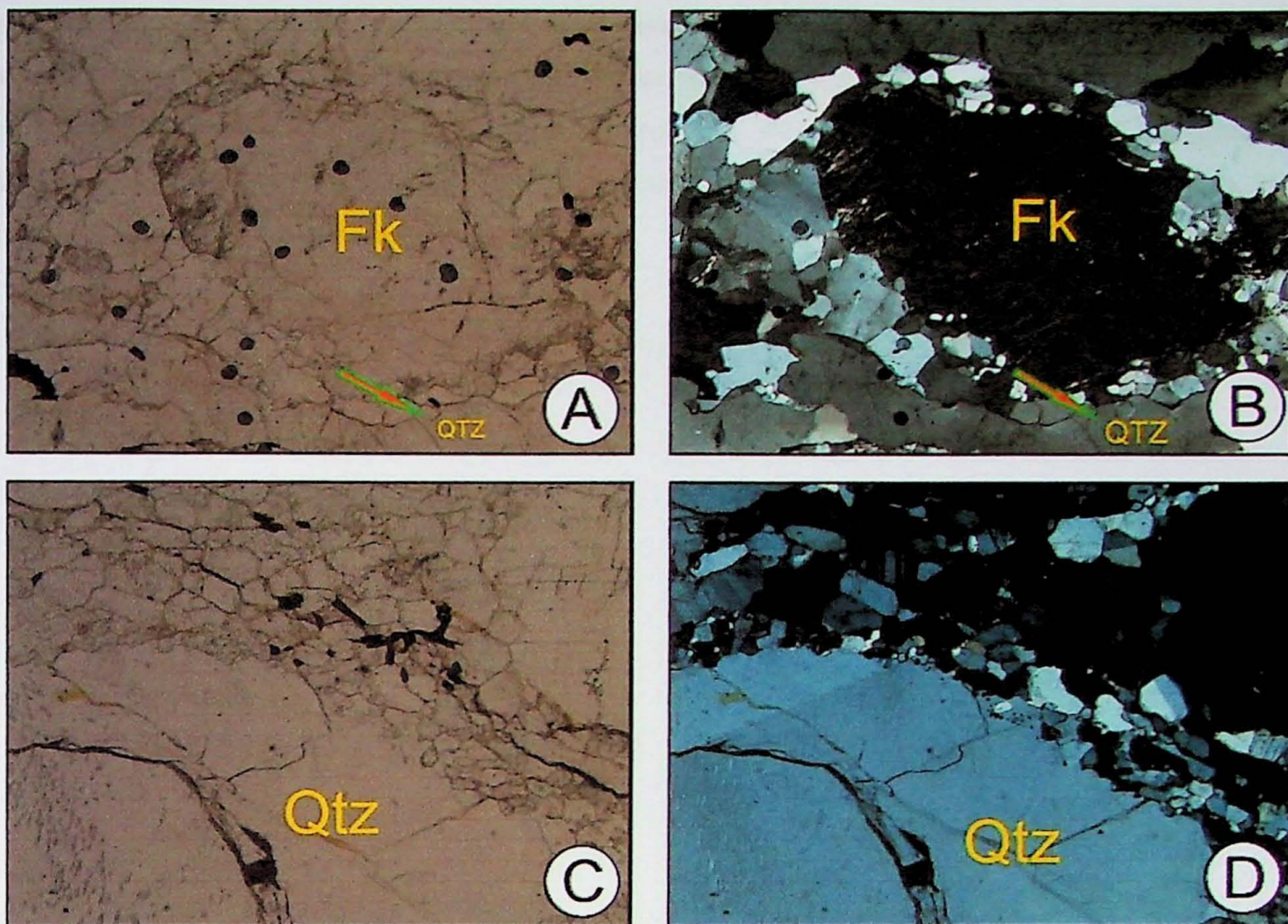


Figura 21: Diagrama T- X_{CO_2} para o sistema SiO_2 - CaO - MgO - H_2O - CO_2 com destaque vermelho para traço da reação 17: Anfibólio Ca + calcita + quartzo \longrightarrow diopsídio + H_2O + CO_2 que expressa a reação interpretada como responsável pela geração do diopsídio e destaque laranja para a reação dolomita + diopsídio \longrightarrow calcita + forsterita + CO_2 , delimitando condições de temperatura inferiores a 700°C para estabilidade do diopsídio para $X_{CO_2} > 0,1$. Modificado de Spear (1993).



Fotomicrofotografia 8 A e B: TC-07A - Indícios de fusão parcial na borda dos grãos de feldspato potássico, onde aparecem “bolhas” e fitas de quartzo. Lado maior da fotomicrografia = 3,5 mm. **C e D:** TC-01A – Indícios de fusão parcial na borda do quartzo com cominuição (porção deformada) e “bolhas” (porção com indicio de fusão parcial). Lado maior da fotomicrografia = 3,5 mm.

11. Comparação com áreas continentais adjacentes

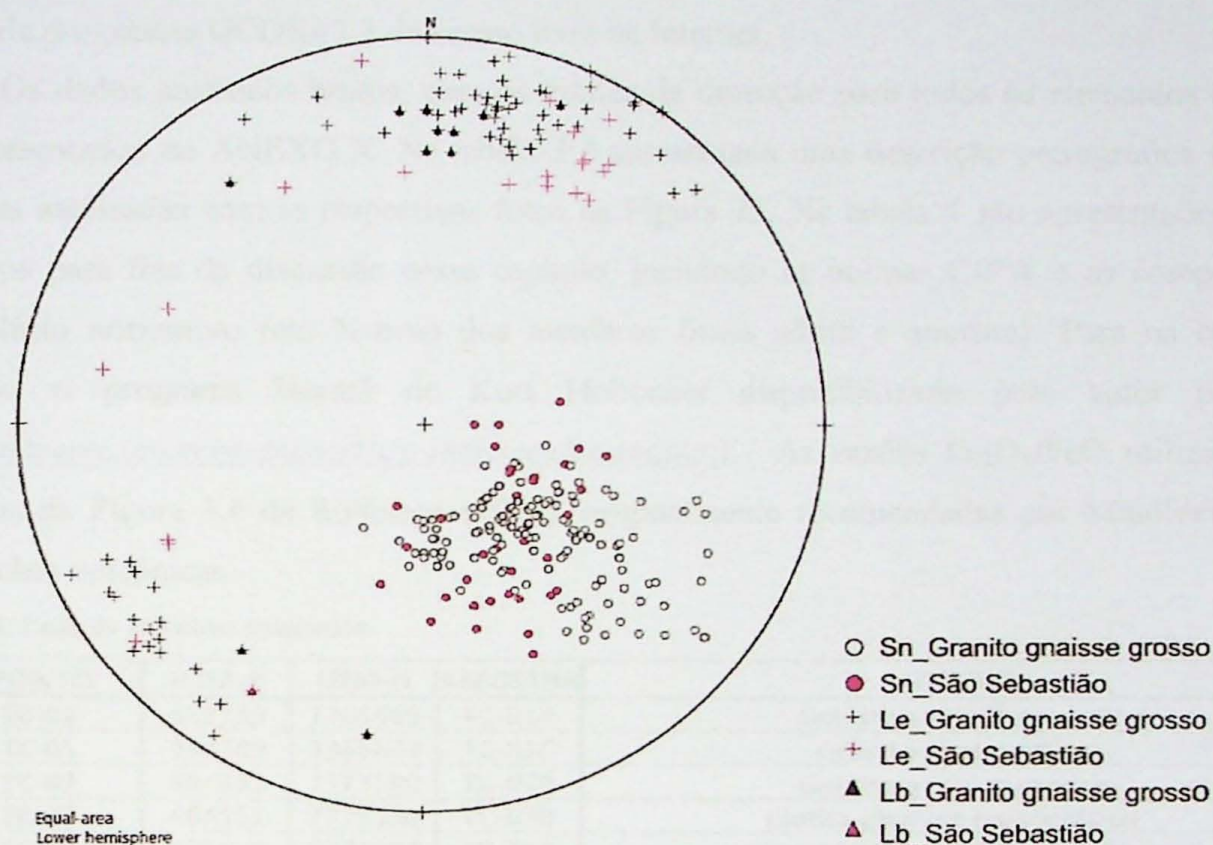
A comparação da Ilha de São Sebastião com as áreas continentais adjacentes tem como objetivo principal contribuir ao entendimento da gênese do Canal de São Sebastião.

Os litotipos encontrados na Ilhabela incluem *stocks* Sieníticos, Granito Porfírico Foliado e Granito Gnaiss Grosso com lentes e intercalações de granito leucocrático milonítico e gnaisses finos, e a estruturação geral dessas unidades litológicas está compreendida em feições, predominantemente miloníticas, de direção NE-SW (Item 7).

O litotipo aflorante na costa oeste de Ilhabela (Granito Gnaiss Grosso) também foi encontrado na Ponta do Araçá (São Sebastião). O Estereograma 5 apresenta as estruturas desta unidade discernindo os dados coletados na Ilhabela dos dados coletados nas porções continentais. Nota-se que a orientação geral da foliação principal (Sn) possui mergulho N292/32° nos afloramentos do continente e N308/40° nos afloramentos da ilha. A lineação de estiramento (Le), vinculada à foliação

principal (Sn), está orientada NNE-SSW, com caimento de baixo ângulo para ambos os sentidos, assim como a lineação de eixo (Lb), frequentemente paralelizada a Le.

Destaca-se ainda que os indicadores cinemáticos observados, associados à lineação de estiramento, tanto em São Sebastião quanto na Ilhabela, sugerem movimentação de topo para SW (Figuras 8A e 13A; Fotomicrografia 3).



Estercograma 5: Dados estruturais do granito gnaisse grosso de Ilhabela em preto e granito gnaisse grosso de São Sebastião em rosa.

12. Geoquímica

12.1. Introdução

Estudos litogeoquímicos multielementares (elementos maiores e traço) por fluorescência de raios X foram efetuados num total de nove amostras das rochas precambrianas, sendo sete da porção oeste de Ilhabela e duas da Ponta do Araçá, São Sebastião. Cinco amostras são de granito gnaisses grossos (GGG); uma de granito gnaisse fino (GGF), uma de granito leucocrático milonítico (GLM); uma de veio pegmatítico milonítico (VPLM) e uma de biotita gnaisse mesocrático (BGM). Esta última, pelos estudos de campo e petrográficos apresenta-se geneticamente problemática (Figuras 6A a D). Sua mineralogia é predominada por plagioclásio, biotita e quartzo (Fotomicrografias 2 A e B) e foi analisada para verificar sua relação com os demais litotipos estudados.

O intuito dos estudos litogeoquímicos foi de uma caracterização inicial complementar de alguns dos principais litotipos mapeados e, ainda, uma tentativa de entender melhor as suas relações

petrogenéticas. No caso do veio pegmatítico milonítico e do granito leucocrático milonítico, tentou-se ainda verificar, se seriam derivados por fusão parcial das rochas encaixantes ou de origens magmáticas ou tectono-metamórficas distintas.

Para todas as rochas analisadas foram elaborados gráficos de classificação geoquímica, cálculos normativos, diagramas de Harker e variogramas binários de elementos traço utilizando o pacote de programas GCDKit2.3 de acesso livre na Internet.

Os dados analíticos brutos, com os limites de detecção para todos os elementos analisados, são apresentados no ANEXO X. Na tabela 3 é apresentada uma descrição petrográfica sucinta das amostras analisadas com as respectivas fotos na Figura 21. Na tabela 4 são apresentados os dados analíticos para fins da discussão nesse capítulo, incluindo as normas CIPW e as composições do plagioclásio normativo (em %-peso dos membros finais albita e anortita). Para os cálculos foi utilizado o programa Norm3 de Kurt Hollocher disponibilizado pelo autor na Internet (http://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/norms.htm). As razões Fe_2O_3/FeO utilizadas foram extraídas da Figura 3.6 de Rollinson (1993), originalmente recomendadas por Middlemost (1989) para rochas vulcânicas.

Tabela 3: Lista de amostras analisadas.

PONTO	UTM-E	UTM-N	AMOSTRA	LITOTIPO
TC-01	458789	7365689	TC-01A	Granito gnaissé grosso
TC-01	458789	7365689	TC-01C	Granito gnaissé fino
TC-07	464351	7373180	TC-07A	Granito gnaissé grosso
TC-07	464351	7373180	TC-07B	Biotita gnaissé mesocrático
TC-10	464420	7371607	TC-10A	Granito leucocrático milonítico
TC-12	455860	7360258	TC-12B	Granito gnaissé grosso
TC-12	455860	7360258	TC-12E	Veios pegmatíticos miloníticos
TC-13	455802	7360158	TC-13A	Granito gnaissé grosso
TC-16	454927	7359528	TC-16A	Granito gnaissé grosso

Granito gnaissé grosso	Aflora por quase toda a costa oeste da Ilha de São Sebastião, na direção NE-SW, com aprox. 1 km de espessura e na Ponta do Araçá - São Sebastião. Apresenta cor cinza clara, estrutura foliada, milonítica a protomilonítica. Ocorre com texturas lepidogranoblástica e nematolepidogranoblástica média a grossa, definida por ribbons de quartzo, cristais de feldspato estirados, bandas milimétricas ricas em minerais máficos e bandas milimétricas quartzo-feldspáticas granoblásticas. Frequentemente cortada por veios pegmatíticos miloníticos.
Granito gnaissé fino	Variação do granito gnaissé grosso de granulação fina ao longo dos afloramentos. Apresenta cor cinza clara, milonítica a protomilonítica, lepidogranoblástica definida por ribbons de quartzo, cristais de feldspato estirados e bandas milimétricas quartzo feldspáticas granoblásticas.
Biotita gnaissé mesocrático	Ocorre como intercalações centimétricas a métricas com contato abrupto, levemente sinuoso e por vezes difuso, aparentemente gradacional com o granito gnaissé grosso. Apresenta cor cinza escura, estrutura foliada, textura lepidogranoblástica fina a média, composto essencialmente por plagioclásio, biotita e quartzo.
Granito leucocrático milonítico	Ocorre sob a forma de lente no granito gnaissé grosso, intrudindo gnaissé bandado. Apresenta cor branca a levemente rosada, estrutura foliada, textura protomilonítica média a grossa, com ribbons milimétricos de quartzo que envolvem os cristais de feldspato rotacionados.
Veios pegmatíticos miloníticos	Trata-se de intrusões pegmatíticas centimétricas a métricas no granito gnaissé grosso, concordantes à foliação milonítica, essencialmente quartzo feldspáticas, de textura milonítica, de contato sinuoso, por vezes difuso, afunilado e/ou lenticularizado.

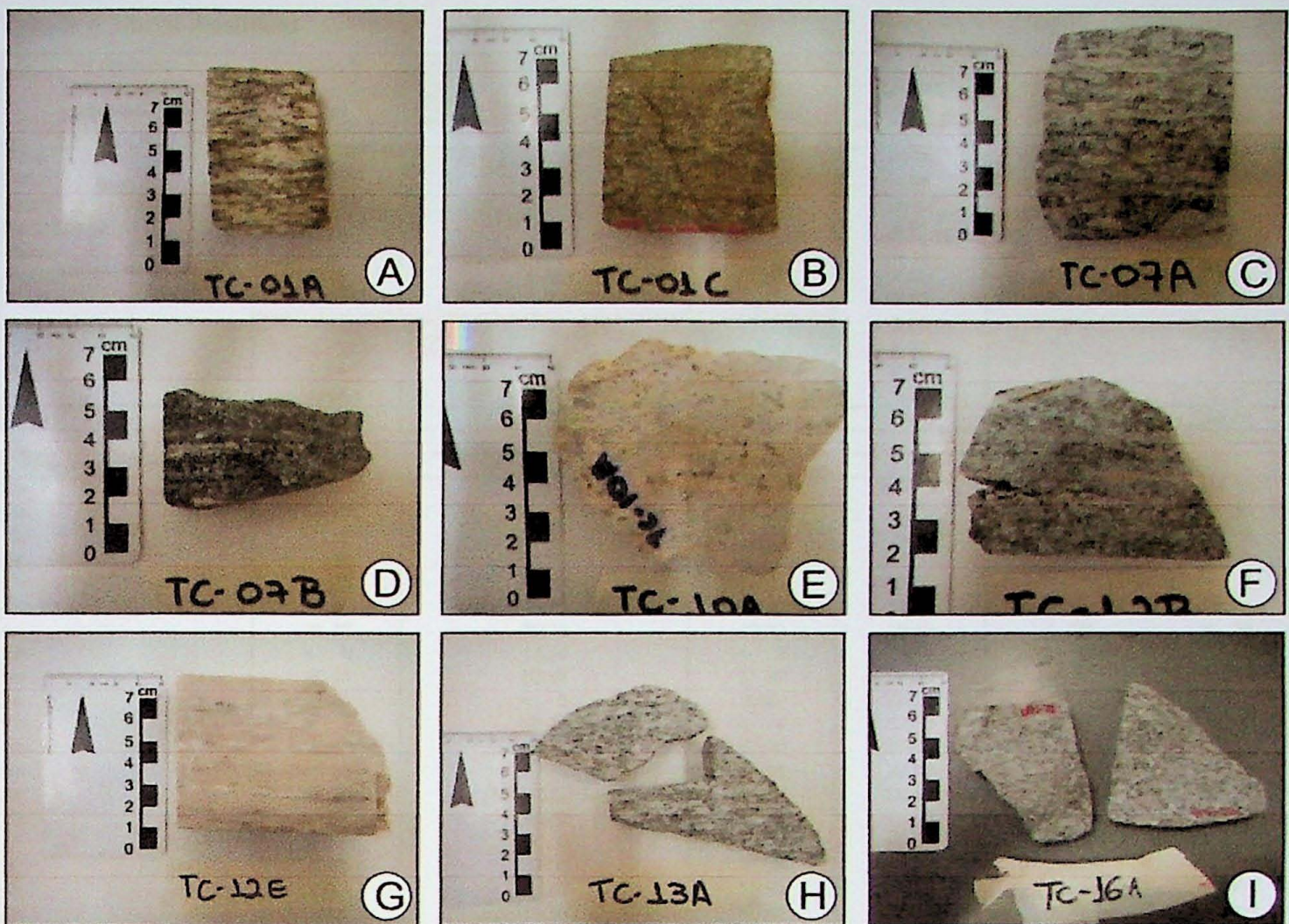


Figura 2A: Amostras selecionadas para análise química. **A:** TC-01A – granito gnaiss grosso. **B:** TC-01C – granito gnaiss fino. **C:** TC-07A – granito gnaiss grosso. **D:** TC-07B – biotita gnaiss mesocrático. **E:** TC-10A – Granito leucocrático milonítico. **F:** TC-12B – granito gnaiss grosso. **G:** TC-12E – Veio pegmatítico milonítico. **H:** TC-13A – granito gnaiss grosso. **I:** TC-16A – granito gnaiss grosso.

Tabela 4: Dados Analíticos

Nº Amostra Nº Laboratório Litotipo (sigla)	TC-01A	TC-01C	TC-07A	TC-07B	TC-10A	
	12/1012	12/1013	12/1014	12/1015	12/1016a	12/1016b
	GGG	GGF	GGG	BGM	GLM	
Óxidos, %-peso						
SiO ₂	74,78	66,02	70,76	49,91	73,86	74,25
TiO ₂	0,18	0,69	0,41	1,04	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	13,72	15,46	14,89	20,67	13,75	13,81
Fe ₂ O ₃ total	1,67	4,76	3,02	9,35	0,12	0,11
MnO	0,02	0,05	0,04	0,13	0,00	0,00
MgO	0,28	1,10	0,68	4,55	< 0,01	< 0,01
CaO	2,80	2,65	3,99	3,22	0,38	0,38
Na ₂ O	3,46	4,44	3,15	2,84	2,19	2,06
K ₂ O	2,30	2,85	1,86	6,29	8,66	8,70
P ₂ O ₅	0,04	0,28	0,10	0,13	0,01	0,01
Loi	0,42	1,42	0,36	0,97	0,30	0,32
Total	99,67	99,72	99,25	99,10	99,29	99,66

Elementos Traço, ppm							
Ba	2040,10	1420,70	1189,10	2291,30	494,50	495,90	
Ce	58,90	129,30	83,40	73,70	< 35	< 35	
Co	< 6	7,80	< 6	24,30	< 6	< 6	
Cr	< 13	< 13	< 13	205,30	38,70	33,10	
Cu	< 5	43,50	< 5	32,30	< 5	< 5	
Ga	10,40	14,50	12,40	16,60	9,00	9,70	
La	33,70	80,70	40,50	19,10	< 28	< 28	
Nb	< 9	14,60	< 9	15,80	< 9	< 9	
Nd	26,40	60,90	27,80	32,20	< 14	< 14	
Ni	< 5	< 5	4,50	107,80	< 5	< 5	
Pb	< 4	10,20	< 4	13,80	29,10	28,10	
Rb	45,50	100,50	57,90	254,30	194,90	194,20	
Sc	< 14	< 14	< 14	22,80	< 14	< 14	
Sr	300,70	298,80	308,50	328,90	142,30	141,40	
Th	< 7	15,70	< 7	< 7	< 7	< 7	
U	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
V	14,60	66,50	27,20	116,90	< 9	< 9	
Y	7,40	27,60	13,50	11,80	7,50	7,30	
Zn	29,60	75,20	48,80	134,60	3,70	3,40	
Zr	131,90	370,00	231,30	144,90	34,30	34,60	
Cl	< 50	311,10	< 50	210,70	< 50	< 50	
F	< 500	684,50	< 500	2119,10	< 500	< 500	
S	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	

Norma CIPW																
Minerais	% - peso		% - vol.		% - peso		% - vol.		% - peso		% - vol.		% - peso		% - vol.	
	Fe ³⁺ / Fe total															
Quartz	0,50	0,50	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,40	0,35	0,35	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Plagioclase	39,17	39,79	21,68	22,71	22,19	23,23	35,28	36,48	34,99	37,70	27,11	26,87	28,10	27,78	19,41	19,31
Orthoclase	43,43	43,88	49,35	51,66	49,35	51,63	46,27	47,36	37,41	42,22	20,51	20,47	19,41	19,31	51,41	52,62
Nepheline	13,59	14,29	16,90	18,33	16,90	18,32	10,99	11,77	2,85	3,22	51,18	52,52	51,41	52,62		
Corundum	0,36	0,24	0,81	0,56	0,80	0,55	0,55	0,38	3,40	2,47	0,05	0,03	0,28	0,18		
Diopside																
Hypersthene	1,12	0,88	4,84	3,85	3,65	3,01	3,08	2,42			0,03	0,02	0,03	0,03		
Olivine									12,54	10,20						
Ilmenite	0,34	0,19	1,33	0,78	1,33	0,78	0,78	0,45	1,99	1,21	0,04	0,02	0,04	0,02		
Magnetite	1,22	0,63	2,77	1,48	3,47	1,85	1,75	0,92	4,77	2,65	0,09	0,04	0,09	0,04		
Hematite																
Apatite	0,09	0,08	0,67	0,58	0,67	0,58	0,23	0,20	0,30	0,27	0,02	0,02	0,02	0,02		
Zircon	0,03	0,02	0,07	0,05	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02						
Chromite									0,04	0,03	0,01	0,01				
Total	99,35	100,00	98,42	100,00	98,43	100,00	98,97	100,01	98,32	99,99	99,04	100,00	99,38	100,00		

Plagioclásio normativo (%-peso)							
Albita	67,41	76,30	76,30	57,45	54,83	90,34	89,79
Anortita	32,59	23,70	23,70	42,55	45,17	9,66	10,21

Na ₂ O / K ₂ O	1,50	1,56	1,69	0,45	0,25	0,24
--------------------------------------	------	------	------	------	------	------

Legenda (litotipo - sigla):	
GGG	Granito gnaissé grosso
GGF	Granito gnaissé fino
BGM	Biotita gnaissé mesocrático
GLM	Granito leucocrático milonítico
VPM	Veio pegmatítico milonítico

Tabela 4: Dados Analíticos

Nº Amostra Nº Laboratório	TC-12B 12/1017 GGG	TC-12E 12/1018 VPM	TC-13A 12/1019 GGG	TC-16A 12/1020 GGG
Óxidos, %-peso				
SiO ₂	67,12	72,89	61,37	62,82
TiO ₂	0,56	0,04	0,81	0,79
Al ₂ O ₃	15,50	14,16	17,52	17,39
Fe ₂ O ₃ total	3,79	0,23	5,33	4,81
MnO	0,06	0,00	0,08	0,06
MgO	1,59	0,04	2,16	1,79
CaO	3,30	0,35	5,25	4,65
Na ₂ O	3,95	1,60	4,30	4,45
K ₂ O	2,45	9,84	2,02	1,98
P ₂ O ₅	0,16	0,08	0,25	0,27
Loi	0,82	0,32	0,54	0,48
Total	99,30	99,56	99,62	99,49

Elementos Traço, ppm				
Ba	363,20	2044,50	595,70	541,00
Ce	< 35	< 35	45,00	58,20
Co	8,10	< 6	11,50	10,50
Cr	< 13	< 13	13,40	< 13
Cu	< 5	5,20	5,90	< 5
Ga	15,50	< 9	16,50	16,80
La	< 28	< 28	< 28	< 28
Nb	< 9	< 9	9,30	< 9
Nd	< 14	< 14	27,50	20,80
Ni	9,00	< 5	10,30	10,60
Pb	< 4	12,60	< 4	< 4
Rb	80,70	176,10	60,90	89,40
Sc	< 14	< 14	< 14	< 14
Sr	405,40	395,60	648,70	738,60
Th	< 7	< 7	< 7	< 7
U	< 3	< 3	< 3	< 3
V	62,00	10,20	96,30	85,70
Y	4,90	2,00	15,60	8,80
Zn	69,20	7,20	88,20	82,70
Zr	100,00	17,60	127,00	159,10
Cl	83,90	< 50	84,60	76,60
F	599,90	< 500	629,70	549,40
S	< 550	< 550	< 550	< 550

Norma CIPW												
Minerais	%-peso	%-vol.	%-peso	%-vol.	%-peso	%-vol.	%-peso	%-vol.	%-peso	%-vol.	%-peso	%-vol.
Fe ³⁺ / Fe total	0,40	0,40	0,50	0,50	0,35	0,35	0,40	0,40	0,35	0,35	0,40	0,40
Quartz	24,95	26,06	25,10	24,80	13,82	14,56	14,15	14,91	16,20	16,97	16,46	17,24
Plagioclase	49,09	51,03	15,30	15,20	59,14	61,80	59,10	61,74	59,44	61,82	59,43	61,79
Orthoclase	15,54	15,72	58,15	59,47	12,00	13,08	12,00	13,08	11,76	12,75	11,76	12,75
Nepheline												
Corundum	0,65	0,45	0,23	0,15								
Diopside					1,85	1,55	1,80	1,52			0,01	0,01
Hypersthene	5,66	4,61	0,12	0,09	7,52	6,12	6,89	5,66	7,07	5,71	6,46	5,28
Olivine												
Ilmenite	1,06	0,62	0,08	0,04	1,54	0,90	1,54	0,90	1,50	0,88	1,50	0,88
Magnetite	2,20	1,17	0,17	0,09	2,71	1,46	3,10	1,67	2,45	1,31	2,80	1,49
Hematite												
Apatite	0,37	0,32	0,19	0,15	0,58	0,51	0,58	0,51	0,63	0,54	0,63	0,54
Zircon	0,01	0,01			0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
Chromite												
Total	99,53	99,99	99,34	99,99	99,19	100,00	99,19	100,01	99,08	100,00	99,08	100,00

Plagioclásio normativo						
Albita	68,26	88,46	61,71	61,81	63,49	63,50
Anortita	31,74	11,53	38,29	38,19	36,51	36,50

Na ₂ O / K ₂ O	1,61	0,16	2,13	2,25
--------------------------------------	------	------	------	------

Legenda (litotipo - sigla):	
GGG	Granito gnaissé grosso
GGF	Granito gnaissé fino
BGM	Biotita gnaissé mesocrático
GLM	Granito leucocrático milonítico
VPM	Veio pegmatítico milonítico

12.2. Resultados

Os resultados analíticos de todas as amostras estudadas com exceção do biotita gnaiss mesocrático (TC-07B) variam dentro dos limites composicionais normais de rochas *latu sensu* graníticas intermediárias a ácidas (Tabela 4).

Os teores de SiO_2 das rochas graníticas variam de 61,37 a 74,78 %-peso, podendo ser subdivididas em 2 grupos, de acordo com as razões $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$. Assim, observa-se que todos os gnaisses graníticos, grossos e fino (GGG e GGF), apresentam razões $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1,5$, variando de 1,5 a 2,25, sendo rochas claramente sódicas. Já o granito leucocrático milonítico (GLM) e o veio pegmatítico milonítico (VPM) apresentam, além de teores de $\text{SiO}_2 > 72,0\%$, teores de K_2O muito elevados, respectivamente de 8,66 e 9,84 %-peso, com razões $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} < 0,3$. Os demais óxidos maiores, de um modo geral, também sustentam essa subdivisão, exceção feita para os teores de Al_2O_3 baixos nos GGG perquartzosos e assim, sobrepondo-se aos teores do granito leucocrático milonítico (GLM) e do veio pegmatítico milonítico (VPM). O GLM e o VPM, ainda, destacam-se pelos seus teores mínimos de TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, MnO , MgO , CaO e P_2O_5 . A variabilidade geoquímica das rochas analisadas, embora considerável, enquadra-se no espectro das rochas graníticas comuns de origens ígneas.

O biotita gnaiss mesocrático (BGM) apresenta teores de SiO_2 de rocha básica ($\text{SiO}_2 = 49,91$ %-peso) e teores muito elevados de $\text{Al}_2\text{O}_3 = 20,67$ e $\text{K}_2\text{O} = 6,29$ associados com teores elevados de TiO_2 , Fe_2O_3 total e MgO . Já os teores de CaO e Na_2O situam-se no intervalo das rochas graníticas. Retrata assim a riqueza em biotita junto com plagioclásio e quartzo, petrograficamente verificadas. Não se enquadra no espectro geoquímico de rochas comuns ígneas/metaígneas, nem sedimentares/metassedimentares, devendo se considerar ainda a possibilidade de modificações geoquímicas por processos de diferenciação dinamometamórficos associados ou não com processos de interação fluidos-rocha durante os processos polimetamórficos e de milonitização.

Classificação geoquímica

No diagrama **P-Q** de Debon e Le Fort (1983), que analisa os teores de quartzo em relação ao feldspato predominante, os gnaisses graníticos distribuem-se nos campos de quartzo diorito, granodiorito e tonalito, indicando a importância maior da variação do fator Q, representativo do quartzo, em relação ao fator P, representativo da composição dos feldspatos (Figura 23). O veio pegmatítico situa-se com valores do fator $\mathbf{P} \geq 100$ a direita externo ao campo dos granitos, como era de se esperar dado o seu grau de diferenciação / elevado teor de feldspato potássico. Já o biotita

gnaisse mesocrático plota, sem qualquer relação com as demais rochas estudadas, no campo dos sienitos.

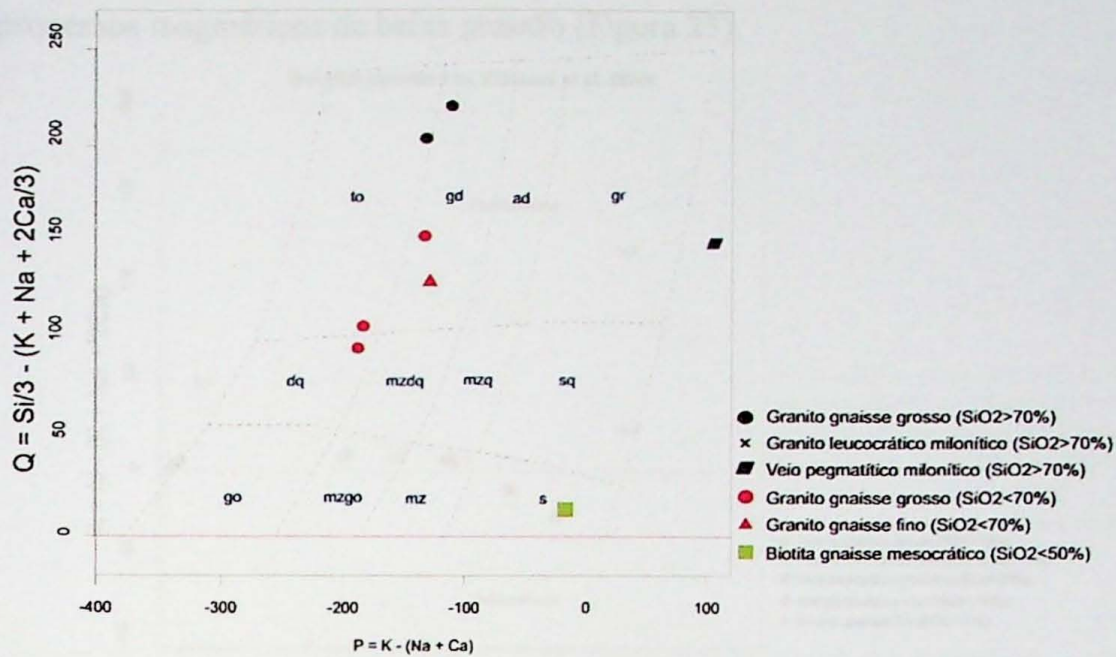


Figura 23: Diagrama P-Q de Delbon & Le Fort, 1983. Litotipos distribuídos nos campos de quartzo diorito, granodiorito e tonalito. Gr: granito; ad: adamelito; gd: granodiorito; to: tonalito (trondhjemito); sq: quartzo sienito; mzq: quartzo monzonito; mzdq: quartzo monzodiorito; dq: quartzo diorito; s: sienito; mz: monzonito; mzgo: monzogabro; GO: gabro (diorito, anortosito).

No diagrama B-A, de Debon e Le Fort (1983), que separa as séries magmáticas segundo os teores de alumínio (fator A) e os teores de minerais máficos (fator B), os gnaisses graníticos apresentam alinhamento de > teor de Al e < teor de máficos para menores teores de Al e maiores de máficos, na área limítrofe das séries peraluminosa e metaluminosa (Figura 24). Nesse diagrama o veio pegmatítico milonítico, sendo um leucogranitóide, é representado na origem das séries.

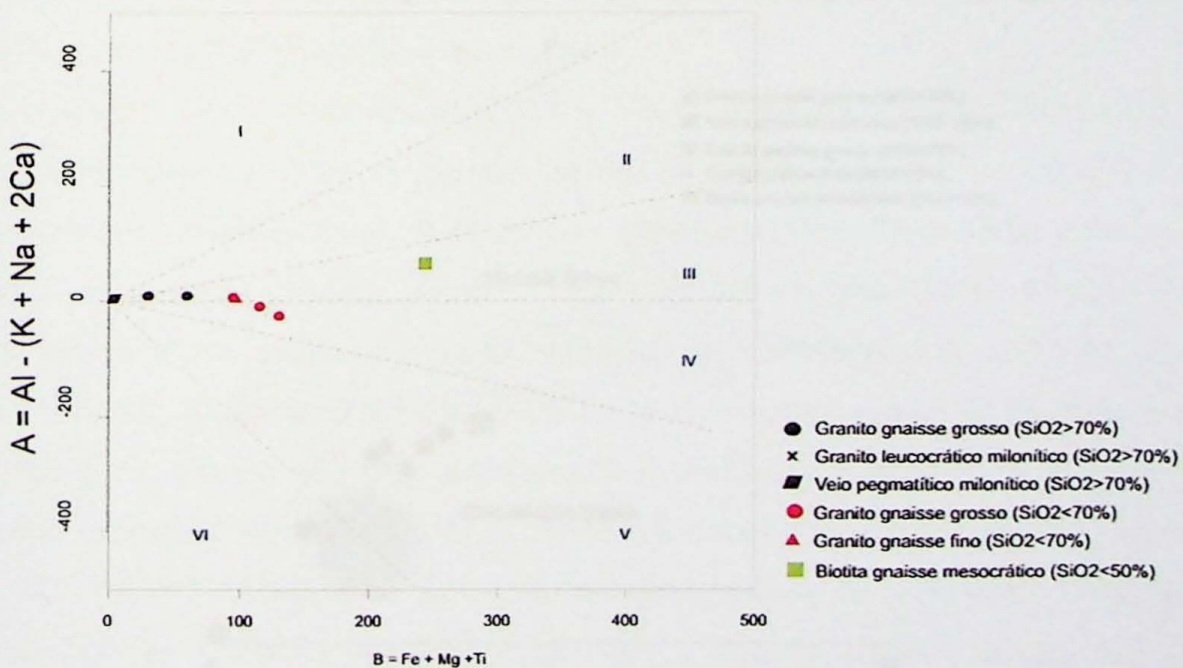


Figura 24: Diagrama B-A de Delbon & Le Fort, 1983. Litotipos em área limítrofe das séries peraluminosa e metaluminosa. Setores I a III – domínio peraluminoso; IV a VI – domínio metaluminoso.

Na versão do diagrama B-A modificada por Villaseca et al. (1998) as rochas graníticas estudadas encontram-se na interface dos campos peraluminoso para metaluminoso indicando ainda origens de processos magmáticos de baixa pressão (Figura 25).

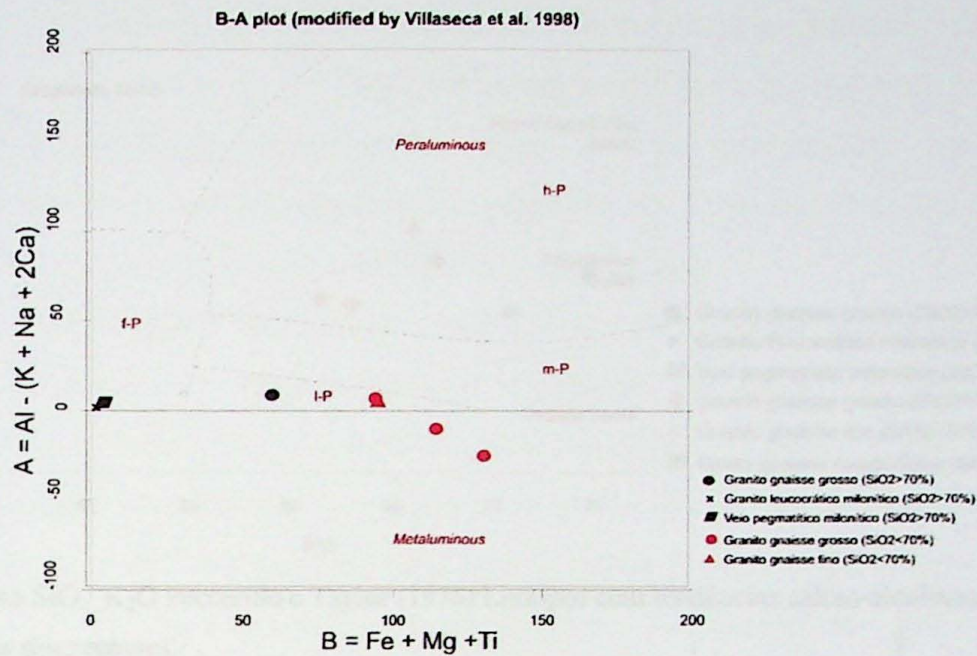


Figura 25: Diagrama B-A de Delbon & Le Fort, modificado por Villaseca, 1998. Litotipos estudados na interface dos campos peraluminoso e metaluminoso sob condições de baixa pressão. l-p: baixa pressão; m-p: pressão intermediária; h-p: alta pressão.

No diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) todas rochas graníticas alinham-se numa evolução cálcio-alkalina (Figura 26), como era esperado, por serem metagranitóides orogênicos. Nesse diagrama o biotita gnaissoso mesocrático, também se alinha nessa evolução, evidentemente por falso alinhamento, como fica claro do diagrama $SiO_2 \times K_2O$ de Peccerillo e Taylor (1976) onde essa rocha é nitidamente separada do campo de distribuição das rochas graníticas (Figura 27).

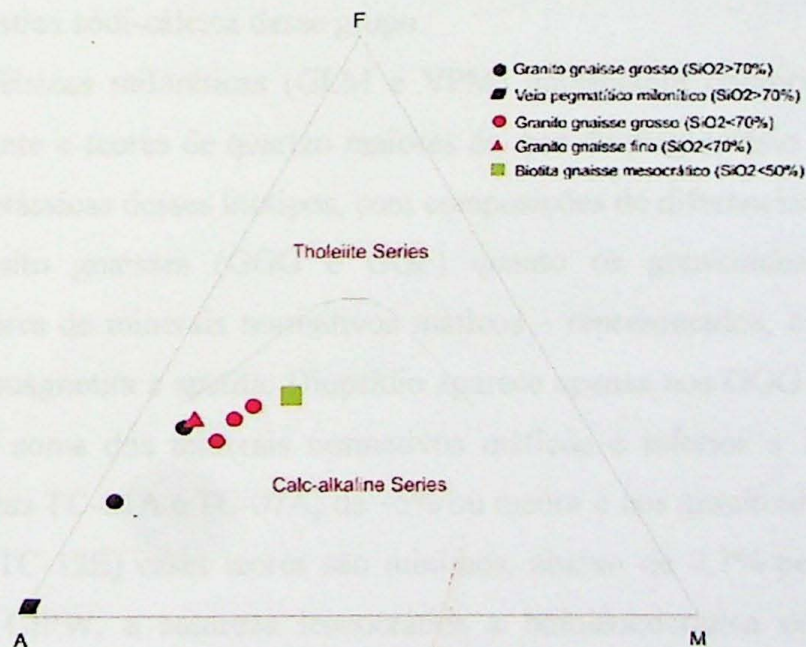


Figura 26: Diagrama AFM de Irvine e Baragar, 1971. Com litotipos plotados na série cálcio-alkalina. A: ($Na_2O + K_2O$); F: FeO; M: MgO.

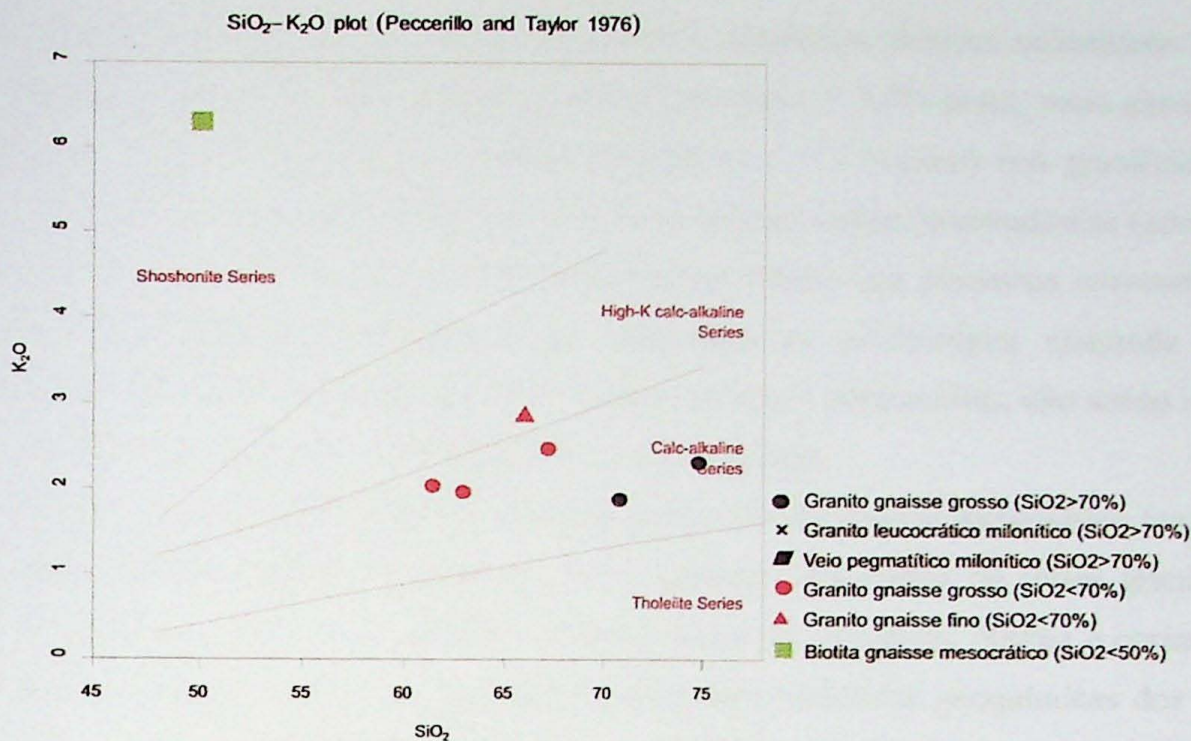


Figura 27: Diagrama SiO₂-K₂O Peccerillo e Taylor (1976): Litotipos com tendências cálcio-alcálinas, com destaque para o BGM, com valores discrepantes.

Normas CIPW

As normas CIPW e as composições do plagioclásio normativo são representadas na tabela 4. Para os granito gnaisses (GGG e GGF) as normas variam de graníticas perquartzosas (amostras TC-01A e TC-07A) a teores de quartzo normativo mais baixos, comuns em magmas graníticos. Os teores de plagioclásio normativo são em todos os casos maiores do que os de quartzo e ortoclásio ressaltando a característica sódio-cálcica desse grupo.

Já as rochas félsicas miloníticas (GLM e VPM) apresentam composições com ortoclásio fortemente predominante e teores de quartzo maiores do que de plagioclásio normativo. Ressaltam assim as tendências potássicas desses litotipos, com composições de diferenciados graníticos finais.

Tanto os granito gnaisses (GGG e GGF) quanto os granitoides félsicos miloníticos apresentam baixos teores de minerais normativos máficos – representados, em todos os casos, por hiperstênio, ilmenita, magnetita e apatita. Diopsídio aparece apenas nos GGG de mais baixos teores de SiO₂. Em geral a soma dos minerais normativos máficos é inferior a 15 %-peso, nos GGG perquartzosos (amostras TC-01A e TC-07A) de ~5% ou menor e nos granitoides félsicos miloníticos (amostras TC-10A e TC-12E) esses teores são mínimos, abaixo de 0,7%-peso. Destaca-se assim, também nas normas CIPW, a natureza leucocrática a hololeucocrática dos granito gnaisses e granitoides félsicos miloníticos analisados.

Na maioria dos granito gnaisses e também nos granitoides félsicos miloníticos analisados observam-se pequenos teores de coríndon normativo (sempre $c < 1,0\%$ -peso), mais altos nos GGG com teores de $\text{SiO}_2 > 65\%$ (rochas ácidas), mínimos ($c < 0,3\%$ -peso) nos granitoide félsicos miloníticos e ausentes apenas nos GGG com teores de SiO_2 de rochas intermediárias (amostras TC-13A e TC-16A). Esses teores de coríndon normativo se devem aos processos retrometamórficos tardios de saussuritização dos plagioclásios, observados ao microscópio, causando pequenos enriquecimentos de minerais alumínicos (mica branca / sericita e clinozoisita); não sendo indicativos de uma derivação de protolitos sedimentares das rochas estudadas.

Por fim, a norma CIPW também calculada para o biotita gnaisse mesocrático (amostra TC-07B) apresenta-se claramente incompatível com a evolução magmática de séries graníticas pela ausência de quartzo, presença de nefelina e elevados teores de ortoclásio, olivina e coríndon, entre outros. Essa associação de minerais normativos diverge das tendências geoquímicas dos processos evolutivos ígneos ou sedimentares, indicando que o biotita gnaisse mesocrático analisado, mais provavelmente, sofreu transformações petrogenéticas anisoquímicas tectono-metamórficas, mascarando a natureza de seus protolitos.

Diagramas de Harker

São diagramas binários representando os teores de óxidos maiores versus SiO_2 como variável indicativa do grau de diferenciação de rochas ígneas (Figura 28).

Nos gráficos do TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , FeO total e MnO observa-se o alinhamento perfeito dos GGG e GGF e, com pequenas variações, inclusive do GLM e do VPM. Ressalta, que nesses mesmos diagramas também o BGM alinha-se perfeitamente com os granito gnaisses tratando-se, evidentemente, de um falso alinhamento sem significado petrogenético, como revelam os diagramas de CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5 .

Nos diagramas de CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5 o relacionamento geoquímico dos granito gnaisses é mantido, inclusive para as rochas hololeucocráticas (GLM e VPM), exceção feita para o diagrama do K_2O onde essas rochas se destacam nitidamente.

Dos diagramas de Harker resulta a familiaridade geoquímica dos granito gnaisses, notáveis por serem regionalmente rochas de ampla extensão. Pequenas variações ocorrem nos GGG com $\text{SiO}_2 > 70\%$, principalmente nos diagramas de CaO e Na_2O , traduzindo a sua riqueza modal em quartzo e plagioclásio. Também merecem destaque as rochas hololeucocráticas miloníticas (GLM e VPM), fortemente potássicas e que poderiam representar ou produtos de fusão parcial dos granito gnaisses

ou intrusões finais de diferenciação de magmas graníticos, em ambos os casos gerados por processos pretéritos aos eventos de milonitização regionais.

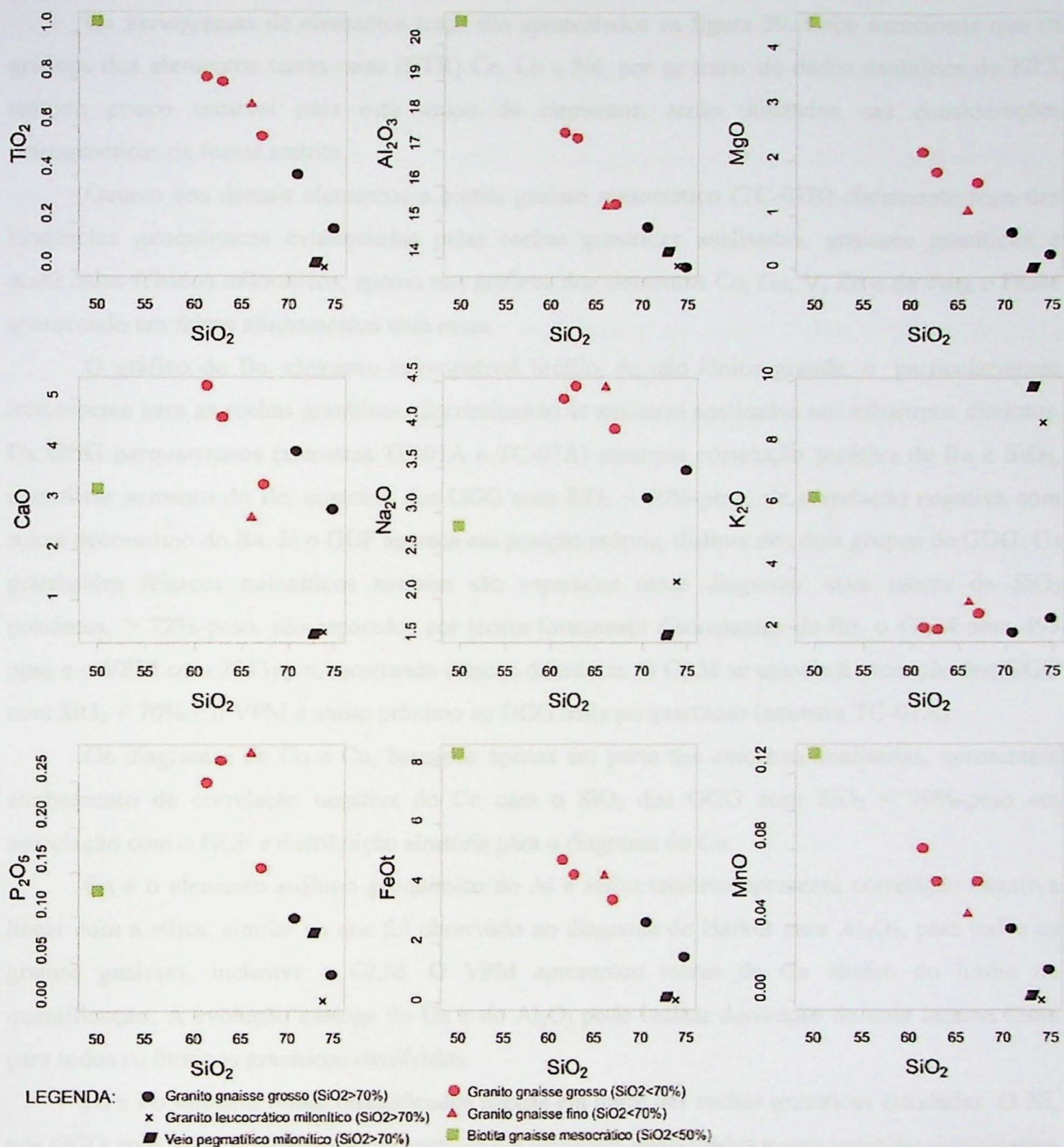


Figura 28: Diagramas de Harker de Elementos maiores em %-peso versus SiO_2 em %-peso.

Variogramas binários de elementos traço versus SiO₂

Os variogramas de elementos traço são apresentados na figura 29. Cabe mencionar que os gráficos dos elementos terras raras (ETR) Ce, La e Nd, por se tratar de dados analíticos de FRX método pouco sensível para este grupo de elementos, serão utilizados nas considerações petrogenéticas de forma restrita.

Quanto aos demais elementos o biotita gnaiss mesocrático (TC-07B) claramente foge das tendências geoquímicas evidenciadas pelas rochas graníticas analisadas, gnaisses graníticos e granitoides félsicos miloníticos, apenas nos gráficos dos elementos Co, Ga, V, Zn e do #mg o BGM aparecendo em falsos alinhamentos com essas.

O gráfico do Ba, elemento incompatível litófilo, de raio iônico grande, é particularmente interessante para as rochas graníticas, discriminando as amostras analisadas em subgrupos distintos. Os GGG perquartzosos (amostras TC-01A e TC-07A) mostram correlação positiva de Ba e SiO₂, com forte aumento do Ba, contrária dos GGG com SiO₂ < 70%-peso, de correlação negativa com suave decréscimo do Ba. Já o GGF aparece em posição própria, distinta dos dois grupos de GGG. Os granitoides félsicos miloníticos também são separados nesse diagrama: com teores de SiO₂ próximos, > 72%-peso, são separados por teores fortemente discrepantes de Ba, o GLM com 495 ppm e o VPM com 2045ppm, mostrando origens diferentes. O GLM se associa à evolução dos GGG com SiO₂ < 70% e o VPM é muito próximo ao GGG mais perquartzoso (amostra TC-01A).

Os diagramas de Co e Cu, baseados apenas em parte das amostras analisadas, apresentam alinhamento de correlação negativa do Co com o SiO₂ dos GGG com SiO₂ < 70%-peso em associação com o GGF e distribuição aleatória para o diagrama do Cu.

Ga é o elemento análogo geoquímico do Al e assim também apresenta correlação negativa linear com a sílica, similar ao que foi observado no diagrama de Harker para Al₂O₃, para todos os granito gnaisses, inclusive o GLM. O VPM apresentou teores de Ga abaixo do limite de quantificação. A evolução análoga do Ga e do Al₂O₃ pode indicar derivação de uma mesma fonte para todos os litotipos graníticos envolvidos.

Ni e Pb também foram quantificados apenas em parte das rochas graníticas estudadas. O Ni, nos GGG com SiO₂ < 70%-peso apresenta-se em pequenas quantidades e sem variação significativa com o aumento de SiO₂, o que é típico para o elemento em granitoides mais ricos em minerais máficos, intermediários a ácidos. No mesmo alinhamento de correlação muito fracamente negativa aparece, ainda, o GGG perquartzoso de menor teor de SiO₂ (amostra TC-07A). O Pb é de interesse para a análise dos granitoides félsicos GLM e VPM. Seu comportamento é contrário ao comportamento do Ba nesses mesmos litotipos. Deve-se considerar que o Pb é presente em teores

crescentes nos feldspatos alcalinos de pegmatitos onde forma a variedade amazonita indicando no caso estudado a possível derivação do GLM (com 29,1 ppm de Pb e 495 ppm de Ba) de diferenciados graníticos finais. Já o VPM com apenas 12,6 ppm de Pb e 2045 ppm de Ba, este indicativo da molécula celsiana isomórfica com o feldspato alcalino, aponta origens distintas para os dois granitoides félsicos de fontes respectivamente ricas em Pb e Ba.

Quanto aos demais elementos o diagrama do Rb apresenta analogias com o diagrama do K_2O (Figura 28) como característica de análogos geoquímicos. Nos diagramas de V e Zn há alinhamentos de todos os litotipos estudados. Já os elementos Sr, Y e Zr retratam as diferenças existentes discriminando e separando GGG perquartzosos, GGG com $SiO_2 < 70\%$ -peso, VPM, GLG e o GGF que se apresenta ora independente ora podendo ser alinhado com um ou ambos os grupos de GGG (ver também gráficos de Ba, Ce, Ga, Nd).

Dos diagramas de fatores petrogenéticos o de #mg distingue os GGG perquartzosos dos de $SiO_2 < 70\%$ -peso com o GGF em disposição intermediária, porém, mais próximo aos perquartzosos. O de A/CNK, inclui o GGF junto com os GGG de $SiO_2 < 70\%$ -peso em uma tendência evolutiva conjunta e no final desta de mais elevados teores de SiO_2 , também, os GGG perquartzosos. Nessa representação o VPM e GLM aparecem próximos entre si e abaixo da evolução dos gnaisses graníticos, nos altos teores de SiO_2 . Por fim, no diagrama de K_2O/Na_2O observa-se um alinhamento perfeito de todos os gnaisses graníticos e, nitidamente separados destes e entre si o VPM e o GLM.

12.3 Conclusões

Os estudos geoquímicos realizados em um pequeno número de amostras de granitos e gnaisses, de caráter consideravelmente antigo, demonstram a existência de dois tipos de granitoides félsicos, sendo que os primeiros são caracterizados por serem perquartzosos, diferenciados, de granitoides finais, com alto teor de SiO_2 e de Al_2O_3 , apresentando uma grande variedade de minerais acessórios, incluindo um grande número de minerais raros, bem como apresentando características semelhantes às dos granitos perquartzosos.

Os dados resultantes demonstram que os gnaisses perquartzosos, com alto teor de SiO_2 e de Al_2O_3 , são caracterizados por serem perquartzosos, diferenciados, de granitoides finais, com alto teor de SiO_2 e de Al_2O_3 , apresentando uma grande variedade de minerais acessórios, incluindo um grande número de minerais raros, bem como apresentando características semelhantes às dos granitos perquartzosos.



Figura 29: Variogramas binários de elementos traço *versus* SiO₂ e diagramas petrogenéticos (#mg, A/CNK e K₂O/Na₂O).

12.3 Conclusões

Os estudos geoquímicos realizados em um pequeno número de apenas 9 amostras, devem ser considerados como preliminares e de pouca representatividade, ainda que foi tentado selecionar amostras petrograficamente características dos principais tipos de granito gnaisses e de alguns litotipos associados aos granito gnaisses de maneira subordinada, incluindo um granito leucocrático milonítico, um veio pegmatítico milonítico pseudoconcordante e um biotita gnaíse mesocrático.

Os dados analíticos revelaram dois grupos de granito gnaisses, ambos com características de rochas graníticas comuns, variando de quartzo diorito, granodiorito até tonalito. Caracterizam, assim, rochas nitidamente sódi-cálcicas apresentando razões de Na₂O/K₂O > 1,5 até 2,25. Os dois grupos são separados pelos teores de SiO₂, o primeiro com SiO₂ > 70% inclui um leucotonalito e um leucogranodiorito, ambos com normas CIPW perquartzosas e o segundo com 60 ≤ SiO₂ ≤ 70.

Pelas características petrográficas e as tendências geoquímicas cálcio-alcálicas, associadas às composições normativas CIPW, são considerados ortognaisses (derivação de granitoides de tipo I). Essas mesmas propriedades são também algumas das principais características de metagranitoides de tipo TTG, assim, eventualmente indicando a derivação dos granito gnaisses de protolitos arqueanos, ainda que retrabalhados em processos polimetamórficos, incluindo modificações geoquímicas por processos de interação fluidos-rochas e dinamometamórficos.

Dos litotipos subordinados os félsicos milonitizados apresentam características geoquímicas distintas entre si e dos granito gnaisses, apontando origens diferentes. Veios pegmatíticos pseudoconcordantes, de alto Ba e baixo Pb, podem ser produtos de fusão parcial inicial dos granito gnaisses em fases tardias da milonitização e, o granito leucocrático milonítico, de baixo Ba e alto Pb, possivelmente derivado de um magma granítico fortemente diferenciado de origens desconhecidas, intrusivo nos protolitos premiloníticos dos granito gnaisses.

Ainda como um dos litotipos subordinados o biotita gnaisse mesocrático, tanto pela composição petrográfica quanto geoquímica não se enquadra no espectro composicional de rochas ígneas / metaígneas comuns, tampouco de rochas sedimentares / metassedimentares, assim evidenciado pelos teores de SiO₂ de rocha básica, alto K e Al e norma CIPW com nefelina, olivina, coríndon e ortoclásio elevados e, ausência de quartzo. É considerado uma rocha que sofreu transformações geoquímicas por processos polimetamórficos inclusive dinamometamórficos e de interações fluidos – rocha, que mascararam a composição do seu protolito.

13. Discussões finais

A seguir serão discutidos alguns pontos relevantes levantados neste estudo sobre a região de São Sebastião e Ilhabela, subdivididos em três tópicos.

Relações entre as unidades Granito porfirítico foliado e Granito gnaisse grosso

A Unidade Granito porfirítico foliado (GPF), aflorante exclusivamente na Ilhabela, apresenta direção de foliação de fluxo magmático muito próxima à direção da foliação milonítica do Granito gnaisse grosso (GGG), porém com mergulhos mais variáveis, por vezes, verticalizado (Estereograma 2). Foram levantadas duas hipóteses a respeito da semelhança da estrutura dessas duas unidades e a relação geológica entre elas. A primeira estaria associada à intrusão do GPF no momento da deformação, onde os esforços principais seriam responsáveis pela foliação de fluxo magmático. A segunda estaria relacionada à deformação diferencial das duas unidades, com a GPF representado as porções preservadas (ou menos afetadas) pela deformação, enquanto a GGG seria a porção de maior concentração da deformação.

Segundo diversos trabalhos anteriores (Campos Neto e Figueiredo, 1995; Campanha e Ens, 1994; Maffra, 2000;), a região estudada faz parte de uma extensa zona de cisalhamento. Considerando que quanto maior a profundidade, menor é a concentração da deformação, e nesse caso a área deformada será mais ampla, e ainda as elevadas temperaturas nessas condições, os contatos entre as diferentes rochas milonitizadas tendem a ser mais gradual. Nos trabalhos de campo, observou-se que o GGG e o GPF, mesmo quando próximos, (~ 100 m) (Figura 30) apresentam diferenças marcantes, como por exemplo porfiroclastos de aproximadamente 1 cm na GGG e a GPF com textura ígnea e fenocristais de até 6 cm. Apesar de não ter sido observado o contato entre estes litotipos, parece pouco provável que a hipótese de deformação diferencial seja plausível.

As características petrográficas do GGG (de textura metamórfica protomilonítica) e do GPF (textura ígnea porfirítica) evidenciam litotipos bem distintos, o que corrobora a hipótese da intrusão granítica durante o cisalhamento. Texturas indicativas de fusão parcial, observadas no GGG, corroboram com a ideia de que esta unidade seja mais antiga do que a GPF. Nesta hipótese, a idade da colocação dos granitos porfiríticos (GPF) seria próxima à idade do metamorfismo regional e consequentemente da deformação principal observada, datada em aproximadamente 590 Ma na região (Dias Neto, 2001).

Destaca-se ainda que a unidade GPF não havia sido descrita na literatura, sendo ainda necessários mais estudos para sua delimitação a leste, entendimento da sua gênese, relação com o GGG e evolução magmática, inclusive com detalhamento dos enclaves máficos e félsicos encontrados.

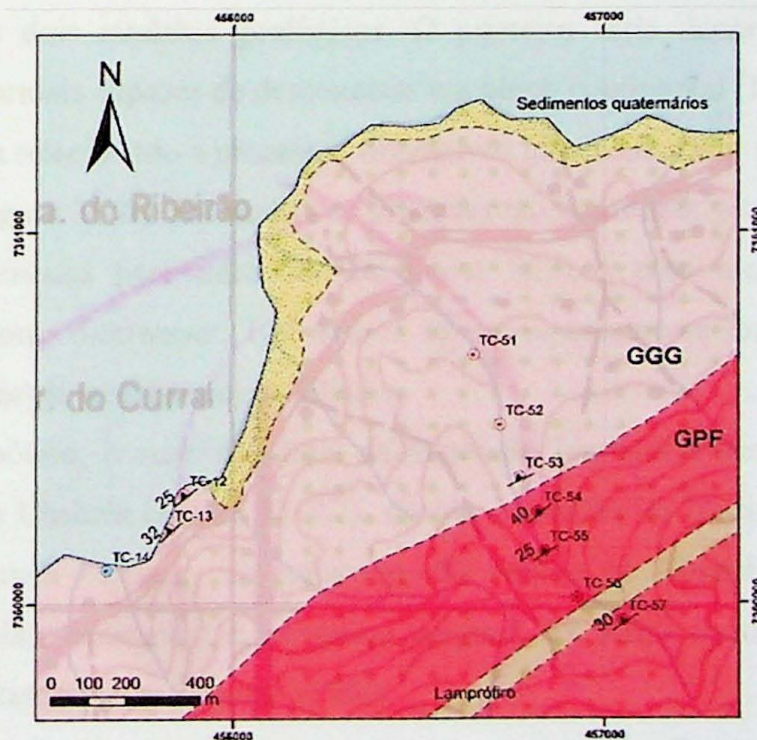


Figura 30: Mapa geológico da região da Praia do Curral, com posição dos afloramentos, distinguindo as unidades GGG (rosa) e a unidade GPF (vermelho), além do contato inferido entre elas, localizado entre os pontos TC-53 e TC-54.

Considerações sobre o Granito gnaissé grosso

Na unidade GGG foram reconhecidas intercalações e/ou lentes de rochas metassedimentares. Estes litotipos apresentam estruturas paralelizadas, sugerindo que ambas foram deformadas concomitantemente no processo de milonitização. A ocorrência de rochas metassedimentares indica a presença de uma bacia sedimentar pretérita à milonitização. Tal evento tectônico seria responsável pela paralelização, intercalação e lenticularização das rochas sedimentares com o embasamento. No entanto a relação estrutural prévia entre as rochas graníticas e as rochas sedimentares seguem incertas, mesmo com indicações de intrusão das rochas graníticas leucocráticas no ponto TC-10 (Figura 8B e ANEXO IV)

Uma característica da unidade GGG é a concentração de veios pegmatíticos leucocráticos, por vezes rompidos e/ou lenticularizados e/ou dobrados. Foram feitas análises químicas na tentativa de se entender a relação entre estes litotipos, isto é, se são provenientes de uma mesma fonte, onde os veios poderiam ser líquidos residuais ou gerados a partir da fusão parcial do granito gnaissé grosso, ou ainda se tratar de litotipos de fontes magmáticas distintas.

Comparação da Ilha de São Sebastião com as áreas continentais adjacentes

Com os trabalhos de campo desenvolvidos, associados à análise petrográfica e estrutural, foi proposta a correlação entre a unidade GGG, deste trabalho, e o Granito Guaecá Fácies a Biotita, caracterizada por Maffra (2000) na região continental de São Sebastião.

Na tentativa de contribuir ao entendimento da gênese do canal de São Sebastião, foram elaborados e discutidos dois modelos geológicos. O primeiro seria decorrente de um processo distensivo com falhas normais capazes de desconectar um bloco continental (Ilhabela) (Figura 31 A). O segundo também seria relacionado a processos distensivos que resultariam apenas no fraturamento da crosta continental (Figura 31 B). Em ambas as situações tais estruturas geradas teriam funcionado como caminhos preferenciais para intrusões de diques básicos e/ou alcalinos, posteriormente erodidos por intemperismo diferencial. Em ambos os casos assume-se que o bloco continental original (Ilha + continente) já se apresentava foliado.

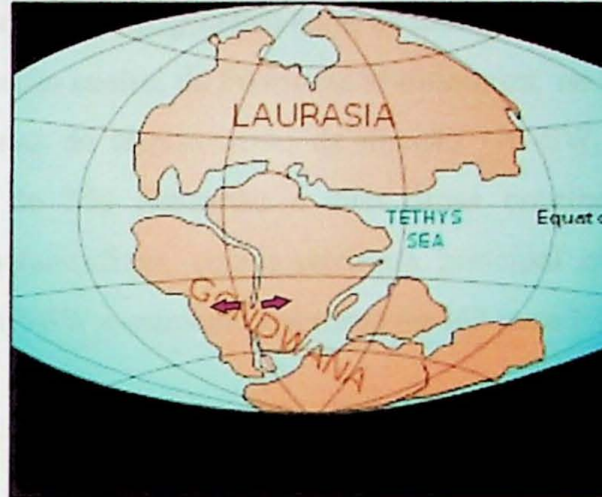
Para a primeira hipótese, o resultado final da distensão implicaria aumento do mergulho da foliação dos litotipos da Ilhabela (Figura 31 A2), devido à rotação do bloco durante o falhamento normal. Já para a segunda hipótese, as estruturas das rochas da Ilhabela e de São Sebastião continuariam paralelizadas, mantendo o mergulho original do bloco continental, por não haver rotação no processo de fraturamento (Figura 31 B2).

Observando os dados estruturais apresentados no estereograma 5, nota-se que a foliação dos litotipos na Ilhabela possuem mergulho com ângulos iguais a levemente superiores se comparados

com a foliação das rochas do continente. Esses dados, principalmente a comparação estrutural das unidades correlacionáveis (ver item 11), favorecem a segunda hipótese apresentada, porém não exclui a possibilidade da existência de falhas normais que teriam rotacionado levemente alguns blocos. Deve ser levado em consideração que o fraturamento também pode bascular blocos.

Os resultados não foram conclusivos para a gênese do Canal de São Sebastião, sendo necessário a coleta de mais dados estruturais principalmente nas áreas continentais, tendo em vista que o presente trabalho concentrou-se nas rochas da Ilhabela.

ABERTURA DO OCEANO ATLÂNTICO SUL



Possíveis estruturas geradas por ocasião da abertura do oceano

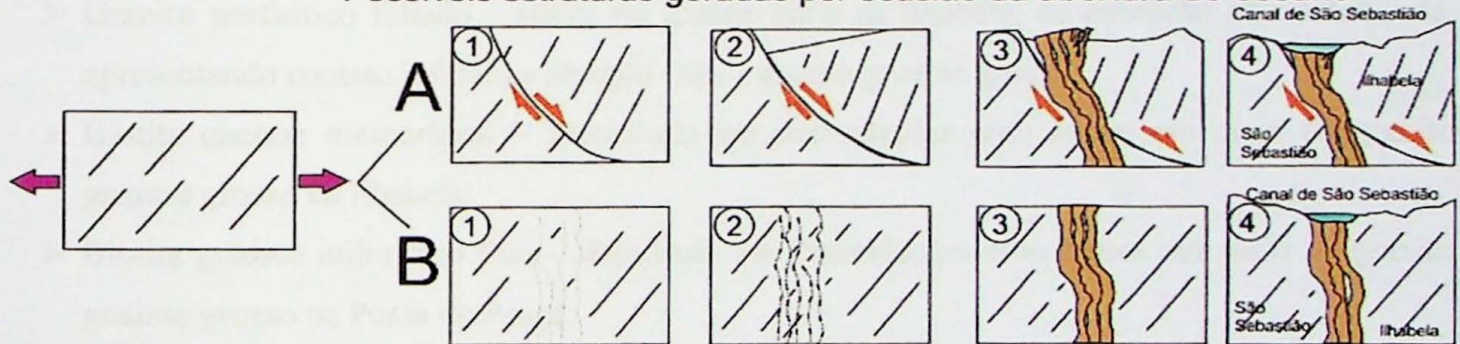


Figura 31: Modelos A e B possíveis para a gênese do Canal de São Sebastião. Hipótese A: 1 - geração de falhas normais devido a esforços distensivos por ocasião da abertura do Oceano Atlântico Sul (ca. 140 Ma). 2 - deslocamento do bloco à direita, aumentando o ângulo do mergulho da foliação. 3 - intrusão de diques (ca. 100 Ma) em estruturas preferenciais. 4 - erosão diferencial dos litotipos básicos, constituindo o Canal de São Sebastião. Hipótese B: 1 - geração de fraturas devido a esforços distensivos por ocasião da abertura do Oceano Atlântico Sul (ca. 140 Ma). 2 - desenvolvimento/espessamento das fraturas. 3 - intrusão de diques (ca. 100 Ma) em estruturas preferenciais. 4 - erosão diferencial dos litotipos básicos, constituindo o Canal de São Sebastião.

14. Conclusões

O trabalho focou-se nas rochas precambrianas da Ilhabela e porções continentais adjacentes, com o intuito de contribuir ao entendimento petrológico e estrutural desta região. Teve como resultados a distinção de litotipos mapeáveis dentro do Complexo Costeiro, um mapa geológico regional na escala 1:75.000 (apresentado conjuntamente à compilação do mapa geológico da porção continental de São Sebastião, de Maffra, 2000) (ANEXO I); Mapa de detalhe (ANEXO I), quatro seções geológicas de detalhe (ANEXOS I, II, III, e IV), caracterização estrutural e metamórfica, comparação das rochas da Ilhabela com as áreas continentais adjacentes e análise de dados geoquímicos para tentar entender a relação petrogenética entre os litotipos estudados.

A área de estudo insere-se na porção central da Província Mantiqueira, no contexto geotectônico da Faixa Ribeira, com notáveis zonas de cisalhamento de direção NE-SW, subparalelas à costa brasileira. Neste contexto, a Ilha de São Sebastião e suas áreas continentais adjacentes são constituídas por rochas ígneas e metamórficas, cuja a estrutura principal caracteriza-se por uma foliação milonítica (Sn) de direção NE-SW e caimento em torno de 30° para NW.

Os litotipos distinguidos foram:

- Granito gnaissoso grosso – ocorre ao longo da costa oeste da Ilhabela e na Ponta do Araçá, São Sebastião;
- Granito porfirítico foliado – aflora em grande parte da Ilhabela, de extensão não delimitada, apresentando contato inferido e abrupto com o granito gnaissoso grosso;
- Biotita gnaissoso mesocrático – encontrado em intercalações e/ou lentes em meio ao granito gnaissoso grosso na Ilhabela;
- Biotita gnaissoso milonítico fino – observado em intercalações e/ou lentes em meio ao granito gnaissoso grosso na Ponta do Araçá;
- Granito leucocrático milonítico – trata-se de intrusões lenticularizadas em meio ao granito gnaissoso grosso;
- Gnaissoso bandado – intercalado com granito leucocrático milonítico e com granito gnaissoso grosso;
- Rochas calciossilicáticas – ocorre em lentes e/ou intercalações em meio ao gnaissoso bandado;
- Gnaissoso migmatítico milonitizado – constitui extensos e complexos afloramentos ao longo da costa de São Sebastião.

Ressalta-se a ocorrência de rochas ígneas intrusivas como diques basálticos e de lamprófiros, e *stocks* de álcali-sienitos e gabros estratiformes.

O Granito porfirítico foliado é a unidade mais notável neste trabalho, descrita pela primeira vez nesta região e foi interpretado como uma unidade intrusiva no granito gnaissoso grosso, devido ao

contato abrupto entre as unidades. Considerando o fato do fluxo magmático no granito porfirítico estar praticamente paralelizado à direção da foliação milonítica nas rochas encaixantes, interpretou-se ainda que tal intrusão possa ter ocorrido concomitante ao cisalhamento, onde as tensões regionais seriam responsáveis pela direção desse fluxo.

É necessário mais estudos para a delimitação do granito porfirítico foliado, entendimento da sua gênese e relação com os demais litotipos, inclusive com detalhamento dos enclaves máficos e félsicos descritos.

A estimativa de condições metamórficas para as rochas estudadas teve como base as rochas calciossilicáticas, sugerindo condições de fácies anfíbolito, com temperaturas de aproximadamente 560 a 700°C e pressões de 2 a 6kbar.

O granito gnaissé grosso é a base para a comparação da Ilha de São Sebastião com as áreas continentais adjacentes, tendo em vista a semelhança petrográfica, estrutural e afinidade química entre a porção que aflora na Ilhabela e em São Sebastião. Esta unidade é correlacionável à unidade Granito Guaecá Fácies a Biotita de Maffra (2000).

Nesta unidade foi observada intercalação e/ou lentes de rochas metassedimentares milonitizadas, com suas estruturas paralelizadas, possivelmente devido ao cisalhamento. Para tal ocorrência foi suposta a presença de uma bacia sedimentar prévia à deformação.

Os resultados obtidos não foram conclusivos para a gênese do Canal de São Sebastião, sendo necessário a coleta de mais dados estruturais, principalmente nas áreas continentais, para a comprovação ou descarte dos modelos geológicos propostos para sua formação. Entretanto, baseado nas análises estruturais comparativas das unidades correlacionáveis podemos sugerir que os processos de falhamento normal associado à distensão foram pouco eficientes na gênese do canal.

As análises geoquímicas revelaram dois grupos de granito gnaisses, ambos de características sódico-cálcicas com razões $Na_2O/K_2O > 1,5$, o primeiro perquartzoso e o segundo com $60 \leq SiO_2 \leq 70$, evidenciando algumas das principais características de metagranitóides de tipo TTG, indicativos de derivação de protolitos arqueanos. Os litotipos subordinados félsicos apresentam características geoquímicas distintas entre si e dos granito gnaisses, apontando origens diferentes. Veios pegmatíticos pseudoconcordantes, de alto Ba e baixo Pb, podem ser produtos de fusão parcial inicial dos gnaissé graníticos em fases tardias da milonitização e, o granito leucocrático milonítico, de baixo Ba e alto Pb, possivelmente derivado de um magma granítico fortemente diferenciado de origens desconhecidas, intrusivo nos protolitos premiloníticos dos granito gnaisses.

O biotita gnaissé mesocrático apresenta teores de SiO_2 de rocha básica, alto K e Al e norma CIPW com nefelina, olivina, coríndon e ortoclásio elevados e, ausência de quartzo, não se enquadrando no espectro composicional de rochas ígneas / metaígneas comuns, tampouco de rochas

sedimentares / metassedimentares. É considerado uma rocha que sofreu transformações geoquímicas por processos polimetamórficos inclusive dinâmica metamórficos e/ou de interações fluidos – rocha, que mascararam a composição do seu protólito.

Almeida, F.F.M., 1985. Distribuição regional e tectônica sedimentar da megacristala. *The Proceedings of Brazil. Rev. Bras. Geol.*, 14, 273-285.

Almeida, F.F.M., Amarel, G., Coimbra, D.G. e Sampaio, E., 1973. The Precambrian orogenesis of the South American Craton. *Metals and Minerals of Brazil*. In: The Oceanic Rinds and Margins (Napier & Stoff, Eds.), 1471-486. Plenum, New York.

Amarel, G., Soares, J., Coimbra, D.G., Sampaio, E., Reynolds, J.R., 1987. Proterozoic orogenic cycles of felsine rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51, 1173-1182.

Amarel, G., Coimbra, D.G., Sampaio, E., Reynolds, J.R., 1988. Proterozoic orogenic cycles of felsine rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 133-139.

Brueggen, D.E., Coimbra, D.G., *Evolution geológica do Super Continente Gondwana durante o Proterozoico*. *Proterozoic Research*, v. 10, p. 20-40, 1993.

Campello, G.A.C. e Silva, H.H., 1996. *Introdução geológica à região da Serra da Jussara, São Sebastião, SP*. Relatório IG – Instituto de Geologia USP 77, 41-48.

Campello, G.A.C., Silva, H.H. e Pagnon, M.L., 1997. *Mapa geológico da Paraíba do Sul, Paraíba e Região*. *Boletim de Geologia USP*, 24/11, 22-42.

Campo Neto, M.C., 2001. *Geologia regional das Américas Austrais: um enfoque ao Brasil*. *Por Adilson Lyde and others*. *Colloquium in Geology of Brazil*. In: Coimbra, D.G., Milius, E.J., Ilvaia Villa, A., Campos, D.A. (eds.) *Tectonic Evolution of South America*, 335-368.

Campo Neto, M.C. e Figueiredo, M.C.H., 1995. The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 8 (2), 167-182.

Campo Neto, M.C., Bassi, M.A.S., Silva, H.H., Camp, E., Silva, G.A.J., Vasconcelos, P., 2004. Migração de Cratons e Superposição de Tectônicas: um modelo de colagem brasileira do Sul do Craton do São Francisco. *SE – Brasil, Geologia USP – Série Científica* 4 (1), 17-40.

Dalton P. & La Fort P. (1964). A general classification of igneous rocks and their magmatic associations. *Mineralogical Magazine*, 37, 451-511.

Das Neto, C. M., 2007. *Tratado de Petrologia em Campos Clássicos*. (Petro. In: *Diagnóstico Mineralógico*) em São Paulo. *Tratado de Petrologia em Campos Clássicos* – 1/52, 104p.

Phan, H., 1971. Os Paratéisos entre São João del-Rei, Minas Gerais e Bahia, São Paulo, e a relação entre Paratéisos e Archaico. *Rev. Bras. Geol.*, 1, 177-178. São. Bras. Geol. São Paulo.

14. Referências Bibliográficas

- Almeida, F.F.M., 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas na região meridional da Plataforma Sul-Americana. *Rev. Bras. Geoc.*, 13: 139-158.
- Almeida, F.F.M., 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo Pós-Paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16: 325-349.
- Almeida, F.F.M., Amaral, G., Cordani, U.G. e Kawashita, K., 1973. The Precambrian evolution of the South American Cratonic Margin South of Amazon River. In., *The Ocean Basin and Margins* (Nairn e Stelli, Eds.), 1:411-446, Plenum, Nova York.
- Amaral, G., Bushee, J., Cordani, U.G., Kawashita, K., Reynolds, J.H., 1967. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 31: 117-142.
- Amaral, G., Cordani, U.G., Kawashita, K., Reynolds, J.H., 1966. Potassium-argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 30: 159-189.
- Brito Neves, B.B., Cordani, U.G. Tectonic evolution of South America during late proterozoic. *Precambrian Research*, v. 33, p. 23-40, 1991.
- Campanha, G.A.C. e Ens, H.H., 1996. Estruturação geológica da região da Serra do Juqueriquerê, São Sebastião, SP. *Boletim TG – Instituto de Geociências USP* 27, 41-49.
- Campanha, G.A.C., Ens, H.H. e Poçano, W.L., 1994. Análise morfotectônica do Planalto do Juqueriquerê, São Sebastião. *Revista Brasileira de Geociências* 24 (1), 32-42.
- Campos Neto, M.C., 2000. Orogenic systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano–Pan African Cycle and orogenic collage in Southeastern Brazil. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.). *Tectonic Evolution of South America*, 335–368.
- Campos Neto, M.C. e Figueiredo, M.C.H., 1995. The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 8 (2), 143–162.
- Campos Neto, M.C., Basei, M.A.S., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabó, G.A.J., Vasconcelos, P., 2004. Migração de Orogênes e Superposição de Orogêneses: um esboço da colagem brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE - Brasil. *Geologia USP - Série Científica* 4 (1), 13–40.
- Debon F & Le Fort P (1988) A cationic classification of common plutonic rocks and their magmatic associations: principles, method, applications. *Bull. Mineral* 111: 493-511.
- Dias Neto, C. M., 2001. Evolução tectono-termal do Complexo Costeiro (Faixa de Dobramentos Ribeira) em São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências – USP, 160p.
- Ebert, H., 1971. Os Paraibides entre São João del Rei, Minas Gerais e Itapira, São Paulo, e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides. *Bol. Esp.*, 1:177-178, Soc. Bras. Geol. São Paulo.

- Freitas, R.O., 1944. Geomorfogênese da Ilha de São Sebastião. Boletim da Associação dos Geógrafos Brasileiros, bol. 4, p. 16-30.
- Freitas, R.O., 1947. Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião. F.F.C.L. (Fac. Fil., Ci. e Letras), USP., Bol. 85: 244 p., 1 mapa (Geologia 3), São Paulo.
- Garda, G.M., 1995. Os Diques Básicos e Ultrabásicos entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Vol. 1 (texto): 156 pp., Vol. 2 (anexos): 24 tabelas, IG-USP, São Paulo.
- Garda, G.M., Schorscher, H.D., Esperança, S., Carlson, R.W., 1995. The Petrology and geochemistry of coastal dikes from São Paulo State, Brazil: implications for variable lithospheric contributions to alkaline magmas from the western margin of the South Atlantic. In: ISUM, Extended Abstracts: 106-107, CPRM/FAPESP, São Paulo.
- Grohman, C.H. and Campanha, G.A.C., 2010. *OpenStereo*: open source, cross-platform software for structural geology analysis. Presented at the AGU 2010 Fall Meeting, San Francisco, CA..
- Grohmann, C.H., Campanha, G.A.C. and Soares Junior, A.V., 2011. OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. In: XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. [IN PORTUGUESE]
- Hasui, Y., Fonseca, M.J.G., Ramalho, R., 1984. A parte central da Região de Dobramentos Sudeste e o Maciço Mediano de Guaxupé. Cap. 7: 307-328, In: C. Schobbenhaus et al. (coord.): Geologia do Brasil, 501 pp., D.N.P.M.-D.G.M., Brasília.
- Hasui, Y. e Oliveira, M.A.D., 1984. Província Mantiqueira – Setor Central. In: ALMEIDA, F.F.M. e HASUI, Y. (Eds.) O Precambriano do Brasil, 308-344.
- Hasui, Y. e Sadowiski, G.R., 1976. Evolução geológica do Precambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências 6 (3), 182-200.
- Heilbron, M., Pedrosa Soares, A. C., Campos Neto, M. C., Silva, L. C., Trow, R. A. J. e Janasi, V. A., 2004. Província Mantiqueira. Cap. XIII: 233-242, In: Virgínio Mantesso-Neto (coord.): Geologia do Continente Sul-Americano, 647 pp., Beca, São Paulo.
- Hennies, W.T. e Hasui, Y., 1977. Contribuição ao reconhecimento da Ilha de São Sebastião. Simp. Geol. Reg., SBG (São Paulo), 1: 199- 209.
- Hennies, W.T. e Hasui, Y., 1968. Geocronologia das rochas eruptivas da Ilha de São Sebastião, SP. In: 22º Cong. Bras. Geol., Atas. 145-148, SBG, Belo Horizonte.
- IPT, 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 1:500.000. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), nota explicativa.
- Irvine T.N. e Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. F. Earth Sci., 8, 523-548.

- Janoušek, V., Farrow, C. M. & Erban, V. 2006. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology* 47(6):1255-1259.
- Lima, G.A. e Scoscher, J.H.D. (1999) Complexo gábrico estratiforme da Ponta da Pacuíba – Ilha de São Sebastião. VI Simpósio de Geologia do Sudeste. São Pedro. SP, Boletim de Resumos, pp. 65.
- Lima, G.A., 2001. Gabros Estratiformes Da Região Norte da Ilha de São Sebastião, SP. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências – USP, 170 pp.
- Maffra, C.Q.T., 2000. Geologia estrutural do embasamento cristalino na região de São Sebastião, SP: evidências de um domínio transpressivo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências – USP, 113p.
- Mehnert, K.R., 1968. Migmatites and the origin of granitic rocks. Amsterdam New York: Elsevier Pub. Co. 394 p.
- Middlemost, E. A. K., 1989. Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks. *Chem. Geol.*, 77, 19-26.
- Mori, P. E., Reeves, S., Correia, C. T., Haukka, M., 1999. Development of a fused glass disc XFR facility and comparison with the pressed powder pellet technic at Instituto de Geociências, São Paulo University. *Revista Brasileira de Geociências*, 29(3): 441-446.
- Peccerillo, R. e Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu área, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63-81.
- Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Group UK Limited. Cap. 3, 352 pp.
- Schobbenhaus, C. e Campos, D. A., 1984. A evolução da plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. Cap. 1: 9-53, In: C. Schobbenhaus et al.(coord.): *Geologia do Brasil*, 501 pp., D.N.P.M.-D.G.M., Brasília.
- Silva, A.T.S.F., Chiodi Filho, C., Chiodi, D.K., Pinto Filho, W.D., 1977. Projeto Santos-Iguape. Vol. 1: *Geologia.*, 639 pp., Convênio DNPM-CPRM, São Paulo.
- Spear, F. S., 1993. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature Time Paths.* Mineralogical Society of America, Washington, D. C. Cap. 12: 447-467, 799 pp.
- Streckeisen, 1976.
- Villaseca C, Barbero L, Herreros V (1998) A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Trans Roy Soc Edinb, Earth Sci* 89: 113-119.

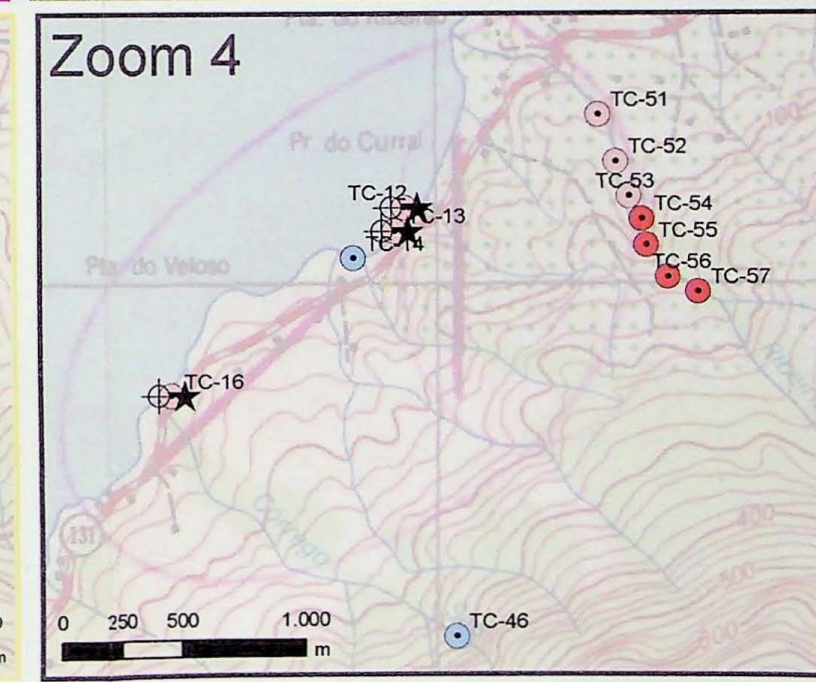
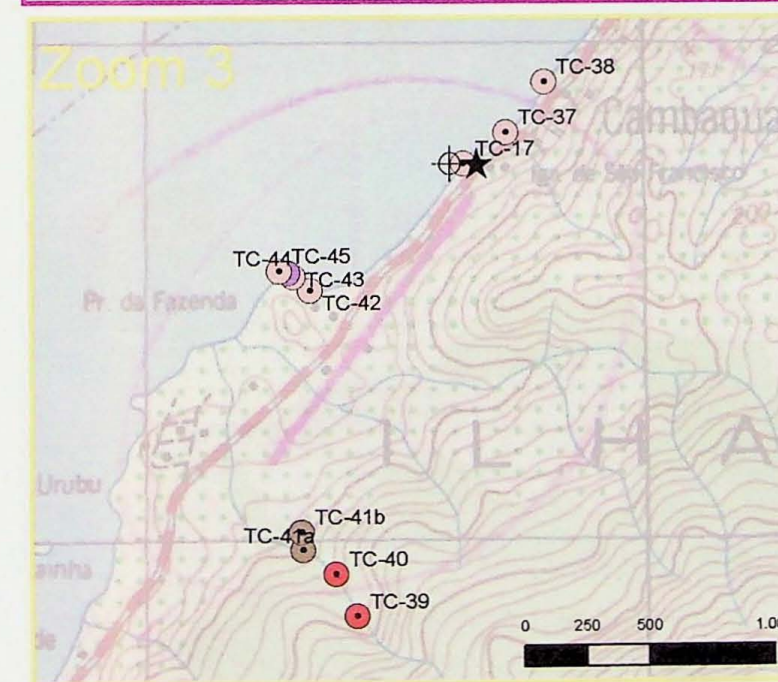
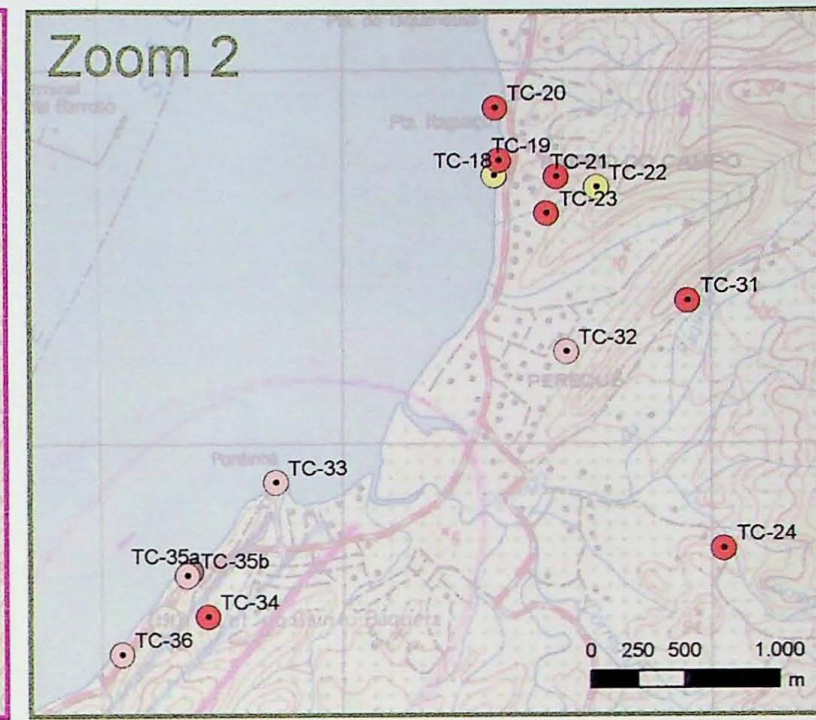
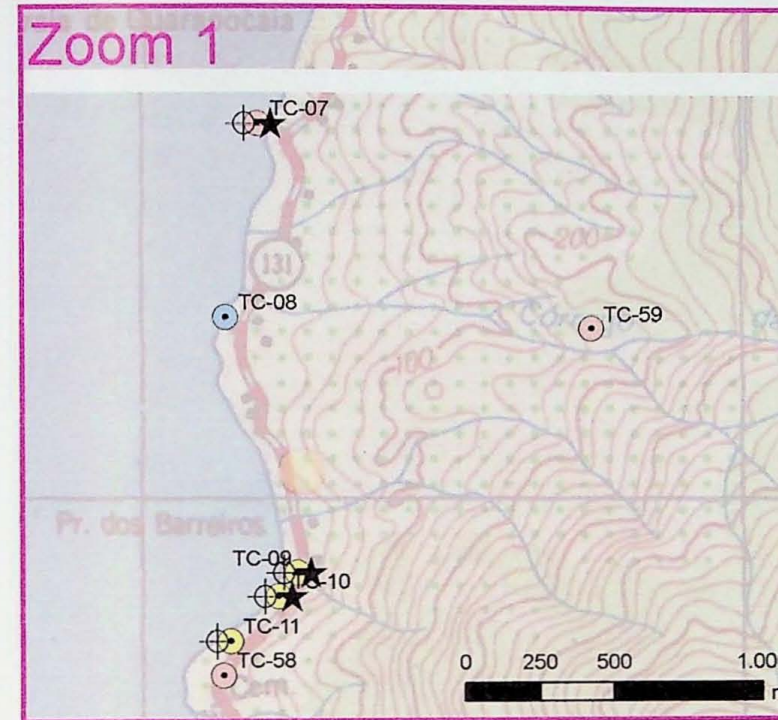
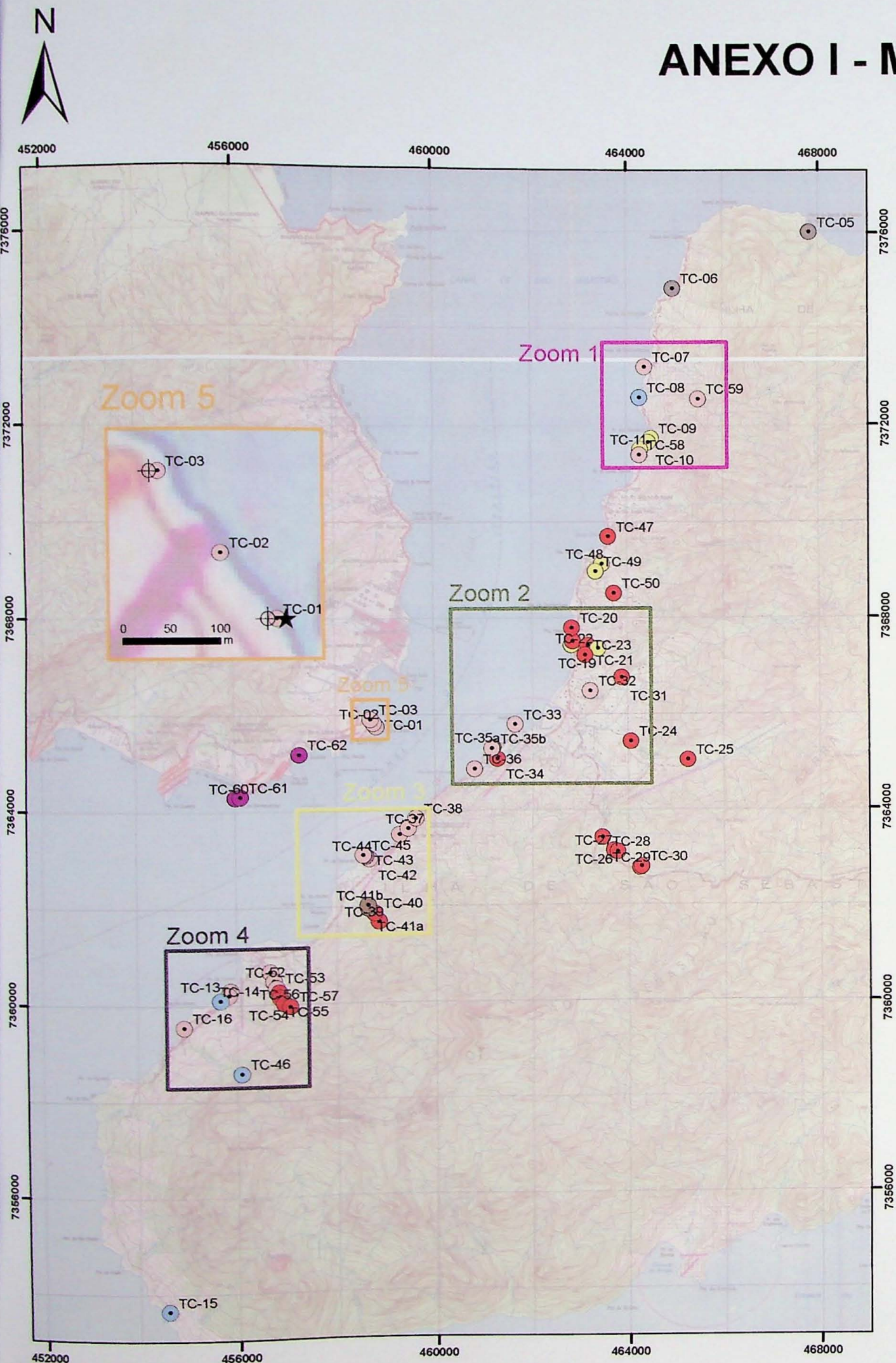
ANEXO I - **ANEXOS** E PONTOS

ANEXO I – MAPA DE PONTOS

ANEXO I - MAPA DE PONTOS

Informações:
 Sistemas de coordenadas: UTM / 23K - Datum SAD69
 Base topográfica: Caraguatuba (SF-23-Y-D-VI-1)
 São Sebastião (SF-23-Y-D-VI-3)

Autora: Gláucia Silva Barreto
 Orientador: Johann H. D. Schorscher
 Co-orientador: Me. Vinicius T. Meira
 TF-12/20



Legenda

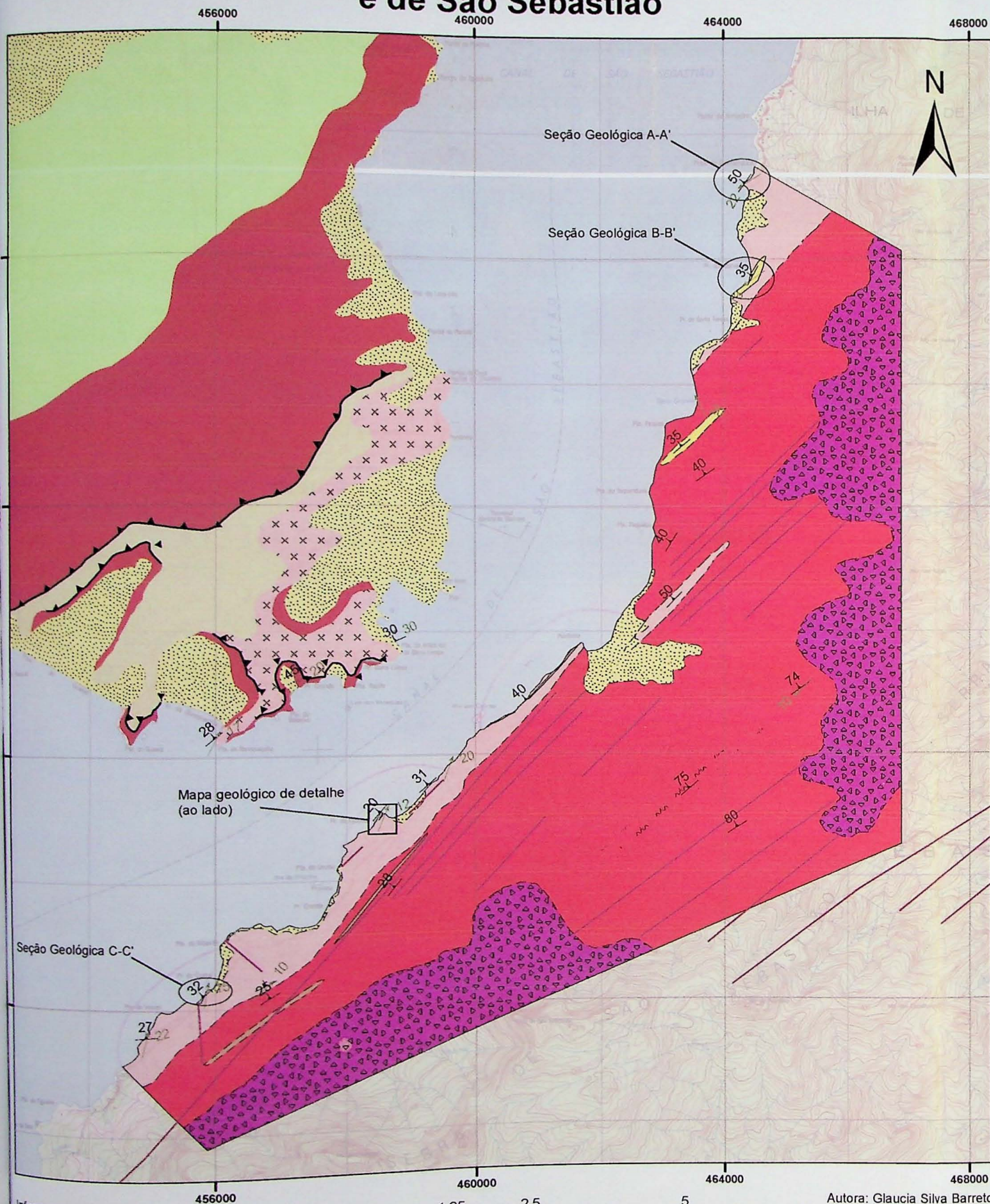
Litologia

- Gabro
- Granito porfíritico
- Protomilonito leucocrático
- Sienito; sienito
- calciossilicática
- gnaise migmatítico milonítico
- granito gnaise grosso
- granito leucocrático milonítico
- lamprofiro

- ⊕ Pontos com microscopia
- ★ Pontos com análise geoquímica (FRX)

ANEXO II – MAPA GEOLÓGICO

ANEXO II - Mapa Geológico da porção oeste de Ilhabela e de São Sebastião



Legenda

Litologias mapeadas

- Depósitos quaternários
- Alkali-sienito
- Lamprófiro
- Granito leucocrático milonítico
- Gnaiss bandado
- Granito porfirítico
- Granito gnaiss grosso

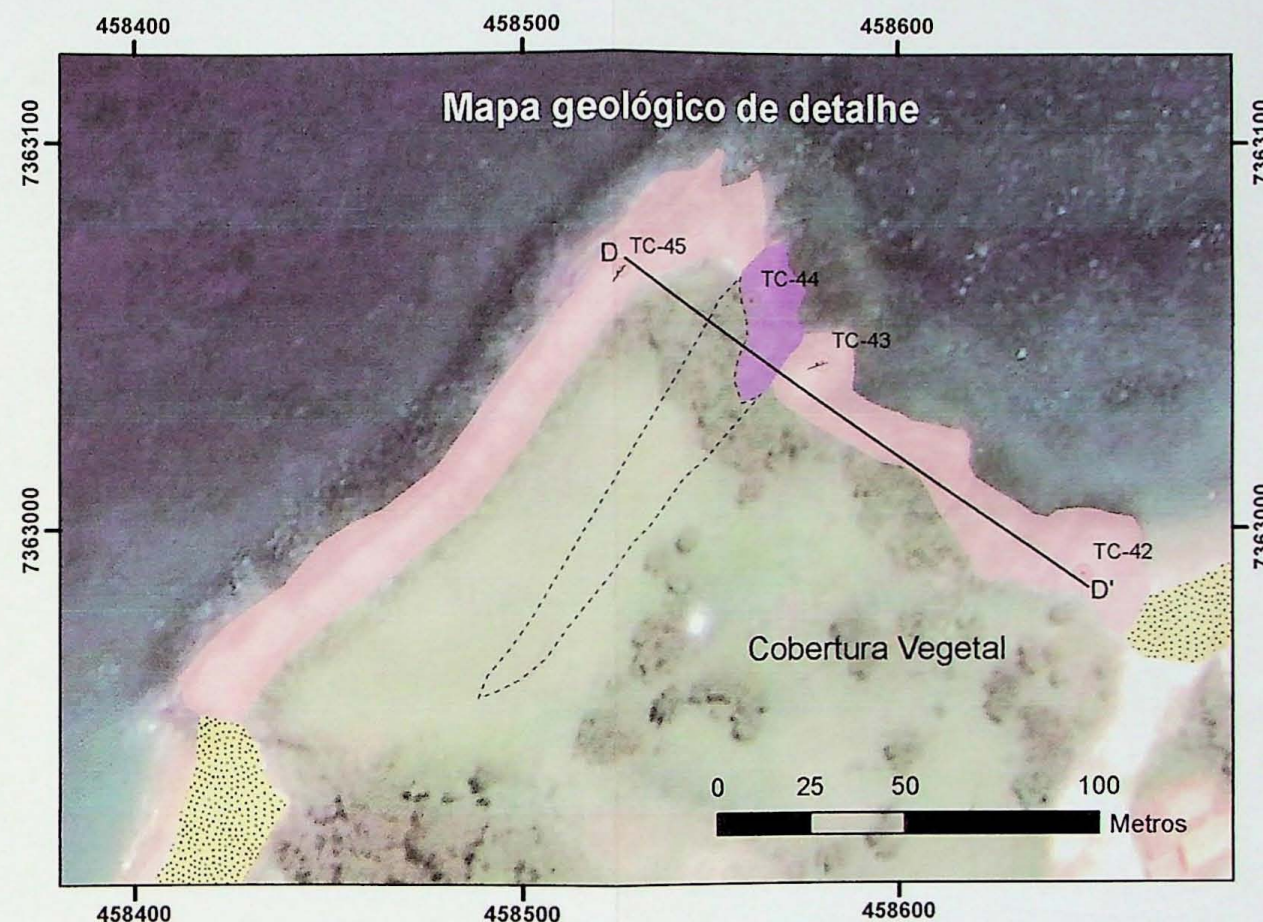
Litologias (Maffra, 2000)

- Depósitos quaternários
- Granito Guaecá fácies leucocrática com granada
- Granito Guaecá fácies a biotita
- Rochas miloníticas
- Complexo gnaissico-migmatítico com textura nebulítica schlieren
- Complexo gnaissico-migmatítico de textura estromática

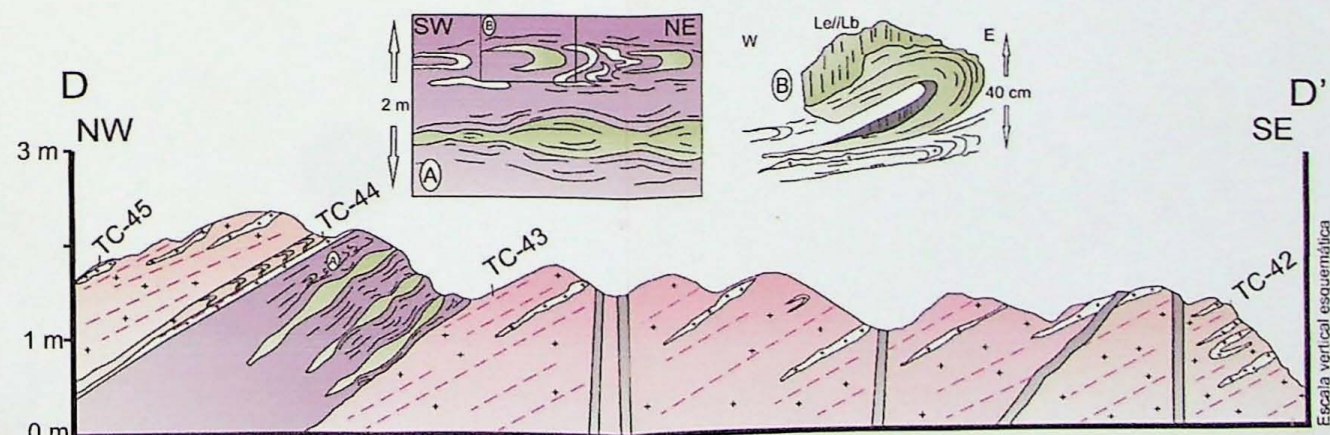
Estruturas

- Lineação de estirramento mineral
- Zona de cisalhamento
- Falha de cavalgamento
- Diques básicos mesozóicos
- Área do mapa de detalhe
- Foliação S_n
- Contato observado
- Contato inferido

* Mapa Geológico de São Sebastião compilados de Maffra, 2000



Seção Geológica D - D' - Ponta do Portinho (TC-42 - TC-45)



LEGENDA

- Lamprófiro
- Veios pegmáticos leucocráticos
- Rochas calciossilicáticas
- Gnaiss bandado
- Granito gnaiss grosso
- Dobras intrafoliais
- Foliação anastomosada
- Contato observado
- Contato inferido

Escala horizontal:
0 m 10 m

Informações:
Sistemas de coordenadas: UTM / 23K - Datum SAD69
Base topográfica: Caraguatatuba (SF-23-Y-D-VI-1)
São Sebastião (SF-23-Y-D-VI-3)

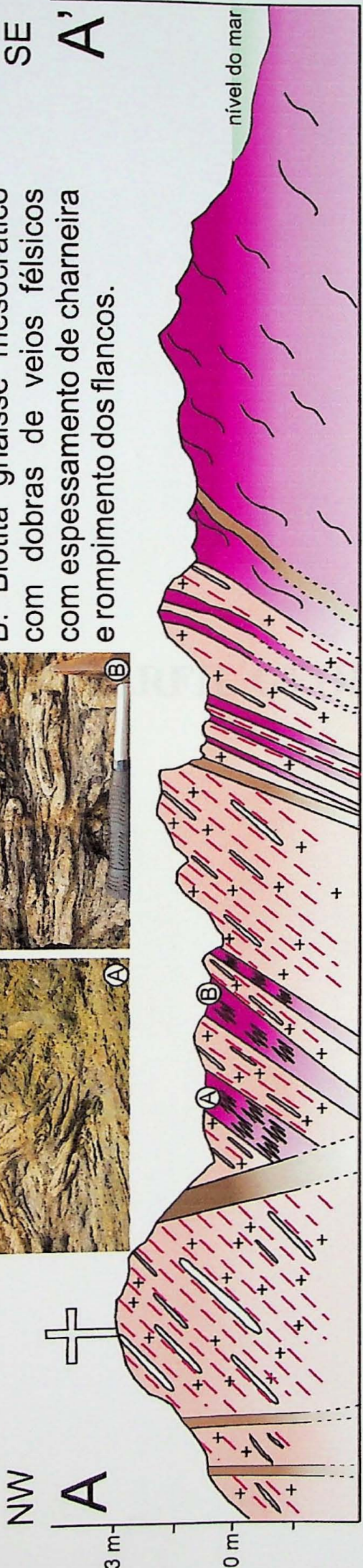
Autora: Glaucia Silva Barreto
Orientador: Prof. Dr. Johann H. D. Schorscher
Co-orientador: Me Vinicius Tieppo Meira
TF - 12/20

ANEXO III – PERFIL GEOLÓGICO A-A'

Seção Geológica A-A' - Praia da Siriúba (TC-07)



A: Biotita gnaisse mesocrático dobrado.
 B: Biotita gnaisse mesocrático com dobras de veios félsicos com espessamento de charneira e rompimento dos flancos.



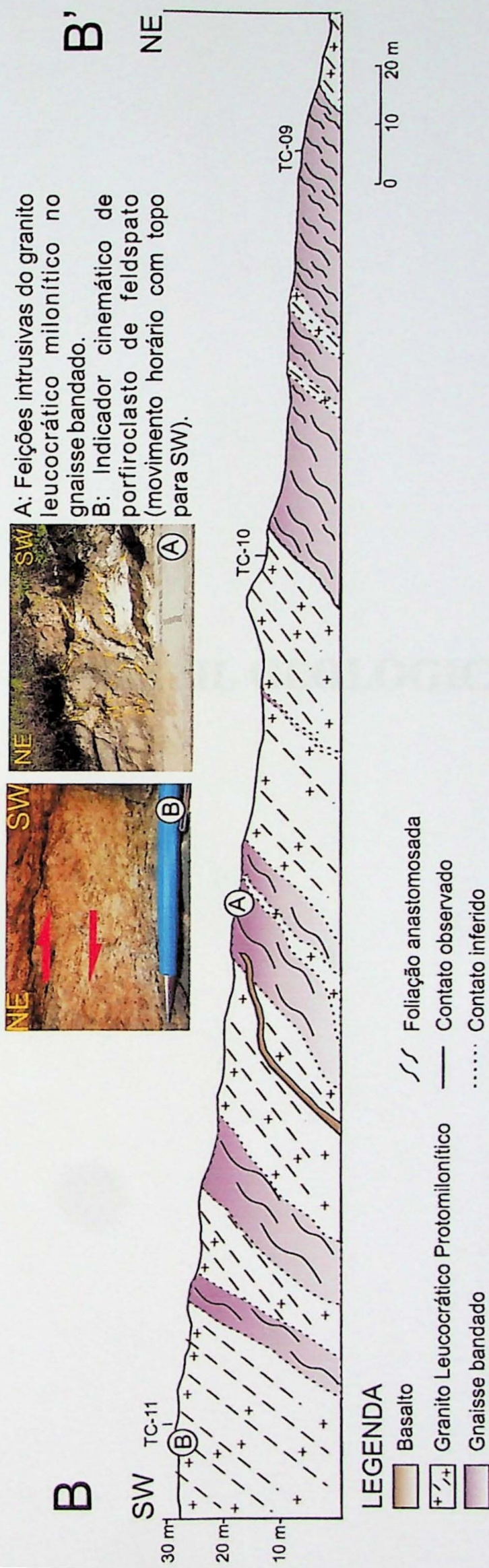
LEGENDA

- Basalto
- Veios pegmatíticos leucocráticos
- Biotita gnaisse mesocrático
- Granito gnaisse grosso
- Dobras intrafoliais
- Foliação anastomosada
- Contato observado
- Contato inferido

0 m 1 m 2 m

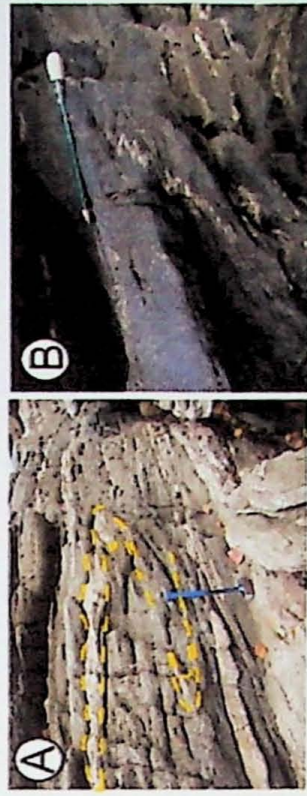
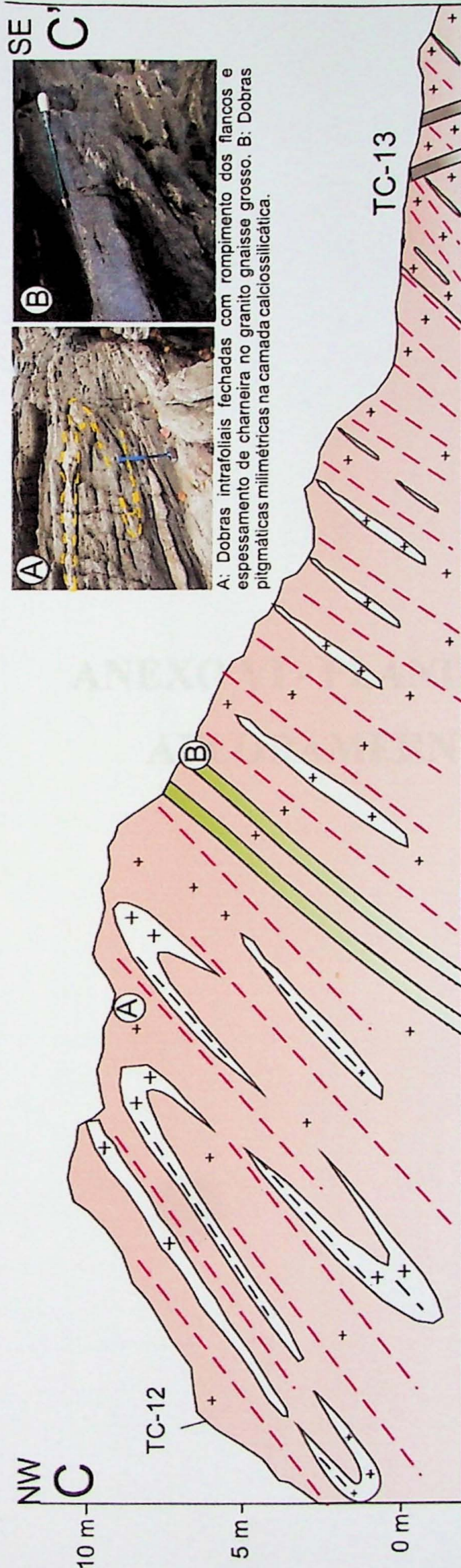
ANEXO IV – PERFIL GEOLÓGICO B-B'

Seção Geológica B - B' - Estrada principal, sul da praia do Barreiro (TC-09 ao TC-11)









ANEXO V – PERFIL GEOLÓGICO C-C'

Seção Geológica C-C' - Praias do Cural e Veloso (TC-12 e TC-13)



A: Dobras intrafoliais fechadas com rompimento dos flancos e espessamento de charneira no granito gnaisse grosso. B: Dobras pligmáticas milimétricas na camada calciossilicática.

LEGENDA

-  Lamprófiro
-  Veios pegmatíticos leucocráticos
-  Rochas calciossilicáticas
-  Granito gnaisse grosso
-  Dobras intrafoliais
-  Contato observado

**ANEXO VI - PLANILHA DE
AFLORAMERNTOS**

PONTO	DATA	UTM-E	UTM-N	Sn_TIPO	Sn_DIR	Sn_DIP	Ln_TIPO	Ln_DIR	Ln_DIP	TRANSPORTE		UNIDADE
										S_DIR_PA	S_DIP_PA	
TC-01		458810	7365731	Sn (principal)	308	24	lb	212	20		sinistral??	Granito gnaissico grosso
					296	25	//lest	295	30			
					286	30	//lest *	232	10			
					298	20	//lest	244	30			
TC-02	13/abr/12	458755	7365799	Sn (principal)	287	15	lest	245	30			Granito gnaissico grosso
					280	38	lest					
					293	35						
					303	35						
					336	30	//lest	280	20			
					330	30	lest	330	30			
					345	34	lest	355	35			
					298	25						
					279	32						
					358	42						
TC-03		458692	7365883	Sn (principal)	334	40	//lest	18	35			Granito gnaissico grosso
					346	45	//lest	26	32			
					345	40	//lest	32	30			
					340	40	//lest	30	22			
					332	42	//lest *	25	30			
					330	36						
					353	37						
					330	30						
TC-04		469935	7374932								Alcali-senilo	
TC-05		467816	7376006								Granito gnaissico migmatitico	
TC-06		464963	7374833								Gabbro	
TC-07	14/abr/12	464370	7373210	Sn (principal)	305	50	lest	238	22			Granito gnaissico grosso
					320	54	lest	242	30			
					300	69	lb	218	27	325		
					315	55	lb	190	20	295		
					306	59				47		
					314	40						
					300	42						
					320	60						
					322	50						
					306	40						
					289	58						
					296	34						
					308	78						
					291	42						
					280	25						
					308	78						
295	67											
288	63											
286	60											
308	65											

ROCHA DE COR EBRANQUICADA, estrutura foliada, de textura granoblastica média a grossa definida principalmente pelos planos de foliação e cristais de quartzo e feldspato (60%) e biotita (10%). (Biotita granito gnaissico com frequentes veios pegmatiticos concordantes à foliação). Esta litologia apresenta-se intercalada com rocha de coloração onza, estrutura foliada baseada miofílica, textura lepidoblástica fina definida por plinos de biotita e granoblastica definida em bandas milimétricas de quartzo / feldspato. Composta por quartzo (30%), feldspato (55%), biotita (10%) e magnetita (5%). (Biotita granito gnaissico miofílico fino). Estas litologias apresentam feições de deformação similitânea.

ROCHA granito gnaissico intercalada com bi granito gnaissico miofílico cortados por diques de basalto (Rocha de estrutura maciça, textura afanítica, composição básica, com veólitos centimétricos alongados do Bi. Granito gnaissico) e de lamprofílo (Rocha de estrutura maciça, com borda de resfriamento e núcleo de textura porfírica com feldspatos de oolita e proelino, rico em veólitos milimétricos) Diques de atitude N333? vertical.

Biotita granito gnaissico com granada de granação grossa com intercalações do bi granito gnaissico miofílico de espessura variada (centimétrica) concordante à foliação, sendo que a foliação miofílica encontra-se anastomosada

(Matacão) Rocha de coloração onza esverdeada, estrutura maciça, textura fibritica meio granular variada fina a grossa, composta por feldspatos prismáticos (65%), microclastos também prismáticos (3%), biotita anemical (2%) e feldspatos (10%). (Pauco foliada ou semiafoliada??)

Blocos rodados de granito gnaissico migmatitico (...) Gabbros estratiformes e xenitos

Blocos sobos de gabbros (mixção, estratiformes, brechados), xenitos e granito gnaissicos

Perfil na costa de intralacções entre bi granito gnaissico protomylonico grosso com veios pegmatiticos leucocráticos concordantes à foliação e bi gnaissico miofílico fino com diques intrafoliais, cortados por diques de lamprofílo de direção: 155/78; 138/86; 165/92; 319/64, 287/16, por vezes concordantes à foliação - silt.

PONTO	UTM-E	UTM-N	Sn_TIPO	Sn_DIR	Sn_DIP	Ln_TIPO	Ln_DIR	Ln_DIP	Ln_PA	Ln_SIP	Ln_DIP	Ln_PA	Ln_SIP	TRANSPORTE	DESCRIÇÃO LITOTIPOS		UNIDADE
															Fl, plaq?	felsipatidade, pa? e boita.	
TC-09	464262	7372569	Sn (principal)	305	45	Lent	240	12	Mauzões e blocos de semento de coroação esverdeada. (C= S; estrutura maciça, textura inequigranular média a grossa, compacta por Fl, plaq?, felsipatidade, pa? e boita.						Protomilonito leucocrático		
									304	40	Lent*	246	15				
									297	31	Lent	232	18				
									286	31	Lent	222	16				
									291	34	Lent	215	13				
									298	35	Lent	232	15				
									308	40	Lent	228	13				
									297	31	Lent	232	18				
									303	48	Lent**	218	10				
									299	50	Lent***	213	5				
TC-10	464437	7371641	Sn (principal)	307	38	Lent	230	15	Predomínio do boita grande grunise milonítica com intercalações de grunise fino fino em boita com veios miloníticos leucocráticos e ainda ocorrência de grunite hololeucocrático milonítico com muscovita a sul. O que basalmente de direção 130/60.						Grunise bandado		
									310	32							
									328	30							
									322	26							
									321	54							
TC-11	464276	7371492	Sn (principal)	326	54	Lent	231	8	Rocha leucocrática de estrutura protomilonítica média a grossa, composta por quartzo (15%), felsipato (54%), boita (4 %) e muscovita (2%), com lineações de estiramento e porfiroclastos de felsipato de 1 a 3 cm indicando topo para sul.						Protomilonito leucocrático		
									324	49	Lent	246	5				
									310	55	Lent	230	12				
									322	56	Lent*	241	12				
									320	50	Lent	242	20				
									316	60	Lent**	244	20				
									318	27							
									325	25	Lent	20	25				
									314	30	Lent	13	14				
									329	26	Lent	17	17				
									318	30	Lent	6	19				
									316	33	Lent	2	21				
									309	30	Lent*	18	10				
									340	30	Lent**	14	25				
									315	25	Lent***	5	20				
314	25	Lent	14	17													
TC-12	455866	7360294	Sn (principal)	324	20	Lent	12	20	Alburno heterogêneo. Boita grunise milonítica fino (rocha de estrutura foliada, textura milonítica, composta por quartzo (35%), felsipato (50%), boita (15%) e titanita? (traço), sendo que os cristais de felsipato aparecem na forma de porfiroclastos) e Rocha de granulção grossa leucocrática, composta por felsipato (67%), quartzo (10%) e boita (15%) na forma de veios pegmatoides aparentemente intrusivos concordantes à foliação milonítica, em dobrax liodinais intrafolias apontadas com espessamento de charneira e rompimento dos flancos. Ocorrem intercalações de grunise granoblastico fino com bandas foliadas milonéticas.						Granito grunise grosso		
									322	25	Lent****	10	15				
									332	22	Lent*****	10	17				
											Lb						
											Lb						
											Lb						
											Lb						

PONTO	DATA	UTM-E	UTM-N	Sn_TIPO	Sn_DIR	Sn_DIP	Ln_TIPO	Ln_DIR	Ln_DIP	S_DIR_PA	S_DIP_PA	TRANSPORTE	DESCRIÇÃO UTO TIPOS	UNIDADE
TC-13		455826	7360200	Sn (principal)	310	25							Boceta gnáisse foliada grossa protomilonítica composta por quartzo (30%), feldspato (52%), biotita (10%) e xenoclastos (8%). ocorrendo bandas milimétricas ricas em biotita e bandas granoblásticas quartzo feldspáticas estradas. Esta litologia encontra-se intrudida por diques de lamprofiro de direção 140/85; 148/80; 140/87. A sul do afloramento ocorrem blocos rolados de gábro, sienita e rochas básicas correspondentes aos diques.	Granito gnáisse grosso
TC-14		455837	7360091		305	36							Blocos soltos de Sienita (Rocha de estrutura maciça, Textura fanerítica inequigranular serrada grossa, composta por Fx (57%), plagioclásio (30%), feldspato (71%), mosiclicos (3-5%) e biotita (3%), os minerais de feldspato são evidentes, mosiclicos por vezes bem formados e por vezes intersticiais. Apresenta veios pegmatíticos centimétricos a milimétricos de contato irregular. Ocorrem também (em bem menor quantidade) blocos de gábro e lamprofiro.	Álcáli-sienito
TC-15		454568	7353639		320	25							Diversos blocos metéricos de sienita leucocrática, quando alterado apresenta coloração rosada e quando fresco apresenta cor esverdeada.	Álcáli-sienito
TC-16	16/abr/12	454925	7359539	Sn (principal)	355	30							Rocha de estrutura foliada, textura melanítica, composta por quartzo (10%), feldspato (55%), mosiclicos (1%) e biotita (12-17%). Boceta gnáisse protomilonítica rica em veios milimétricos físelos estrados, concordantes à foliação, por vezes rompidos. Por vezes veios leucocráticos definem dobras isoclinais intrafolias de granulação grossa. Também encontra-se cortado por dique de lamprofiro de direção 298/85.	Granito gnáisse grosso
TC-17		459266	7363492	Sn (principal)	302	48							Rocha de cor cinza, estrutura foliada, textura melanítica, composta por quartzo (10%), feldspato (55%), mosiclicos (1%) e biotita (12-17%). Boceta gnáisse protomilonítica rica em veios milimétricos físelos estrados, concordantes à foliação, por vezes rompidos. Por vezes veios leucocráticos definem dobras isoclinais intrafolias de granulação grossa. Também encontra-se cortado por dique de lamprofiro de direção 298/85.	Granito gnáisse grosso
TC-18		462831	7367410	Sn (principal)	305	35							Rocha muito alterada, de cor branca, estrutura foliada, textura melanítica grossa a muito grossa, composta por quartzo (28%), feldspato (porfirítico) (70%), aglomerações milimétricas de biotita (1%) e magnetita (1%).	Protomilonito leucocrático ?
TC-19		462854	7367492		302	48							Rocha de cor cinza, estrutura foliada (foliação de fluxo magnético), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e xenoclastos de feldspato (10%) que definem foliação de 1 a 7 cm. Rocha composta por quartzo (30%), feldspato (67%), biotita (9%), mosiclicos (arbitrário) (1%), muscovita (1%) e magnetita (traço). Apresenta ainda concentrações físelas bordadas por muscovitas centimétricas e constantemente observa-se inclusões de biotita no feldspato.	Granito porfírico
TC-20	05/out	462837	7367776	Sn (principal)	284	40							Rocha de cor cinza, estrutura foliada (foliação de fluxo magnético), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e xenoclastos de feldspato (10%) que definem foliação de 1 a 7 cm. Rocha composta por quartzo (30%), feldspato (67%), biotita (9%), mosiclicos (arbitrário) (1%), muscovita (1%) e magnetita (traço). Apresenta ainda concentrações físelas bordadas por muscovitas centimétricas e constantemente observa-se inclusões de biotita no feldspato. Este corpo apresenta uma intercalação/lente de cor cinza, estrutura foliada (foliação de fluxo magnético), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e xenoclastos de feldspato (10%) que definem foliação de 1 a 7 cm. Rocha composta por quartzo (30%), feldspato (67%), biotita (9%), mosiclicos (arbitrário) (1%), muscovita (1%) e magnetita (traço). Este corpo apresenta uma intercalação/lente com/ou o	Granito porfírico
TC-21		463166	7367403	Sn (principal)	314	36							Rocha de cor cinza, estrutura foliada (foliação de fluxo magnético), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e xenoclastos de feldspato (10%) que definem foliação de 1 a 7 cm. Rocha composta por quartzo (30%), feldspato (67%), biotita (9%), mosiclicos (arbitrário) (1%), muscovita (1%) e magnetita (traço). Este corpo apresenta uma intercalação/lente com/ou o	Granito porfírico
TC-22		463181	7367346	Sn (principal)	300	38							Alvoramento in situ, muito alterado. Rocha de cor branca, estrutura foliada, textura melanítica principalmente granoblástica média a grossa. IC = 2%. quartzo (30%), feldspato (68%), biotita + magnetita + muscovita (2%).	Protomilonito leucocrático
TC-23		463113	7367706		312	70							Corpo decamétrico arredondado, in situ ao pé de uma casa. Estrutura foliada (fluxo) com matriz leucocrática média a grossa, composta por quartzo (30%), feldspato (60%), biotita (7%), anfibolito (2%) e magnetita + muscovita (1%).	Granito porfírico
TC-24		464059	7365408	Sn (principal)	335	47							Afloramento no Corrego do Cego, blocos rolados principalmente de sienita até parecer uma laje in situ de rocha de cor cinza, estrutura foliada (de fluxo magnético) com estado sólido, com pequenos ribons de quartzo e cominuição leucocrática, textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e xenoclastos de feldspato (10%) que definem foliação de 1 a 7 cm. Rocha composta por quartzo (30%), feldspato (67%), biotita (9%), mosiclicos (arbitrário) (1%), muscovita (1%) e magnetita (traço).	Granito porfírico

PONTO	DATA	UTM-E	UTM-N	Sn_TIPO	Sn_DIR	Sn_DIP	Ln_TIPO	Ln_DIR	Ln_DIP	S_DIP_PA	S_DIR_PA	S_DIP_PA	S_DIR_PA	TRANSPORTE	DESCRICOES UTOTIPOS	UNIDADE
TC-25		465247	7365022	Sn (principal)	314	88	Umiferal	260	20						Afloramento na cachoeira da taca, laje in situ de rocha de cor cinza, estrutura foliada (de fluxo magmático), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e fenocristas de feldspato (alcalino)? (3%), magnetita (2%). Este litotipo apresenta diversos enclaves de quartzo (40%), feldspato (48%), biotita (7%), mosiclitico (anfíbio)? (3%), magnetita (2%). Este litotipo apresenta diversos enclaves de quartzo (40%), feldspato (48%), biotita (7%), mosiclitico (anfíbio)? (3%), magnetita (2%).	Granito porfírico
TC-26		463449	7363405	Sn (principal)	320	75									Afloramento na cachoeira do parque (1ª queda). Rocha de cor cinza, estrutura foliada, textura protomylonítica lepidogranoblástica com porfiroclastos de feldspato de 1 a 2 cm, relacionados e estrados, e ribons de quartzo de aprox. 1,5 mm de espessura, contínuos.	Granito porfírico
TC-27		463690	7363129	Sn (principal)	294	82									Cachoeira do parque (2ª queda). Rocha de cor cinza, estrutura foliada (fluxo magmático), textura porfírica com matriz inequigranular média e fenocristas de feldspato primário que definem foliação de 1 a 7 cm. Rocha composta por quartzo (40%), feldspato (48%), biotita (7%), mosiclitico (anfíbio)? (3%), magnetita (2%).	Granito porfírico
TC-28	06/out	463766	7363106	Sn (principal)	310	90									Cachoeira do parque (3ª queda). Rocha de cor cinza, estrutura foliada (fluxo magmático), textura porfírica com matriz inequigranular média e fenocristas de feldspato primário que definem foliação de 1 a 7 cm. Rocha composta por quartzo (40%), feldspato (48%), biotita (7%), mosiclitico (anfíbio)? (3%), magnetita (2%).	Granito porfírico
TC-29		464226	7362772	Sn (principal)	328	80									Cachoeira do parque (4ª queda). Rocha de cor cinza, estrutura foliada (fluxo magmático), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e fenocristas, quadros de feldspato que definem foliação de 3 a 8 cm. Rocha composta por quartzo (40-40%), feldspato (50%), biotita (7%), mosiclitico (anfíbio)? (3%), magnetita (2%).	Granito porfírico
TC-30		464264	7362797	Sn (principal)	320	65									Cachoeira do parque (5ª queda). Rocha de cor cinza, estrutura foliada (fluxo magmático), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e fenocristas quadrados de feldspato que definem foliação de 3 a 8 cm. Rocha composta por quartzo (40-50%), feldspato (40-50%), biotita (7%), mosiclitico (anfíbio)? (3%), magnetita (2%).	Granito porfírico
TC-31		463871	7366738		325	80									Cachoeira do parque (6ª queda). Rocha de cor cinza, estrutura foliada (fluxo magmático), textura porfírica com matriz inequigranular média a grossa e fenocristas quadrados de feldspato que definem foliação de 3 a 8 cm. Rocha composta por quartzo (40-40%), feldspato (50%), biotita (7%), mosiclitico (anfíbio)? (3%), magnetita (2%).	Granito porfírico
TC-32		463216	7366463	Sn (principal)	314	50									Correio da pastoreira. Blocos e massadas (ribons) de tensão (principalmente), granito porfírico e lamprofilo.	7
TC-33		461657	7365765	Sn (principal)	307	52									Rocha de cor cinza, estrutura foliada, textura protomylonítica (matriz média a grossa com porfiroclastos de feldspato de aprox. 1 cm), composta por quartzo (30%), feldspato (55%), biotita (7%), mosiclitico (3%) e magnetita (3%).	Granito gnaíse grosso
TC-34		461288	7365046	Sn (principal)	308	75									Barranco próximo a baía. Rocha de cor estranhada, foliada, textura protomylonítica (matriz de granulação média a grossa e porfiroclastos de até 3 cm de feldspato). Composta por quartzo (34%), feldspato (60%), biotita (5%) e magnetita (1%).	Granito gnaíse grosso
TC-35a		461199	7365590		304	30									Rocha de cor cinza, heterogênea, com porções com foliação de estado sólido (bandas centimétricas) e porções mais homogêneas, com foliação de fluxo magmático, matriz inequigranular média e fenocristas de feldspato, textura nemaliolepidogranoblástica, constantes incluem de mosiclitico de feldspato. Ocorrem biotitas (fasciosas e anfíbois), centimétricas, alongadas, de granulação grossa. Há também enclaves microgranulares "nulficos" (IC-20%), estrados centimétricos. Dique de diabásio agora de aprox. 1 m de espessura e direção 315/80.	Granito gnaíse grosso
TC-35b		461177	7365265	Sn (principal)	310	25									Marrote sustentado por lamprofilo com fenocristas de plagioclásio e piróxeno (20% de fenocristas). Direção do dique: 315/85.	Lamprofilo
TC-36		460818	7364841	Sn (principal)	320	30									Contato entre o dique de lamprofilo com granito gnaíse grosso muito alterado, de textura protomylonítica com porfiroclastos de feldspato de 1 a 2 cm.	Granito gnaíse grosso
TC-37	07/out	459438	7363616	Sn (principal)	302	32									Rocha muito alterada, estrutura foliada, textura miofílica protomylonítica lepidogranoblástica. Composta por quartzo, feldspato e biotita de granulação média, inequigranular com porfiroclastos de feldspato de aprox. 1 cm (até 3 cm). Apresenta bandas centimétricas de material mais mafico e mais fino.	Granito gnaíse grosso
TC-38		459592	7363820	Sn (principal)	315	20									Rocha de cor cinza, estrutura foliada, textura miofílica lepidogranoblástica, com ribons de quartzo e porfiroclastos de feldspato de aprox. 1 cm. Composta por quartzo (30%), feldspato (60%) e biotita (10%).	Granito gnaíse grosso
TC-39		458833	7361686	Sn (principal)	320	30									Trilha da cachoeira paricada d'água (1ª queda). Rocha porfírica com foliação de fluxo definida por cristais eufóricos de feldspato de aprox. 5 cm e alinhamento de minerais maficos (pequenas concentrações), matriz inequigranular média a grossa (composta por quartzo - 30%, feldspato - 50%, biotita - 7%, anfíbio - 3% e magnetita - 1%).	Granito porfírico
TC-40		458749	7361855	Sn (principal)	315	37									Trilha da cachoeira paricada d'água (1ª queda). Rocha porfírica com foliação de fluxo definida por cristais eufóricos de feldspato de aprox. 5 cm e alinhamento de minerais maficos (pequenas concentrações), matriz inequigranular média a grossa (composta por quartzo - 30%, feldspato - 50%, biotita - 7%, anfíbio - 3% e magnetita - 1%).	Granito porfírico
TC-41a		458618	7361951		308	28									Dique de rocha mafica, porfírica, com fenocristas de feldspato e biotita, matriz afanítica. Lamprofilo de aprox. 25 m de espessura ou mais.	Lamprofilo
TC-41b		458612	7362023		305	28									Dique de rocha mafica, porfírica, com fenocristas de feldspato e biotita, matriz afanítica. Lamprofilo de aprox. 25 m de espessura ou mais.	Lamprofilo
TC-42		458648	7362988	Sn (principal)	320	25									Rocha de cor cinza, estrutura foliada, textura protomylonítica com ribons de quartzo e porfiroclastos de feldspato de aprox. 1 cm. Composta por quartzo (30%), feldspato (60%) e biotita (10%).	Granito gnaíse grosso

PONTO	DATA	UTM-E	UTM-N	Sn_TIPO	Sn_DIR	Sn_DIP	Ln_TIPO	Ln_DIR	Ln_DIP	S_DIR_PA	S_DIP_PA	TRANSPORTE	DESCRIÇÃO LITOTIPOS		UNIDADE
													Descrição	Unidade	
TC-43		458580	7363043	Sn (principal)	345	20	lb	5	30				Granito gnaíse grosso com lusterio de grasse bandadas e bolsões métricos de rochas calcossilicáticas, mas tm deflexões dobras intralatas apertadas roncadas com rca // linação de estriamento. Calcossiláticas e grasse bandadas são definições por intercalação de bandas milimétricas ricas em anfíbios/ parafino e bandas granoblásticas com quartzo, feldspato, calcita e um pouco de esidoto + anfíbio.	granito gnaíse grosso	
TC-44		458561	7363059	Sn (principal)	0	28	le//lb	322	22				Granito gnaíse grosso e gnaíse calcossilítico (fim da lente metassedimentar) dobrado com o granito gnaíse grosso. Veios pegmatíticos fincos nos flancos roncados das dobras.	calcossilítica	
TC-45	08/out	458575	7363067	Sn (principal)	302	23	le//lb	342	20				Fim do perfil, granito gnaíse inequigranular, protomilonico com veios pegmatíticos centimétricos e fluxos, deformados, irregulares concordantes a subconcordantes a foliação.	granito gnaíse grosso	
TC-46		456075	7358565		332	20							Lage métrica do sentido médio, faeritico grosso inequigranular, reverteido, composto por feldspato (95%), quartzo (7%), mosicaco (2%), magnetita (1%) em aglomerado mafico.	sentido	
TC-47		463599	7369072	Sn (principal)	348	36	l (mineral)	332	20				Lage do granito porfirico com fenocristas de feldspato de aprox. 3 cm. (Composição: feldspato: 50-55%, quartzo: 35-40%, boita: 9%, magnetita: 1%). Fraturas: 345/88.	Granito porfirítico	
TC-48		463464	7369103		320	35							Pequeno afioramento em barranco de granito leucocrático alterado, estrutura levemente foliada e textura faeritica inequigranular média a grossa, composta por feldspato bem formado (7%), quartzo granular, intersticial (20%) e pequenas aglomerações de boita (1%). Este litotipo apresenta uma graduação para granulação mais fina, saca toda/ aplica quartzo feldspática	granito leucocrático milonítico	
TC-49		463334	7368953	Sn (principal)	290	48							Afioramento em barranco, parcialmente alterado de granito leucocrático de granulação grossa e textura milonítica, com foliação definida por feldspato estrado e agregados maficos no plano da foliação. Litotipo rico em veios pegmatíticos irregulares.	granito leucocrático milonítico	
TC-50		463717	7368492	Sn (principal)	325	40							Afioramento em lage em drenagem prov. a rua dos vagalumes. Granito porfirico com fenocristas de feldspato de até 5 cm (feldspato: 55%, quartzo: 35% e boita 10%).	Granito porfirítico	
TC-51		456648	7360668		315	30							Ribeiro São Sebastião. Matizes métricos de sentido rosado quando alterado e verde quando fresco. Estrutura macia, textura faeritica grossa, composta por feldspato (94%), quartzo intersticial (1%), mosicaco (1%), boita (1%) e magnetita (1%). Litotipo apresenta veios apáticos de aprox. 25 cm de espessura (líquido residual?).	granito gnaíse grosso	
TC-52		456719	7360480		334	32	le//lb	48	10				Matizes métricos de sentido rosado quando alterado e verde quando fresco. Estrutura macia, textura faeritica grossa, composta por feldspato (94%), quartzo intersticial (1%), mosicaco (1%), boita (1%) e magnetita (1%).	granito gnaíse grosso	
TC-53		456772	7360339	Sn (principal)	332	30							Lage do granito gnaíse grosso, rocha de cor cinza, estrutura foliada, textura protomilonica leucocrática marcada por concentrações alongadas de boita, estratamento de cristais de quartzo e feldspato (65%) cristais de aprox. 1 cm, quartzo (15-30%) granoblástico em ribons, moldando cristais maiores de feldspato, boita (5-7%) constituindo porções milimétricas leucoblásticas e magnetita (2%). Ocorrem bolsões quartzo feldspáticos com hornblenda (de aprox. 4 mm), difusos, centimétricos. Granito porfirico em lage externa, com foliação de fluxo magnético, de textura porfirica, sendo a matriz (70%) inequigranular grossa, composta por feldspato (60%), quartzo (30%), boita (8%), anfíbio (1%) e magnetita (1%) e fenocristas esverdeados a subesverdeados de 5 - 6 cm de fl. foliação definida pelos fenocristas e leias milimétricas, de agregados maficos, sendo que os fenocristas não apresentam perfino aumento // a foliação, com alguns cristais ortopirita // a foliação. Ocorrem bolsões pegmatíticos difusos que contem a foliação com hb	granito gnaíse grosso	
TC-54		456822	7360247	Sn (principal)	320	40							Matizes métricos de sentido rosado quando alterado e verde quando fresco. Estrutura macia, textura faeritica grossa, composta por feldspato (94%), quartzo intersticial (1%), mosicaco (1%), boita (1%) e magnetita (1%). Litotipo apresenta veios apáticos de aprox. 25 cm de espessura (líquido residual?).	granito gnaíse grosso	
TC-55	09/out	456839	7360141	Sn (principal)	305	20							Granito porfirico em lage externa, com foliação de fluxo magnético, de textura porfirica, sendo a matriz (70%) inequigranular grossa, composta por feldspato (60%), quartzo (10%), boita (6%), anfíbio (1%) e magnetita (1%) e fenocristas esverdeados a subesverdeados de 5 - 8 cm de fl. Doque de lampadário de direção 120/80.	Granito porfirítico	
TC-56		456927	7360014		324	45							Contato entre granito porfirico com rocha macia de granulação fina e tons esverdeados (loques de sentido ?) de aprox. 15 metros de espessura, voltando a aflorar granito porfirico, sendo que no contato do que ele capta fragmentos do granito porfirico de aprox. 9 cm. Subindo a cochete há varia estratões de lampadário no granito porfirico de aprox. 50 m de espessura (orientação do	Granito porfirítico	
TC-57		457048	7359954	Sn (principal)	376	30							Lage contendo de 7 metros de granito porfirico com cristais de anfíbio de até 1 cm e megacristas de feldspato de até 7 cm subesverdeados, quando irregulares. Ocorrem endocristos megacrísticos maficos de 15 cm estradas segundo a foliação e encaves fincos de granulação grossa concorrentes a boita, inseridos no granito porfirico. Duas de baseado contem a granito porfirico.	Granito porfirítico	
TC-58		464254	7371378	Sn (principal)	308	28	le//lb	330	10				Contato do granito gnaíse grosso parcialmente alterado com gnaíse bandado fino na base. Gnaíse bandado fino com bandas milimétricas granoblásticas quartzo feldspáticas e bandas milimétricas mais maficas com anfi/ pe e poquenas lentes de calcossiláticas (10mm), apresenta ainda veios milimétricos a centimétricos fincos formando dobras intralatas fechadas com espessamento de	granito gnaíse grosso	
TC-59		465488	7372532		320	35							Granito gnaíse grosso protomilonico bandado com bandas fincas de granulação mais grossa e leias ricas em boita.	granito gnaíse grosso	

PONTO	DATA	UTM-E	UTM-N	Sn_TIPO	Sn_DIR	Sn_DIP	Ln_TIPO	Ln_DIR	Ln_DIP	TRANSPORTE			DESCRIÇÃO LITOTIPOS	UNIDADE
										S	PA	DIP_PA		
TC-60		456000	7364277	Sn (principal)	318	38	Lest	30	10				Exposição de migmatitos metacíticos com estrutura dobrada e intercalações de pelo menos 3 tipos de rocha. Estrutura geral bandada/foliada, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo (30%), feldspato (60%), biotita (6%), granada (3%) e muscovita (1%), com aglomerações alongadas de biotita de granulação grossa. Ocorrem bandas centimétricas de rocha máfica com dobras intralobadas do primeiro material em seu interior em granada (modo litotipo distinto) embasamento? Lentes de approx. 1 m de cor cinza, estrutura foliada, granulação fina-média, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo (20-30%), feldspato (50%), biotita (15-20%), magnetita (2%) e granada (2%)> protólito?	gnaisse migmatítico milonítico com granada
					315	30	Lest	20	12					
					8	26	Lest	30	23					
					350	20	Lest	26	17					
					18	18								
TC-61	10/out	456097	7364291	Sn (principal)	270	15	Lest	350	5			Mesmo tipo anterior visto de outro corte (gnaisse migmatítico milonítico com granada), aqui observamos textura milonítica/protonionítica, com cristas de feldspato de até 8 cm e porfiroblastos quartzo feldspáticos/leucos de lentes estratificadas/estibagadas com o embasamento. Ocorrem bandas lenticulares de rocha máfica, cinza com lentes de rocha de cor cinza (calcossilicática e/ou metapamato). Deque de diâmetro de 1 m de espessura (140/90).	gnaisse migmatítico milonítico com granada	
					300	20								
					260	28								
TC-62		457271	7365168	Sn (principal)	270	10						Afloramento em costão na ponta NE da praia de Pitangueiras (São Sebastião). Predominam grt-mt-bt gnáissos inequigranulares grossos de coloração acinzentada (granito granatífero foliado ??). Ocorre ainda banda de approx. 1 m de espessura de grt-sill-bt visto quartoso de granulação grossa (ocorrem porfiroblastos de sill de até 2,5 cm). Aparentemente camada de grt-sill-bt visto encontra-se em dobra local, envolvido pelo grt-bt gnaisse granítico - foliação é // ao P.A. dessa dobra. Dentro da camada de grt-sill-bt visto (ou paragneisse - grt-sill-bt gnaisse) ocorrem bandas quartzosas dobradas intralocalmente - intercalações pelitos e psamitos com predomínio de pelitos). Ocorrem ainda veios apilto-pegmatíticos discordantes a subconcordantes à foliação principal. Há bandas tabulares equigranulares finas intercaladas no granito-gnaisse. Observou-se ainda camada de algumas decenas de centímetros de espessura com		
					324	45	Lull	34	20					
					335	55	Lull	32	30					
					322	45	Lull	34	22					
					334	50	Lull	35	30					

ANEXO VII – TABELA DE AMOSTRAS

PONTO	UTM-E	UTM-N	AMOSTRA	ROCHA	Orientada (S/N)
TC-01	458789	7365689	TC-01A	Biotita granito gnaissé grosso	N
TC-01	458789	7365689	TC-01B	Magnetita biotita granito gnaissé fino milonítico	S
TC-01	458789	7365689	TC-01 C	Banda félsica do Bt granito gnaissé fino milonítico	N
TC-01	458789	7365689	TC-01D	Lamprófiro	N
TC-01	458789	7365689	TC-01E	Basalto	N
TC-03	458679	7365851	TC-03	Biotita granito gnaissé fino	S
TC-04	469924	7374906	TC-04A	Sienito	N
TC-04	469924	7374906	TC-04B	Sienito	N
TC-05	467797	7375978	TC-05A	Biotita granito gnaissé grosso com granada (+ máfico)	N
TC-05	467797	7375978	TC-05B	Biotita granito gnaissé grosso com granada (+ máfico)	N
TC-05	467797	7375978	TC-05C	leucossoma ou veio quartzo feldspático com granada do biotita granito gnaissé migmatítico?	N
TC-05	467797	7375978	TC-05D	leucossoma ou veio quartzo feldspático com granada do biotita granito gnaissé migmatítico?	N
TC-06	464952	7374800	TC-06A	Sienito ou gabro com rapakivi??	N
TC-06	464952	7374800	TC-06B	Sienito com veios de granulação mais grossa e minerais azulados (sodalita?)	N
TC-06	464952	7374800	TC-06C	Gabro maciço com olivina	N
TC-06	464952	7374800	TC-06D	gabro com venulações félsicas	N
TC-06	464952	7374800	TC-06E	Sienito ou granito foliado?	N
TC-06	464952	7374800	TC-06F	Sienito ou granito foliado? Com banda de granulação mais fina	N
TC-07	464351	7373180	TC-07A	Biotita granito gnaissé protomilonítico médio-grosso	N
TC-07	464351	7373180	TC-07B	Biotita granito gnaissé médio - grosso	N
TC-07	464351	7373180	TC-07C	bt gnaissé bandado	N
TC-08	464236	7372541	TC-08	Sienito	N
TC-09	464488	7371693	TC-09A	Biotita granito gnaissé leucocrático milonítico	S
TC-09	464488	7371693	TC-09B	Biotita gnaissé bandado (banda mais máfica rica em biotita)	N
TC-09	464488	7371693	TC-09C	banda quartzosa fina do bt gnaissé fino bandado	N
TC-09	464488	7371693	TC-09D	banda de granulação média do biotita gnaissé bandado lepidogranoblástico	N
TC-09	464488	7371693	TC-09E	Biotita gnaissé bandado (banda mais máfica rica em biotita e granada) médio	S
TC-09	464488	7371693	TC-09F	Biotita gnaissé bandado fino	S
TC-09	464488	7371693	TC-09G	biotita granito porfirítico	N
TC-10	464420	7371607	TC-10A	Granito hololeucocrático milonítico com muscovita	N
TC-10	464420	7371607	TC-10B	Granito hololeucocrático milonítico com muscovita	N
TC-11	464259	7371464	TC-11A	Granito leucocrático grosso protomilonítico	S
TC-11	464259	7371464	TC-11B	Granito leucocrático grosso protomilonítico	S
TC-12	455860	7360258	TC-12A	Biotita gnaissé milonítico	N
TC-12	455860	7360258	TC-12B	Biotita gnaissé milonítico (variação bandada)	S
TC-12	455860	7360258	TC-12C	Pegmatito protomilonítico	S
TC-12	455860	7360258	TC-12D	Pegmatito protomilonítico	S
TC-12	455860	7360258	TC-12E	Granito róseo pegmatítico milonítico	S
TC-12	455860	7360258	TC-12F	Gnaissé bandado granoblástico fino / calciossilicática?	S
TC-12	455860	7360258	TC-12G	Gnaissé bandado granoblástico fino / calciossilicática?	S
TC-12	455860	7360258	TC-12H	Gnaissé granoblástico - calciossilicática?	N
TC-13	455802	7360158	TC-13A	biotita granito protomilonítico grosso (Lâmina)	N
TC-13	455802	7360158	TC-13B	Rocha máfica fanerítica grossa com sulfeto prateado lambrófiro? Gabro?	N
TC-13	455802	7360158	TC-13C	Contato do biotita granito com banda félsica	S
TC-14	455802	7360158	TC-14A	Sienito	N
TC-14	455802	7360158	TC-14B	Gabro??? (1bloco)!!!!	N
TC-14	455802	7360158	TC-14C	Lamprófiro	N
TC-15	454554	7353600	TC-15	Sienito	N
TC-16	454927	7359528	TC-16A	Bt gnaissé protomilonítico médio	S
TC-16	454927	7359528	TC-16B	Biotita gnaissé protomilonítico médio com veio pegmatítico/ a foliação	N
TC-16	454927	7359528	TC-16C	Lamprófiro	N
TC-17	459253	7363458	TC-17A	Biotita gnaissé protomilonítico médio - grosso	N
TC-17	459253	7363458	TC-17B	Biotita gnaissé protomilonítico médio - grosso com banda félsica	N
TC-19	462854	7367492	TC-19	Granito Porfirítico	N
TC-24	464059	7365408	TC-24A	Granito porfirítico	N
TC-24	464059	7365408	TC-24B	Granito porfirítico	N
TC-24	464059	7365408	TC-24C	Sienito	N
TC-25	465247	7365022	TC-25A	Granito porfirítico	N
TC-25	465247	7365022	TC-25B	Granito porfirítico	N
TC-25	465247	7365022	TC-25C	Veio félsico com aglomerações de biotita e magnetita	N
TC-32	463216	7366463	TC-32	Granito gnaissé grosso	N
TC-34	461288	7365046	TC-34	Granito porfirítico foliado	N
TC-36	460818	7364841	TC-36	Granito gnaissé grosso?	N
TC-37	459438	7363616	TC-37	Granito gnaissé grosso	N
TC-38	459592	7363820	TC-38A	Granito gnaissé grosso com anfibólio e titanita	N
TC-38	459592	7363820	TC-38B	Granito gnaissé grosso com anfibólio e titanita com veio de quartzo/epidoto	N
TC-38	459592	7363820	TC-38C	Granito gnaissé grosso com anfibólio	N
TC-39	458833	7361686	TC-39	Rocha mais fina e mais máfica intercalada no granito porfirítico (mistura de magmas?)	N
TC-33	458580	7363043	TC-43A	Granito gnaissé grosso (bt granito inequigranular grosso protomilonítico)	N
TC-43	458580	7363043	TC-43B	Gnaissé fino e bandado (base da sequência)	N
TC-43	458580	7363043	TC-43C	Boudin de calciossilicática (1ª camada)	N
TC-43	458580	7363043	TC-43D	Gnaissé fino e bandado * (orientada)	S
TC-43	458580	7363043	TC-43E	Gnaissé fino e bandado (dobra intrafolial)	N
TC-43	458580	7363043	TC-43F	Boudin de calciossilicática + grosso ** (orientada)	S
TC-44	458561	7363059	TC-44	Gnaissé calciossilicático mais grosso	N
TC-45	458525	7363067	TC-45A	Granito gnaissé grosso *(orientada)	S
TC-45	458525	7363067	TC-45B	granito gnaissé grosso ripo em anfibólio	N
TC-46	456075	7358565	TC-46	Alcali-sienito inequigranular grosso	N
TC-48	463464	7369103	TC-48	granito hololeucocrático fino com biotita em agregados máficos (porção aplítica)	N
TC-53	456772	7360339	TC-53	Granito gnaissé grosso (inequigranular com hbl)	N
TC-55	456839	7360141	TC-55	Granito porfirítico	N
TC-56	456927	7360014	TC-56A	Sienito	N
TC-56	456927	7360014	TC-56B	Lamprófiro	N
TC-56	456927	7360014	TC-56C	Granito porfirítico	N
TC-57	457048	7359954	TC-57	Granito porfirítico (com hbl)	N
TC-58	464254	7371378	TC-58A	Gnaissé bandado	N
TC-59	464254	7371378	TC-58B	Granito gnaissé grosso um pouco alterado	N
TC-60	456000	7364277	TC-60A	Biotita granito com granada inequigranular grosso foliado	N
TC-60	456000	7364277	TC-60B	Grt-hbl-bt granito melanocrático (rocha mais máfica)	N
TC-60	456000	7364277	TC-60C	Biotita gnaissé granoblástico (protólito?)	N
TC-61	456097	7364291	TC-61A	Biotita gnaissé (granito) inequigranular grosso protomilonítico	N
TC-61	456097	7364291	TC-61B	biotita gnaissé fino inequigranular com granada	N

COIXO 1

COIXO 2

COIXO 1

COIXO 3

+ TC-13D + 11A,B
+ TC-10A,B

COIXO 4

COIXO 4

+ 25B + TC-27
+ 25B

COIXO 5

+ TC-50
GPP. CAIXA

TC-59 gnaissé

**ANEXO VIII – TABELA DE AMOSTRAS
LAMINADAS**

PONTO	UTM-E	UTM-N	AMOSTRA	ROCHA	Orientada (S/N)
TC-01	458789	7365689	TC-01A	Granito gnaissé grosso	N
TC-01	458789	7365689	TC-01B	Biotita gnaissé milonítico fino	S
TC-02	458789	7365689	TC-01C	Granito gnaissé fino	N
TC-03	458679	7365851	TC-03	Biotita granito gnaissé fino	S
TC-05	467797	7375978	TC-05D	leucossoma ou veio quartzo feldspático com granada do biotita granito gnaissé migmatítico?	N
TC-07	464351	7373180	TC-07A	Granito gnaissé grosso	N
TC-07	464351	7373180	TC-07B	Biotita gnaissé mesocrático	N
TC-09	464488	7371693	TC-09A	Granito leucocrático milonítico (porção mais fina)	S
TC-09	464488	7371693	TC-09B	Gnaissé bandado (banda mais máfica rica em biotita)	N
TC-09	464488	7371693	TC-09E	Gnaissé bandado (banda mais máfica rica em biotita e granada)	S
TC-09	464488	7371693	TC-09F	Gnaissé bandado	S
TC-10	464420	7371607	TC-10A	Granito leucocrático milonítico (porção mais grossa)	N
TC-11	464259	7371464	TC-11A	Granito leucocrático milonítico	S
TC-11	464259	7371464	TC-11B	Granito leucocrático milonítico	S
TC-12	455860	7360258	TC-12B	Granito gnaissé grosso (um pouco mais fino)	S
TC-11	455860	7360258	TC-12C	Veio félsico pegmatítico milonítico	
TC-12	455860	7360258	TC-12D	Veio félsico pegmatítico milonítico	S
TC-12	455860	7360258	TC-12E	Veio félsico pegmatítico milonítico	S
TC-12	455860	7360258	TC-12F	Calciossilicática	S
TC-12	455860	7360258	TC-12G	Calciossilicática	S
TC-13	455802	7360158	TC-13A	Biotita granito protomilonítico médio - grosso	N
TC-13	455802	7360158	TC-13C	Banda félsica do biotita granito milonítico	S
TC-15	454554	7353600	TC-15	Sienito	N
TC-16	454927	7359528	TC-16A	Bt gnaissé protomilonítico médio	S
TC-17	459253	7363458	TC-17Ba	Granito gnaissé grosso	N
TC-17	459253	7363458	TC-17Bb	Veio leucocrático	N

ANEXO IX – TABELA DE AMOSTRAS COM ANÁLISE GEOQUÍMICA (FRX)

AMOSTRA	DATA	LOCAL	PROFUNDIDADE	ANÁLISE	REMARKS
TC-01	12/2014	406700	730000	TC-01A	...
TC-02	12/2014	406700	730000	TC-02A	...
TC-03	12/2014	406700	730000	TC-03A	...
TC-04	12/2014	406700	730000	TC-04A	...
TC-05	12/2014	406700	730000	TC-05A	...
TC-06	12/2014	406700	730000	TC-06A	...
TC-07	12/2014	406700	730000	TC-07A	...
TC-08	12/2014	406700	730000	TC-08A	...
TC-09	12/2014	406700	730000	TC-09A	...
TC-10	12/2014	406700	730000	TC-10A	...
TC-11	12/2014	406700	730000	TC-11A	...
TC-12	12/2014	406700	730000	TC-12A	...
TC-13	12/2014	406700	730000	TC-13A	...
TC-14	12/2014	406700	730000	TC-14A	...
TC-15	12/2014	406700	730000	TC-15A	...
TC-16	12/2014	406700	730000	TC-16A	...

**ANEXO IX – TABELA DE AMOSTRAS
COM ANÁLISE GEOQUÍMICA (FRX)**

GEOQUÍMICA - TF GLAUCIA (PROFª SCHORSCHER) - Análise GEO

PONTO	Contr. La	UTM-E	UTM-N	AMOSTRA	ROCHA
TC-01	12/1012	458789	7365689	TC-01A	Granito gnaiss grosso
TC-01	12/1013	458789	7365689	TC-01C	Biotita gnaiss milonítico fino
TC-07	12/1014	464351	7373180	TC-07A	Granito gnaiss grosso
TC-07	12/1015	464351	7373180	TC-07B	Biotita gnaiss milonítico fino
TC-10	12/1016	464420	7371607	TC-10A	Protomilonito leucocrático
TC-10	12/1017	464420	7371607	TC-10A	Protomilonito leucocrático
TC-12	12/1017	455860	7360258	TC-12B	Biotita gnaiss milonítico
TC-12	12/1018	455860	7360258	TC-12E	Protomilonito leucocrático
TC-13	12/1019	455802	7360158	TC-13A	Granito gnaiss grosso
TC-16	12/1020	454927	7359528	TC-16A	Granito gnaiss grosso

Duplicata - controle do laboratório

**ANEXO X – RESULTADOS ANALÍTICOS
BRUTOS**

	TC-01A	TC-01C	TC-07B	TC-07A	TC-10A		TC-12B	TC-12E	TC-13A	TC-16A	JG 1a		LD
	12/1012	12/1013	12/1014	12/1015	2/1016a	2/1016b	12/1017	12/1018	12/1019	12/1020	Obtida	remendada	
SiO2	74,78	66,02	70,76	49,91	73,86	74,25	67,12	72,89	61,37	62,82	72,39	72,19	0,03
TiO2	0,184	0,694	0,406	1,043	0,020	0,017	0,561	0,042	0,805	0,788	0,243	0,25	0,003
Al2O3	13,72	15,46	14,89	20,67	13,75	13,81	15,50	14,16	17,52	17,39	14,11	14,22	0,02
Fe2O3	1,67	4,76	3,02	9,35	0,12	0,11	3,79	0,23	5,33	4,81	1,97	2,05	0,01
MnO	0,017	0,046	0,038	0,131	0,001	0,002	0,063	0,003	0,080	0,063	0,057	0,06	0,002
MgO	0,28	1,10	0,68	4,55	< 0,01	< 0,01	1,59	0,04	2,16	1,79	0,68	0,69	0,01
CaO	2,80	2,65	3,99	3,22	0,38	0,38	3,30	0,35	5,25	4,65	2,15	2,13	0,01
Na2O	3,46	4,44	3,15	2,84	2,19	2,06	3,95	1,60	4,30	4,45	3,38	3,41	0,02
K2O	2,30	2,85	1,86	6,29	8,66	8,70	2,45	9,84	2,02	1,98	3,98	4,01	0,01
P2O5	0,035	0,282	0,099	0,130	0,008	0,007	0,155	0,083	0,248	0,273	0,079	0,08	0,003
Loi	0,42	1,42	0,36	0,97	0,30	0,32	0,82	0,32	0,54	0,48	0,59	0,59	0,01
Total	99,67	99,72	99,25	99,10	99,29	99,66	99,30	99,56	99,62	99,49	99,63	99,68	
Ba	2040	1421	1189	2291	495	496	363	2045	596	541	467	458	37
Ce	59	129	83	74	< 35	< 35	< 35	< 35	45	58	41	45,2	35
Co	< 6	8	< 6	24	< 6	< 6	8	< 6	12	11	< 6	5,7	6
Cr	< 13	< 13	< 13	205	39	33	< 13	< 13	13	< 13	28	18,6	13
Cu	< 5	44	< 5	32	< 5	< 5	< 5	5	6	< 5	< 5	1,3	5
Ga	10	15	12	17	9	10	16	< 9	17	17	13	17	9
La	34	81	41	19	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28	17	21,8	28
Nb	< 9	15	< 9	16	< 9	< 9	< 9	< 9	9	< 9	11	12	9
Nd	26	61	28	32	< 14	< 14	< 14	< 14	28	21	23	21	14
Ni	< 5	< 5	5	108	< 5	< 5	9	< 5	10	11	9	6,4	5
Pb	< 4	10	< 4	14	29	28	< 4	13	< 4	< 4	8	27	4
Rb	46	101	58	254	195	194	81	176	61	89	174	180	3
Sc	< 14	< 14	< 14	23	< 14	< 14	< 14	< 14	< 14	< 14	< 14	6,31	14
Sr	301	299	309	329	142	141	405	396	649	739	179	185	2
Th	< 7	16	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	12,1	7
U	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	4,7	3
V	15	67	27	117	< 9	< 9	62	10	96	86	19	23	9
Y	7	28	14	12	8	7	5	2	16	9	34	31,6	2
Zn	30	75	49	135	4	3	69	7	88	83	38	38,8	2
Zr	132	370	231	145	34	35	100	18	127	159	119	121	2
Cl	< 50	311	< 50	211	< 50	< 50	84	< 50	85	77	295		50
F	< 500	685	< 500	2119	< 500	< 500	600	< 500	630	549	692	450	500
S	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	10	550

DVD-R

Gravável



TF_12-20

Titulo

Data

Disco

MODEL

ARMA

VELOC

VALID

DE VID

E MAN

Geologia e Tectônica da
Porção oeste da Ilha de São
Sebastião, SP e a comparação
com as áreas continentais
adjacentes

GLAUCIA S. BORETO / JOHANN HANS
DANIEL SCHORSCHER / VINICIUS
TIEPPO MEIRA



