

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**GABROS ESTRATIFORMES DA REGIÃO NORTE DA ILHA DE SÃO
SEBASTIÃO, SP**

GEANI ARAÚJO LIMA

Orientador: Dr. Johann Hans Daniel Schorscher

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA



Nome

Assinatura

Presidente: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher

J. Hans D. Schorscher

Examinadores: Prof. Dr. José Moacyr Vianna Coutinho

José Moacyr Vianna Coutinho
Leila Soares Marques

Prof^a. Dr^a. Leila Soares Marques

**SÃO PAULO
2001**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

GABROS ESTRATIFORMES DA REGIÃO NORTE DA ILHA DE SÃO
SEBASTIÃO, SP

Geani Araújo Lima

Orientador: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO
2001

DEDALUS - Acervo - IGC



30900007280

*Dedico esta tese ao meu Pai
e minha tia (Naiá) que não
estão mais entre nós*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de uma forma ou de outra acompanharam, ajudaram, opinaram e incentivaram a elaboração desta dissertação de mestrado.

Prof. Dr. J. Hans D. Schorscher pelas correções, informações e sugestões que foram imprescindíveis para a finalização desta tese.

Aos funcionários do Instituto de Geociências, em especial para José Carlos (LTA) e Samuca (GMG), pela ajuda na preparação das amostras, ao Cláudio (gatão) e todo o pessoal da laminação, pela confecção das lâminas, ao Jairo (fotógrafo), Ana Paula, e Magali (Secretaria de Pós), pelos incentivos e auxílios prestados durante esse período, ao Tadeu, Angélica, ao pessoal da biblioteca em especial a Brenda, Érica e Cida, a Aninha pela confecção das seções polidas para sonda, ao Marcos pelas inúmeras tentativas de marcar meu horário, ao João e Paulinho (Lab. Fluorescência de raios - X - IG), ao Claudionor e todo o pessoal da gráfica.

Ao Prof. Dr. Giulio Morteani, Diretor da Universidade Técnica de Munique, pela análise dos dados litogeоquímicos por fluorescência de raios - X.

A CAPES, pelo fornecimento de bolsa, durante um determinado período.

Aos colegas Xapinha pelo auxílio nos trabalhos de campo, ao Peter pela ajuda na elaboração dos gráficos e normas, a Priscila pela formatação das tabelas e sugestões no texto, a Tatiana pela formatação das referências.

A todos os colegas da Pós pelo apoio, incentivo, e ajuda ao longo de todo este período, em especial ao Poblemo, Xapinha, Xita, Peter, Edir, Iede, Klaus, Docinho, 99, Troglô, Valdemar, Rosana, Gilson, Werner, Yuri, Torrinha, Apum, Melanoma e Anabel.

Aos colegas Zélia, Mangueira, Viena, Panzer, Ordenha pelo acompanhamento e execução do campo de 1994, que deu origem a esta loucura.

Aos colegas Márcio, Edilson, Ana, Pitelli, Kleber, Adriana, Cleber, César, Ciça, Edson, Lúcia, Tana, Cida e Ivo da Prefeitura Municipal de Guarulhos pelo apoio e incentivo.

Ao Jane e Cris pela elaboração dos mapas.

A todos meus colegas de turma que me incentivaram na elaboração desta tese.

A todos os professores do Instituto de Geociências.

A minha mãe e irmão pelo amor e paciência, durante todo este tempo, aos meus tios e primos que sempre estiveram presentes, e ao meu cachorro e hamster, por aguentarem meu mau humor.

SUMÁRIO

FIGURAS.....	ii
TABELAS.....	iii
FOTOGRAFIAS CAMPO.....	iii
FOTOGRAFIAS AMOSTRA.....	iv
FOTOMICROGRAFIAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	01
2. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS.....	02
2.1. Localização e vias de acesso.....	02
2.2. Geomorfologia.....	02
2.3. Clima e vegetação.....	04
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	05
3.1. Trabalhos preliminares e em acompanhamento a pesquisa	05
3.2. Trabalhos de campo.....	06
3.3. Trabalhos Laboratoriais Analítico-Experimentais.....	06
3.3. Trabalhos finais: Análise integrada dos resultados e confecção da dissertação	08
4. GEOLOGIA REGIONAL: REVISÃO E DADOS NOVOS.....	09
4.1. Generalidades.....	09
4.2. Histórico e Evolução dos Conhecimentos.....	10
4.3. Geologia e Tectônica da Ilha de São Sebastião.....	11
5. GEOLOGIA DA REGIÃO N DA ILHA DESÃO SEBASTIÃO.....	18
5.1. Levantamento de Campo.....	19
5.2. Conclusões dos Levantamentos de Campo.....	27
6. ESTUDOS PETROGRÁFICOS.....	28
6.1. Gnaisses, Migmatitos e Granitóides do Complexo Precambriano.....	29
6.2. Rochas das Intrusões Gábricas Diferenciadas.....	30
6.3. Diques Básicos a Intermediários.....	40
6.4. Sienitos.....	41
6.5. Conclusões dos Estudos Petrográficos.....	46
7. LITOGEOQUÍMICA.....	63
7.1. Análise e Tratamento de dados.....	63
7.2. Diques básicos e ultrabásicos a intermediários.....	64
7.3. Gabros Estratiformes e Rochas Associadas.....	83
7.4. Sienitos.....	138
7.5. Conclusões dos estudos Litogegeoquímicos.....	153
8. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS SOBRE A EVOLUÇÃO GEOLÓGICA LOCAL.....	155
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	160

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização e Geológico do Estado de São Paulo.....	03
Figura 2 - Mapa Geológico da Ilha de São Sebastião.....	17
Figura 3 - Mapa Geológico de detalhe da área estudada.....	23
Figura 4 - Mapa de pontos da Ponta da Pacuíba.....	24
Fig. 7.2.1 – Diagramas de classificação dos diques ultrabásicos a intermediários....	74
Fig. 7.2.2 – idem.....	75
Fig. 7.2.3 – Diagrama AFM dos diques ultrabásicos a intermediários.....	76
Fig. 7.2.4 – Variogramas binários para os óxidos maiores dos diques.....	77
Fig. 7.2.5 – Variogramas binários para os elementos traço dos diques.....	78
Fig. 7.2.5 – idem.....	79
Fig.7.2.6 – Variogramas binários comparativos dos diques ultrabásicos a intermediários.....	80
Fig. 7.2.7 – Diagramas de interpretação de possíveis ambientes.....	81
Fig.7.2.8 – Variogramas multielementares dos diques ultrabásicos a intermediários	82
Fig. 7.3.1 – Diagrama TAS, para todos os gabros estudados.....	112
Fig. 7.3.2 – Diagrama de classificação de Winchester e Floyd, para todos os gabros estudados.....	113
Fig. 7.3.3 – Diagrama de McDonald e Katsura, para todos os gabros estudados.....	114
Fig. 7.3.4 – Diagrama AFM, para todos os gabros.....	115
Fig. 7.3.5 – Diagramas de classificação para todos os gabros principais.....	116
Fig. 7.3.6 A – Variogramas binários segundo Harker, para os óxidos maiores de todas as amostras estudadas.....	118
Fig. 7.3.6 B – Variogramas binários segundo Harker, para os elementos traço todas as amostras estudadas.....	119
Fig. 7.3.6 B – continuação	120
Fig. 7.3.7 A – Variogramas binários dos óxidos maiores, versus nº. de MgO para todas as amostras.....	121
Fig. 7.3.7 B – Variogramas binários dos elementos traço, versus nº. de MgO, para todas as amostras	122
Fig. 7.3.7 B – continuação	123
Fig. 7.3.8 – Variogramas multielementares para as rochas gábricas principais.....	124
Fig. 7.3.9 – Variogramas multielementares dos leucogabros.....	125
Fig. 7.3.10 – Variogramas multielementares dos mesogabros.....	126
Fig. 7.3.11 A – Variogramas binários segundo Harker, para os óxidos maiores dos mesogabros bandados rítmicos.....	127
Fig. 7.3.11 B – Variogramas binários segundo Harker, para os elementos traço dos mesogabros bandados rítmicos.....	128
Fig. 7.3.11 B – continuação.....	129
Fig. 7.3.12 A – Variogramas binários segundo Harker, para os óxidos maiores versus #MgO, dos mesogabros bandados rítmicos.....	130
Fig. 7.3.12 B – Variogramas binários segundo Harker, para os elementos traço versus #MgO, dos mesogabros bandados rítmicos.....	131
Fig. 7.3.12 B – continuação.....	132
Fig. 7.3.13 - Variogramas multielementares dos mesogabros bandados rítmicos.....	133
Fig. 7.3.14 – Variogramas multielementares das brechas subvulcânicas e intrusivas gábricas.....	134

Fig. 7.3.15 – Variogramas multielementares dos diferenciados tardios.....	135
Fig. 7.3.16 – Variogramas binários das brechas magmáticas basálticas e gábricas..	136
Fig. 7.3.17 – Variogramas multielementares dos gabros finos.....	137
Fig. 7.4.1 – Classificação dos sienitos nos diagramas TAS.....	142
Fig. 7.4.2 – Classificação dos sienitos nos diagramas de Winchester e Floyd.....	143
Fig. 7.4.3 A - Variogramas binários segundo Harker, para os óxidos maiores dos sienitos.....	144
Fig. 7.4.3 B - Variogramas binários segundo Harker, para os elementos traço dos sienitos.....	145
Fig. 7.4.3 B – continuação.....	146
Fig. 7.4.3 B – continuação.....	147
Fig. 7.4.4 A - Variogramas binários segundo Harker, para os óxidos maiores versus #MgO, dos sienitos	148
Fig. 7.4.4 B - Variogramas binários segundo Harker, para os elementos traço versus #MgO, dos sienitos.....	149
Fig. 7.4.4 B – continuação.....	150
Fig. 7.4.4 B – continuação.....	151
Fig. 7.4.5 – Variogramas multielementares dos sienitos.....	152

TABELAS

Tabela 6.1- Gnaisses, Migmatitos e Granitóides do Complexo Precambriano....	29
Tabela 6.2.1 – Brechas magmáticas.....	37
Tabela 6.2.2 – Leucogabros.....	38
Tabela 6.2.3 – Meso a melagabros e ultramáficas.....	39
Tabela 6.2.4 - Rochas da fase final e veios.....	40
Tabela 6.2.5 - Gabros finos.....	43
Tabela 6.3.1 - Diques mesozóicos.....	44
Tabela 6.4.1 - Sienitos.....	45
Tabela 7.1. – Limites de detecção dos dados litogegeoquímicos	64
Tabela 7.2.1 - Dados litogegeoquímicos dos diques ultrabásicos a intermediários..	71
Tabela 7.2.2 - Dados normativos dos diques ultrabásicos a intermediários.....	73
Tabela 7.3.1 - Dados litogegeoquímicos dos Mesogabros.....	93
Tabela 7.3.5 - Dados normativos dos Mesogabros.....	97
Tabela 7.3.2 - Dados litogegeoquímicos dos leucogabros.....	100
Tabela 7.3.6 - Dados normativos dos Leucogabros.....	105
Tabela 7.3.3 - Dados litogegeoquímicos dos brechas e veios tardios.....	107
Tabela 7.3.7 – Dados normativos das brechas e veios.....	108
Tabela 7.4.2 - Dados litogegeoquímicos dos gabros finos.....	109
Tabela 7.5.2 - Dados normativos dos Gabros finos.....	111
Tabela 7.4.1 - Dados litogegeoquímicos dos sienitos.....	140
Tabela 7.7.2 - Dados normativos dos Sienitos.....	141

FOTOGRAFIAS DE CAMPO

Prancha 1 – Modo de Ocorrência dos Gabros da Ponta da Pacuíba.....	48
Prancha 2 – Relações de contato interna dos gabros.....	49
Prancha 3 – Feições estruturais dos gabros.....	50
Prancha 4 – idem.....	51

Prancha 5 – Relações de contatos com outros litotipos.....	52
--	----

FOTOGRAFIAS DAS AMOSTRAS

Prancha 6 – Leucogabros.....	53
Prancha 7 – Mesogabros.....	54
Prancha 8 – Gabros finos.....	55
Prancha 9 – Sienitos.....	56

FOTOMICROGRAFIAS

Prancha 10 – Mesogabros – Lupa.....	57
Prancha 11 – Leucogabros – Lupa.....	58
Prancha 12 – Contatos com gabros finos e veios tardios - Lupa.....	59
Prancha 13 – Gabros finos – Lupa.....	60
Prancha 14 – Aspectos texturais e mineralógicos dos gabros.....	61
Prancha 15 – idem.....	62

RESUMO

Intrusões gábricas estratiformes com diferenciados ultramáficos e ultrabásicos afloram na parte NNW da Ilha de São Sebastião em três áreas de ocorrência principais: na Ponta da Pacuíba, Ponta das Canas e Praia da Armação. Representam uma ocorrência nova, singular no que diz respeito à preservação estrutural, textural e mineralógica das rochas intrusivas, que complementa o quadro do plutonismo mesozóico da ilha, previamente restrito aos sienitos dos *stocks* denominados Serraria, São Sebastião e Mirante. Os afloramentos são tipicamente de "mar de blocos" parautóctones, dificultando o estabelecimento preciso das relações magmato-estratigráficas e estruturais internas dos corpos no campo.

As intrusões gábricas cortam o embasamento precambriano granito-gnaissico e migmatítico do Complexo Costeiro do Litoral Norte de São Paulo, inclusive uma geração de diques básico-ultrabásicos, compreendendo diabásios seguidos de lamprofiros, inicial do magmatismo mesozóico. Os gabros são cortados inicialmente por seus diferenciados tardios, incluindo peridotitos e piroxênitos em veios por vezes pegmatóides e anortositos em veios e venulações, seguidos de microgabros em diques bem definidos. Seguem-se ainda uma 2^a geração de diques básicos a intermediários, variando de basaltos a dacitos, por vezes, microxenolíticos e transicionais para verdadeiras brechas magmáticas, assim como a intrusão dos sienitos do *stock* Serraria. As relações entre a 2^a geração de diques e os sienitos não é clara; afloramentos regionais indicam que os diques da 2^a geração poderiam ser também intrusivos nos sienitos.

Dentre os constituintes maiores dos corpos gábricos estratiformes destaca-se leuco e mesogabros como litotipos principais, seguidos, com abundância decrescente, de piroxênitos, anortositos e peridotitos, ora isotrópicos, ora cumuláticos com estruturas de sedimentação magmática, tais como bandamento/acamamento plano-paralelo (em bandas de espessura e composições variáveis), bandamento rítmico, estratificação gradacional, cruzada acanalada associada a discordâncias erosivas, além de estruturas de deformação gravitacional (por *slumping* e *sliding*) e brechas de borda e de reintrusão de câmara magmática, entre outras.

Os estudos petrográficos e litogegeoquímicos multielementares via FRX revelaram:

- 1) A ocorrência associada nas duas gerações de diques, de rochas básico-ultrabásicas a intermediárias de linhagens magmáticas diferentes do clã basáltico, subalcalinas e alcalinas incluindo na 1^a geração lamprofiros, indicando atividade magmática de fontes mantélicas distintas e heterogêneas.
- 2) A formação dos corpos gábricos diferenciados por reintrusões múltiplas, gerando rochas de duas linhagens principais, uma de gabros subalcalinos a tholeíticos e a outra de gabros alcalinos nefelínicos; ambas, com seus respectivos diferenciados de câmara magmática, compreendendo peridotitos, piroxênitos e anortositos, precoces cumuláticos estratiformes, e em veios intrusivos tardios, por vezes, muito grossos pegmatóides. As reintrusões originaram as brechas de câmara magmática com fragmentos de gabros e seus diferenciados em matrizes gábricas, variando de grossas até microgábricas. Por fim, ocorreu ainda, já em estado de consolidação e resfriamento mais avançado das intrusões principais, como um último pulso do magmatismo gábrico, direto da fonte mantélica, a intrusão dos gabros finos em diques, também subalcalinos e alcalinos.

3) A intrusão sienítica do *stock* Serraria predominantemente alcalina (com nefelina modal e normativa) a saturada (até <0,5% de quartzo normativo), evidenciando plagioclásio e olivina em restos de ressorção incompleta, entretanto, apresenta quimismo bem definido e pouco variável, drasticamente diferente dos gabros principais, tanto subalcalinos a tholeiíticos quanto alcalinos, e seus diferenciados.

Com base nos resultados petrográficos e nas modelagens litogeоquímicas conclui-se que, os gabros principais subalcalinos a tholeiíticos e alcalinos poderiam ter relações genéticas entre si e com os diques básico-ultrabásicos das duas gerações, sendo derivados de fontes mantélicas de tipo OIB ou similares, por fusão parcial variável e tendo sofrido fracionamento de cromita e olivina com Ni durante a ascensão. Representariam frações deste magmatismo colocadas em corpos intrusivos menores, em consequência do abortamento temporário da tectônica de abertura do sistema de rift que gerou os enxames de diques do Canal de São Sebastião (pré e pós-gabros). Com base apenas em modelagens litogeоquímicas não podem ser excluídas relações genéticas de diferenciação por cristalização fracionada entre os gabros principais e os sienitos do *stock* Serraria. Entretanto, a ocorrência de xenólitos angulosos de gabros e piroxênitos nos sienitos, a falta de termos petrográficos e geoquímicos transicionais e também as proporções volumétricas relativas muito predominantes dos sienitos, sugerem que estes não são produtos de diferenciação dos gabros. Os sienitos poderiam estar geneticamente relacionados com carbonatitos que, embora raros e subordinados, já foram descritos e postulados na literatura como eminentes para a região. Por fim, ocorrem os diques básicos a intermediários da 2^a geração, cortando as intrusões gábricas já em estado sólido frio. Regionalmente, observam-se diques análogos e, possivelmente, desta mesma geração, cortando também os sienitos, pelas relações de contato, quando ainda quentes. A última fase do magmatismo mesozóico é representada regionalmente por diques de traquitos, equivalentes subvulcânicos dos sienitos, que os cortam, junto com suas encaixantes precambrianas.

A peculiaridade e variabilidade petrográfica e geoquímica do magmatismo mesozóico da Ilha de São Sebastião e demais ocorrências regionais das ilhas Monte do Trigo, Às Ilhas e Búzios, entre outras, além das imediações continentais litorâneas, parecem caracterizar uma associação geotectônica maior, relacionada às especificidades asteno-litosféricas, compostionais, termais e tectônicas de abertura do Atlântico Sul, nesse seu segmento de tempo e espaço. Dados geocronológicos da literatura indicariam: ~140-120 Ma para a colocação dos diques da 1^a geração; ~95-86 Ma para a intrusão dos gabros estratiformes; ~85-80 Ma para a intrusão dos sienitos e ~81-55 Ma para os diques da 2^a geração.

ABSTRACT

Novel stratiform gabbroic intrusions with ultramafic and ultrabasic differentiates at *Ponta da Pacuíba*, *Ponta das Canas* and *Praia da Armaçã*, NNW *São Sebastião* Island, SP, complement the spectrum of Mesozoic plutonism on the island, hitherto restricted to the *Serraria*, *São Sebastião* and *Mirante* syenite stocks and several smaller analogous occurrences. Restricted coastal outcrop areas range from a few hundred m to about 2 km in maximum extent, typically consisting of fields of m-sized and larger, spheroidally exfoliated parautochthonous boulders and blocks. Thus the internal magmato-stratigraphical and structural relationships of the gabbro intrusions are difficult to establish.

The gabbro bodies cut Precambrian granitic-gneisses and migmatites of the *Complexo Costeiro* as well as Mesozoic ultrabasic to intermediate dykes (diabases followed by lamprophyres) representing the initial stage of Mesozoic magmatism on São Sebastião Island. The gabbro intrusions, the second stage of Mesozoic magmatism on the island, were intruded by their own magma-chamber late-stage differentiates (vein-type peridotites, pegmatoid clinopyroxenites, anorthosites and, finally, microgabbro dykes). The gabbros were intruded later by a second generation of basalt through dacite dykes and by the syenites of the *Serraria* stock. These dykes may be microxenolithic gradational with true magmatic breccias carrying only gabbro and related intrusive rock fragments. The syenites are younger than the stratiform gabbros, carrying xenoliths of them. Hence, time-space relationships of the second generation dykes and the *Serraria* syenites could not be observed; the syenites in the study area are free of dykes. Regionally, however, such dykes do intrude the syenites, indicating that the second generation basaltic dykes of the study area too, may be younger than the syenites. Regionally the syenites were still cut by trachyte dykes.

Major gabbros of the stratiform intrusions are leuco and mesocratic ($M = 10\text{-}35$ and $35\text{-}65$), followed by decreasingly abundant pyroxenites, anorthosites and peridotites. They are isotropic or cumulus textured, frequently with such spectacular features of magma-chamber processes, as fractional crystallization, gravitational crystal settling and igneous sedimentation under quiet and turbulent conditions, causing parallel layering of variable composition and thickness (cm to m-sized), rhythmic layering, gradational stratification, cross-stratification and channel-type cross stratification, channel erosion, erosional discordances, gravitational slumping and sliding, as well as synsedimentary faulting of the unconsolidated crystal mushes due to tectonic downthrow of the active magma-chamber, along with magmatic breccias of magma chamber border zones and reintrusions, among others.

- Petrographical and lithogeochemical multielementary XRF-studies showed:
- 1) The association, in both dyke-generations of subalkaline and alkaline basalts and their differentiates, including lamprophyres in the first generation; i.e., the active co-existence of heterogeneous mantle sources concerning compositions, depths and partial melting.
 - 2) The stratiform gabbros evolution through repeated pulses of magmatic re-alimentation forming associated subalkaline to minor tholeiitic and alkaline nephelinic gabbros and specific differentiates (peridotites, pyroxenites and anorthosites) occurring either as early magmatic segregations and layered cumulates, or as late stage magma-chamber differentiates in intrusive sometimes pegmatoid veins (without chilled borders), as well as gabbroic magma-chamber breccias. During cooling and consolidation of the intrusions, a last pulse of gabbroic alkaline

and subalkaline magmatism occurred directly from the mantle sources; it originated microgabbro dykes with chilled borders.

3) The *Serraria* stock consists of predominant alkaline syenite (with modal and normative nepheline) and minor saturated syenite (with up to <0.5% normative quartz) bearing relic plagioclase and olivine of incomplete assimilation. However their chemical composition is well defined and little variable, diverging drastically of the mafic dykes, stratiform gabbros and related rocks.

Petrographical and lithogeochemical modelling indicate that the main subalkaline to tholeiitic and alkaline gabbros could be genetically linked with the subalkaline and alkaline mafic dykes of both generations, being derived from OIB-type mantle sources by variable degrees of partial melting and chromite and Ni-in-olivine fractionation during ascent. The gabbros would represent fractions of the dyke magmatism, emplaced as intrusive bodies during an interregnum of abortion of the rift tectonics that caused, at least twice, the opening of the São Sebastião Channel and the emplacement of mafic dyke swarms, separating the São Sebastião Island from continental Brazil. Lithogeochemical modelling was not conclusive concerning the formation of the *Serraria* syenites through differentiation by fractional crystallization of the gabbroic magmas or not. However, angular xenoliths of gabbros and pyroxenites, the lack of petrographical and geochemical terms transitional between gabbro and syenite, and the by far predominant relative volumetric proportions, suggest that the syenites were not formed by differentiation of the gabbroic magmas. The syenites could be genetically related to carbonatitic rocks that, despite of only minor and rare occurrences, have already been described and postulated in the literature as of eminent importance for the regional Mesozoic magmatic evolution. Finally, with a renewed uptake of the rift tectonics the basic to intermediate 2nd dyke generation was emplaced, cutting through the already solid and cold gabbro intrusions. Regionally there occur analogous dykes, possibly of the same generation, intruding the syenites, according to the contact relationships, when the syenites were already solid but still in a hot stage. The last Mesozoic magmatic activity is regionally represented by trachyte dykes; these cut through the syenites as their subvolcanic equivalents, including their precambrian country rocks.

The pronounced petrographical and geochemical peculiarity and variability of the Mesozoic magmatism of the São Sebastião Island and some other regional occurrences as the islands *Monte do Trigo*, *As Ilhas* and *Búzios*, among others, and nearby occurrences on the continental coast, apparently designate an own regional geotectonic association, related to the specific astheno-lithospheric compositional, thermal and tectonical conditions, that controlled the opening of the South-Atlantic Ocean in the observed limited segment of time and space. The geochronological record from the literature indicates: ~140-120 Ma for the emplacement of the first dyke generation; ~95-86 Ma for the stratiform gabros; ~85-80 Ma for the syenite stocks and ~81-55 Ma for the second dyke generation.

1. Introdução e Objetivos

Na Ilha de São Sebastião ocorrem associações magmáticas mesozóicas de composições, ambientes tectônicos e níveis crustais distintos, compreendendo diques básicos, intrusões gábricas diferenciadas e *stocks* alcalinos, intrudidos nas rochas embasamentais Precambrianas do Complexo Costeiro do Litoral Norte de São Paulo. Do magmatismo mesozóico, a ocorrência de rochas gábricas na literatura restringe-se a poucas e breves menções de rochas básico-ultrabásicas de tendência alcalina em ocorrências isoladas, como: ijolitos até gabros nefelínicos do *stock* das Canas (Hennies e Hasui, 1968) e/ou teralitos da Ponta das Canas (Silva et al., 1977).

Na Ilha Monte de Trigo foram descritos gabros alcalinos (teralitos) com bandamento de tipo estratiforme, porém, em disposição vertical (Coutinho & Melcher, 1973; Silva et al., 1977).

Esta tese de mestrado teve por objetivo central caracterizar e reconstruir a evolução da intrusão gábrica da Ponta da Pacuíba, localizada na porção norte da ilha de São Sebastião (figura 1), com aproximadamente 2 Km de extensão máxima (conhecida) de direção geral E-W e largura indefinida, bem como definir suas relações com as demais rochas magmáticas mesozóicas e Precambrianas regionais em particular, os gabros da Ponta das Canas (Hennies & Hasui, 1968; Silva et al., 1977) e Praia da Armação. Para tanto foram realizados levantamentos de campo (mapeamento lito-estrutural) e estudos laboratoriais mineralógico-petrográficos e geoquímicos.

Os objetivos específicos foram:

- Reconstruir a evolução geológica e a estruturação petrográfica da intrusão gábrica estratiforme da Pacuíba;
- Elucidar a derivação e petrogênese dos magmas gábricos em relação tanto aos diques máficos e ultramáficos anteriores quanto aos sienitos do *stock* da Serraria posteriores, e gabros presentes na Praia da Armação e Ponta das Canas;
- Analizar o significado geotectônico desse magmatismo no contexto evolutivo da margem continental SE-brasileira e da abertura do Atlântico Sul.

Para tanto foram efetuados minuciosos trabalhos de campo com técnicas adequadas à área, que se caracteriza por afloramentos em “mar de blocos” incluindo

amostragens regionais e sistemáticas; análises fotogeológicas, geomorfológicas regionais e locais em escalas adequadas complementares entre si, e estudos mineralógicos, petrográficos e geoquímicos fundamentais.

2. Aspectos Fisiográficos

2.1. Localização e vias de acesso

A ilha de São Sebastião localiza-se no litoral Norte do Estado de São Paulo (Figura 1). Sua extensão é de 336 km², sendo, portanto, uma das maiores ilhas inteiramente marinhas do Brasil. O acesso de São Paulo a São Sebastião é por rodovias, e a travessia para a ilha de balsa.

A área específica desta pesquisa compreende cerca de 10 km², sendo parte litorânea do extremo N da ilha (Figura 2) desde a Pedra do Sino a Praia do Jabaquara. Da Vila de Ilha Bela o acesso é por estrada pavimentada de carro ou via linha regular de ônibus municipal. O trabalho de campo é possível no ano inteiro e foi efetuado em caminhadas na linha de costa, trilhas e drenagens.

2.2. Geomorfologia

Segundo Freitas, 1947, a Ilha de São Sebastião encontra-se em estado de submârgencia, num processo marinho juvenil, evidenciado por rios com cursos afogados e uma costa de abrasão crenada, localmente denominada costeira quando baixa e costão quando alta. Seus depósitos marinhos são escassos, geralmente dispostos no meio de dois pontos rochosos, predominantemente de gnaisses o que também indica um perfil típico de evolução por submârgencia. Em função das condições particulares do canal de São Sebastião, como de arrebentação, fortes correntes, numa zona de enxame de diques máficos, este se apresenta fisiográficamente mais evoluído, apesar de ser compreendido num processo ainda fluvial.

Predomina a sedimentação marinha e por deposição fluvial, esta última formando os maiores depósitos costeiros, sendo o mais importante o da barra do Perequê (maior

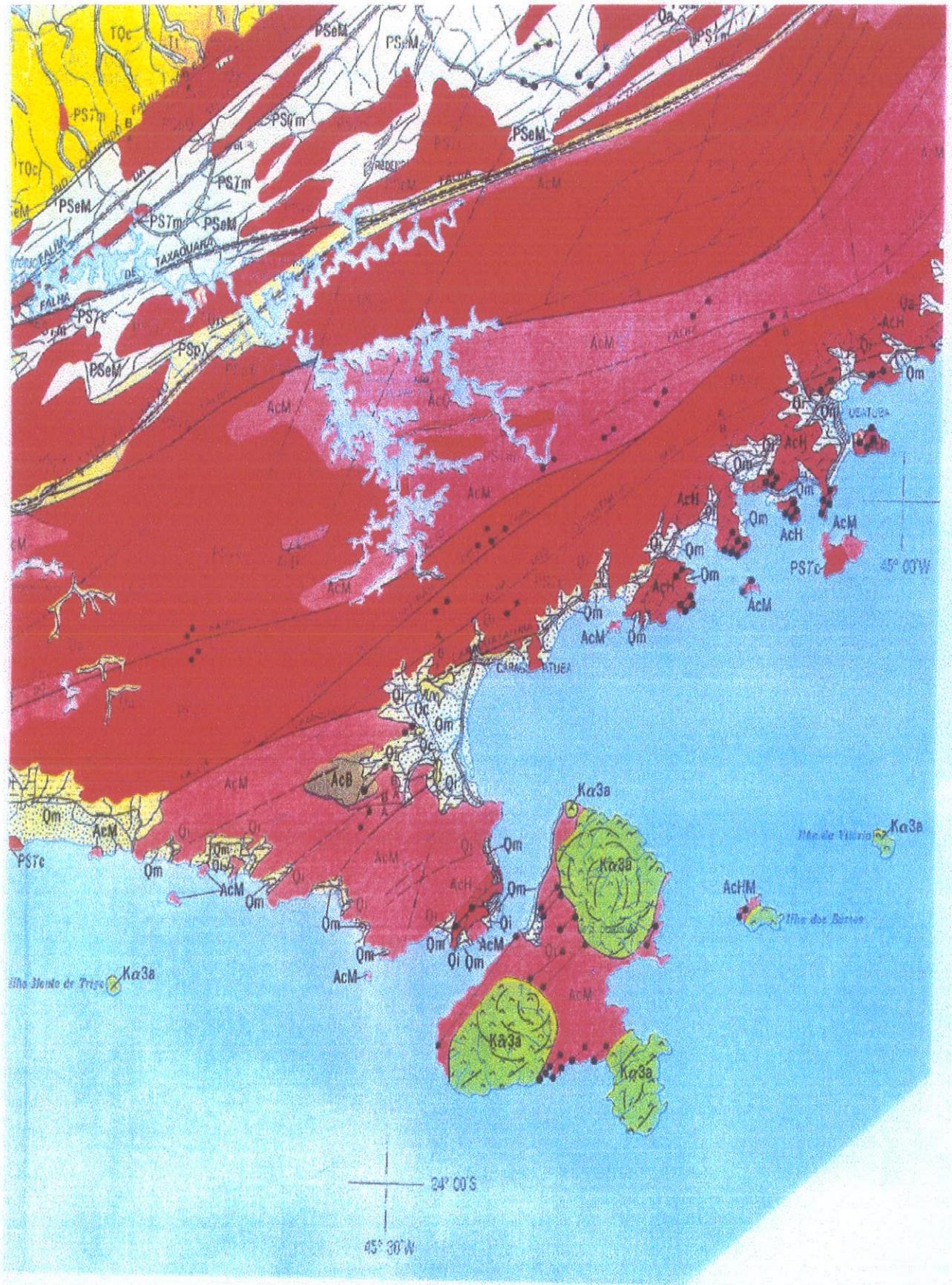


Figura 1 - Mapa de Localização e Geológico do Estado de São Paulo - IPT 1991,
Escala 1: 500.000.

rede fluvial), os menos importantes, são Taquanduva, Engenho D'água e Ilhabela. Com relação aos depósitos marinhos estes ficam restritos as escassas praias, sendo típicos de um processo juvenil. Fora do canal a ilha apresenta-se cercada por costeiras de abrasão ou localmente costões como o da península do Boi.

Testemunhos de um ciclo anterior são os terraços marinhos que se erguem no sul da ilha, do lado do canal, à cota de 20 a 30 m de altura. Podem ser observados na Ponta da Sela, Bonete, Enxovas, Ponta da Pirabura, e saco do Eustáquio. Conferem ao modelado da costa um nível de 20 a 30 metros de um traço uniforme. Estes terraços com topos planos e horizontais foram gerados por erosão num processo fluvio-cretáceo, sobre uma topografia senil. Encontram-se atualmente adernados por falhamentos em blocos do litoral com basculamento para NW. Sua existência corresponde a um levantamento crustal epirogênico, depois do Eoceno, quando o litoral já se encontrava morfologicamente estabelecido.

A existência de restritos depósitos marinhos, formando as praias e pequenas planícies como a do Pequeá é também o tipo generalizado de abrasão da costa, conduziram Freitas a concluir: "Que o litoral insular esta na sua juventude e portanto muito longe de sua retificação, que o afogamento eustático positivo foi produzido pelo degelo da época glacial, submergindo a topografia costal estabelecida em ciclo anterior. A costa porém esta em elevação desde o cretáceo, porque o escudo cristalino vem perdendo peso desde este período, por erosão, com consequente ajustamento isostático. Mas o afogamento eustático citado acima mascarou esta ascensão costal e gerou pelo afogamento do modelado anterior, o tipo de submersão atual".

2.3. Clima e Vegetação

Segundo Silva (1977), o clima da região caracteriza-se como subtropical úmido, sendo influenciado por duas massas de ar das vertentes atlânticas: a massa tropical Atlântica, quente e úmida, e a massa polar Atlântica, fria e úmida. Apresenta caráter mesotérmico e uma grande incidência anual de chuvas, sem ocorrência de períodos secos. A região da Ilha de São Sebastião insere-se num domínio climático caracterizado como subtropical úmido com 1 a 2 meses mais secos.

As temperaturas médias anuais, para a região litorânea são de 22º C, podendo chegar até 40º nos períodos mais quentes, enquanto que a temperatura média mínima, do mês mais frio, é inferior a 16º C.

A vegetação típica da região da Ilha de São Sebastião é caracterizada como uma floresta Perenifólia Higlófila Costeira, caracterizada segundo Silva (1977), como uma formação clímax, com predominância de espécies arbóreas, quase sempre em densos agrupamentos, ocorrendo na região o grupo das latifoliadas. Ocupa as escarpas da serra do Mar, caracterizando um tipo de floresta ligada ao relevo, que sendo abrindo permite a distribuição das árvores em níveis, propiciando uma boa absorção da luz solar. Este fator, aliado ao elevado grau de umidade e pluviosidade da região, possibilita o desenvolvimento de uma flora exuberante podendo ser observado várias espécies de canelas, jatobá, sapucaia, jacarandá, barriga d'água, caixeta, oiticica, cedro, ipê, jequitibá, louro pardo, vinhático, palmeiras, orquídeas, bromeliáceas e aráceas.

3. Materiais e Métodos

A tese foi planejada e realizada com trabalhos de campo, fotogeológicos e, principalmente, trabalhos laboratoriais mineralógicos, petrográficos e geoquímicos. Os trabalhos específicos foram agrupados nos seguintes itens temático-metódicos que foram realizados na forma de etapas consecutivas e/ou em paralelo:

- * trabalhos preliminares e em acompanhamento da pesquisa;
- * trabalhos de campo;
- * trabalhos laboratoriais analítico-experimentais;
- * trabalhos finais: análise integrada dos resultados e confecção da dissertação.

3.1 Trabalhos preliminares e em acompanhamento da pesquisa

Foram realizados:

- trabalhos bibliográficos com enfoques regionais e temáticos;
- revisão e sistematização das amostras dos trabalhos preparatórios da pesquisa;

- análises e interpretações fotogeológicas.

Os trabalhos bibliográficos incluiram a revisão da evolução lito-estrutural, petrogênese ígnea, litogeoquímica, geoquímica isotópica, geocronologia e consultas aos mapeamentos geológicos e geofísicos regionais da Ilha e partes adjacentes do litoral. Entre os enfoques temáticos constam a petrografia, petrologia e geoquímica fundamental das rochas ígneas, principalmente plutônicas; a integração de dados e análise comparativa de outras províncias ígneas similares e fundamentos de geoquímica analítica por fluorescência de raios X.

3.2 Trabalhos de campo

Trabalhos de campo foram executados em várias etapas na área alvo do projeto e em outras partes da ilha com a finalidade de comparação. Na área da Pacuíba tiveram como objetivo, inicialmente, levantamentos detalhados lito-estruturais e amostragens sistemáticas e específicas da intrusão gábrica estratiforme, buscando definir litotipos característicos e relações de contato chave, essenciais ao trabalho em áreas de afloramentos de tipo “mar de blocos”.

O principal objetivo das amostragens sistemáticas foi à coleta de amostras de todos os grupos litológicos existentes na Ponta da Pacuíba, para os estudos laboratoriais petrográficos e litogeoquímicos imprescindíveis ao detalhamento da intrusão gábrica e para reconstruir tentativamente sua organização magmato-estratigráfica e estrutural interna. Os trabalhos de campo finais tiveram como finalidade verificações e revisões locais específicas e a integração dos resultados laboratoriais e de campo.

3.3 Trabalhos laboratoriais analítico-experimentais

Estes trabalhos constituem-se na parte central desta tese e compreendem estudos petrográficos e litogeoquímicos por FRX, tendo sido ainda previstos e preparados estudos de química mineral via microssonda eletrônica.

1. Estudos petrográficos: As seções delgadas foram confeccionadas no laboratório de laminação do Instituto de Geociências da USP (IG – USP). Foram analisadas, descritas e fotografadas no laboratório de Microscopia Petrográfica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da USP (IG – USP) utilizando-se o microscópio ZEISS AXIOPLAN. De importância fundamental para todas as demais abordagens laboratoriais os estudos petrográficos visaram a caracterização qualitativa e semi-quantitativa dos diferentes litotipos, além da escolha de grupos de rochas para as análises litogeoquímicas globais por FRX e de química mineral.

- Os estudos microscópico petrográficos (luz transmitida) foram realizadas num total de 134 amostras. Destas doze (12) amostras foram selecionadas (microscopia petrográfica) para análises de química mineral por microssonda eletrônica dos silicatos principais, assim como dos minerais opacos e suas alterações (sensíveis indicadores de variações de fO_2).
- A partir da descrição petrográfica foram selecionadas 88 amostras para os estudos litogeoquímicos multielementares globais detalhados via FRX.

2. Estudos Litogeoquímicos via FRX: As preparações para os estudos litogeoquímicos foram efetuadas no laboratório de preparação de amostras GMG-IGC-USP em amostras escolhidas segundo critérios mineralógicos e petrográficos. Foi considerado, em cada caso o estado de preservação/alteração da amostra e/ou de minerais específicos, e seus possíveis efeitos nos resultados analíticos e nos processos petrogenéticos de interesse.

As rochas assim escolhidas nos estudos petrográficos, todas isentas de alterações mais significativas, foram serradas (para a eliminação de qualquer superfície de alteração) e após lavagem, secagem, etc. cominuidas (britagem, moagem primária), homogeneizadas e quarteadas para obtenção do número de alíquotas necessárias as análises (com duplicatas) e de material de referência. As alíquotas destinadas a análises litogeoquímicas globais foram submetidas a moagem final em moinho de anéis de ágata (até granulometria < 200#).

Os elementos maiores e traços convencionais foram analisados pelo método de fluorescência de raios X, utilizando-se inicialmente (nas primeiras 40 amostras) pastilhas prensadas, seguindo o método rotineiro de então no laboratório de Fluorescência de raios X do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da USP. Como este método não forneceu resultados satisfatórios um total de 88 amostras (novas e repetidas) foram analisadas/reanalisadas no Laboratório Fluorescência de raios X do Instituto de Mineralogia e Geoquímica Aplicada da Universidade Técnica de Munique (TUM), Alemanha, em espectrômetro Siemens, usando-se pastilhas fundidas (para os elementos maiores e traços). Estes trabalhos foram realizados num convênio de cooperação e intercâmbio do orientador com o Prof. Dr. Giulio Morteani, diretor daquele instituto, no âmbito do acordo e com auxílio das duas Universidades, USP e TUM.

3. Estudos de Química Mineral via microssonda eletrônica: Nos estudos petrográficos foram selecionadas 12 amostras, consideradas relevantes para a evolução magmática da intrusão gábrica estratiforme. Estas foram especificamente preparadas e estudadas para a análise por microssonda eletrônica, aguardando há mais de 2 (dois) anos, a concessão de horários para os trabalhos analíticos pelo Laboratório de Microssonda Eletrônica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica (GMG), anteriormente DMP do Instituto de Geociências da USP (IG – USP).

Sendo que até a presente data (29 de abril de 2001) nenhum horário foi obtido, os estudos de química mineral via microssonda eletrônica tiveram que ser excluídos desta pesquisa.

3.4 Trabalhos finais: Análise integrada dos resultados e confecção da dissertação

Esta pesquisa é baseada em dados geológicos de campo e de estudos laboratoriais mineralógico-petrográficos e litogegeoquímicos globais multielementares via FRX.

As informações geológicas e petrográficas serviram para delimitar o corpo gábrico e definir suas relações com os outros litotipos regionais encaixantes e

adjacentes. Serviram ainda para subdividir o complexo intrusivo em 5 (cinco) grupos petrográficos principais que puderam ser agrupados e reorganizados num modelo hipotético de evolução lito-estrutural e magmato-estratigráfica da intrusão.

Os resultados das análises litogeoquímicas via Fluorescência de raios X (FRX), foram tratados usando-se os pacotes de programas específicos NEWPET (Clarke, 1994) e MINPET 2.02 (Richard, 1994). Estes tratamentos auxiliaram na corroboração dos resultados geológicos e petrográficos, destacando-se o enquadramento da intrusão num contexto de ambiente geotectônico evolutivo e a confrontação dos resultados com estudos de caso da literatura.

4. Geologia Regional: Revisão e dados novos

4.1 Generalidades

A Ilha de São Sebastião, SP, parte da margem continental SE-brasileira, se deve à abertura do Atlântico Sul com início há cerca de 150 Ma. É separada das continuações continentais do Litoral Norte do Estado de São Paulo pelo Canal de São Sebastião de direção geral NE, instalado na parte central de uma zona de fraturamento e intrusão de diques maficos, erodida e submersa por intemperismo diferencial (Figs. 1 e 2).

A ilha constitui-se num bloco crustal precambriano com importantes intrusões mesozóicas subvulcânicas (diques), plutônicas e hipoabissais (batólitos e *stocks*) ultramáficas, ultrabásicas a intermediárias e alcalinas. Seu rico magmatismo mesozóico é caracterizado por feições geológicas, composições e fontes litosféricas contrastantes, e ocorrem em dois períodos de atividade subvulcânica distintas, separados por um evento plutônico principal (Figuras 1 e 2). A atividade subvulcânica originou enxames de diques heterogêneos diferentes entre si, e o evento plutônico os três *stocks* regionais de sienitos (Serraria, São Sebastião e Mirante), que marcam a paisagem e sustentam a morfologia accidentada da Ilha, além de outros corpos intrusivos menores. Um desses é a intrusão gábrica estratiforme da Ponta da Pacuíba, alvo desta dissertação, que representa ainda o primeiro exemplo de um Complexo de rochas dessa natureza a ser

conhecido da Ilha de São Sebastião (Lima e Schorscher, 1999).

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).

Nos trabalhos desde clássicos a recentes as poucas menções de rochas básico-ultrabásicas referem-se sempre a tipos alcalinos: ijolitos até gabros nefelínicos do Stock das Canas (Hennies e Hasui, 1968) e/ou teralitos da Ponta das Canas (Silva et al., 1977), entretanto, não mencionam características de corpos diferenciados estratiformes. Entretanto na Ilha Monte de Trigo foram descritos e mapeados gabros alcalinos (teralitos) com bandamento de tipo estratiforme, porém, em disposição vertical, intrusivos em foiaitos e cortados por diques de lamprofiros (Coutinho & Melcher, 1973; Silva et al., 1977; Enrich 2000).

4.2 Histórico e Evolução dos Conhecimentos

As primeiras notas petrográficas sobre as rochas alcalinas do Brasil devem-se a Derby (1887; 1891). Menções e estudos mais específicos das ocorrências da Ilha de São Sebastião encontram-se nos trabalhos clássicos de Branner (1915); Leonardos e Oliveira (1943); Freitas (1944; 1947; 1976) e Guimarães (1960). O mapa geológico mais detalhado continua sendo o elaborado por Freitas (1947) (Figura 2), sendo os levantamentos posteriores ou de natureza regional (por ex. Silva et al. 1977, Almeida 1976; 1983, Almeida et al 1981) ou partes de trabalhos mais específicos como os estudos estruturais sobre a evolução do Canal de São Sebastião e arredores (Campanha e Ens, 1996). Os trabalhos mais recentes como, Hennies e Hasui (1968; 1977); Silva et al. (1977); Galli et al. (1987); Bellieni et al. (1990); Montes-Lauar (1993); Montes-Lauar et al. (1995), entre outros tratam principalmente a geocronologia e petrogênese do magmatismo mesozóico basáltico e alcalino, de maneira global, no contexto dos ambientes geotectônicos principais: oceânico - do Atlântico Sul, continental - da Bacia do Paraná, e de pluma do manto, com base em dados geoquímicos, isotópicos e geofísicos. Estudos geológicos e petrográficos posteriores a Freitas (1947) são escassos, exceção feita para Almeida (1976; 1983) e Almeida e Carneiro (1998), que

elaboraram um importante modelo geotectônico e geomorfológico regional para a evolução da Serra do Mar além dos estudos de diques máficos de Coutinho et al. (1991), Coutinho e Ens (1992), e Garda (1995), Garda e Schorscher, 1994; 1995; 1996; 1997; Garda et al., 1994; 1995), que apresentam observações geológicas e novos dados e modelos petrogenéticos principalmente dos diques básico-ultrabásicos do Litoral Norte de São Paulo e da Ilha de São Sebastião.

4.3 Geologia e Tectônica da Ilha de São Sebastião

Na Ilha de São Sebastião ocorrem rochas precambrianas (complexo precambriano), predominando gnaisses e metagranitóides; intrusões ígneas mesozóicas (magmatismo mesozóico) de um amplo espectro composicional e estrutural; e, ainda, produtos de intemperismo e sedimentos recentes (Figuras 1 e 2).

Complexo Precambriano é constituído predominantemente de gnaisses, migmatitos, metagranitóides diversos e possíveis charnockitos, considerados arqueanos (Freitas, 1947; Almeida et al., 1981; IPT, 1981), precambrianos médios a superiores (Silva et al., 1977) ou, ainda, precambrianos indiferenciados (Hasui et al., 1984). Entretanto, é consenso que representam a continuação da plataforma SE-Brasileira em sua parte denominada Complexo Costeiro retrabalhada e cratonizada no Ciclo Brasiliiano (Schobbenhaus & Campos, 1984).

Os gnaisses predominantes são: (1)-subequigranulares fortemente foliados graníticos bastante homogêneos; (2)-bandados félscico-metapelítico-máficos e (3)-facoidais graníticos, sendo esses mais freqüentes (cf. Freitas, 1947) e gradacionais com metagranitóides porfiríticos. Mobilizados pegmatóides, veios ptigmáticos e, em geral, transições locais e regionais para migmatitos são mais comuns nos gnaisses subequigranulares e bandados. Nesses ocorrem, ainda, corpos tabulares, por vezes disruptos e lenticulares de anfibolitos e hornblenda gnaisses, de espessuras até métricas e extensões variáveis, concordantes a pseudoconcordantes com a foliação regional principal.

Os metagranitóides principais porfiríticos formam corpos de dimensões inferidas até quilométricas, com fenocristais de feldspato alcalino centimétricos,

disruptos e lenticulares de anfibolitos e hornblendita gnaisses, de espessuras até métricas e extensões variáveis, concordantes a pseudoconcordantes com a foliação regional principal.

Os metagranitóides principais porfiríticos formam corpos de dimensões inferidas até quilométricas, com fenocristais de feldspato alcalino centimétricos, orientados a suborientados na matriz granodiorítica média. Ocorrem, ainda, intrusões menores irregulares de leucogranitos equi a subequigranulares médios a grossos e diques de granodioritos equigranulares finos a médios, também metamórficos e deformados pela foliação principal.

Possíveis charnockitos, rochas quartzo-feldspáticas esverdeadas de granulação média a grossa e estrutura maciça passando a foliada, foram encontradas em ocorrências menores na região da Pontinha e outros lugares da continuação SW e S da costa até a Praia do Bonete. Essas e outras ocorrências maiores de granitóides esverdeados, inclusive no interior da Ilha, foram mapeadas por Freitas (1947), indiscriminadamente como corpos regionais de eruptivas quartzo-dioríticas (Figura 2).

Por todo o complexo precambriano são freqüentes veios pegmatíticos e de quartzo deformados, assim como zonas de cisalhamento rúptil-dúctil blastomiloníticas a ultramyloníticas de direção preferencial NE.

Estudos estruturais das rochas precambrianas da Ilha de São Sebastião são ainda escassos, apesar de sua importância para a evolução dessa parte da margem continental SE-Brasileira, incluindo questões da cinemática de fraturamento e abertura dos diques e de colocação das intrusões alcalinas mesozóicas. Entretanto existem alguns estudos mais recentes sobre a evolução do canal de São Sebastião e principalmente a região litorânea continental adjacente, (cf: Campanha e Ens, 1996; Mafra, 2000).

Dados levantados nos estágios prévios dessa pesquisa mostra para a foliação metamórfica principal na parte W da Ilha direção preferencial NE, com caiimentos de alto ângulo (subverticais a verticais) para NW, diferente das regiões continentais mais próximas, de São Sebastião e arredores, onde essa foliação tem caiimentos de ângulos baixos a médios.

Magmatismo Mesozóico as rochas desse evento relacionado à abertura do Atlântico Sul predominam na Ilha. Variam de ultramáficas a hololeucocráticas e de

ultrabásicas a intermediárias e alcalinas, ocorrendo em inúmeros diques subvulcânicos rasos a profundos e batólitos/stocks de dimensões quilométricas (Figuras 1, 2) (cf. Freitas 1947; Hennies e Hasui 1968, 1977; Silva et al. 1977; Bellieni et al. 1990; Garda 1995; entre outros). As relações geológicas permitiram reconhecer 3 estágios magmáticos principais e estabelecer sua cronologia relativa, sendo:

- (1) magmatismo subvulcânico inicial,
- (2) plutonismo principal, e
- (3) magmatismo hipoabissal a subvulcânico final.

(1) O **magmatismo subvulcânico inicial** comprehende a grande maioria dos diques que cortam o complexo precambriano, sem cortar os batólitos e stocks alcalinos (Figuras 1, 2). Predominam rochas basálticas a andesíticas máficas e lamprofiros ultramáficos alguns alcalinos, mais raramente ocorrem, ainda, leucoandesitos e dacitos porfíriticos e ultrabasitos ricos em carbonato magnético de provável derivação carbonatítica (Freitas, 1947; Garda, 1995). Os diques apresentam direções preferenciais NE, cimentos verticais a subverticais, mas ocorrem também diques E-W e N-S, assim como diques e deflecções de diques com cimentos de baixo ângulo.

Datações em rochas desse grupo são escassas. De fato existe apenas uma idade K-Ar (~119 m.a.) de um dique de diabásio da Ilha; e, mesmo esse dado deve ser considerado como problemático, sendo que o mineral analisado/datado foi identificado como feldspato potássico (Amaral et al., 1966); mineral este, outrossim, bastante incomum em diabásios. Um número maior de estudos geocronológicos existe sobre os diques da área continental adjacente (compreendida entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba). Todos indicaram idades de 120-140 M.a., cretácea inferior, para o magmatismo subvulcânico inicial (Amaral et al., 1966; Bellieni et al., 1990; Garda, 1995; Garda et al., 1995).

Nos trabalhos anteriores desse projeto, em levantamentos geológicos detalhados de afloramentos-chave, foram reconhecidos e caracterizados 3 subgrupos maiores de diques do magmatismo subvulcânico inicial, representativos de pulsões magmáticas de composições específicas e entre si diferentes, com relações cronológicas relativas

(2) O plutonismo principal é representado por três *stocks* dominantes na geologia da Ilha denominados Serraria, São Sebastião e Mirante (Figuras 1, 2). Sempre predominam rochas alcalinas intermediárias a ácidas leucocráticas a hololeucocráticas: sienitos com foides (pulaskitos), saturados, e com quartzo (nordmarkitos); nefelina sienitos (tinguaítos) e álcali feldspato sienitos. Todos esses sienitos são rochas leucocráticas a hololeucocráticas, grossas de cor cinza clara a branca. Sua estrutura é maciça variando de isotrópica a acamada com camadas decimétricas, por exemplo, na Pedra do Sino (Figuras 1 e 2). Este acamadamento magmático, entretanto é pouco pronunciado, em função do baixo teor em minerais máficos.

Os sienitos intrudem o embasamento precambriano sem evidenciar efeitos de resfriamento brusco, pelo contrário, onde intrudem os granitóides e/ou gnaisses graníticos porfiríticos, foram formados zonas de assimilação e mistura de larguras decimétricas.

Estas dificultaram a localização exata do contato intrusivo, que se apresenta gradacional (desaparecimento do quartzo e aumento do feldspato alcalino em direção ao sienito), indicando o estado ainda relativamente quente em profundidade crustal considerável das rochas encaixantes durante a intrusão dos sienitos.

Xenólitos são, em geral, muito raros nos sienitos intrusivos. Nos trabalhos anteriores preparatórios dessa pesquisa foram encontrados apenas dois afloramentos de sienitos alcalinos com inclusões xenolíticas métricas angulosas de diques de diabásio fraturados e disruptos e outro com xenólitos angulosos decimétricos de piroxenito cumulático isotrópico e gabro fino bandado.

Gabros, dioritos, piroxênitos e equivalentes alcalinos são raros (Freitas, 1947). Além do Complexo de gabros estratiforme da Ponta da Pacuíba, alvo central desta pesquisa, são conhecidas apenas duas outras ocorrências, da Pedra do Sino e o *stock* das Canas, de onde foram descritos essexitos, ijolitos e gabros nefelínicos (cf.: Amaral et al., 1967; Hennies & Hasui, 1968; Silva et al., 1977; Garda, 1995). Datações do plutonismo principal foram efetuadas por Amaral et al. (1967), Hennies e Hasui (1968) e Montes-Lauar (1993), confirmando idades essencialmente iguais para sienitos dos 3 corpos intrusivos principais em torno de 80-85 Ma, cretáceas superiores, e idades mais

elevadas, de ~95 Ma, para essexitos da Pedra do Sino (Amaral et al., 1967) e de ~86 Ma, para um gábro rolado do *stock* de Canas (Hennies e Hasui, 1968).

(3) O magmatismo hipoabissal a subvulcânico final é representado por numerosos diques, veios e corpos intrusivos menores que cortam os batólitos e *stocks* do plutonismo principal, sendo, entretanto, irregulares e demasiado pequenos para representação nos mapas geológicos (cf. Figuras 1, 2). São rochas desde ultramáficas a leucocráticas, em geral alcalinas, muito grossas-pegmatóides (hipoabissais) a faneríticas médias e finas até afaníticas (subvulcânicas rasas), porfiríticas incluindo, entre outros, piroxênitos, teschenitos, micro-gabros, micro-sienitos diversos, fonolitos, diabásios raros e subordinados e traquitos. Lamprofiros desse grupo (cf. IPT, 1981) ainda não foram observados.

O magmatismo final compreende rochas muito heterogêneas, amplamente variáveis quanto às características estruturais, compostionais e texturais, sendo presentemente o grupo bem menos definido/estudado. Algumas destas rochas apresentam evidências de campo e petrográficas, sustentando sua proximidade cronológica e genética - como fases tardias - do plutonismo principal, como por exemplo, os micro-gabros, micro-sienitos e piroxênitos, outras, entretanto, intrudiram os *stocks* alcalinos já em estado rígido e frio, formando diques subvulcânicos rasos, sendo este o caso dos fonolitos de alguns raros diabásios e dos traquitos. Tal fato reflete-se também nos dados geocronológicos com idades no amplo intervalo de 81-55 Ma, aproximadamente (Hennies e Hasui, 1986; Montes-Lauar, 1993; Garda, 1995; Garda et al., 1995), indicando tratar-se, mais provavelmente, de vários eventos magmáticos, entre si, não necessariamente relacionados geneticamente.

Sedimentos recentes, solos e Processos de Intemperismo, estes receberam relativamente pouca atenção. As descrições mais detalhadas dos sedimentos, continentais e marinhos, assim como dos solos da Ilha de São Sebastião, devem-se a Freitas (1947), e um estudo de detalhe dos processos intempéricos das rochas alcalinas foi realizado por Kronberg et al. (1987).

Evolução tectônica e morfológica mesozóica a cenozóica. Segundo Freitas (1947), o tectonismo mesozóico da crosta terrestre, que terminou no começo do cenozóico, teve início no Brasil no fim do período triássico e começo do jurássico, com o início dos grandes derrames basálticos do Trapp do Paraná. A acomodação de compensação isostática usada pelos grandes derrames teve como precursor o rejuvenescimento por fraturas dos antigos eixos de dobramentos Laurencianos no Brasil meridional, orientados segundo NE-SW. Estes fraturamentos de tensão foram acompanhados da expulsão de magma básico e posteriormente alcalino. A acomodação isostática subsequente caracterizou-se por falhamentos e epirogênese.

O tectonismo que afetou a Ilha de São Sebastião possui direção NE-SW e é caracterizado pela presença de diques de basalto e quartzo andesito com direção NE-SW, seguindo antigos eixos de dobramentos. Esta fase se deu sem soerguimento/epirogênese, ficando evidenciada pelo caráter plutônico das rochas alcalinas e filonianas das eruptivas básicas. Na segunda ocorreu um processo epirogenético principal, originando em todo o litoral um conjunto de falhamentos escalonados.

Estes dois processos podem ser observados pela elevação a 1379 metros acima do nível do mar, das rochas plutônicas, com posterior escalonamento conforme ocorre no Morro do Baepi, onde se forma uma escarpa vertical de altura variável entre 600 e 800 metros. Este escalonamento se caracteriza por uma topografia em blocos, com seu lado abrupto voltado para SE.

Já para Almeida e Carneiro (1998), a origem da Serra do Mar se deve a atividade da Falha de Santos e processos de recuo erosivo diferencial desde o Pleoceno. O recuo erosivo diferencial e modelado atual teriam sido causados principalmente pelas estruturas e unidades litológicas precambrianas na área continental e pela resistência à erosão das intrusões alcalinas no caso da Ilha de São Sebastião.

MAPA GEOLOGICO DA ILHA S. SEBASTIÃO

POR
Ruy Ozorio de Freitas
EDIÇÃO PRELIMINAR
1946
LEGENDA

LEGENDA

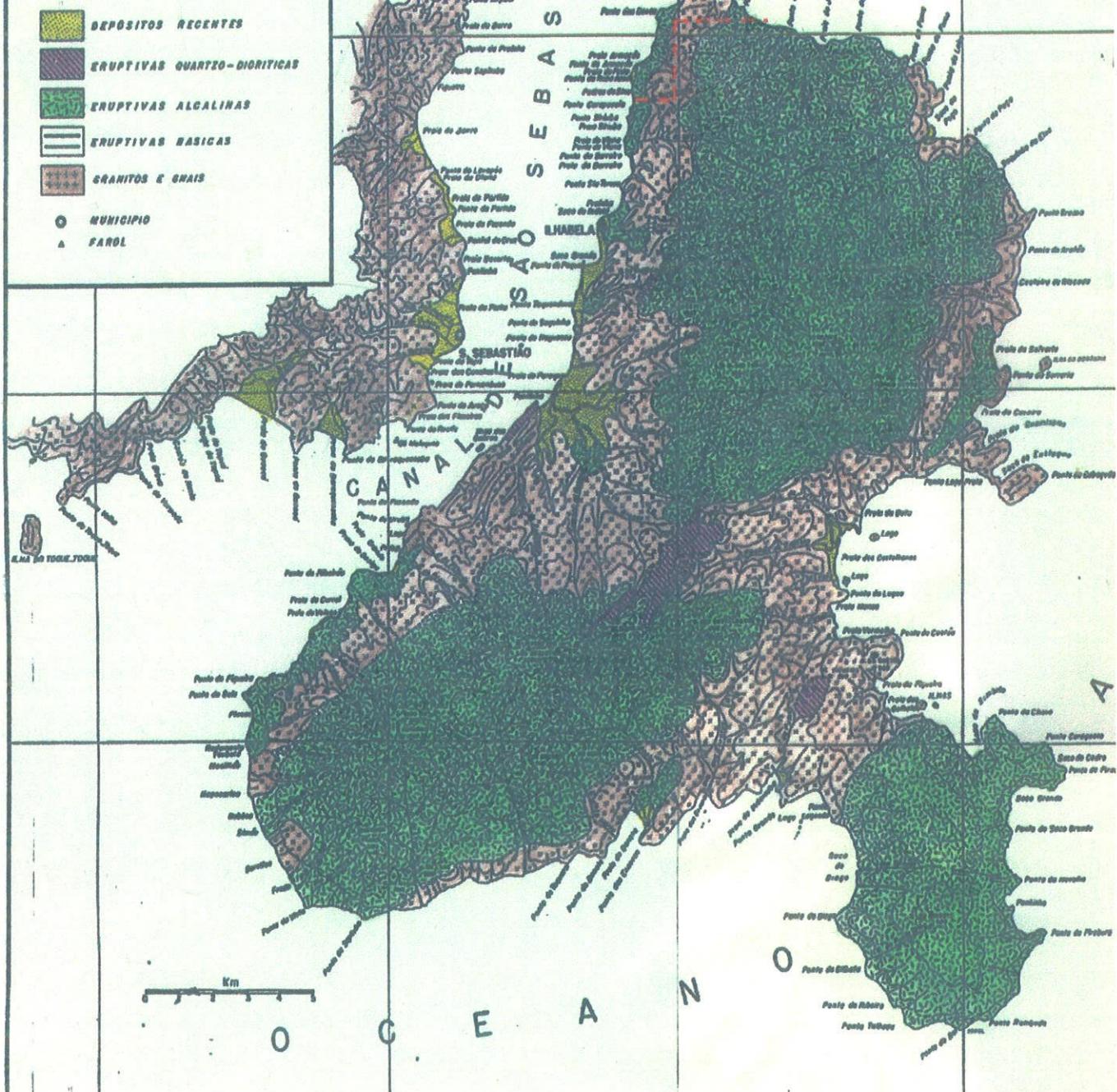


Figura 2 - Mapa Geológico de Ilha de São Sebastião - Freitas (1947)
Escala 1:50.000 - Tracejado no mapa indica as áreas de estudo

5. Geologia da Região N da Ilha de São Sebastião

Na extremidade N da Ilha de São Sebastião na região Ponta da Pacuíba, onde a parte N do corpo Serraria de sienitos intrusivos, desaparece no mar e faz contato à W com as rochas do embasamento precambriano (Figura 2), foi encontrada a intrusão gábrica estratiforme que é o alvo específico desta pesquisa.

Outras duas ocorrências, adjacentes e próximas de gabros similares, da Ponta das Canas e Praia da Armação já mencionados na literatura (cf. Hennies e Hasui, 1968; Silva et al, 1977), podendo representar continuações da intrusão da Ponta da Pacuíba, foram, portanto incluídas aos estudos como alvos de comparação.

Na intrusão da Ponta da Pacuíba ocorrem peridotitos, piroxênitos, olivina gabros, gabros, leucogabros, gabros nefelínicos e anortositos, com estruturas maciças isotrópicas, cumuláticas, estratificadas e brechadas, além de brechas de borda de câmara magmática. Todas essas estruturas, decorrentes dos processos de intrusão, seguida de diferenciação por cristalização fracionada e ‘sedimentação’ em câmara magmática, apresentam-se muito bem preservadas.

Tanto na área do alvo central desta dissertação, como nas outras duas ocorrências de comparação, predominam olivina gabros cumuláticos de granulação muito grossa, piroxênitos cumuláticos grossos, olivina gabros, gabros de granulação grossa, leucogabros de granulação média, olivina gabros finos bandados e rochas gábricas nefelínicas.

Suas relações de contato variam desde transicionais a intrusivas em intrusões maiores que se entrecortam, além de veios e diques discordantes menores, permitindo separar várias gerações texturais e de idade, de olivina gábro, peridotitos, plagioclasitos e piroxênitos cumuláticos, anortositos e demais diferenciados além de diques básicos a intermediários e veios pegmatóides máfico-ultramáfico, que cortam a rocha gábrica principal.

5.1 Levantamentos de Campo

Os levantamentos geológicos da Ponta da Pacuíba e áreas adjacentes foram efetuados utilizando-se a técnica de mapeamento em mar de blocos, que consiste inicialmente na subdivisão da área de acordo com a sua dimensão, variedade litológica e a escala do trabalho. No caso foram delimitadas faixas de cerca de 50 m de largura, aproximadamente perpendiculares à linha da costa. Nestes trechos de subdivisão foram feitas às descrições e amostragens dos diferentes litotipos observados, tentando definir para cada trecho o tipo litológico predominante e sua área de ocorrência; os demais litotipos mais abundantes e sua distribuição, assim como suas formas e relações de contato e temporais. Levantamentos de afloramentos maiores, possivelmente *in situ*, complementaram as observações das áreas em mar de blocos.

A partir dos levantamentos geológicos de campo na região da Ponta da Pacuíba e áreas adjacentes (figura 3), foram definidas as seguintes unidades litoestruturais maiores, listadas em sua ordem de idade decrescente:

- A) Complexo Precambriano;
- B) Diques máficos e ultramáficos mesozóicos;
- C) Intrusões gábricas mesozóicas;
- D) Veios e diques tardios máfico-ultramáficos, anortosíticos e plagioclasíticos mesozóicos;
- E) Intrusão sienítica mesozóica.

A) Complexo Precambriano

Por toda a área estudada predominam gnaisses, granitos e migmatitos, que ocorrem na forma de blocos (figura 4 – pontos 4 a 7, 11) e *in situ* numa faixa NNE cortada pela estrada que dá acesso a praia da Pacuíba (figuras 3, 4 – ponto 7). São rochas de coloração cinza clara e granulometria média-grossa. Os tipos gnássicos apresentam bandas milimétricas a centimétricas quartzo-feldspáticas e bandas mais ricas em micas, incluindo muscovita, biotita e, eventualmente e em menor quantidade granada e silimanita. Os tipos ígneos são maciços isotrópicos e os migmatitos, maciços heterogêneos. Todos os gnaisses, granitóides e migmatitos são freqüentemente

milonitizadas e, por vezes, apresentam nas zonas miloníticas feldspatização potássica rósea.

As foliações metamórficas e miloníticas apresentam direção geral NE, com mergulhos de médio a alto ângulo, para NW.

O Complexo Precambriano é cortado, na sequência, por todas as rochas do magmatismo mesozóico acima listadas. Correspondem assim, as definições anteriores de Freitas (1947) e Almeida et al. (1981). As rochas deste complexo não foram detalhadas quanto a petrografia primária precambriana neste trabalho, apenas sob aspectos de seus contatos com as rochas do magmatismo mesozóico.

B) Diques Máficos e Ultramáficos Mesozóicos

Estes ocorrem *in situ* cortando o Complexo Precambriano, sendo os melhores afloramentos localizados na estrada de acesso a Praia da Pacuíba e no costão, com direção preferencial NE e caiimentos de alto ângulo; ocorrem ainda em blocos maiores rolados. Pertencem a duas gerações compostionais e de idade, no mínimo, representadas, respectivamente, por diabásios básicos e lamprofiros ultrabásicos e ultramáficos. Os lamprofiros, mais jovens, cortam e deslocam os diques de diabásio. Estes diques não foram encontrados intrusivos nas intrusões gábricas e de sienitos, confirmando observações anteriores e as principais datações geocronológicas (Freitas, 1947; Amaral et al., 1966, 1967; Hennies e Hasui, 1968; Silva et al., 1977; Montes Lauar et al., 1995; Garda, 1995, entre outros).

Os diabásios são afaníticos a faneríticos finos de coloração cinza escura e os lamprófiros rochas preto esverdeadas porfíriticos, de matriz afanítica fina com fenocristais médios a grossos principalmente de olivina, clinopiroxênios e mais raramente flogopita.

Trata-se de uma sucessão de reintrusões de magmas matelícios de fontes distintas, mais rasas dos diabásios e mais profundas dos lamprofiros, nas rochas do embasamento precambriano. Os diabásios e lamprofiros indicariam intrusões em níveis crustais rasos relacionados aos processos de rifteamento continental mesozóicos (Almeida et al 1981 e Garda 1995). Dessas ocorrências apenas poucos diques de

diabásio foram amostrados e estudados petrográfico e geoquímica para fins de comparação com os gabros.

C) Intrusões Gábricas Mesozóicas

Estas intrusões ocorrem ao longo das Praias da Pacuíba, Armação e Ponta das Canas, na forma de mar de blocos (prancha 1 - fotos 1 e 2). A ocorrência da Pta. da Pacuíba é o alvo central desta pesquisa, sendo a intrusão de maior expressão e ainda não mencionada em trabalhos anteriores, exceção feita para uma breve comunicação da autora desta dissertação e seu orientador (Lima e Schorscher, 1999). Afloramentos *in situ* não ocorrem, salvo, talvez, a ocorrência da Ponta das Canas onde se tem uma exposição maior em corte da estrada, além de blocos rolados ao longo daquele costão.

A intrusão gábrica da Ponta da Pacuíba extende-se por cerca de 1,5 Km acompanhando a forma em arco da linha de costa, desaparecendo no mar na parte N e subindo para S a encosta íngreme do Pico da Serraria com extensão nessa direção também desconhecida (Figura 3). Entre os litotipos observados predominam as rochas gábricas associadas com peridotitos, piroxênitos e anortositos, todos representados por tipos estruturais maciços, ora isotópicos ora cumuláticos. Neste último caso exibem estruturas de sedimentação em câmara magmática muito bem desenvolvidas. Ocorrem acamamento plano-paralelo rítmico ou em bandas de espessuras variáveis, estratificações gradacionais, estratificações cruzadas, além de discordâncias erosivas cortando rochas estratificadas, originadas por canais de fluxo magnético instalados em acumulações de cristais ainda não-consolidadas, e estruturas de deformação gravitacional por slumping e sliding, atestando atividade tectônica também em estado ainda não consolidado das acumulações de cristais depositadas na câmara magmática por cristalização fracionada. Ocorrem ainda, intrusões gábricas diferenciadas cortando gabros estratificados, piroxênitos e peridotitos de intrusões diferenciadas anteriores assim como brechas intrusivas destes litotipos, evidenciando a reintrusão múltipla de magmas gábricos em estágios de resfriamento variáveis, durante a evolução do corpo principal. Por final foram ainda observadas brechas de borda de câmara magmática (Pranchas 2, 4, 6 e 7).

Quanto a distribuição geral observam-se maior concentração de melagabros isotrópicos na parte E da intrusão (Figura 4, Pontos 8 , 11). Já na parte central observa-se predomínio de melagabros cumuláticos, piroxênitos incluindo tipos bandados e brechas (Figura 4, Pontos 2, 3). Seguem-se para W, as principais ocorrências de gabros, leucogabros e anortositos bandados com piroxênitos subordinados (Figura 4, Pontos 1, 13), e subindo a encosta para S, vários blocos de brechas magmáticas com matriz de meso e leucogabros. Para W a intrusão gábrica é interrompida pela ocorrência de rochas do Complexo Precambriano com diques com diques básicos e ultrabásicos, numa faixa de largura máxima de 200-300 m. Segue-se então, ainda para W, a intrusão gábrica da Pta. das Canas, que pode representar uma continuação da intrusão da Pta. da Pacuíba.

De um modo geral as intrusões gábricas da Praia da Armação e Ponta das Canas exibem feições litoestruturais muito similares a idênticas às definidas acima para a intrusão da Pta. da Pacuíba, ocorrendo somente em escala de afloramentos mais restritos.

Os contatos das intrusões gábricas com as rochas granito-gnaissicas do Complexo Precambriano são raramente expostas. Um caso na intrusão da Pta. da Pacuíba, observado num bloco (Figura 4, Pontos 11), é representado por uma interface nítida entre os dois litotipos de cores contrastantes, sem indícios de assimilação ou xenólitos. Entretanto os estudos petrográficos evidenciaram metamorfismo de contato no gnaisse de fácies piroxênio hornfels. Um outro caso de feições macroscópicas análogas foi observado na intrusão da Ponta das Canas.

Outros tipos de contato referem-se a feições observadas exclusivamente no interior dos corpos gábricos sendo de veios, corpos irregulares menores e diques máfico-ultramáficos, além dos contatos intrusivos dos sienitos do *stock* da Serraria (prancha 5). Estes serão à seguir descritos nos itens D) e E).

GEOLOGIA DA PORÇÃO NORTE DA ILHA DE SÃO SEBASTIÃO, SP

Modificado de Ruy Osório de Freitas

- ~ Curvas de nível
- ↙ Curso d'água
- ↗ Estradas
- Intrusivas alcalinas
- Intrusivas gábricas
- Rochas do embasamento
- - - Contato inferido

ESCALA APROX. 1:35.000

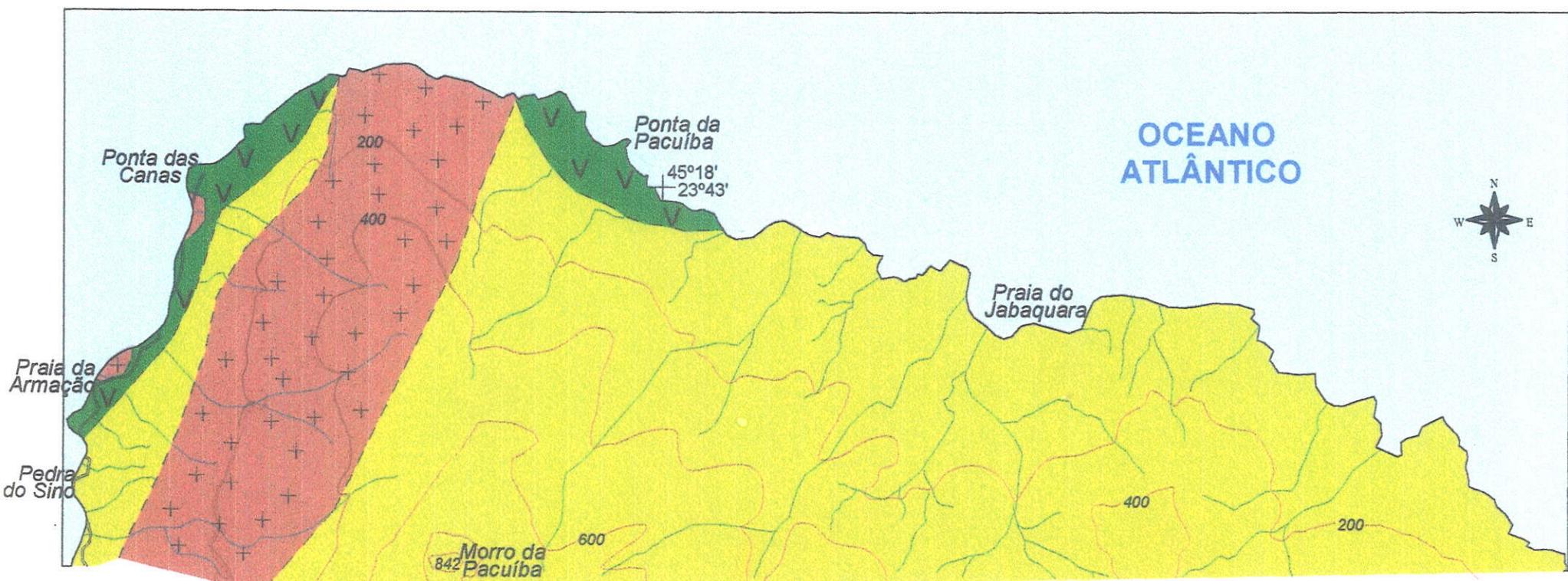
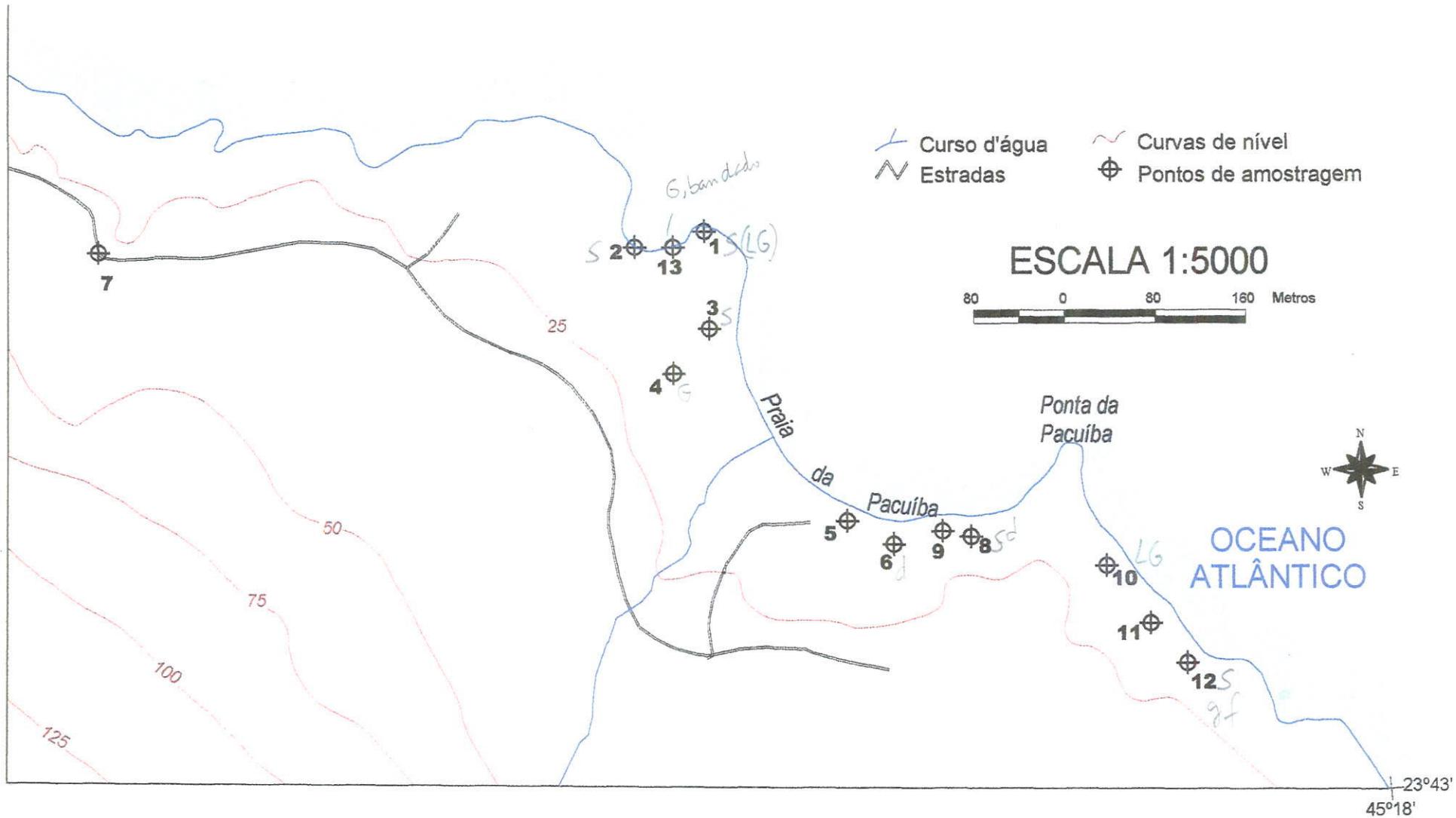


Figura 3 - Mapa Geológico

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE DESCRIÇÃO E AMOSTRAGEM DE ROCHAS
PONTA DA PACUÍBA - ILHA DE SÃO SEBASTIÃO, SP



Base: Secretaria de Economia e Planejamento, Estado de São Paulo, Folha Topográfica Ponta Azeda, SF-23-Y-D-VI-1-SE-E, Escala 1:10000, 1977.

Figura 4 - Mapa de pontos, Ponta da Pacuiba.

D) Veios e Diques Tardios Mesozóicos

Estes envolvem diversos litotipos que intrudem as intrusões gábricas diferenciadas policíclicas e foram subdivididos em três grupos principais.

1) Veios e corpos intrusivos menores e irregulares, que ocorrem ao longo de toda a intrusão da Pta. da Pacuíba, sendo menos evidentes na Ponta das Canas e Praia da Armação. Caracterizam-se como veios finos milimétricos por vezes preenchendo fraturas e falhas, a corpos de largura métrica intrusivos irregulares, por vezes de granulação muito grossa pegmatóides. Composicionalmente são peridotitos, piroxênitos e anortositos/plagioclásitos. Os peridotitos geralmente são finos veios que preenchem fraturas e falhas, enquanto que os piroxênitos formam venulações e injeções pegmatóides, por vezes concordantes com o bandamento dos gabros encaixantes, ou de forma discordante, truncando as rochas gábricas e até as brechas do corpo principal. Os plagioclásitos/anortositos ocorrem de forma semelhante aos piroxênitos, chegando a formar bolsões pegmatóides e também como finas venulações.

Estas intrusões devem ser atribuídas como fases tardias a finais à diferenciação da própria intrusão principal, formados em sua câmara magmática.

2) Diques maficos tabulares finos (20 cm de largura) até métricos (1,5 m) cortam com contatos retilíneos as rochas gábricas dos corpos intrusivos principais, incluindo os veios, intrusões menores e fases pegmatóides supra-descritas. Apresentam estrutura maciça homogênea isotrópica a heterogênea bandada de fluxo, granulometria fina a média por vezes com bordas de resfriamento. São constituídos por microgabros, e, por vezes, de difícil distinção dos diques maficos e ultramáficos descritos no item B) como também daqueles a seguir descritos que formam o terceiro subgrupo de Veios e Diques tardios. Os diques microgábricos também são aqui considerados como fases finais das intrusões gábricas principais, entretanto, derivados, ou diretamente de sua fonte mantélica ou, mais provavelmente, de uma câmara magmática intermediária. Eles cortam as intrusões principais já em estados sólido e mais frias, sendo internamente não diferenciados (prancha 8).

3) Vários diques de diabásios e um dique de dacito porfirítico foram observados cortando as intrusões gábricas da Pta. da Pacuíba e da Praia da Armação, não tendo sido observados nos gabros da Ponta das Canas. Estes são bem menos freqüentes do que os diques máficos e ultramáficos que cortam apenas o Complexo Precambriano.

Os diques de diabásios apresentam-se predominantemente com textura fanerítica fina a microporfirítica. Por vezes são mais grossos, então com texturas transicionais para microgabros algo inequigranulares, ou mesmo microxenolíticos até transicionais para brechas magmáticas finas, subvulcânicas.

Os diques de diabásio e dacito deste subgrupo não apresentam evidências de campo que os relacionem geneticamente com as intrusões gábricas diferenciadas. Podem representar fases tardias do magmatismo hipoabissal a subvulcânico final da conceituação geológica regional (capítulo 4.3, item 3) com idades radiométricas posteriores aos sienitos (Hennies e Hasui, 1968; Montes-Lauar, 1993; Garda, 1995; Garda et al., 1995).

E) Intrusão Sienítica Mesozóica

Essa intrusão é representada pelo *stock* da Serraria que baliza a S as intrusões gábricas da Pta. da Pacuíba e da Ponta das Canas, e a E a intrusão da Praia da Armação (Figura 3). Os sienitos são claramente intrusivos, cortando os corpos gábricos, evidenciado por xenólitos de gabros e piroxênitos incluindo tipos bandados grossos nos sienitos; sienitos com xenólitos, entretanto, são raros. Assim, os sienitos intrusivos do *stock* da Serraria, que abrange inteiramente a área alvo desta dissertação, podem ter rompido e desmembrado a intrusão gábrica anterior (prancha 9).

Os sienitos são rochas de cor cinza clara, grossas a muito grossas, de estrutura maciça isotrópica ou cumulática isotrópica ou bandada. O bandamento por processos de segregação magmática de minerais máficos, observado nos sienitos da Pta. da Pacuíba e da Pedra do Sino, entretanto, é pouco nítido pela quantidade e variação pequena de minerais máficos.

Nas ocorrências estudadas da parte N da Ilha de São Sebastião, na área alvo desta pesquisa, não foram observados quaisquer veios ou diques cortando os sienitos. Entretanto, em ocorrências regionais, entre outro, no costão de Borrifos, na parte SW

da Ilha, ocorrem apófises de diques de diabásio e diques de traquito intrudindo os sienitos. As apófises de diabásios de larguras centimétricas penetram apenas poucos metros adentro os sienitos, fechando em seguida. Diferentemente, os diques de traquito são contínuos, apresentam espessuras métricas (1-3 m) e cortam o sienito em toda sua extensão, adentrando e terminando por cortar de mesma forma também as rochas graníticas precambrianas regionais que se encontram em contato com o sienito. Desta forma, alguns dos diques acima descritos, que cortam as intrusões gábricas (pertencentes ao terceiro subgrupo de veios e diques tardios), de fato, poderiam pertencer a mesma geração de diques que também cortam os sienitos.

5.2 Conclusões dos Levantamentos de Campo

Os estudos geológicos e petrográficos de campo da região-alvo e locais-chave de estudos comparativos do contexto regional maior da Ilha de São Sebastião, permitiram estabelecer as seguintes relações temporais e, em parte, genéticas entre as diferentes fases do Magmatismo Mesozóico:

1. Magmatismo subvulcânico inicial, de diques máficos e ultramáficos, primeiramente de diabásios e subseqüentemente de lamprofiro incluindo tipos ultrabásicos, intrusivos no Complexo Precambriano;
2. Intrusões gábricas diferenciadas policíclicas (de múltiplas reintrusões), cortando o Complexo Precambriano e os diques máficos e ultramáficos, sem relações genéticas evidentes com estes últimos. As intrusões gábricas incluem, como fases finais subordinadas, pequenos veios e outras intrusões menores de gabros, peridotitos, piroxênitos e anortositos/plagioclasitos por vezes de fácies pegmatóides como diferenciados consangüíneos, até diques de microgabros (representando a 1^a fase do plutonismo principal);
3. Intrusão dos sienitos do *stock* da Serraria, cortando as intrusões gábricas, inclusive suas fases finais, sem evidenciar relações genéticas com essas (representando a 2^a fase do plutonismo principal);

4. Magmatismo subvulcânico final compreendendo os diques de diabásios e traquito intrusivos nos sienitos do contexto regional e possivelmente também os diabásios e dacito intrusivos nos gabros da Pta. da Pacuíba e Praia da Armação.

6 – Estudos Petrográficos

Neste capítulo serão descritos e caracterizados, a partir dos resultados de campo, com métodos microscópicos petrográficos, todos os litotipos principais constituintes da área alvo desta pesquisa, compreendendo a parte N da Ilha de São Sebastião, com enfoque no Magmatismo Mesozóico. Para a caracterização dos litotipos nos seus aspectos texturais e mineralógicos, com base em cortes em rochas para estudos mesoscópicos e 134 lâminas delgadas para estudos microscópicos, foram consultados os trabalhos de Williams et al. (1970), Turner & Verhoogen (1960), Hyndman (1972), Deer et al. (1977), Tröger (1979), Bard (1980), MacKenzie (1982) e Yardley et al. (1994). Para complementar a caracterização especificamente das intrusões gábricas diferenciadas estratiformes foram consultados os trabalhos de Irvine (1982) e Philpotts (1989).

No que se segue, serão discutidos os grupos petrográficos individuais, separados em gnaisses do Complexo Precambriano e rochas do Magmatismo Mesozóico, estas últimas separadas por sua vez em rochas das intrusões gábricas, diques básicos a intermediários e sienitos da intrusão do Pico da Serraria. As descrições petrográficas foram feitas por grupos litológicos pela conveniência de representar os dados petrográficos-mineralógicos em tabelas, compreendendo, por vezes, num grupo rochas petrograficamente similares, mas de posição genética diferente. Essas diferenças serão discutidas no texto.

Nas descrições petrográficas foram utilizadas as seguintes abreviações para os nomes dos minerais principais: Pl – plagioclásio; FK – feldspato potássico; Ol – olivina; Cpx – clinopiroxênio; Opx – ortopiroxênio; Hbl – Hornblenda, Anf – anfibólito da série actinolita; Bio – biotita; Flog – flogopita; Op – opacos; Carb – carbonatos; Hc – espinélio hercínita, e Qtz – quartzo.

6.1. Gnaisses, Migmatitos e Granitóides do Complexo Precambriano

Principalmente gnaisses foram observados nos pontos 4 a 7 e 11 da área estudada (Figuras 3 e 4), e amostras dos afloramentos 4 e 11 estudadas em duas lâminas. São rochas leucocráticas de granulometria média, apresentam bandamento dado pela alternância de níveis quartzo-feldspáticos com feldspato alcalino e plagioclásio e níveis maficos constituídos de biotita, muscovita, além de, eventualmente, granada e silimanita (tabela 6.1, amostras I-PA-4 e 11). As rochas deste complexo de fato não foram detalhadas quanto a petrografia primária precambriana, fugindo ao escopo deste trabalho, apenas sob aspectos de seus contatos com as rochas do magmatismo mesozóico.

No ponto 11 observou-se num bloco o contato de um gnaisse precambriano com o olivina gabro nele intrusivo. Microscopicamente, verificaram-se em zonas de larguras milimétricas efeitos de metamorfismo de contato na fácie piroxênio hornfels.

As reação de contato provocaram, nos gabros, a quebra da olivina para formar simplectitos de opacos + quartzo, com recristalização de opacos amebóides que envolvem outras olivinas e piroxênios. As biotitas metamórficas envolvem clinopiroxênio (augita/diopsídio), apatita e plagioclásio.

Nos gnaisses ocorre a quebra de biotita + quartzo para formar sillimanita + piroxênio, continuando presentes quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e opacos, além dos minerais acessórios e secundários (cf. Tabela 6.1).

LÂMINA	I - PA - 4	I - PA - 11
Plagioclásio	15%	10%
Feldspato Potássico.	30%	30%
Quartzo	35%	30%
Piroxênio	#	10%
Hornblendita	5%	5%
Biotita	7%	7%
Muscovita	5%	5%
Silimanita	#	1%
Opacos	2%	2%
Titanita	TR	TR
Apatita	TR	TR
Carbonatos	TR	TR
Epidoto	TR	#
Sericita	TR	TR

Tabela 6.1 - Mineralogia dos gnaisses da Praia da Pacuíba (PA).

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = Menos que 1% e # = Mineral não observado

6.2. Rochas das Intrusões Gábricas Diferenciadas

Sob aspectos de campo as rochas das intrusões gábricas foram subdivididas como se segue:

1. Brechas magmáticas;
2. Gabros e principais intrusivas diferenciadas;
3. Rochas da fase final em veios, e
4. Gabros finos em diques.

1. Brechas magmáticas. Ocorrem ao longo de todo o corpo da intrusão gábrica da Ponta da Pacuíba e da Praia da Armação, entretanto, não foram encontradas na ocorrência da Ponta das Canas; sendo divididas em brechas magmáticas da borda da intrusão, e das reintrusões. As brechas magmáticas das bordas das intrusões apresentam matriz gábrica fina, heterogênea, comumente estrutura de fluxo de cores cinzas claras a escuras. Os fragmentos, em geral pequenos, até centimétricos, são de rochas do embasamento e de diques máficos principalmente.

As brechas das reintrusões apresentam matriz variável de gábrica a peridotítica de granulometria grossa, sendo isotrópicas homogêneas ou cumuláticas heterogêneas. Seus fragmentos são de peridotito, piroxênito, gabro fino, leucogabro e gabro bandado, de fato abrangem todas as litofácies dos corpos gábricos diferenciados (prancha 3). As diferenças entre as brechas da borda da câmara magmática e das reintrusões são principalmente texturais, tendo a primeira granulometria mais fina indicativas de resfriamento rápido. Dados petrográficos dos dois tipos de brechas magmáticas são contidos na Tabela 6.2.1.

As brechas finas de borda (Tabela 6.2.1, amostra I-PA-8) apresentam textura de fluxo, granulometria fina-média e fragmentos de gnaisses, gabro fino, xenocristais de mesoperítitas e quartzo entre outros. Minerallogicamente as matrizes são compostas de 2 piroxênios enstatita e pigeonita, polvilhados de opacos, e por vezes apresentam

bordas simplectíticas de anfibólio e opacos; a olivina foi praticamente na integra destruída em reações formando pseudomorfos de opacos, espinélio e plagioclásio, ou substituída por massas de carbonato secundário + clorita + serpentina. Os plagioclásios (labradorita predominante) são subédricos a anédricos, às vezes zonados, com geminação polissintética (albita e periclíneo). Carbonatos primários também ocorrem, entretanto, são raros e apresentam bordas simplectíticas finas com os silicatos e opacos ao redor, decorrentes de reações magmáticas e pós magmáticas.

As brechas das reintrusões são meso a leucocráticas e mais raramente melanocráticas, de granulometria grossa (cristais de até 1 cm) a eventualmente muito grossa. As matrizes variam composicionalmente de leucogabros a peridotitos, possuindo fragmentos de virtualmente todos os litotipos das intrusões predominando os gabros; não foram observados fragmentos de rochas e/ou minerais do Complexo Precambriano. As matrizes gábricas dessas brechas correspondem mineralogicamente aos litotipos não brechóides variando de leuco a meso e mais raramente melagabros (descritos em itens próprios a seguir). Como fenômenos específicos, entretanto notaram-se paragêneses e reações de minerais opacos incomuns nos demais gabros. Foram observados minerais semiopacos (marrom-avermelhados) provavelmente cromitas com bordas de reação e sobrecrecimento de espinélio verde hercinita; os minerais opacos comuns são magnetitas/ilmenita com bordas de biotita.

Ainda do grupo das brechas de reintrusões, uma brecha de matriz peridotítica (Tabela 6.2.1, amostra I-PA-2G) cumulática grossa apresenta como fases cumulus, clinopiroxênios e olivinas. Os clinopiroxênios são diopísídicos, freqüentemente homogêneos, quando zonados variando de um núcleo verde claro (diopsídico) para bordas marrons de titânio-augita, sendo, por vezes fraturados. As olivinas são anedrais, fraturadas, com graus variáveis de alteração. A fase intercumulus é constituída principalmente de plagioclásio intersticial com saussuritização incipiente. Ocorre ainda plagioclásio em grãos menores incluídos nos cpx.

Uma brecha especial foi encontrada cortando a intrusão gábrica da Praia da Armação, distinta dos dois grupos de brechas acima descritos. Ocorre como dique bem definido máfico de matriz afanítica a fanerítica fina, coloração cinza escura, sendo rica em fragmentos de gnaisses precambrianos, olivina gabbro grosso, xenocristais de

clinopiroxênio grosso, entre outros. Tudo isso leva a crer que se trata de fato de uma brecha subvulcânica, neste caso não associada à intrusão principal, mas a fases finais de diques tardios ou posteriores a intrusão. Sua descrição petrográfica é dada na Tabela 6.2.1 (amostras I-AR-6AF e 7).

2. Gabros e principais intrusivas diferenciadas. Inclui-se neste grupo além dos diversos gabros como litotipos predominantes, peridotitos, piroxênitos e anortositos, sendo todas rochas maciças homogêneas ou heterogêneas, bandadas.

Os gabros predominam amplamente, variando estruturalmente e texturalmente de homogêneos isotrópicos e cumuláticos a heterogêneos bandados, plano paralelos, gradacionais, rítmicos, com estratificações cruzadas, cruzadas acanaladas, além de discordâncias erosivas e deformações gravitacionais por processos de sedimentação e tectônica em câmara magmática ativa. Os tipos bandados plano-paralelos, excetuando-se o bandamento rítmico, apresentam bandas que variam de centimétricas (até 10 cm) a milimétricas, alternando-se bandas máficas mais ricas em piroxênio e olivinas até ultramáficas e félsicas (anortositicas/plagioclásicas); podendo eventualmente ocorrer bandas cumuláticas de até 1 metro de piroxênitos e anortositos. Nos tipos com estratificação cruzada esta apresenta-se normalmente em unidades de portes pequenos (centimétricos) a médios (decimétricos); excepcionalmente foram observados leucogabros com corpos de estratificação cruzada de planos inclinados superiores a 1,5 metros (Pranchas 2, 4 , 6 e 7).

A granulometria predominante é grossa e muito grossa ($>1-2$ cm) e, mais raramente fina, neste caso, caracterizando um tipo específico de gabros estratificados cuja disposição na câmara magmática não pode ser bem definida. Quanto aos teores de minerais máficos foi adotada uma classificação de campo em:

-Leucogabros, M = 10-35

-Mesogabros, M = 35-65

-Melagabros, M = 65-90,

separados por um lado de anortositos/plagioclasitos hololeucocráticos (M <10) e por outro lado de piroxênitos e peridotitos ultramáficos (M >90).

Apesar desta ampla variabilidade tipológica estrutural e textural e também de uma considerável faixa de variação composicional quanto aos teores de minerais maficos (índice M), os estudos microscópico-petrográficos revelaram para o grupo dos gabros em geral, grande similaridade na composição mineralógica qualitativa e semiquantitativa. Os resultados destes estudos são representados nas tabelas 6.2.2 e 6.2.3, respectivamente para os leuco, meso e melagabros, evidenciando 3 grupos principais: gabros, gabros com nefelina e gabros com ortopiroxênio (na seqüência de abundância decrescente das amostras estudadas). Os gabros predominantes são compostos essencialmente de plagioclásio (labradorita-bytownita), clinopiroxênios (augita, titano-augita e, mais raramente diopsídio) e olivina, além dos componentes menores, minerais acessórios e secundários tabelados. Os gabros com nefelina representam um subgrupo destes, e os gabros com ortopiroxênio, mais raros ainda, são caracterizados pela coexistência de augita e/ou titano-augita com hiperstênio, plagioclásio e olivina, e sempre isentos de nefelina (pranchas 10, 11, 14 e 15). Seus constituintes menores, minerais acessórios e secundários são essencialmente os mesmos dos gabros normais.

Os clinopiroxênios em todos os gabros apresentam-se comumente zonados, ocorrendo dois tipos principais de zonamento: um pode ser descrito como zonamento concêntrico múltiplo e o outro como zonamento simples homogêneo. O primeiro constitui-se numa seqüência de múltiplas zonas (idiomórficas e/ou arredondadas de corrosão magmática) de composições diferentes e o segundo, essencialmente de duas zonas em si homogêneas, uma do núcleo e a outra da borda (pranchas 10, 11, 14 e 15). Ambos os casos podem coexistir numa mesma rocha e lâmina petrográfica e apresentam evoluções cristaloquímicas similares entre si. Os núcleos são normalmente de augita (de cor creme a marrom clara) ou mesmo diopsídicos (neste caso com cores esverdeadas) e as bordas externas titano-augíticas de cores marrons escuras.

A seqüência normal de cristalização dos gabros varia dependendo do tipo composicional mineralógico. Sem considerar os minerais acessórios inclusive opacos (estes não foram detalhados), tem-se no caso mais simples a cristalização de gabros ofíticos formando, nesta ordem, olivina, plagioclásio e clinopiroxênio. Nos nefelina gabros a sucessão geral é idêntica, exceção feita para a nefelina que cristaliza junto

com os plagioclásios, apenas num intervalo menor de tempo e temperatura. Já nos gabros com ortopiroxênios ocorrem sucessões mais complexas envolvendo duas ou mais gerações de olivinas, plagioclásios e clinopiroxênios, na ordem a seguir listada: Ol1 (mais forsterítica), Pl1 (anortita-bytownita), Opx (bronzita-hiperstênio) junto com Cpx1 (diopsídio a augita), Pl2 (labradorita) junto com Ol2 (mais fayalítica), Cpx2 (titano-augita). Em todos os casos seguem-se ainda os silicatos Fe-Mg hidratados hornblenda e biotita e minerais secundários.

Como constituintes mais raros e de certo significado petrogenético foram observados hercinita e carbonatos magmáticos. Hercinita ocorre em alguns meso e melagabros, com e sem nefelina, sobrecrescendo minerais opacos; possivelmente indica magmas mais secos e insaturados. O carbonato magmático é raro, diferentemente do carbonato secundário que é onipresente, embora em pequenas quantidades. Carbonato magmático foi observado em apenas 3 amostras de gabros típicos assim como no gábro fino também incluído neste grupo. Estes gabros típicos são isentos de opx, portadores ou não de nefelina. O gábro fino e um leucogábro bandado (isento de nefelina e opx), sendo que o carbonato magmático ocorre apenas nas bandas melanocráticas. O carbonato magmático nestes gabros é considerados como uma provável evidência para a derivação de seus magmas parentais de protolitos mantélicos metassomatizados. As texturas dos carbonatos magmáticos sugerem sua cristalização a partir de gotículas de líquidos carbonáticos separados por imiscibilidades magmáticas (pranchas 14 e 15).

Por fim, há de se ressaltar que, diferenças petrográficas entre os gabros do mesmo tipo das ocorrências das pontas da Pacuíba, das Canas e da Praia da Armação não foram observadas. Entretanto, é notável que na Praia da Armação somente foram encontrados gabros com nefelina.

Os peridotitos são em todos os casos observados clinopiroxeníticos, clinopiroxênio peridotitos, e ocorrem em proporções variáveis em todas as partes das intrusões principais, entretanto com maior freqüência e expressão, associados às concentrações de meso e melagabros. Como seus diferenciados cumuláticos, ocorrem em bandas desde centimétrica a mais raramente métricas. As olivinas, mais forsteríticas em relação aos gabros atingem composição transicional de crisolita para

forsterita (conforme estimativa óptica), e ocorrem idiomórficas como as primeiras fases cristalizadas. São seguidas dos clinopiroxênios (augíticos com bordas mais finas titano-augíticas), que predominam volumétricamente, também cumuláticos e predominantemente idiomórficos a subidiomórficos, e que comumente apresentam inclusões de olivina. Minerais opacos ocorrem em abundância em grãos pequenos principalmente como inclusões em piroxênios e grãos intersticiais, sendo raros como inclusões nas olivinas. A principal fase intercumulus é de plagioclásios associados a biotitas subordinadas. Eventualmente ocorre ainda alguma hornblenda sobrecrecida aos Cpx. Tipos alcalinos apresentam ainda alguma nefelina associada aos plagioclásios como fase intercumulus e titano-augitas em bordas mais expressivas nos Cpx.

Piroxenitos, também ocorrem por todas as partes das intrusões maiores, sendo mais freqüentes nas zonas transicionais de peridotíticas para mesogabros e de leucogabros bandados para anortositos. Formam bandas mais expressivas decimétricas até métricas (2-3 m). São sempre clinopiroxenitos bastante ricos em minerais opacos. Os clinopiroxênios são augitas com bordas de titano-augitas e eventualmente sobrecrecimentos de hornblenda. Olivinas podem ocorrer em poucos porcentos modais, em geral como inclusões nos piroxênios, e plagioclásios, também subordinados, como fases intersticiais.

Anortositos cumuláticos associam-se aos leucogabros bandados em camadas centimétricas a métricas. O plagioclásio euédrico a subédrico é pouco zonado predominando composição labradorítica. Fases subordinadas, cada qual com cerca de 1-3% modais, são olivinas parcialmente substituídas e incluídas por clinopiroxênio, este último de composição augítica predominante. Os opacos são mais raros e ocorrem principalmente intersticiais aos plagioclásios, associados e inclusos nos Cpx. Nefelina não foi observada nestes litotipos.

3. Rochas da fase final em veios. Ocorrem clinopiroxenitos, peridotitos e anortositos/plagioclasitos na forma de venulações finas milimétricas até em veios decimétricos e mais raramente métricos (1-2 m) irregulares a parcialmente retilíneos, intrusivos em todos os litotipos dos corpos gábricos diferenciados.

Os **clinopiroxenitos** ocorrem sempre como fases pegmatóides em veios mais possantes (decimétricos a métricos), intrudindo com contatos irregulares a parcialmente retilíneos e, por vezes, como injeções *lit-par-lit* as demais rochas, podendo incluir fragmentos destas como xenolitos. No campo destacam-se pela coloração preta, granulação grossa e resistência maior ao intemperismo entre todas as rochas das intrusões gábricas. São sempre isotrópicos maciços, muito grossos com cristais individuais de até 10 cm. Como fases subordinadas mas expressivas ocorrem nestes veios de clinopiroxenitos pegmatóides, minerais opacos com destaque para magnetitas até centimétricas. Os Cpx apresentam composição augítica a titano-augítica predominante.

Os **peridotitos** formam em geral veios menos possantes, predominando espessuras centimétricas a raramente decimétricas (prancha 12). Em afloramentos naturais estes veios caracterizam-se pela cor marrom amarelada dada pelo intemperismo limonítico superficial das olivinas. Estes peridotitos apresentam granulação fina a média, textura cumulática e composição mineralógica dominada por olivinas e clinopiroxênios como fase cumulus e plagioclásio subordinado intersticial-intercumulus, além de opacos, biotita, apatita e minerais secundários (Tabela 6.2.4).

Os **anortositos** deste grupo ocorrem em venulações desde milimétricas a veios e bolsões irregulares decimétricos. Apresentam-se maciços isotrópicos, por vezes com estrutura de fluxo e levemente inequigranulares por resfriamento de bordas. Em geral a granulometria varia de fina a grossa dependendo da espessura total do veio. A composição mineralógica predominante é típica do litotipo (Tabela 6.2.4), sendo que algumas olivinas mais grossas e alteradas assim como clinopiroxênios, mais provavelmente, representam xenocristais arrancados das encaixantes. Em um dos veios anortositicos foi observada nefelina em teores traço. Nos veios anortositicos, diferentemente dos outros veios, foi observada com regularidade uma alteração mais forte das rochas justapostas nos contatos, causando principalmente carbonatação e saussuritização mais forte dos plagioclásios.

PONTA DA PACUIBA - CORPO PRINCIPAL							
LITOLOGIA	BRECHAS						
ESTRUTURA	Grossa			Fina			
LÂMINA	I - PA - 2G1	I - PA - 2G2	I - PA - 2G	I - AR - 6AF	I - AR - 7	I - PA - 2G1	I - PA - 8
MINERAIS Estimativa mineralógica visual							
Plagioclásio	25%	25%	10%	10-15%	40-45%	5-12%	30%
Nefelina	#	#	#	#	#	#	#
Quartzo	#	#	#	#	#	#	TR
Olivina	20-30%	20-30%	20%	3-5%	#	22-26%	10%
Piroxênio	45%	45%	55%	40-45%	25-30%	45-50%	35%
Ortopiroxênio	#	#	#	#	#	#	10%
Hornblenda	#	#	#	15-20%	#	#	2%
Biotita	3-10%	3-10%	5%	10%	5%	5%	5%
Espinélio	1%	1%	1%	#	#	2%	5%
Opacos	10%	10%	10%	10%	10%	5%	5%
Clorita	#	#	#	#	2%	TR	TR
Zircão	#	TR	TR	#	#	TR	TR
Apatita	#	#	#	#	#	TR	TR
Rutilo	#	#	#	TR	#	#	#
Carbonatos	#	#	#	#	#	TR	TR
Clorofeita	#	#	#	#	8%	#	TR
Serpentina	#	TR	TR	#	#	TR	TR

Tabela 6.2.1 - Mineralogia das brechas da Praia da Pacuíba (PA) e Armação (AR).

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = Menos que 1% e # = Mineral não observado

PONTA DA PACUIBA, DAS CANAS E ARMAÇÃO - CORPO PRINCIPAL																			
LITOLOGIA	LEUCOGABROS																		
ESTRUTURA	bandada				Isotrópica														
LÂMINA	I - PA 1	I - PA 1A	I - PA 1B	I - PA 4C	I - PA 1G	I - PA 1D1e3	I - PA 1D2	I - PA 1H	I - PA 2	I - PA 2A	I - PA 5	I - PA 10A	I - PA 10G	I - AR 2	I - AR 5	I - PC 1A	I - PC 1B	I - PC 2	
MINERAIS	Estimativa mineralógica visual																		
Plagioclásio1	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	15%	#	#	#	#	
Plagioclásio2	60-65%	65%	55-60%	50-55%	65%	45%	40%	50%	50%	55%	45%	50-55%	50-55%	35%	45%	55-60%	50-55%	60-65%	
Nefelina	#	#	#	#	#	#	#	#	TR	2%	#	#	#	5%	3%	#	#	#	
Olivina1	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	5%	7%	#	5%	5%	
Olivina2	5%	10%	7%	5-10%	5%	10%	5%	10%	10%	10-15%	10-15%	15%	#	#	#	#	#	#	
Piroxênio	25%	20%	25%	20-25%	25%	25%	30%	25%	20-25%	25%	20%	30%	20%	30%	30%	30-35%	30-35%	30%	
Ortopiroxênio	TR	x	3%	#	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Hornblenda	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Biotita	3-5%	5%	3%	2%	2%	5%	5%	4%	3%	2%	2%	3%	2%	5%	3%	2%	3%	2%	
Opacos	2%	/	3%	4%	2%	3%		3%	3%	4%	1-5%	3%	3%	5%	10%	3%	5%	1%	
Espinélio	#	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	5%	4%	#	#	#	
Titanita	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Apatita	#	#	#	#	TR	#	#	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	#	#	#	#	
Rutilo	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	TR	#	TR	#	#	#	#	
Cromita	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	
Zircão	#	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Carbonato1	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Carbonato2	#	TR	TR	TR	TR	TR	1%	1%	TR	TR	TR	TR	TR-0,3%	#	TR	TR	#	#	#
Talco	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Clorita	TR	TR	TR	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	#	#	#	#	
Sericita	#	#	TR	TR	#	TR	TR	#	TR	TR	TR	TR	#	#	#	TR	#	#	
Serpentina	TR	TR	TR	#	TR	#	#	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	TR	#	#	#	
Epidoto	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	

Tabela 6.2.2 - Mineralogia dos leucogabros da Praia da Pacuíba (PA), Ponta das Canas (PC) e Armação (AR).

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = MENOR QUE 1% e # = mineral não observado

PONTA DA PACUÍBA E PRAIA DA ARMAÇÃO - CORPO PRINCIPAL

MESOGABROS

Isotrópico, cumulático e bandado

LITOLOGIA	I - PA - 1Dd	I - PA - 1E	I - PA - 2D	I - PA - 3	I - PA - 3A	I - PA - 3B	I - PA - 3C	I - PA - 3D	I - PA - 3J	I - PA - 4D	I - PA - 4F	I - PA - 4G	I - PA - 8A	I - PA - 8B	I - PA - 101	I - PA - 11	I - AR - 1	I - AR - 4	I - AR - 8
ESTRUTURA	estimativa mineralógica visual																		
LÂMINA	I - PA - 1Dd	I - PA - 1E	I - PA - 2D	I - PA - 3	I - PA - 3A	I - PA - 3B	I - PA - 3C	I - PA - 3D	I - PA - 3J	I - PA - 4D	I - PA - 4F	I - PA - 4G	I - PA - 8A	I - PA - 8B	I - PA - 101	I - PA - 11	I - AR - 1	I - AR - 4	I - AR - 8
MINERAIS																			
Plagioclásio1	#	#	#	5%	#	#	#	5%	#	#	#	#	#	#	#	#	10%	5%	5%
Plagioclásio2	40-45%	30-35%	40%	30%	30%	5-12%	40%	40%	30%	25%	35%	40%	35%	30%	10-15%	35%	25%	20%	30%
Nefelina	#	#	#	2%	3%	#	TR	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	5%	5%	5%
Olivina1	#	#	5%	#	#	#	#	#	#	#	5%	#	#	#	#	#	10%	5%	10%
Olivina2	15%	20%	15%	20%	15-20%	22-26%	15%	15-20%	10-15%	20%	15%	20%	15%	25%	20-25%	20%	#	#	#
Piroxênio	30-35%	35%	35%	40%	35%	30%	35%	30-35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	45-50%	35%	35%	50%	35%
Ortopiroxênio	#	#	#	#	#	#	#	#	#	TR	2%	#	1%	#	#	#	#	#	#
Hornblenda	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	2%	#	#	#	#
Biotita	2%	#	2%	2%	3%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	2%	3%	3%	3%	4%	5%	3%	7%
Ópacos	3%	3%	5-7%	3%	3%	4%	1-5%	3%	3%	5%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	5%	5%	5%
Espinélio	#	#	1%	TR	TR		TR	TR	1%	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Titanita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	#
Cromita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Sodalita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#
Apatita	TR	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	TR	TR	#	TR	#	TR	TR	#	#
Rutílio	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	TR	#	#	#	#	#
Carbonatos1	#	#	#	TR	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	TR
Carbonatos2	TR	#	TR	TR	TR	TR	/	TR-0,3%	TR	#	#	TR	TR	#	TR	#	TR	TR	TR
Sencita	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	TR		TR	TR	TR	#	#	#	#
Talco	TR	#	TR	TR	TR	TR	/	TR	TR	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Clorita	TR	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	TR	TR	TR	#	#	TR	TR	TR
Serpentina	#	#	TR	TR	TR		TR	TR	TR	#	TR	#	#	#	#	#	TR	TR	TR

Tabela 6.2.3 - Mineralogia dos mesogabros da Praia da Pacuíba (PA) e Armação (AR).

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = Menor que 1% e # = Mineral não observado

MINERAIS	I - PA - 1a	I-PA- 2F	I - PA - 3J1
Plagioclásio1	20%	10%	#
Plagioclásio2	15%	#	90-92%
Olivina1	5%	1%	#
Olivina2	#	10-15%	3%
Piroxênio	45%	65-70%	5%
Ortopiroxênio	#	#	#
Hornblenda	#	TR	#
Biotita	5%	1%	#
Opacos	10%	3%	TR
Espinélio	1%	1%	#
Zircão	TR	#	#
Carbonato1	#	#	#
Carbonato2	1%	#	#
Talco	#	#	TR
Clorita	TR	#	#
Cromita	#	TR	#
Serpentina	#	#	#
Epidoto	TR	#	#

Tabela 6.2.4 - Mineralogia dos veios tardios de peridotito e anortosito da Praia da Pacuíba

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = Menos que 1% e # = Mineral não observado

5. Gabros finos em diques. Distribuem-se ao longo de todos os corpos intrusivos maiores, formando diques com contatos retilíneos sempre bruscos, de espessuras variáveis, decimétrica até 2 m como dique mais largo observado. A estrutura é maciça, por vezes de fluxo, e a textura inequigranular-microporfirítica com matriz fina a média. Resfriamento de bordas é sempre nítido. Predominam mesogabros; leucogabros também ocorrem sendo mais raros. São gabros pobres em olivina, ou mesmo sem olivina, isentos de nefelina. Apenas um caso de gábro com orto e clinopiroxênio foi observado. Os gabros em diques apresentam-se enriquecidos em opacos que podem atingir 10% modais (pranchas 8 e 13). Os dados mineralógicos encontram-se na tabela 6.2.5.

6.3. Diques básicos a intermediários

Neste grupo serão descritos conjuntamente para fins de comparação e representação dos dados petrográficos em tabelas, tanto as rochas dos diques intrusivos apenas no Complexo Precambriano, nitidamente anteriores às intrusões gábricas diferenciadas, quanto os diques que cortam as rochas gábricas e possivelmente também os sienitos.

Os diques do grupo mais antigo compreendem uma primeira geração de diabásios seguida de pelo menos uma geração de lamprofiros ultramáficos e ultrabásicos. Deste grupo apenas diabásios foram estudados petrográficamente. Os diques do grupo mais recente, que cortam as intrusões gábricas variam de diabásios a dacitos. Os dados mineralógicos encontram-se na tabela 6.3.1. Os estudos petrográficos não revelaram nenhuma diferença significativa entre os diabásios dos dois grupos genéticos e de idades diferentes.

Os diques de diabásio variam de decimétricos até 5-6 m de espessura, apresentando coloração cinza escura. A granulometria é fina, nas bordas dos diques afanítica, e a textura varia de porfirítica com fenocristais de olivina, clinopiroxênio e plagioclásio (na ordem de abundância crescente) a fanerítica fina equigranular. Fragmentos das rochas encaixantes são comuns principalmente nas bordas dos diques. A alteração secundária varia de dique para dique, sendo em geral de serpentinização e cloritização das olivinas, carbonatação e saussuritização dos plagioclásios.

Um dique de dacito foi encontrado cortando os gabros da Praia da Armação. Este apresenta espessura de cerca de 30 cm e cor cinza média. É microporfirítico com matriz fanerítica fina de plagioclásio, feldspato alcalino, quartzo, clinopiroxênio verde (aegirina-augita), biotita, opacos e apatita (tabela 6.3.1., amostra AR-3). Os fenocristais predominantes são de plagioclásio, olivina alterada, clinopiroxênio augítico e alguns opacos mais grossos. Quartzo, feldspato alcalino e/ou plagioclásio albítico formam em interstícios intersertais intercrescimentos microgranofíricos.

6.4. Sienitos

Os sienitos distribuem-se amplamente pelas áreas alvos, de forma semelhante as rochas gábricas, na forma de blocos. São predominantemente isotrópicos maciços (prancha 9) por vezes apresentam um bandamento, evidenciado pela concentração de minerais máficos, ou mais raramente estrutura de fluxo. São rochas leucocráticas de coloração cinza azulada a cinza clara, podendo em alguns casos exibir coloração variando de verde clara a esbranquiçada, como observado nas rochas da praia do Jabaquara.

Sua granulometria varia de média a grossa e muito grossa, apresentando, nos casos estudados petrográficamente, textura inequigranular porfirítica a seriada com matriz média. Seus constituintes mineralógicos principais encontram-se listados na tabela 6.4.1. Os sienitos são em geral isentos de quartzo, então nefelínicos, ou portadores de pouco quartzo livre na matriz (atingindo no máximo 1-2% modais), então sem nefelina. Os demais constituintes da matriz são principalmente os feldspatos ortoclásio, plagioclásios zonados (andesina-oligoclásio-albíticos) e ortoclásio-mesopertita, além de clinopiroxênios zonados que variam de augita (marrom clara) a egirina augita (verde clara) e até egirina (verde), além de hornblenda (marrom escura) e raras olivinas pseudomorfizadas. Como constituintes menores ocorrem biotita, nefelina, magnetita/ilmenita, titanita, apatita e zircão. Os clinopiroxênios ocorrem principalmente associados a grandes cristais de opacos, apresentam inclusões aciculares de rutilo e opacos e tem bordas simplectíticas com biotita e anfibólio.

As biotitas, simplectíticas na maioria absoluta dos casos, são fortemente pleocróicas, possuindo cores variando de castanho claro a castanho escuro e de castanho avermelhado a verde claro.

Os fenocristais são de feldspatos heterogêneos ocorrendo dois tipos distintos. Um tipo mais simples consiste de feldspatos alcalinos subédricos a anédricos, mesopertíticos e eventualmente intercrescidos com fluorita e quartzo finos em texturas mirmequíticas. O outro tipo é representado por feldspatos mais complexos, tendo núcleos de plagioclásio zonado (andesína a albíticos), sendo sobrecrestados e parcialmente substituídos por nefelina e ortoclásio; neste processo as partes mais cálcicas do plagioclásio original são substituídos por minerais de saussurita (sericita, carbonato e subordinadamente epidoto/clinozoisita). Por vezes este segundo tipo de fenocristais de feldspato apresenta ainda na zona de sobrecrestamento uma subzona fina simplectítica de intercrescimento muito fino de opacos com provavelmente nefelina, caracterizando paradas de crescimento e corrosão do plagioclásio original. Os fenocristais de feldspatos heterogêneos complexos com núcleos de plagioclásio, assim como as olivinas pseudomorfizadas claramente evidenciam mudanças na composição do magma, mais provavelmente por contaminação na realimentação.

		PONTA DA PACUÍBA												
		GABROS FINOS												
LITOLOGIA		Isotrópico												
ESTRUTURA	Est. Fluxo													
LÂMINA	I - PA - 2B	I - 1Aa	I - 5a	I - PA - 1C	I - PA - 1E	I - PA - 2C	I - PA - 3B	I - PA - 3C	I - PA - 3E	I - PA - 4B	I - PA - 4D	I - PA - 5	I - PA - 101	
MINERAIS	Estimativa mineralógica visual													
Plagioclásio	40%	40%	40-45%	45%	45%	35%	45%	45%	40%	45%	45%	45%	45%	45%
Feldspato K	#	#	TR	#	#	#	#	#	3%	#	#	#	#	#
Nefelina	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Olivina	#	#	5%	10%	#	20%	#	#	10%	10%	15%	TR	25%	
Piroxênio	35%	30-35%	35%	35%	35%	35%	40%	45%	35%	35%	35%	35%	35%	35%
Ortopiroxênio	15%	15%	5%	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Hornblenda	#	#	#	5%	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Biotita	#	3%	5%	5%	4%	3%	2%	3%	5%	3%	3%	3%	3%	3%
Opacos	3%	7%	3%	4%	4%	3%	6%	5%	4%	3%	2%	7%	6%	
Espinélio	#	#	#	1%	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Titanita	#	#	TR	#	#	#	#	#	1%	#	#	#	#	#
Apatita	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Rutilo	#	#	#	#	TR	TR	#	#	#	#	#	#	#	#
Quartzo	#	#	TR	#	#	#	#	#	1%	#	#	#	#	#
Zircão	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Carbonatos2	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	#
Sericita	#	TR	TR	#	#	TR	TR	TR	#	TR	TR	#	#	#
Clorita	#	TR	TR	#	#	TR	#	#	TR	TR	TR	TR	#	#
Serpentina	#	#	#	TR	#	#	#	#	TR	#	#	TR	#	

Tabela 6.2.5 - Mineralogia dos gabros finos da Praia da Pacuíba (PA).

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = Menor que 1% e # = mineral não detectado.

PONTA DA PACUÍBA E PRAIA DA ARMAÇÃO														
LITOLOGIA	DIQUES BÁSICOS E INTERMEDIÁRIOS													
LÂMINA MINERAIS	I - PA - 4A	I - PA - 4E	I - PA - 6	I - PA - 6A	I - PA - 6B	I - PA - 7	I - PA - 7B	I - PA - 7C	I - PA - 8A	I - 22B	I - 41A	I - AR - 4A	I - AR - 3	
Estimativa mineralógica visual														
Plagioclásio	40%	35%	40%	40%	45%	40%	40%	40%	45%	40%	40%	35%	25%	
Feldspato K	#	#	#	5%	7%	#	#	#	#	#	#	#	#	
Quartzo	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	10%	1%	
Olivina	#	10%	10%	10%	10%	8%	8%	8%	#	5%	5%	5%	15%	
Piroxênio	30%	30%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	30%	10%	
Ortopiroxênio	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	7%	5%	
Hornblenda	#	5%	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Biotita	7%	7%	5%	7%	5%	3%	5%	5%	5%	5%	5%	#	#	
Muscovita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	5%	40%	
Silimanita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#		1%	
Opacos	3%	4%	4%	3%	3%	4%	4%	4%	5%	2%	2%	10%	3%	
Titanita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Zoisita	#	#	TR	TR	TR	#	#	#	#	#	#	#	TR	
Carbonatos	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	
Clorofeita	#	#	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	5%	5%	
Clorita	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	TR	
Sericita	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	
Serpentina	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	TR	

Tabela 6.3.1 - Mineralogia dos diques maficos e intermediários da Praia da Pacuíba (PA) e Armação (AR).

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = Menos que 1% e # = Mineral não detectado.

		PONTA DA PACUÍBA												
LITOLOGIA		SIENITOS												
ESTRUTURA		Maciça												
LÂMINA	I - PA - 1F	I - PA - 2E	I - PA - 2H	I - PA - 3F	I - PA - 3G	I - PA - 3H	I - PA - 8C	I - PA - 12	I - AR - 9	I - PS - 1A	I - PS - 1B	I - 75B	I - 75K	
MINERAIS	Estimativa mineralógica visual													
Plagioclásio	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	10%	10-15%	10%	10-15%	
Feldspato K	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	15%	10%	10%	15%	15-20%	
Mesoperítitas	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	35%	50%	45-50%	45-50%	45-50%	
Nefelina	2%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	3-5%	5%	#	#	
Quartzo	#	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	#	TR	TR	
Olivina	TR	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Piroxênio	10%	5%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5-7%	5%	5-7%	5%	
Hornblenda	10%	10%	10%	15%	10%	10%	10%	10%	15%	8-10%	8-10%	10%	5-7%	
Biotita	5%	10%	10%	7%	7%	7%	7%	7%	10%	5%	5%	7%	5%	
Opacos	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	5%	3%	2-3%	5%	3-5%	
Espinélio	#	#	?	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Titanita	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	TR	TR	TR	#	
Rutilo	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	
Clorita	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Sodalita	#	#	#	#	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	
Apatita	TR	1%	TR	TR	TR	TR	TR	TR	1%	TR	TR	TR	#	
Zircão	#	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	#	#	#	#	
Carbonatos	#	TR	#	TR	#	TR	#	#	#	#	#	TR	TR	
Sericita	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	
Astrofilita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	1%	
Fluorita	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	TR	
Clorita	#	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Serpentina	TR	#	TR	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	

Tabela 6.4.1 - Mineralogia dos Sienitos da Praia da Pacuíba (PA), Ponta das Canas (PC), Armação (AR), Jabaquara e Pedra do Sino (PS).

A composição modal dos minerais foi obtida através de estimativa visual.

OBS: TR = Menor que 1% e # = Mineral não observado.

6.5 Conclusões dos Estudos Petrográficos

De um modo geral, os estudos petrográficos confirmaram os principais resultados dos levantamentos de campo, e contribuíram com detalhes importantes para a melhor compreensão dos processos petrogenéticos tanto dos grupos individuais maiores do magmatismo mesozóico quanto das relações entre estes grupos.

Quanto aos diques de diabásio e lamprofiro da geração inicial, intrusivos nas rochas do Complexo Precambriano, confirmaram-se os resultados de estudos anteriores de Garda (1995), Garda et al. (1995) e Garda e Schorscher (1996), entre outros. Relações genéticas com as rochas dos conjuntos posteriores do magmatismo mesozóico, embora possíveis, não foram evidenciadas.

Para as intrusões gábricas resultaram, além da caracterização petrográfica dos litotipos individuais, a definição de duas linhagens magmáticas distintas, uma tholeiítica e a outra alcalina com nefelina modal, cada qual com séries de diferenciação próprias e respectivos tipos litológicos. Os estudos petrográficos sustentaram também as relações genéticas dos gabros principais e seus diferenciados cumuláticos estratiformes ou isotrópicos com os peridotitos, piroxênitos pegmatóides e anortositos em veios tardios como seus diferenciados consangüíneas finais de câmara magmática. Os gabros finos em diques de composição mais primitiva (não-diferenciados), posteriores aos gabros principais e veios tardios, também indicam relações cogenéticas com os gabros principais, entretanto, como uma fase magmática final de realimentação derivada da mesma fonte mantélica.

Os poucos diques de diabásios e um dique de dacito encontrados cortando as intrusões gábricas e suas fase tardias (em veios e diques), não se diferenciam petrográficamente dos diabásios da primeira geração, que cortam apenas o Complexo Precambriano. Também não evidenciam relações genéticas com as intrusões gábricas. Por fim, suas relações de idade com os sienitos do *stock* da Serraria, ainda continuam em aberto. Embora, encontrados somente nos gabros, poderiam ser inclusive mais jovens do que os sienitos, visto que em outras partes da Ilha de São Sebastião já foram encontrados diques de diabásios cortando estes sienitos.

Os sienitos do *stock* da Serraria apresentam-se petrográficamente remarcadamente homogêneos, exceção feita principalmente para variações texturais, e em menor proporção para algumas variações mineralógicas. Trata-se predominantemente de nefelina sienitos a subordinadamente de sienitos saturados e com pouco quartzo. Freqüentes restos de plagioclásios envolvidos em reações magmáticas de ressorção e substituição por ortoclásio e raros restos de olivina pseudomorfizados e com reações para biotita/flogopita nas bordas, indicam desequilíbrios magmático, causados, mais provavelmente, por realimentações heterogêneas. Relações genéticas entre os sienitos, gabros e as duas gerações de diques de diabásios (incluindo lamprofiros e um dacito) não ficaram evidentes.

PRANCHA 1



Foto 1 - Vista geral da Porção NW da praia da Pacuíba em direção a praia da Armação.



Foto 2 - Vista geral da Porção NE da praia da Pacuíba em direção a praia do Jabaquara.

PRANCHA 2



Foto 1 - Contato entre um leucogabro bandado e um piroxenito, ambos pertencentes ao corpo intrusivo principal. O piroxenito representa os diferenciados máficos/ultramáficos da intrusão.

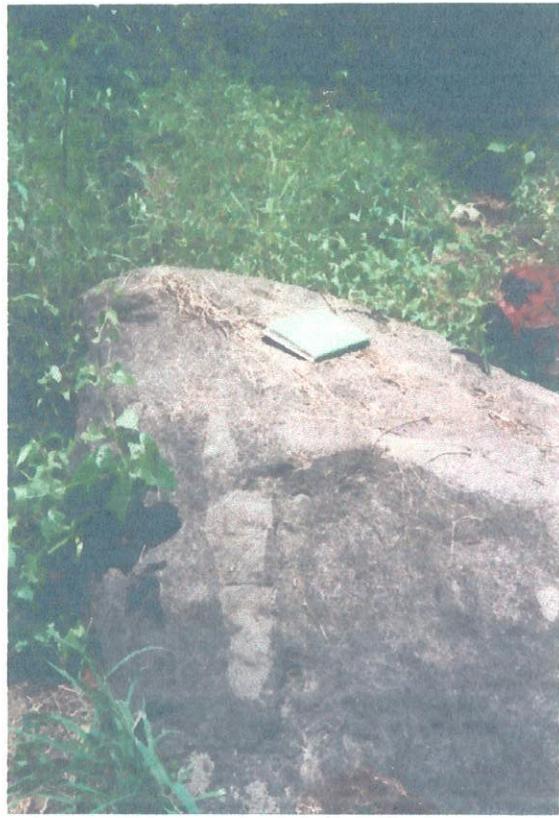


Foto 2 - Bloco de mesogabro isotrópico, envolvendo um leucogabro bandado, evidenciando as diversas reintrusões dentro do corpo principal.



Foto 3 - Banda piroxenítica de aprox. 10 cm, ao lado de bloco com estratitificações cruzadas. Em ambos predominam os tipos leucocráticos.



Foto 4 - Mesogabro envolvendo um piroxenito, ambos da fase principal, sendo posteriormente cortado por uma venulação anortositica, das fases tardias, sendo todo o conjunto afetado por micro falhas.

PRANCHA 3



Foto 1 - Brecha magmática, com matriz gábrica leucocrática, e com fragmentos de diversos tipos litológicos da intrusão.

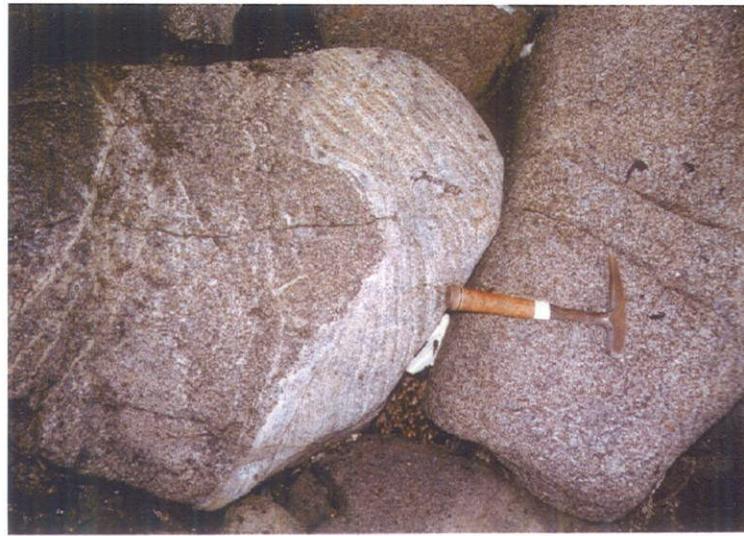


Foto 2 - Discordâncias erosivas, dadas por canais de fluxo magmático em rocha estratificada.



Foto 3 - Detalhe de um Brecha magnática, de matriz gábrica, com fragmentos diversos, sendo observado um de peridotito e um melagabro.



Foto 4 - Brecha magnática cortando uma rocha gábrica bandada.

PRANCHA 4



Foto 1 - Bandamento irregular dado por separação gravitacional associado a fluxo magmático, formando bandas irregulares de anortositos e piroxenitos.



Foto 2 - Mesogabro com bandamento ritmico (pto. 13).



Foto 3 - Detalhe do contato de uma rocha gabrica com estratificação cruzada, e um mesogabro isotrópico.

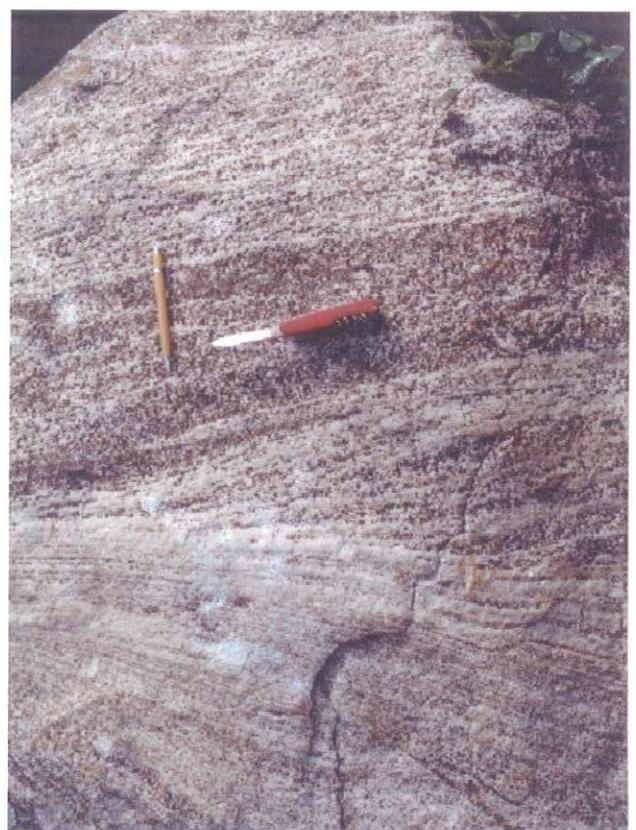


Foto 4 - Leucogabro bandado (pto. 1), onde se observa o bandamento dado por sedimentação gravitacional. Abaixo do canivete a estratificação é cruzada, sendo truncada pelo bandamento plano - paralelo.

PRANCHA 5



Foto 1 - Contato entre o mesogabro isotrópico e um dique básico (ponto 8).

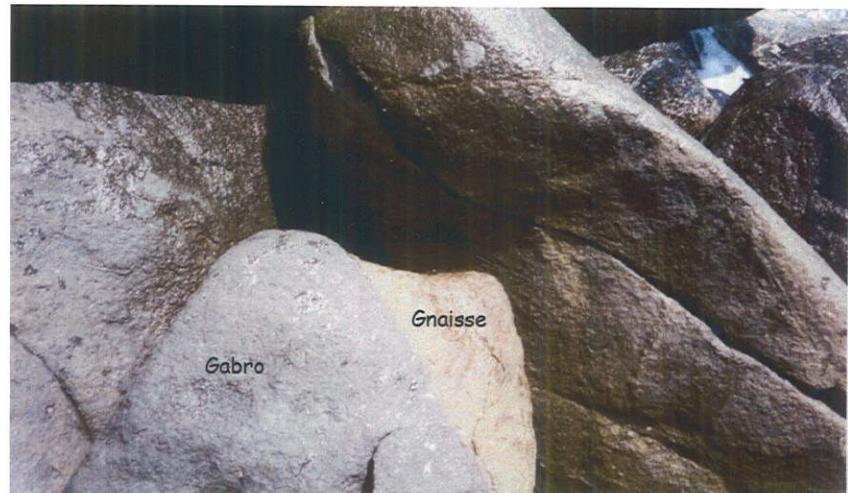


Foto 2 - Contato entre o mesogabro isotrópico e o gnaisse (ponto 11).



Foto 3 - Xenólito do mesogabro no sienito (ponto 5).

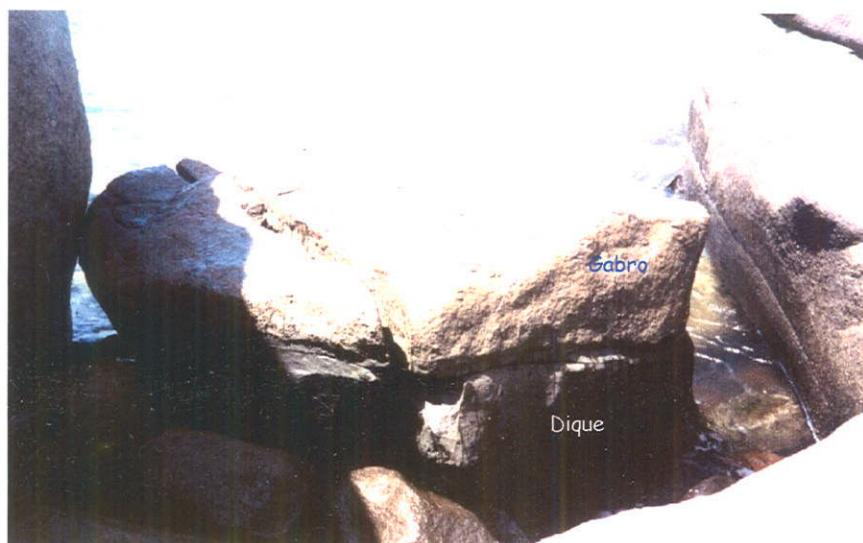


Foto 4 - Dique de gabro fino (1 m de espessura) cortando o mesogabro isotrópico (ponto 12).

PRANCHA 6



Foto 1 - Leucogabro bandado (amostra I - PA- 1), bandamento dado por segregação mineralógica gravitacional, com bandas peridotíticas de até 2cm, e bandas anortosíticas de até 10 cm.



Foto 3 - Leucogabro isotrópico (amostra I - PA - 2), granulometria média e textura sacaróide.



Foto 2 - Contato entre um leucogabro de gran. grossa (2) e um leucogabro isotrópico (1) de granulometria média, (amostra I - PA- 1D).



Foto 4 - Banda mesocrática gabrica, do leucogabro bandado do ponto 1 - amostra I - PA - 1B.
Obs: olivina (marrom), cpx (preto) e pl. (incolor)

PRANCHA 7



Foto 1 - Olivina gabbro isotrópico (amostra I - PA - 8B) cortado por uma venulação anortosítica.



Foto 2 - Detalhe da venulação anortosítica, que corta o gabbro do ponto 8 (amostra I - PA - 8B).

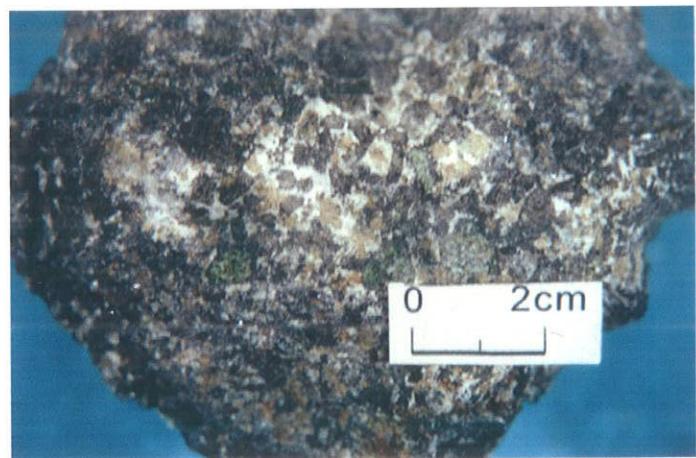


Foto 3 - Mesogabro isotrópico cumulático (I - PA - 3)
Plag. (branco) intercumulus, com cpx (verde e preto)
e olivina (marrom) da fase cumulus.



Foto 4 - Peridotito cumulático - amostra I - PA - 2F



Foto 5 - Melagabro isotrópico (amostra I - PA - 10₁)
Cpx (preto), oliv. (marrom) e plag. (branco).



Foto 6 - Dique básico cortando o gabbro do pto. 8
Amostra I - PA - 8A.

PRANCHAS 8



Foto 1 - gabbro fino isotópico, equigranular, do pto. 4 (am. I - PA 4D)

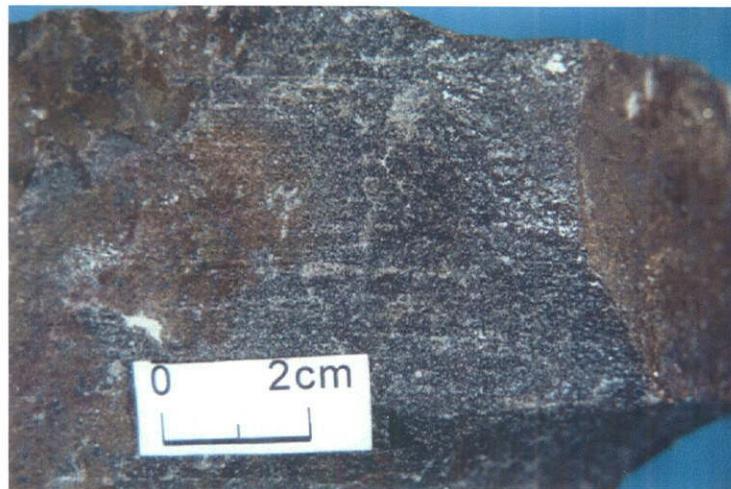


Foto 2 - gabbro fino com estrutura de fluxo, ponto 2
(amostra I - PA - 2B).



Foto 3 - Tipo de contato mais comum entre os gabros da intrusão principal e os gabros finos (amostra I - PA - 5)



Foto 4 - gabbro fino inequigranular, pto. 2 (amostra I - PA - 2C)

PRANCHA 9



Foto 1 - amostra I - PA - 2H.



Foto 2 - amostra I - PA 1F.

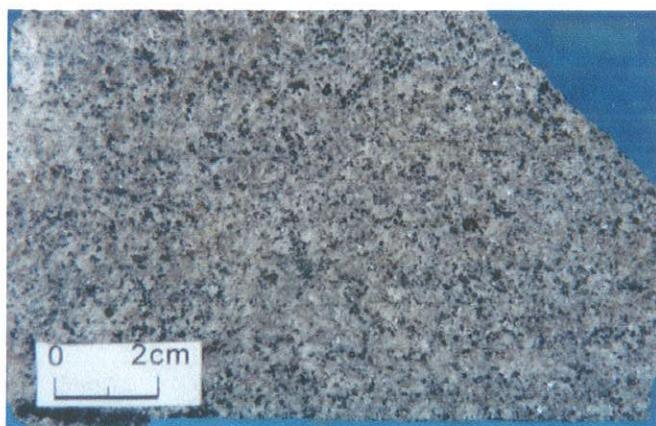


Foto 3 - amostra I - PA - 3E.



Foto 4 - amostra I - PA - 3H.



Foto 5 - amostra I - PA - 8C.



Foto 6 - amostra I - PA - 12.

Nefelina sienitos, de textura inequigranular a porfirítica média a grossa da Ponta da Pacuíba.

PRANCHA 10

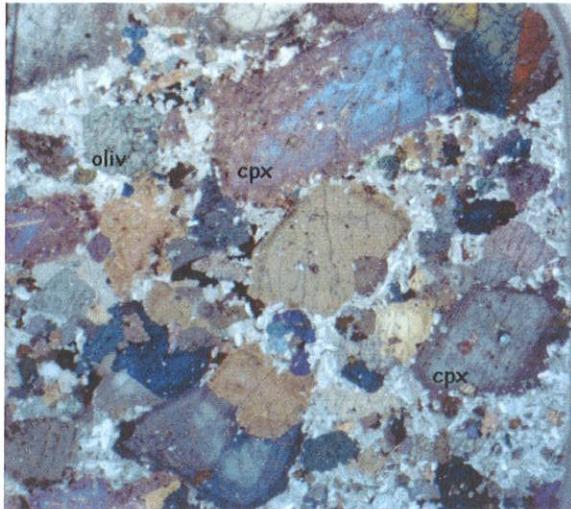


Foto 1 - Olivina gabbro cumulátilo (I - PA - 3₁), cpx com zonas concêntricas, e homogênea com bordas de titanomagnetita, oliv. (cinza clara) e plag. (incolor)- Aum. 1x - nicóis //

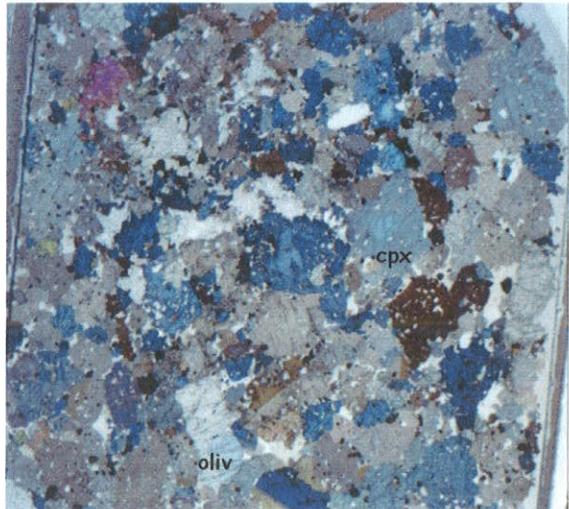


Foto 2 - Peridotito (I - PA - 2F), cpx e oliv. na fase cumulus e plag. (incolor) na intercumulus. Aumento 1x - nicóis //

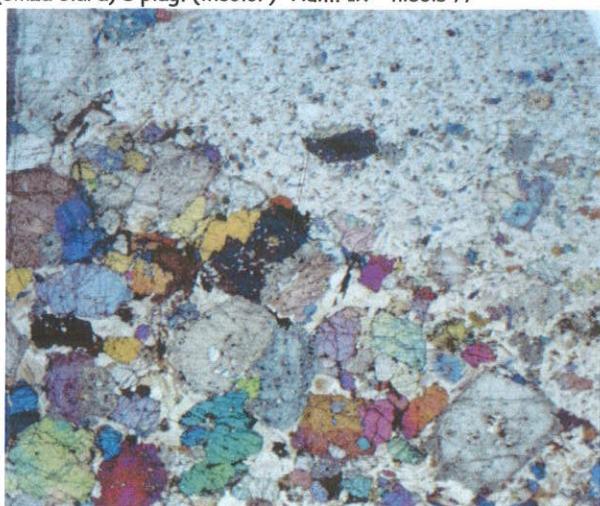


Foto 3 - Mesogabro cumulátilo, cortado por uma venulação anortosítica (am. I - PA - 8B) - Aum. 1x - nicóis //

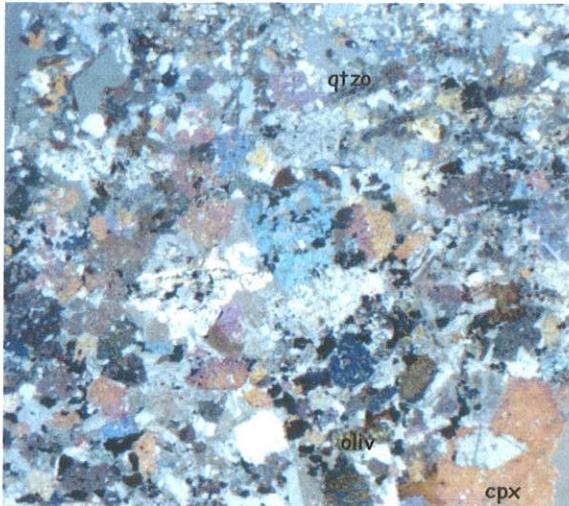


Foto 4 - Contato olivina gabbro com gnaisse, oliv. (verde) fortemente serpentinizada, recristalização de qtzo. (cinza) Amostra T - PA - 11. Aum 1x - nicóis //.

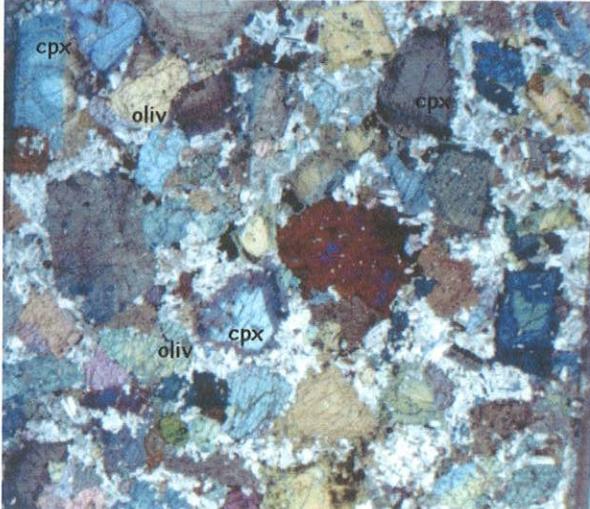


Foto 5 - Detalhe do gabbro cumulátilo (I - PA - 3a3), cpx com zonas concentricas e mais homogêneo com finas bordas de titanomagnetita, oliv. (cinza clara) e plag. (incolor) - Aum. 1x - nicóis parc. x

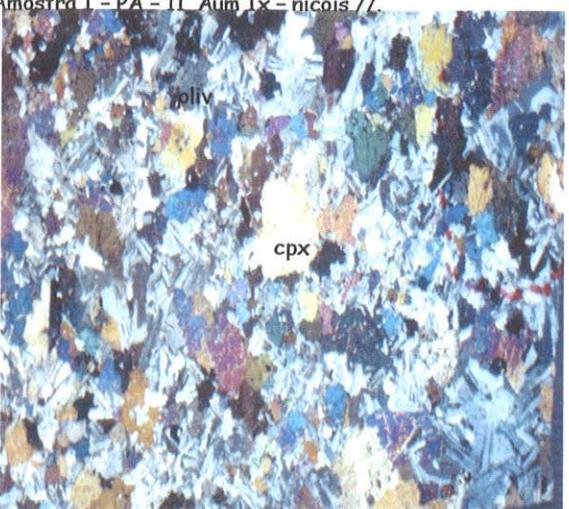


Foto 6 - Mesogabro típico com textura subofítica, plag. (incolor) com cristais freqüentemente zonados, cpx, oliv. e opx. Amostra I - PA - 4G. Aum 1x - nicóis x.

PRANCHA 11

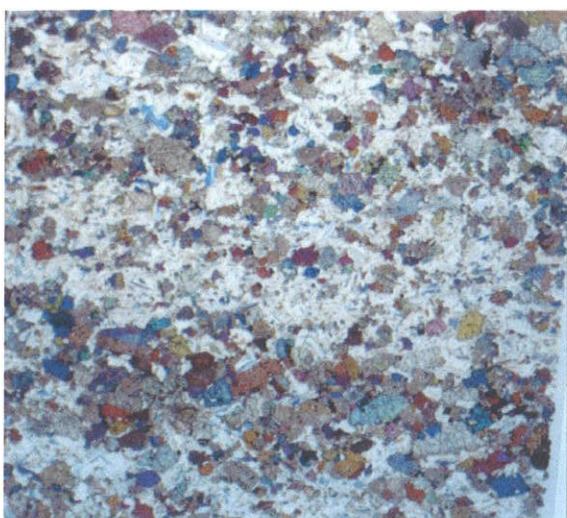


Foto 1 - Leucogabro bandado com oliv, cpx e plag (incolor)
Amostra I - PA - 4C, Aum. 1x - nicóis //



Foto 2 - Leucogabro isotrópico, textura equigranular
média - Amostra I - PA - 2A Aum. 1x - nicóis //

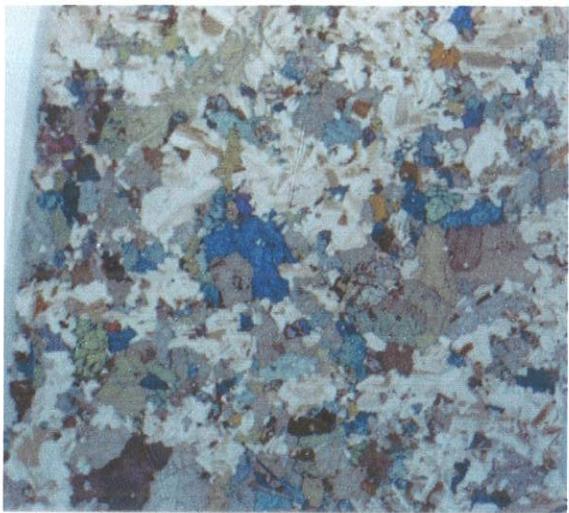


Foto 3 - Leucogabro isotrópico com oliv, cpx, opx e plag.
Amostra I - PA - 1H Aum. 1,5x - nicóis //

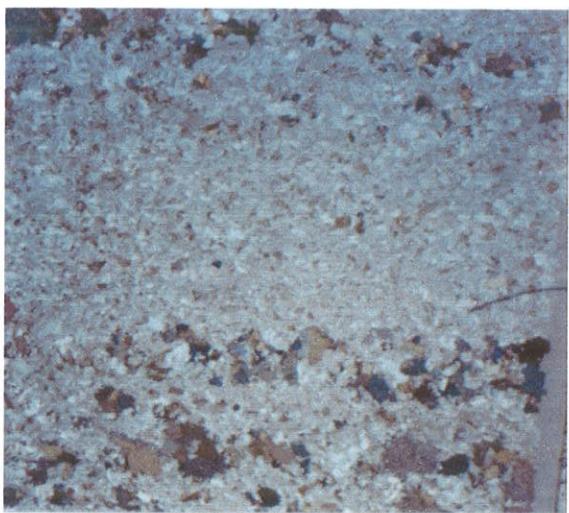


Foto 4 - Leucogabro fino cumulático, com bandas anortosíticas e bandas peridotíticas. Am. I - PA - 1G Aum. 1x - nicóis //



Foto 5 - Leucogabro de gran. grossa (ponto 1), que corta o
Leucogabro fino. Amostra I - PA - 1D2 Aum. 1x - nicóis //

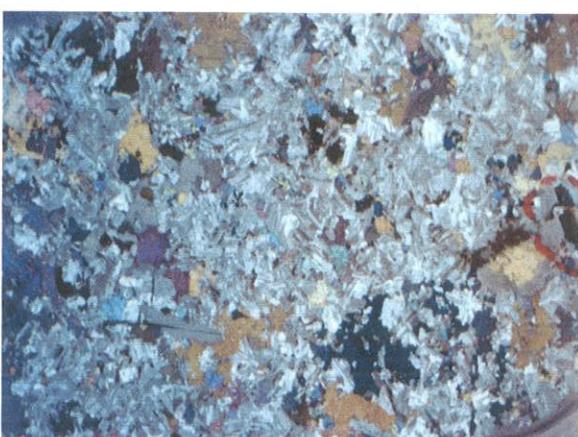


Foto 6 - Leucogabro isotrópico, textura subofítica, granul.
média, opacos (preto) Amostra I - PA - 3D Aum. 1x - nicóis //

PRANCHAS 12

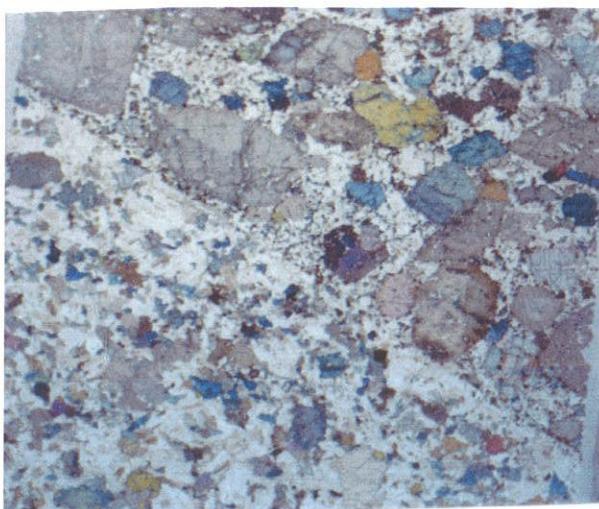


Foto 1 - Contato entre leucogabros da intrusão principal amostra I - PA - 1D - Aum. 1x - nicóis x

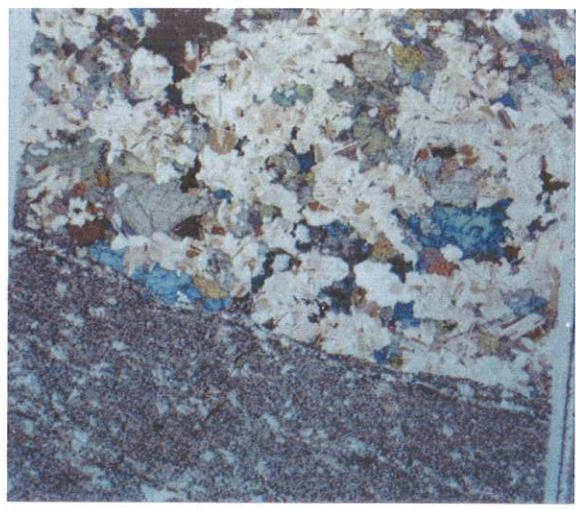


Foto 2 - Contato entre leucogabro isotrópico e gabbro fino porfirítico - amostra I - PA - 4D - Aum. 1x - nicóis //



Foto 3 - Olivina gabro fino porfirítico, cortando mesogabro amostra I - PA - 3D - Aum. 1x - nicóis //

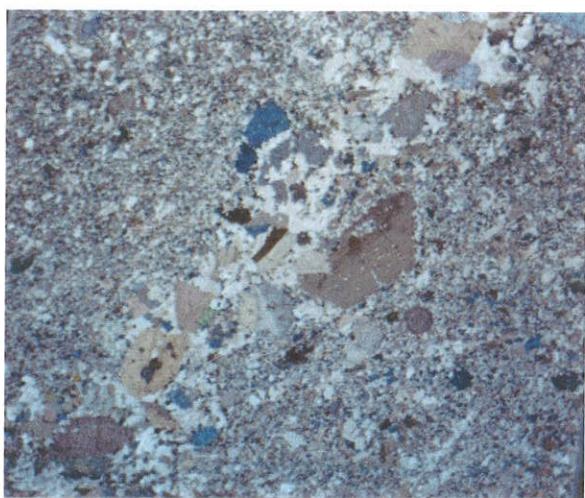


Foto 4 - Venulação milimétrica cortando um gabbro mais fino. Amostra I - PA - 1a - Aum. 1x - nicóis //



Foto 5 - leucogabro cortado por um dique de gabbro fino Amostra I - PA - 5 - Aum. 1x - nicóis //

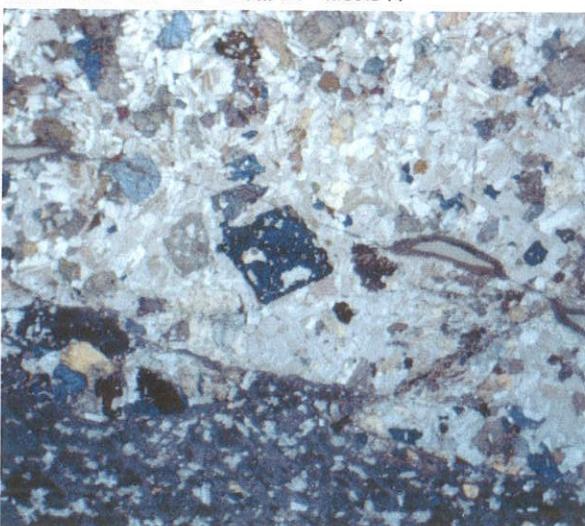


Foto 6 - Dique básico cortando o gabbro da intrusão principal Amostra I - PA - 8A - Aum. 1x - nicóis parc. x

Diferentes tipos de contato do gabros da intrusão gábrica da Pacuíba com gabros finos, veios, diques e reintrusões.

PRANCHA 13



Foto 1 - Gabbro fino com estrutura de fluxo -
Am. I - PA - 2B, Aumento 1x - nicóis //

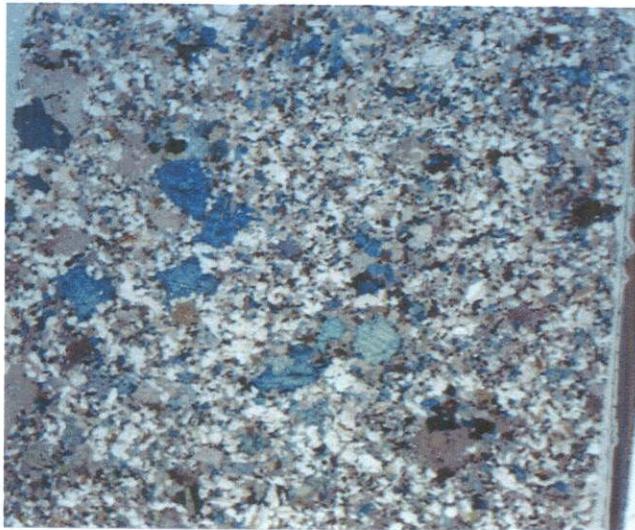


Foto 2 - Gabbro fino porfirítico com fenocristais de
olivina e cpx - Amostra I - PA - 2C Aum. 1x - nicóis //



Foto 3 - Leucogabbrô fino porfirítico rico em minerais opacos
fenocristais de cpx. Amostra I - PA - 1C - Aum. 1x - nicóis //



Foto 4- Gabbro fino equigranular - Amostra I - PA - 4B
Aum. 1,5x - nicóis //

PRANCHA 14

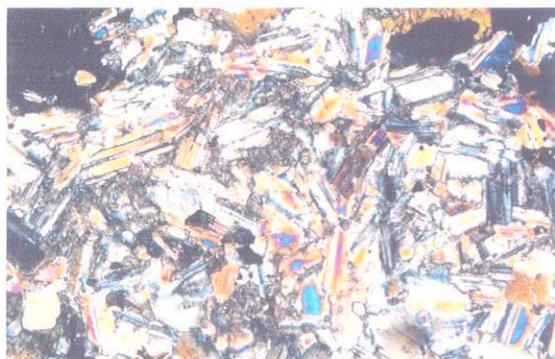


Foto 1 - Am. I - PA- 2D₁ - Mesogabro, com textura subofítica com plag. (geminado), nef. (alterada), gdes cristais de cpx (amarelo), plag. (zonado) e op. (preto) - Aum. 4x - nicóis x.



Foto 2 - Detalhe de cristal de cpx, com zonamento concêntrico, núcleo mais augítico e bordas de titanoaugita. Amostra I - PA - 2D Aumento 1,25x - nicóis //

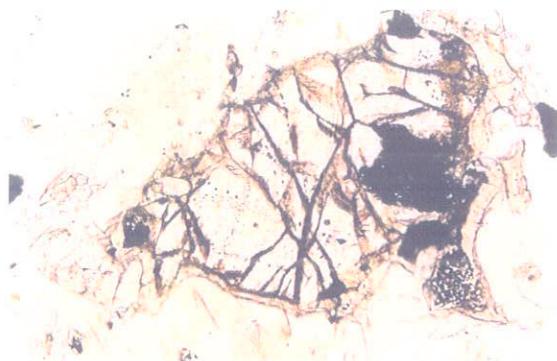


Foto 3 - Amostra I - PA - 1g - Cristal de olivina com intercrescimento simplectítico de minerais opacos (preto) e cpx (amarelo claro). Aumento 10x - nicóis //.

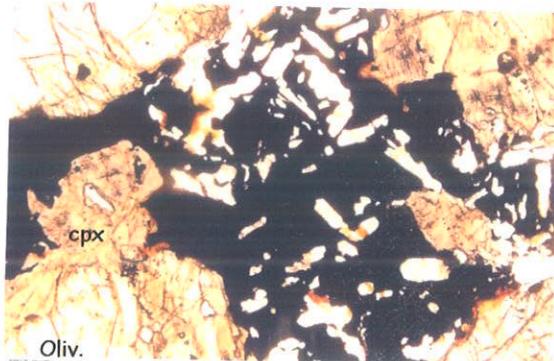


Foto 4 - Amostra I - PA - 2Dt - Mesogabro, com sobrecrecimento de opacos (preto), envolvendo plag. (incolor), ao redor cpx (amarelo) e olivina (incolor) - Aum. 4x - nicóis //.

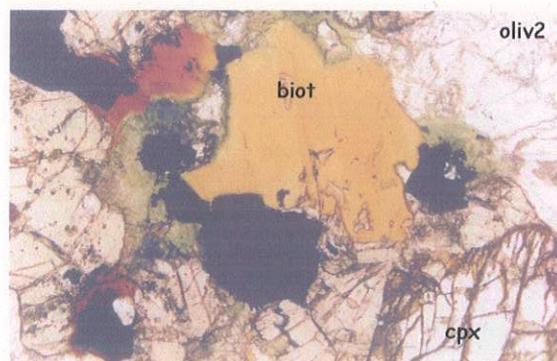


Foto 5 - Amostra I - PA - 2 - Pseudomorfo de clorita e carbonato sobre oliv. 1, ao redor biotita (amarela) magnetita (preta), oliv. 2 e cpx - Aum. 4x - nicóis //

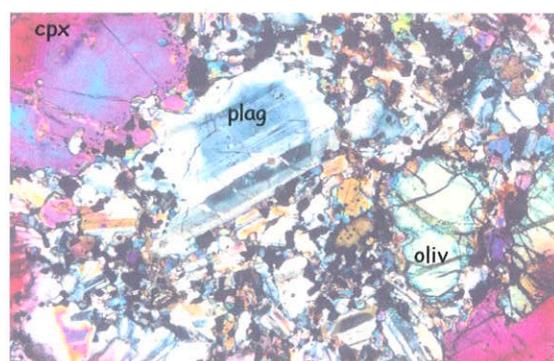


Foto 6 - Am. I - PA- 1D1 - Detalhe de um cristal de plag. zonado, associado com cpx (lilás), oliv. (verde claro) e opacos - Aum. 4x - nicóis x.

PRANCHA 15

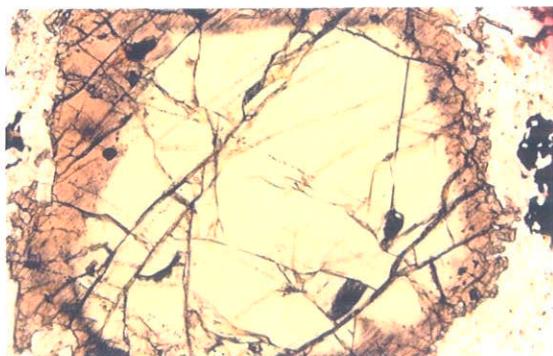


Foto 1 - Am. I - PA - 2Dt - Cpx, com zonamento homogêneo, com núcleo de diopsídio /augita e borda de titano-augita - Aum. 4x - nicóis //

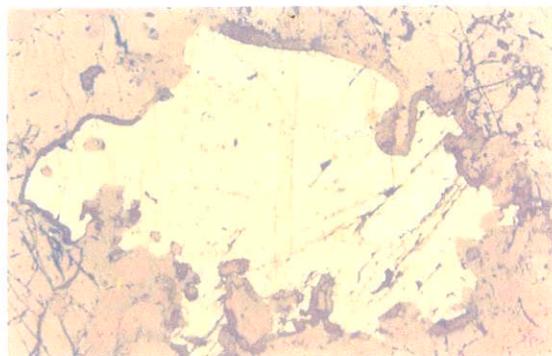


Foto 2 - Am. I - PA - 3₁ - Cristal de magnetita (amarelo claro) com lamelas de ilmenita (rosado) - Aum, 4x - nicóis //

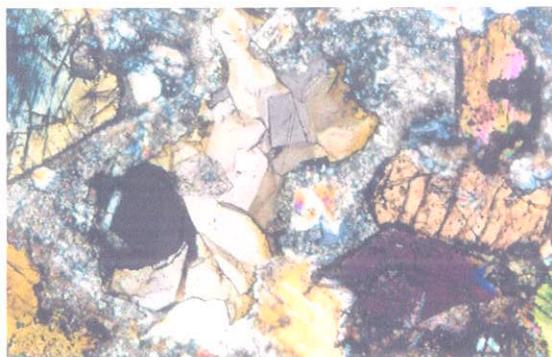


Foto 3 - Am. I - PA - 3₁ - Carbonato primário envolvido por nefelina, ao redor magnetita, e carbonato secundário envolvido por um mega cristal de Cpx - Aum, 4x - nicóis x



Foto 4 - Am. I - PA - 4g - opx muito alterado sendo substituído por clorita e biotita ao redor plag. e oliv. - Aum, 10x - nicóis //



Foto 5 - Amostra I - PA - 4g - Passagem de cpx (cinza claro) substituindo opx (cinza escuro). - Aum. 10x - nicóis x

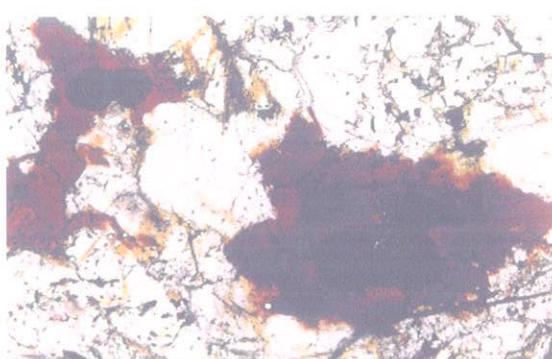


Foto 6 - Am. I - PA - 8B - Biotita/flogopita envolvendo opacos, minerais incolores ao redor são plag. e oliv. - Aum, 4x - nicóis //

7. Litogegeoquímica

7.1 – Análises e Tratamentos de Dados

Estudos litogegeoquímicos multielementares (elementos maiores e traço) por fluorescência de raios X foram efetuados num total de 88 amostras, das rochas gábricas e associadas da Ponta da Pacuíba, Praia da Armação, Ponta das Canas, sienitos da Pedra do Sino e Praia de Jabaquara, além de alguns diques maficos, assim distribuídas: 24 mesogabros, 19 leucogabros, 2 brechas magmáticas, 1 peridotito e 1 anortositóico intrusivos em veios além de 9 gabros finos, da Ponta da Pacuíba; 4 mesogabros, 3 leucogabros e 2 brechas magmáticas da Praia da Armação; 4 leucogabros das Ponta das Canas; 13 amostras de sienitos, sendo 8 da Ponta da Pacuíba, 1 da Praia da Armação, 2 Pedra do Sino e 2 da praia de Jabaquara, e 6 amostras, de diques básico-ultrabásicos e intermediário 2 da Praia de Armação e 4 da Ponta da Pacuíba. O intuito foi de caracterizar melhor as diferentes fases do magmatismo mesozóico e, especificamente no caso das ocorrências gábricas, de complementar as evidências petrográficas quanto a sua natureza e, eventualmente, das relações magmato-estratigráficas internas, uma vez que as relações de campo, pela natureza dos afloramentos em mar de blocos, impediram o levantamento inequívoco destes dados para o conjunto.

Os limites de detecção para os elementos maiores e traço são listados na tabela 7.1., e os dados analíticos, por grupos litológicos, nas tabelas que acompanham os próximos itens deste capítulo. Nestas, os dados analíticos foram apresentados como dados brutos, sendo o Fe representado como Fe_2O_3 total. Para os tratamentos posteriores o Fe-total foi recalculado para FeO e Fe_2O_3 , utilizando-se as razões $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ recomendadas por Middlemost (1989) no diagrama alcalis x sílica (TAS) de Le Maitre et al. (1989) (cf. Rollinson, 1993).

Todos os tratamentos geoquímicos foram efetuados para os grupos litológicos geologicamente e petrográficamente definidos, utilizando-se inicialmente diagramas de classificação e, em seguida, diagramas petrogenéticos interpretativos. Por fim foram ainda realizados tratamentos comparativos entre os grupos para verificar suas eventuais

afinidades geoquímicas e possíveis relações genéticas. Os tratamentos foram feitos em microcomputador utilizando-se os pacotes de programas específicos NEWPET (Clarke 1992, 1994) e principalmente MINPET 2.02 (Richard 1994).

Padrões	TOTAL	LOI	SIO2	TIO2	AL2O3
Nachwgr	0,0	0,0	0,01	0,001	0,02
Padrões	K2O	P2O5	F	AS	BA
Nachwgr	0,01	0,005	0,4	20	20
Padrões	CU	GA	LA	NB	ND
Nachwgr	4	8	30	4	30
Padrões	SR	TA	TH	U	V
Nachwgr	4	8	4	6	6
Padrões	FE2O3	MNO	MGO	CAO	NA2O
Nachwgr	0,01	0,0006	0,01	0,01	0,02
Padrões	CE	CL	CO	CR	CS
Nachwgr	40	400	8	6	30
Padrões	NI	PB	RB	S	SN
Nachwgr	6	10	4	0,002	30
Padrões	W	Y	ZN	ZR	
Nachwgr	30	4	6	4	

Tabela - 7.1. - Limites de detecção para as análises litogeoquímicas multielementares por fluorescência de raios X, efetuadas no Instituto de Mineralogia e Geoquímica Aplicada da Universidade Técnica de Munique, Alemanha.

7.2 – Diques Básicos e Ultrabáscicos a Intermediários

Destas rochas, tanto da Ilha de São Sebastião, quanto das áreas litorâneas continentais adjacentes, existem grandes volumes de dados na literatura (por ex.: Bellieni et al. 1986, 1990; Garda 1995; Garda et al. 1995; Garda e Schorscher 1996, entre outros). Neste trabalho apenas seis ocorrências foram analisadas. Os diques representados pelas amostras I-41A, I-41B e I-PA6 pertencem a 1^a geração – anterior às intrusões gábris – e os demais a 2^a geração, sendo posteriores e intrusivos nos gabros (tabela 7.2.1). Eventualmente pertencem a este último grupo ainda as amostras

I-AR-6F e I-AR-7 de brechas magmáticas com matrizes faneríticas finas a muito finas, também intrusivas nas rochas gábricas na forma de diques; suas análises foram listadas junto com as demais brechas (tabela 7.3.3).

Os diques da 1^a geração (anteriores aos gabros) variam de ultrabásicos a básico, de 42 a 47% (de peso) de SiO₂, e os da 2^a geração (que cortam os gabros), de básicos a intermediário, de 45 a 65% de SiO₂ (tabela 7.2.1), sendo os diques de brechas magmáticas com matrizes finas, subvulcânicas, ultrabásicos, respectivamente, com 41,8 e 43,6% de SiO₂ (tabela 7.3.3). Os diques da 1^a geração apresentam-se ainda, em geral, mais ricos em relação aos da 2^a geração, em: TiO₂, MgO (que, nestes diques, é muito pouco variável), CaO, Cr, Cu, Ni e V, e sistematicamente empobrecidos (em relação a estes), em: Al₂O₃ e nos álcalis Na₂O e K₂O, assim como nos elementos traço Ba, Ce, Ga, La, Nb, Nd, Rb, Ta, Th, Y e Zr. Os diques de brechas magmáticas (tabela 7.3.3, amostras I-AR-6AF e I-AR-7) apresentam-se mais similares aos diques da 1^a geração, tanto considerando-se as concentrações absolutas de alguns óxidos e elementos traço, quanto as tendências de enriquecimento e empobrecimento dos demais, que via de regra, são opostas aquelas dos diques da 2^a geração.

Sob aspectos normativos destacam-se, todos os diques básicos e ultrabásicos das duas gerações como ortoclásio (Or), albita (Ab), anortita (An), nefelina (Ne), olivina (Ol) e clinopiroxênio (Cpx) normativos (tabela 7.2.2), e os dois diques de brechas magmáticas são An, leucita (Lc), Ne, Cpx e Ol normativos, isentos de Ab e num caso também de Or (tabela 7.2.2, amostras I-AR-6AF e I-AR-7); entretanto, em nenhum caso foram observados feldspatóides nas composições modais nos estudos microscópico-petrográficos destas rochas em lâminas. O dique intermediário é quartzo (Qtz), Cpx e hiperstênio (Hy) normativo (tabela 7.2.2).

Nos diagramas TAS (total de álcalis x sílica), os três diques da 1^a geração, o dique mais básico da 2^a geração e as duas brechas magmáticas extendem-se agrupados do campo dos basanitos aos basaltos; o segundo dique básico (da 2^a geração) apresenta composição de tefrito fonolítico e o dique intermediário (da 2^a geração) de dacito, sendo todos alcalinos exceto este último – subalcalino (figuras 7.2.1 a, b) (segundo: a – Cox et al., 1979; b – McDonald e Katsura, 1964). Os diagramas seletivos dos álcalis x sílica de Middlemost (1975), entretanto, revelam certa ambigüidade dessa

classificação, sendo que, em relação ao K₂O, todas as rochas consideradas figuram no campo dos basaltos alcalinos, indicando tendências potássicas mesmo para o dique de dacito; já em relação ao Na₂O confirmam-se os resultados anteriores, inclusive a natureza subalcalina do dacito (figuras 7.2.2 a, b). No diagrama AFM todas as amostras analisadas seguem e delineiam uma evolução cálcio-alcalina transicional para toleitica (figura 7.2.3).

Nos diagramas binários segundo Harker (1909) para os óxidos maiores e elementos traço também foram incluídos conjuntamente os diques básico-ultrabásicos a intermediário das duas gerações (tabela 7.2.1) e as duas brechas magmáticas intrusivas em diques nos gabros da Praia da Armação (tabela 7.3.3, amostras I-AR-6AF e I-AR-7). Nos diagramas de óxidos maiores (figura 7.2.4), todas as rochas estudadas, na maioria dos casos, seguem de forma bastante regular tendências gerais de diferenciação magmática. Não foi possível caracterizar tendências geoquímicas específicas e diferentes para os diques pré e pós-gabros, nem para as brechas magmáticas que também ocorrem em diques pós-gabros, tanto por falta de um maior número de ocorrências geologicamente classificadas, quanto pelas propriedades geoquímicas das ocorrências estudadas. Apenas os valores de MgO indicam uma possível exceção, que, entretanto, deverá ser verificada ainda com acervos maiores de dados. Nos diques da 1^a geração (pré-gabros) observam-se teores bastante constantes de MgO de ~6% de peso, apesar da variabilidade notável de SiO₂ (de ~42 até ~48% de peso); já nos diques ultrabásicos de brechas magmáticas e nos diques da 2^a geração (ambos pós-gabros), os teores de MgO são, respectivamente, mais elevados e mais baixos, entretanto, sempre mais variáveis, mesmo quando a variação de SiO₂ é menor em relação aos diques pré-gabros (como é o caso das brechas).

Distribuições geoquímicas segundo tendências normais de evolução magmática por diferenciação são observadas para os óxidos maiores TiO₂, Al₂O₃, FeO-total, MgO e CaO. Já para os álcalis Na₂O e K₂O observam-se agrupamentos menos significativos dos diques da 1^a geração junto com um dique da 2^a geração e as brechas, fugindo destes agrupamentos, porém com tendências entre si diferentes, tanto o dique básico mais rico em álcalis quanto o dique de dacito, sendo ambos da 2^a geração (pós-gabros). Quanto ao TiO₂, óxido considerado discriminante entre séries de alto e baixo

Ti na Bacia do Paraná (cf. Bellieni et al., 1984, 1986; Mantovani et al., 1985; Fodor et al., 1985, entre outros), com respectivas implicações geotectônicas quanto as velocidades de rifteamento e taxas de fusão parcial, observam-se duas tendências, uma nitidamente de baixo TiO_2 e a outra de TiO_2 mais elevado. Entretanto, mesmo os valores mais altos situar-se-iam ainda na parte limítrofe inferior do campo das rochas de alto TiO_2 da Bacia do Paraná, tomando-se como referência uma extração linear deste para composições ultrabásicas. É ainda de certo interesse notar que ambas as gerações de diques (pré e pós-gabros) compreendem tanto rochas de alto quanto de baixo TiO_2 . Observações similares já foram feitas por Bellieni et al. (1990), Garda (1995), Garda et al. (1995) e Garda e Schorscher (1996), tanto da região costeira continental adjacente, quanto de outras partes da Ilha de São Sebastião.

Os variogramas da maioria dos elementos traço confirmam os resultados dos óxidos maiores, seguindo também o conjunto de rochas analisadas tendências normais de diferenciação (figura 7.2.5). Isto é o caso por exemplo dos elementos Ba, Pb, Ni, Co, Cu, Ga, V, Rb, Y, Zn. O Sr é o elemento de menor correlação de toda a população analítica. Com algumas particularidades destaca-se a amostra de número I-AR-4A, mais rica em álcalis de toda a população analisada, proveniente de um dique da 2^a geração, que corta os gabros na Praia da Armação. Foge do conjunto para elementos específicos como Nb, Th, Zr e U, indicando assim sua tendência alcalina. Similarmente, observam-se também certas particularidades geoquímicas do dacito (dos diques pós-gabro), como única amostra de tendências subalcalinas, principalmente quanto aos elementos Th, Zr e U.

Interessante mostrou-se ainda uma análise comparativa específica do comportamento do Cr em relação ao Ni. O Cr divide a população analisada em dois grupos, de alto e baixo Cr. Dos diques da 1^a geração (pré-gabro), apesar dos teores bastante constantes e elevados de MgO, apenas dois agrupam-se com as brechas ultramáficas no grupo de alto Cr (>100 ppm); o terceiro forma junto com os diques da 2^a geração (pós-gabro) o grupo de baixo Cr (<30 ppm). Já o Ni não mostra a distribuição bimodal do Cr e sim uma evolução regular decrescente com o aumento dos teores de SiO₂. Essas tendências do Cr e Ni são mais claramente observadas e interpretadas a partir de diagramas próprios de MgO versus Cr e Ni. Estes indicam que

o Cr é fracionado como fase própria, provavelmente cromita e segregado / separado do sistema, quando o magma atinge e passa a teores abaixo de ~6% de peso de MgO; já o Ni é incorporado de forma mais continua e gradativa como elemento menor nas olivinas, acompanhando sua evolução de soluções sólidas (figuras 7.2.6 A e B).

Em diagramas de interpretação do possível ambiente geotectônico do magmatismo, baseados em elementos compatíveis, incompatíveis e imóveis, todos os diques das duas gerações e também os diques de brechas magmáticas pós-gabro, situam-se nos campos das rochas basálticas de fundo oceânico, respectivamente, no campo das rochas basálticas intraplaca alcalinas (Figuras 7.2.7 A e B).

Por fim, foram ainda efetuadas modelagens geoquímicas multielementares comparativas em diagramas de tipo *spider* normalizados com dados da literatura do Manto Primitivo (Taylor e MacLennan 1985), Basalto de Cadeia Meso-Oceânica de Tipo Normal – *N-Type MORB* (Sun e McDonough, 1989), Basalto de Cadeia Meso-Oceânica de Tipo Enriquecido – *E-Type MORB* (Sun e McDonough, 1989), Basalto de Ilha Oceânica (Sun e McDonough, 1989), além de duas rochas regionais: um tefrito estudado por Garda e Schorsch (1996, amostra IB-2C) e o dique básico da 1^a geração de diques deste trabalho (Tabela 7.2.1, amostra I-41A). Estas rochas foram consideradas representativas de dois magmas de alcalinidade diferente (respectivamente, maior e menor), ambos bastante primitivos, eventualmente primários ou pouco diferenciados (vistos os teores de Cr e Ni, Fe e Mg, entre outros), e derivados de fontes mantélicas distintas (mais e menos profundas) por processos de fusão parcial variáveis (de menor e maior proporção, respectivamente).

Desses "aranhogramas" depreendem-se a correspondência em geral boa dos diques entre si, assim como sua correlação melhor com fontes mantélicas mais férteis, ou seja menos exauridas por processos de fusão parcial pretéritos. Considerando-se a faixa dos elementos principais representados de Ba ao Y e Zn, observam-se enriquecimentos globais decrescentes com fracionamentos apenas fracos a muito fracos dos elementos incompatíveis para os compatíveis também decrescentes, na seqüência das normalizações de:

(1)-Manto Primitivo (Figura 7.2.8 A): com enriquecimento médio ~100x, fracionamento médio decrescente de ~200x até ~10x com exceção do Zn de apenas ~2x enriquecido;

(2)-*E-Type MORB* (Figura 7.2.8 B): com enriquecimento médio ~10x, fracionamento médio decrescente de ~20x até ~1,5x com exceção do Zn ~2x enriquecido;

(3)-Basalto de Ilha Oceânica (Figura 7.2.8 C): com enriquecimento médio ~1,5x, fracionamento médio decrescente de ~2,5x até ~1x com exceção do Zn ~2x enriquecido.

Já em relação ao padrão *N-Type MORB* (Figura 7.2.8 D) observa-se um fracionamento muito mais acentuado e constantemente decrescente, de enriquecimentos médios de ~100x para Ba, até ~1 para o Y, indicando incompatibilidade geoquímica do padrão e, por decorrência do manto tipo N-MORB como uma fonte já variável e sistematicamente depauperada em relação aos magmas dos diques.

Em todos esses "aranhogramas" observam-se ainda para todos os diques estudados fortes anomalias positivas do Cs e Ta, fortes anomalias negativas do Cr e Ni e anomalias positivas fracas de Zn. Dessas, no caso do Cs e também do Ta, trata-se, mais provavelmente, de anomalias falsas, decorrentes de incertezas analíticas, face aos limites de detecção para estes elementos via FRX, de 30 e 8 ppm respectivamente (Tabela, 7.1), acima e/ou muito próximos dos valores analíticos (Tabela, 7.2.1). No caso do Zn os valores analíticos são perfeitamente comparáveis com dados de outros autores, portanto confiáveis; devendo-se as fracas anomalias positivas ou ao fracionamento do Zn preferencialmente para a fusão, e/ou aos fatores de normalização utilizados, abaixo dos demais elementos. Já as anomalias negativas bimodais do Cr e mais gradativas do Ni, claramente sustentam o fracionamento do Cr como fase mineral própria, cromita, sob condições físico-químicas mais bem definidas e restritas, e do Ni, como em geral aceito, constituinte menor nas soluções sólidas das olivinas, em intervalos P-T mais amplos. Subseqüentemente, tanto as cromitas quanto as olivinas

seriam segregadas / separadas da fusão, resultando na depauperação de Cr e Ni nos magmas dos diques durante a sua ascensão mantélica e crustal.

Os variogramas com normalização nos valores das rochas regionais tefrito IB-2C (de Garda e Schorscher, 1996) e dique básico I-41A (desta pesquisa) são representados nas Figuras 7.2.8 E e F. Estes variogramas mostram a coerência composicional das rochas escolhidas como padrões, sendo os diques mais evoluídos, básico alcalino (amostra I-AR4A) e de dacito (I-AR3) mais enriquecidos (de 1-4x) em relação ao dique básico e os demais diques estudados fracamente empobrecidos apenas nos elementos mais incompatíveis em relação ao tefrito. Também notam-se a distribuição bimodal do Cr, a variação gradativa do Ni, e que em nenhum caso foi possível distinguir entre os diques das duas gerações, pré e pós-gabros, sugerindo que não ocorreram mudanças drásticas nos regimes petrogenéticos controladores do magmatismo de diques do clã basáltico, na região considerada e no período de tempo deste magmatismo.

Tabela 7.2.1 - Dados Litogeоquímicos dos diques básicos-ultrabásicos e intermediários das Praias da Pacuíba e Armação

Amostra	Número	TOTAL %	LOI %	SIO2 %	TIO2 %	AL2O3 %	FE2O3 %	MNO %	MGO %	CAO %	NA2O %
Dique básico	I-41A	99,4	1,6	46,70	2,050	15,70	10,92	0,1756	6,09	11,25	2,64
Dique básico	I-41B	99,7	4,9	42,90	2,060	14,92	11,76	0,1978	5,92	10,96	2,87
Dique básico	I-PA6	98,8	2,2	42,27	2,88	14,32	12,85	0,2018	6,2	12,03	2,67
Dique básico	I-PA8AF	100,1	0,3	45,50	2,650	16,87	12,19	0,1964	4,63	11,95	3,12
Dacito	I-AR3	99,3	0,6	64,38	1,460	13,24	6,83	0,1399	1,23	2,98	3,55
Dique básico	I-AR4A	99,7	0,5	47,80	1,880	17,19	10,60	0,1983	3,42	7,80	4,46

Amostra	Número	K2O %	P2O5 %	F %	AS ppm	BA ppm	CE ppm	CL ppm	CO ppm	CR ppm	CS ppm
Dique básico	I-41A	1,60	0,440	0,0	3	597	80	0	42	142	0
Dique básico	I-41B	2,33	0,560	0,0	16	698	73	0	48	101	25
Dique básico	I-PA6	1,95	0,69	0	4	693	148	0	54	20	0
Dique básico	I-PA8AF	2,15	0,370	0,0	13	813	116	0	52	19	17
Dacito	I-AR3	4,33	0,350	0,0	0	1233	198	0	11	19	16
Dique básico	I-AR4A	4,42	1,090	0,0	10	1173	195	277	30	21	0

OBS: Amostras I - 41 A e B, pertencentes aos mapeamento regional realizados na Ilha de São Sebastião; I - PA = Ponta da Pacuíba e I - AR = Praia da Armação

continuação

Amostra	Número	CU ppm	GA ppm	LA ppm	NB ppm	ND ppm	NI ppm	PB ppm	RB ppm	S %	SN ppm
Dique básico	I-41A	67	18	22	46	35	77	7	38	0,020	2
Dique básico	I-41B	50	18	29	42	24	78	12	55	0,000	0
Dique básico	I-PA6	100	17	75	67	38	89	4	53	0,05	10
Dique básico	I-PA8AF	38	22	35	63	68	38	6	29	0,000	0
Dacito	I-AR3	17	22	68	56	85	0	19	125	0,000	5
Dique básico	I-AR4A	41	20	94	106	80	26	11	97	0,050	2

Amostra	Número	SR ppm	TA ppm	TH ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	ZN ppm	ZR ppm
Dique básico	I-41A	705	0	8	0	250	0	25	88	232
Dique básico	I-41B	901	0	4	3	239	0	23	100	293
Dique básico	I-PA6	1067	12	7	0	337	32	25	112	362
Dique básico	I-PA8AF	740	11	6	0	235	0	30	101	261
Dacito	I-AR3	465	4	10	2	14	0	52	135	600
Dique básico	I-AR4A	1215	12	10	6	139	0	35	110	441

TABELA 7.2.2 - Composição normativa em percentuais minerais dos diques básico-ultrabásicos e intermediários da Ponta da Pacuíba e Praia da Armação

Min. Normativos	I - PA - 6	I - PA - 8AF	I - 41A	I - 41B	I - AR - 3	I - AR - 4A
Quartzo	0,00	0,00	0,00	0,00	21,09	0,00
Ortoclásio	12,14	12,90	15,99	14,74	26,09	26,5
Albita	4,43	8,54	10,49	5,72	30,57	11,19
Anortita	22,42	26,00	23,7	22,36	0,00	15,93
Leucita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nefelina	10,48	9,87	6,7	10,96	0,00	14,64
Diopsídio (wo)	15,1	13,34	12,87	13,49	2,29	7,02
Diopsídio (en)	8,19	6,54	7,19	7,2	1,69	3,09
Diopsídio (fs)	6,37	6,54	5,15	5,84	0,37	3,91
Hypertênio (en)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	0,00
Hypertênio (fs)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
Olivina (fo)	5,69	3,64	5,88	6,04	0,00	3,9
Olivina (fa)	4,88	4,02	4,65	5,41	0,00	5,45
Magnetita	2,95	2,69	2,43	2,74	5,05	2,34
Hematita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ilmenita	5,76	5,11	3,99	4,19	2,83	3,62
Apatita	1,59	0,82	0,98	1,31	0,78	2,41
Total	100	100,01	100	100	100	100

Fig. 7. 2.1 — Diagramas de classificação para os diques ultrabásicos a intermediários pré e pós-gabros e diques de brechas magnéticas pós-gabros no diagrama TAS, (A) — segundo COX et al. (1979), (B) — segundo Macdonald e Katsura (1964), cf: Miyashiro (1978), Wilson (1989) e Rollinson (1993). Legenda: (+) diques da 1^a Geração, (-) diques da 2^a geração e (►) dique de dacito, (►) brecha subvulcânica.

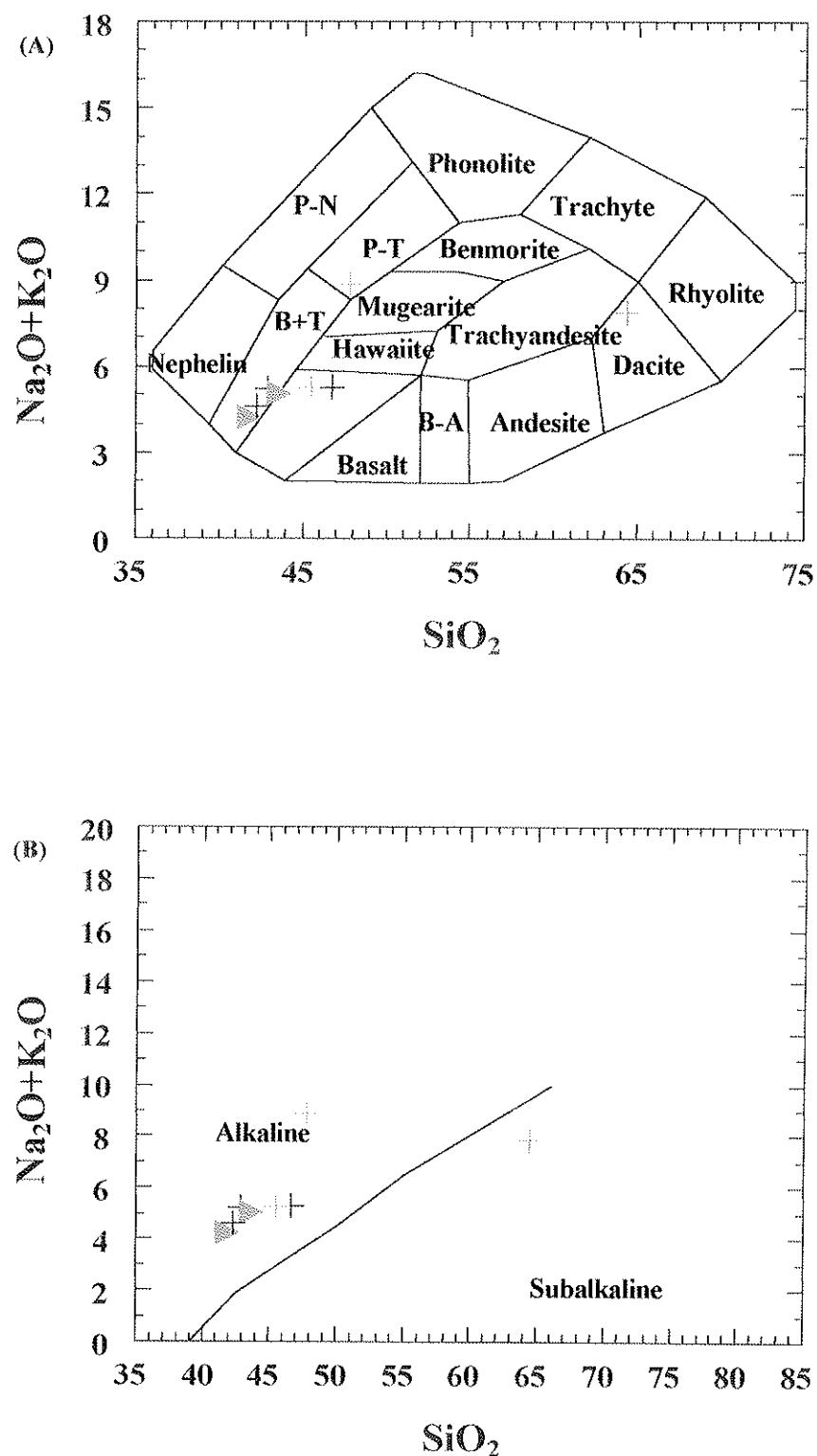


Fig. 7.2.2 - Classificação dos diques ultrabásicos a intermediários pré e pós-gabros e diques de brechas magmáticas pós-gabros segundo Middlemost (1975), mostrando o comportamento ambíguo do dacito que ocorre num dique pós-gabro na Praia da Armação, ora como alcalino potássico (A), ora como subalcalino (B). Legenda: quadrado cinza e bola vermelha - diques pós-gabros circulos abertos - diques pré-gabros, e bipirâmide azul - brechas magmáticas..

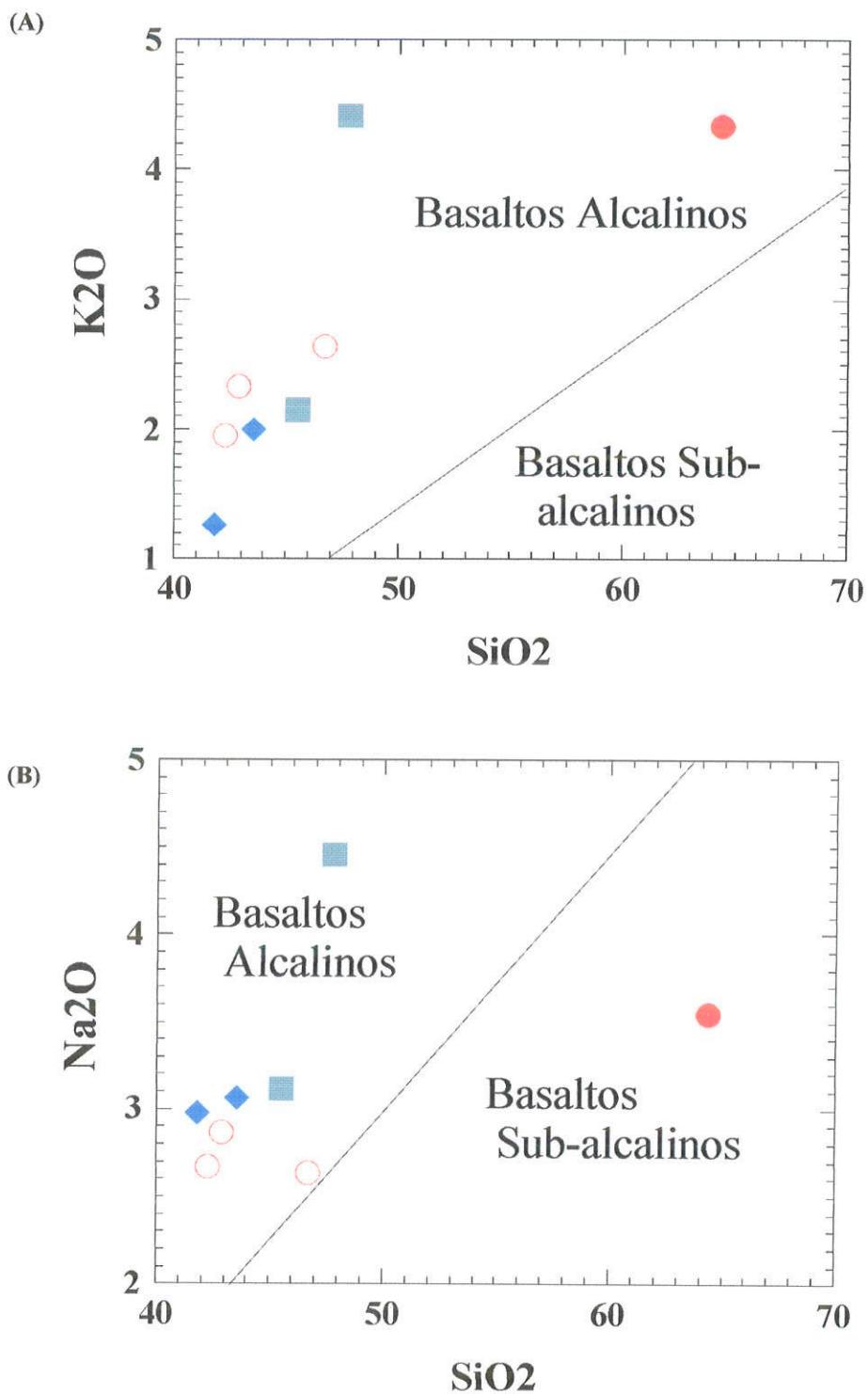


Fig. 7. 2.3 — Diagrama AFM (segundo Yoder e Tilley, 1962) para todos os diques ultrabásicos a intermediário pré e pós-gabros e os diques de brechas magnéticas pós-gabros. Apresentam-se como pertencentes a uma série cálcio-alcalina transicional para tholeítica.

Legenda: (+) diques da 1^a Geração pré-gabros, diques da 2^a geração (.) básico-ultradásico e (+) dacito e (►) brecha magnética pós-gabros.

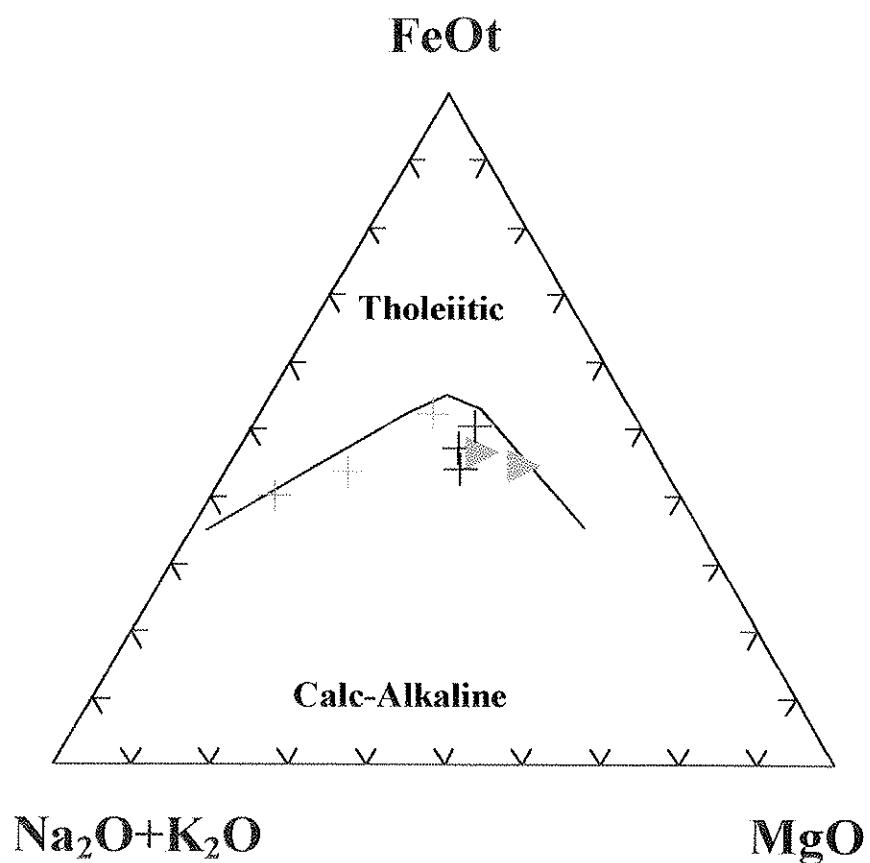


Fig. 7.2.4 — Variogramas binários segundo Harker (1909) para os óxidos maiores dos diques ultrabásicos a intermediários e brechas intrusivas em diques, das praias da Pacuíba e Armação. (legenda como da Fig. 7.2.1).

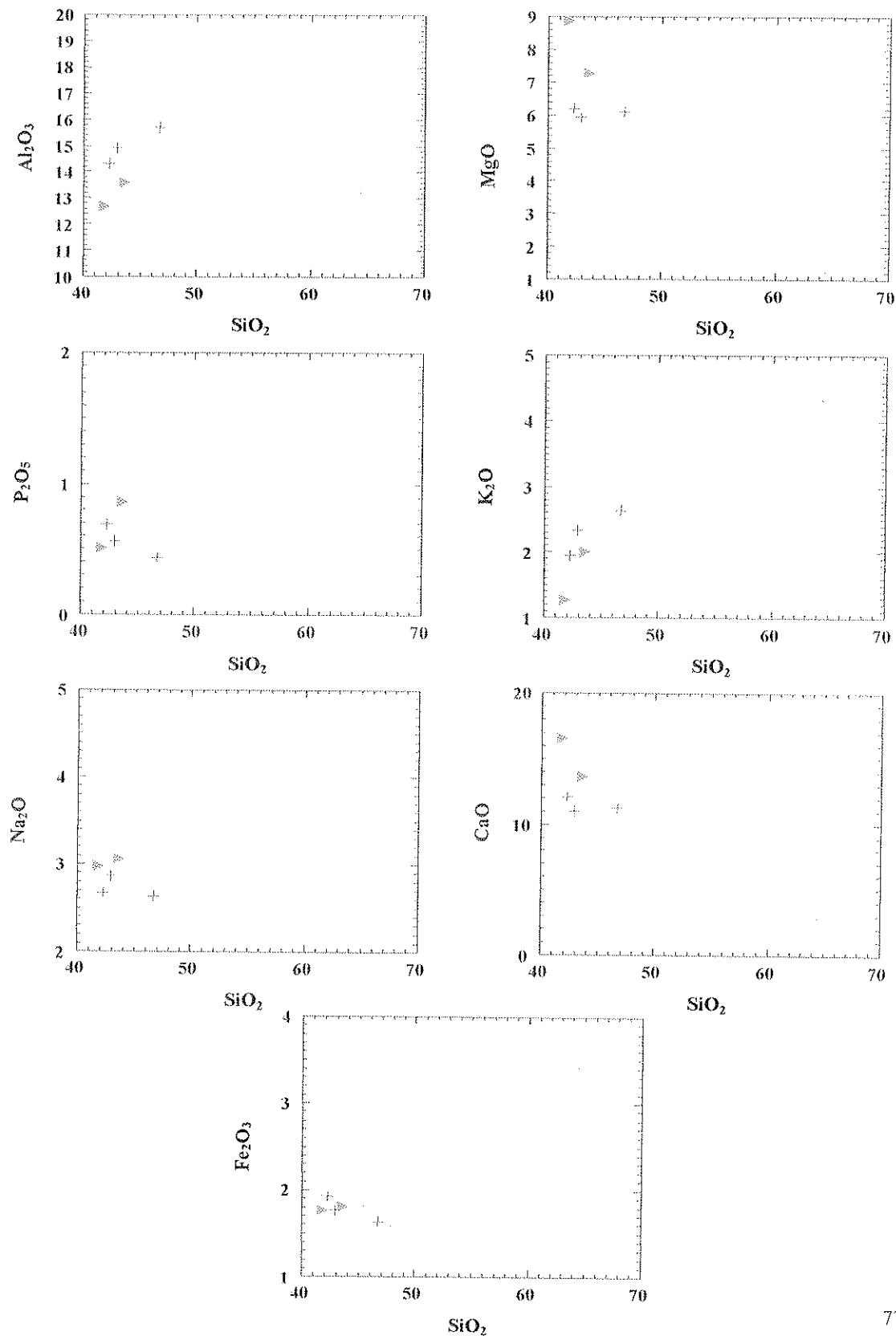
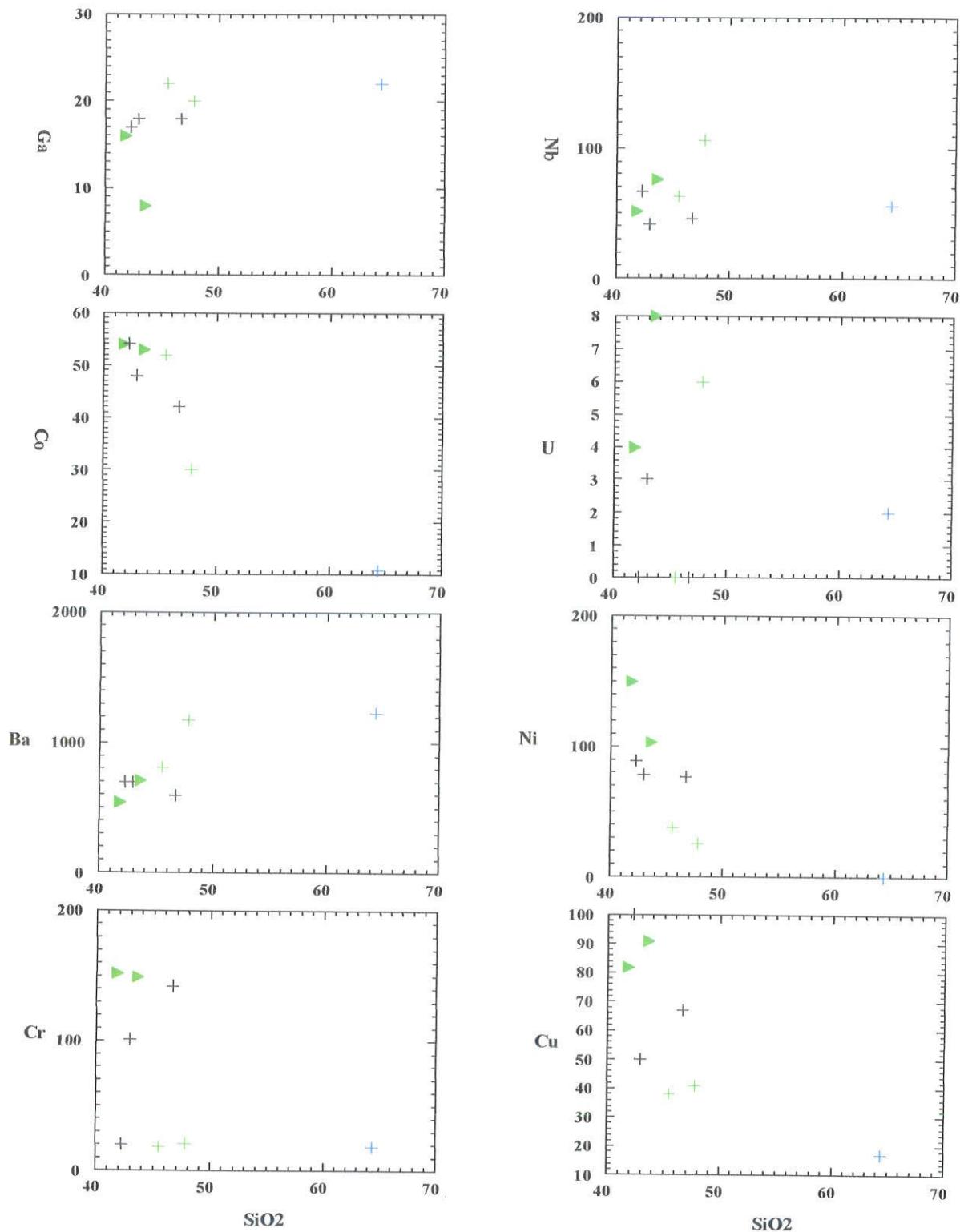


Fig. 7.2.5 – Variogramas binários segundo Harker (1909) dos elementos traço dos diques ultrabásicos a intermediários pré e pós gabros e os diques de brechas magnáticas pós-gabros. (Legenda como da Fig. 7.2.1).



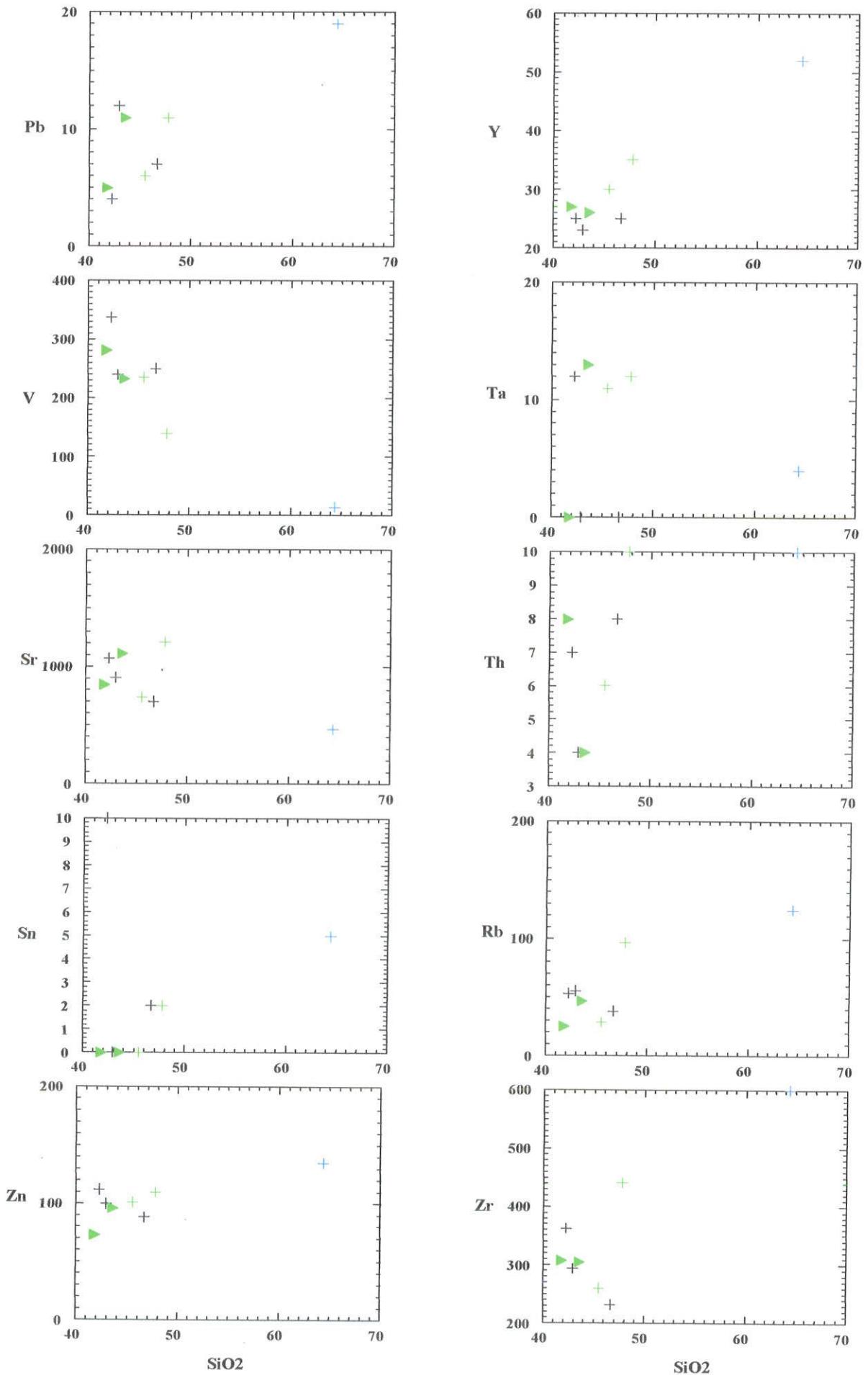
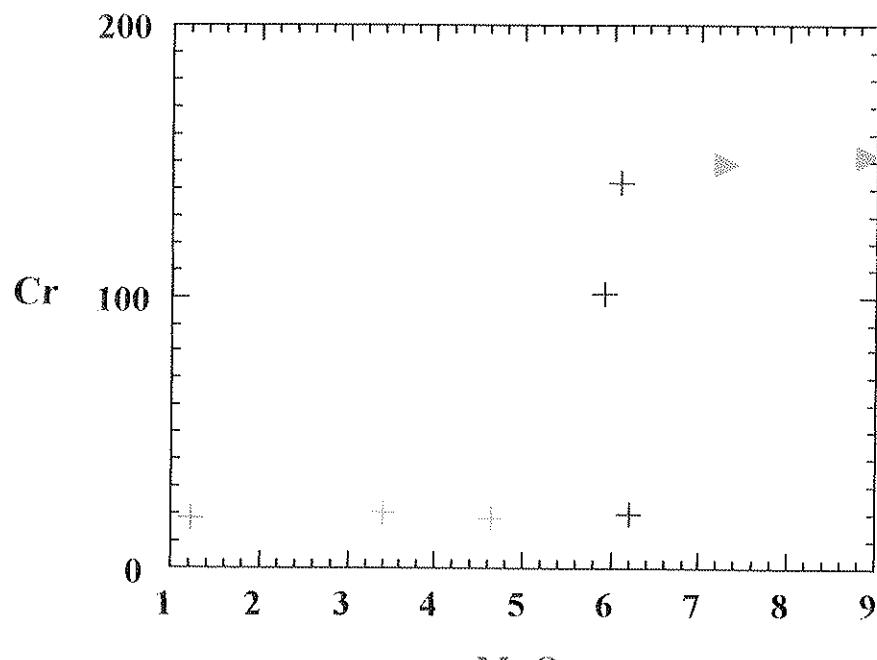


Fig. 7.2.6 – Análise comparativa dos diques ultrabásicos a intermediário pré e pós-gabros e de brechas magmáticas pós-gabros, mostrando os comportamentos geoquímico distintos (A) do Cr, e (B) do Ni. (Legenda como da Fig. 7.2.1).

(A)



(B)

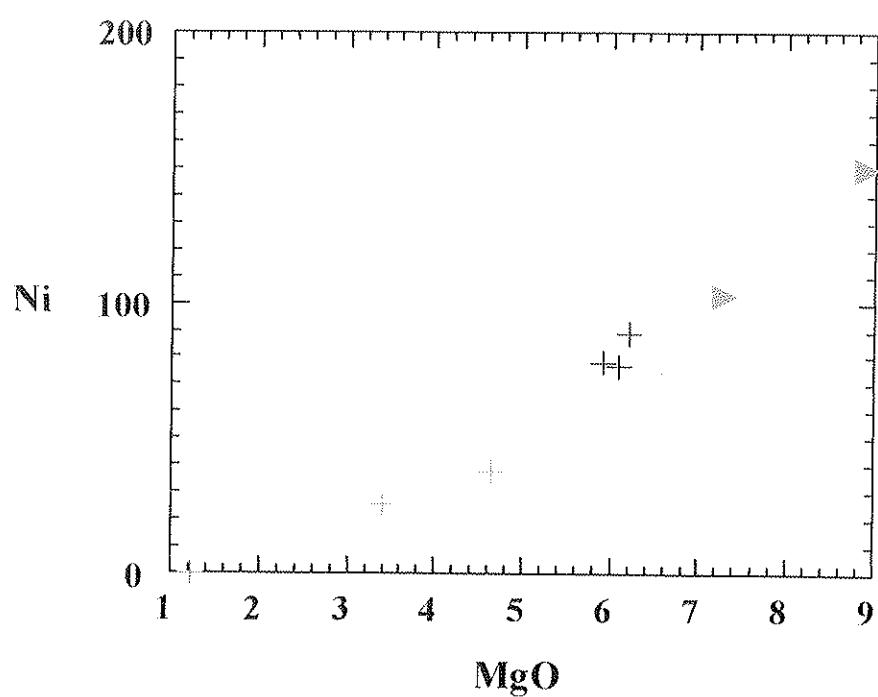


Fig. 7.2.7 - Diagramas de interpretação de possíveis ambientes geotectônicos do magmatismo dos diques ultrabásicos a intermediários pré e pós-gabros e de brechas magmáticas pós-gabros, segundo Shervais (1982) e Meschede (1986) respectivamente, indicando afinidades ambíguas, (A) - de fundo oceânico e (B) alcalina. (Legenda como Fig. 7.2.1)

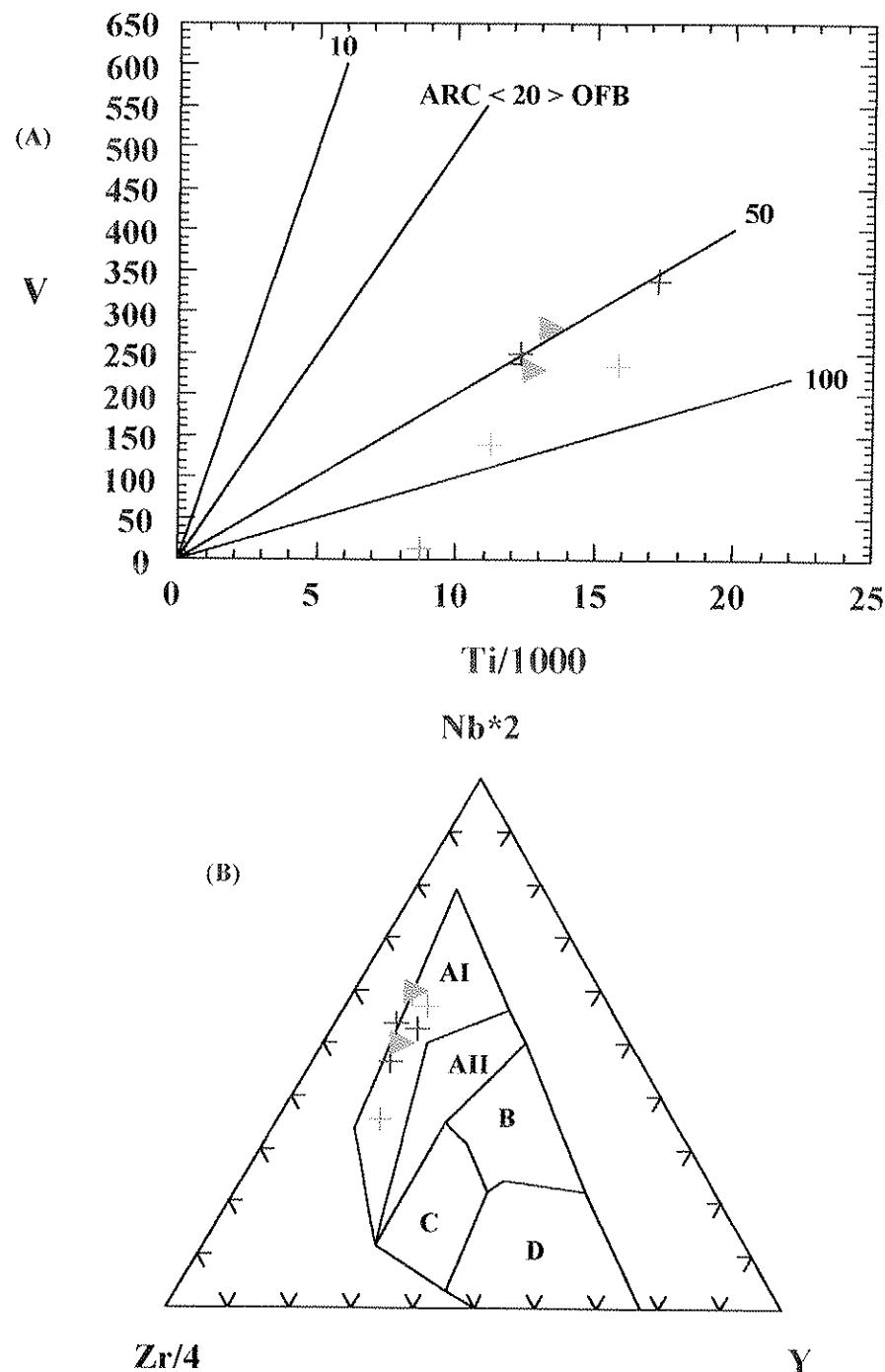
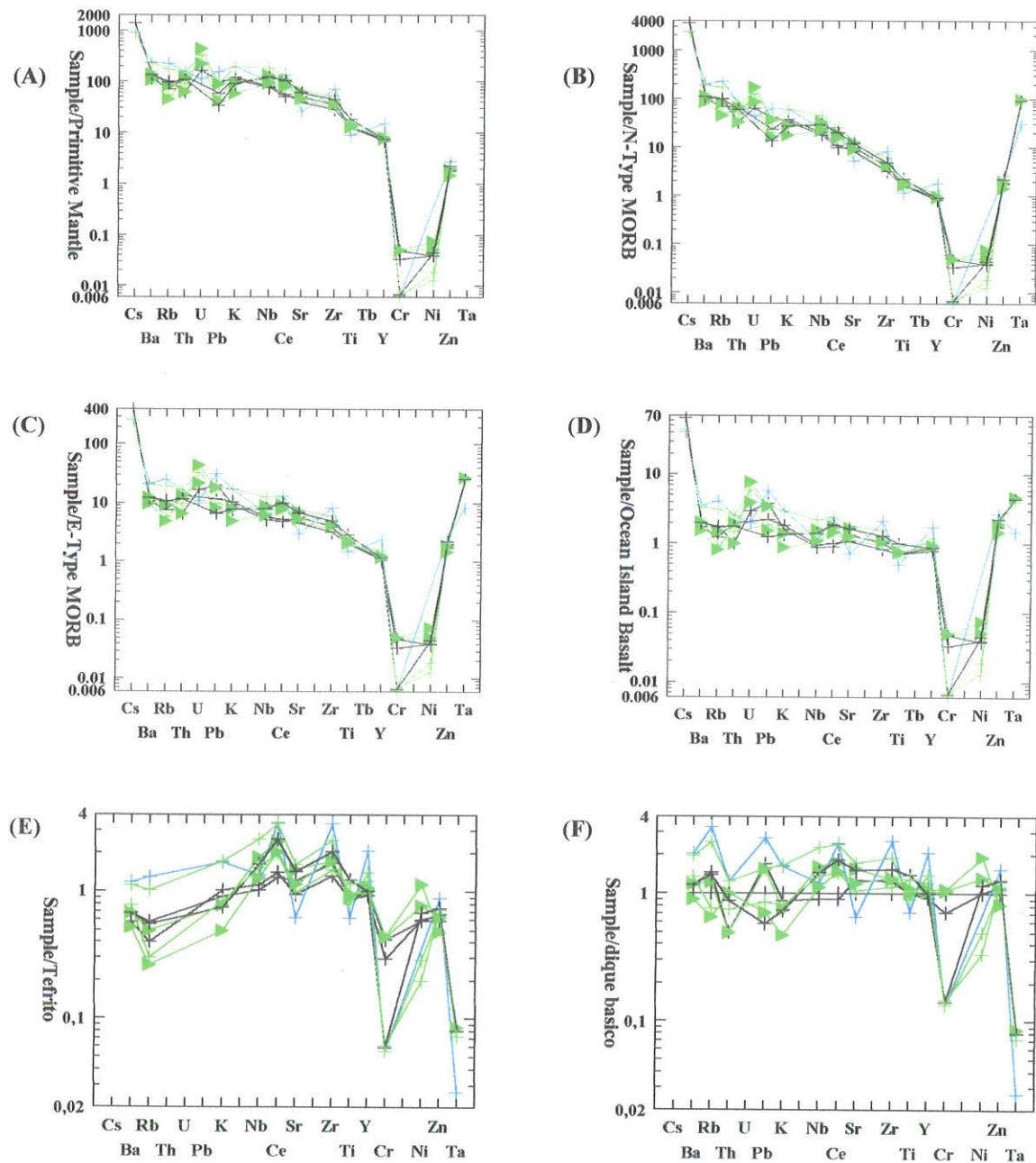


Figura 7.2.8 – Variogramas multielementares de tipo spider dos diques ultrabásicos a intermediários pré e pós-gabros e de brechas magnéticas pós-gabros, com normalizações diferentes: (A) – Manto Primitivo, (B) – Basalto de Cadeia Meso-Oceânica de Tipo Normal – *N-Type MORB*, (C) - Basalto de Cadeia Meso-Oceânica de Tipo Enriquecido – *E-Type MORB* , (D) Basalto de Ilha Oceânica, (E) – Tefrito da Ilha de São Sebastião (Garda e Schorscher, 1996, amostra IB-2C), (F) – Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I-41A). (Legenda como Fig. 7.2.1).



7.3 – Gabros Estratiformes e Rochas Associadas

Neste item serão tratadas as rochas gábricas predominantes e demais produtos de diferenciação constituintes das intrusões estratiformes. São estes os leuco e mesogabros principais, variando até anortositos do lado félscico e melagabros, piroxenitos e peridotitos do lado máfico-ultramáfico, incluindo tipos isotrópicos e cumuláticos, homogêneos e heterogêneos bandados, formados durante a cristalização magmática principal. Serão também tratados neste item os grupos litológicos menores e por vezes mais problemáticos, como as brechas magmáticas de borda e de reintrusões internas da câmara magmática, assim como os diferenciados tardios da câmara magmática em veios e venulações, além dos gabros finos intrusivos finais dessa evolução. Os dados litogegeoquímicos brutos destas rochas são apresentadas nas Tabelas 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 e 7.3.4, e as respectivas normas CIPW, nas Tabelas 7.3.5, 7.3.6, 7.3.7 e 7.3.8.

A princípio, os dados litogegeoquímicos serão discutidos em termos dos dois grupos genéticos e temporais principais de rochas gábricas, conforme separados nos trabalhos geológicos e petrográficos, e acima definidos. São estes os gabros principais leuco a mesogabros e seus diferenciados da cristalização principal, e como segundo grupo, as brechas magmáticas, os diferenciados tardios em veios e venulações, assim como os gabros intrusivos finos finais da evolução gábrica, à seguir designados de gabros principais e gabros tardios. Sempre, quando necessário estes dois grandes grupos serão também subdivididos e detalhados de acordo com a tipologia específica das rochas e questões analisadas, com base nos respectivos critérios geológicos, mineralógico-petrográficos, geoquímicos e genéticos.

Em toda a população analisada a variabilidade máxima observada de SiO₂ é restrita à faixa de >39 - <50% de peso e a soma dos álcalis à faixa de <1 - <6% de peso, sem observar-se nenhuma diferença significativa entre os gabros principais e tardios. Os dados mineralógicos normativos, confirmam a tendência alcalina variável das rochas estudadas predominando, em geral, normas com nefelina, seguidas de nefelina e leucita; apenas entre as rochas da Ponta da Pacuíba ocorrem gabros sem feldspatóides.

No diagrama TAS segundo Cox et al. (1979) observa-se a distribuição compositinal das rochas analisadas e que muitas figuram fora do campo dos principais magmas silicáticos, por deficiência de álcalis, indicando tratar-se de rochas formadas por cristalização fracionada e segregação / separação acumulativa de cristais da fusão (Figura 7.3.1 A e B). Tais composições, embora não possam ser diretamente representativas, entretanto, podem ajudar nas inferências e modelagens sobre as possíveis composições do ou dos magmas parentais. As rochas com composições magmáticas, ainda no diagrama TAS, variam de basaltos a picro-basaltos e equivalentes de tendências alcalinas transicionais para basanitos e tephritos. No diagrama de Whinchester e Floyd (1977), nota-se, também para os dois grandes grupos, predominância compositonal de basaltos alcalinos com variações para composições subalcalinas e alcalinas assim como equivalentes ultrabásicos (Figuras 7.3.2 A e B). Representações adicionais no diagrama TAS segundo McDonald e Katsura (1964) e AFM segundo Yoder e Tilley (1962), respectivamente, confirmam as tendências alcalinas e subalcalinas (Figuras 7.3.3 A e B) e mostram ainda a evolução das séries de rochas gábricas analisadas por diferenciação tholeítica predominante, com diferenciados cálcio-alcalinos leucogábricos a anortosíticos apenas subordinados (Figuras 7.3.4 A e B). Em diagramas de elementos mais específicos a grande maioria das rochas gábricas e derivadas dos dois grandes grupos, encontram-se representadas inseparavelmente no campo das rochas máfico-ultramáficas manto-derivadas e de intrusões básico-ultrabásicas diferenciadas; apenas algumas poucas amostras mais alcalinas, com nefelina e em geral também leucita normativa, estendem-se, por seus teores mais elevados de Zr (>150 ppm) em direção aos campos das rochas felsicas (Figuras 7.3.5 A, B, C).

Todas as rochas gábricas intrusivas (dos dois grandes grupos) foram representadas em conjunto com os demais litotipos estudados nessa pesquisa (diques ultrabásicos a intermediários e sienitos) em variogramas binários segundo Harker (1909) dos óxidos maiores e elementos traço usando como índices de diferenciação tanto o SiO_2 quanto o número de Mg ($\# \text{Mg} = 100 * \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO})$) (Figuras 7.3.6 A, B e 7.3.7 A, B). Nestas figuras observam-se, quanto as rochas gábricas, representações conjuntas e sobrepostas dos litotipos dos dois grandes grupos ocorrendo, entretanto,

independentemente destes grupamentos geológicos e temporais, uma subdivisão geoquímica, separando com bastante acurácia, todas as rochas gábricas em um subgrupo mais alcalino e outro menos alcalino. Os gabros mais alcalinos caracterizam-se em geral por teores e variações menores de SiO₂ (são mais insaturados em sílica), respectivamente, por números de Mg menores, e enriquecimentos relativos de álcalis, TiO₂, FeO, Al₂O₃ além de elementos traço incompatíveis, principalmente Ba, Rb, Sr, Nb, Y e Zr, entre outros. Já os gabros menos alcalinos a subalcalinos / tholeíticos apresentam-se relativamente algo mais ricos e principalmente mais variáveis em SiO₂, também com números de Mg mais altos e variáveis, além de relativamente enriquecidos em CaO, MgO e nos elementos traço compatíveis principais, incluindo Cr, Ni, Co e em parte V.

As modelagens geoquímicas multielementares das intrusivas gábricas em variogramas normalizados, foram realizadas, compreendendo a população analisada em diferentes grupamentos geológicos regionais correspondendo às áreas de ocorrência (Ponta da Pacuíba, Ponta das Canas e Praia da Armação), tipos litológicos (leucogabros, mesogabros, brechas magmáticas, intrusivas gabro-derivadas em veios, e gabros finos finais) e subtipos (isotrópicos, cumuláticos, bandados) quando considerados relevantes; e ainda, por tipos composticionais-normativos com hiperstênio respectivamente feldspatóides (nefelina, eventualmente associada com leucita subordinada), assim como por subtipos químicos de alto e baixo Cr e/ou Ni. Para as respectivas normalizações utilizaram-se os diferentes padrões já empregados no estudo dos diques ultrabásicos a intermediários: Manto Primitivo (Taylor e MacLennan, 1985), Basalto de Cadeia Meso-Oceânica de Tipo Normal – *N-Type MORB* (Sun e McDonough, 1989), Basalto de Cadeia Meso-Oceânica de Tipo Enriquecido – *E-Type MORB* (Sun e McDonough, 1989), Basalto de Ilha Oceânica, além de duas rochas regionais: um tefrito estudado por Garda e Schorsch (1996, amostra IB-2C) e o dique básico da 1^a geração de diques deste trabalho (Tabela 7.2.1, amostra I-41A). Os resultados individuais assim obtidos foram comparativamente analisados, reagrupados e condensados para a discussão que se segue.

A representação de todos os gabros, conjuntamente, separados em gabros principais e tardios e ainda separados por tipos litológicos de mesogabros, leucogabros e gabros finos finais, em relação aos diversos padrões da literatura, sustentou os resultados já obtidos no caso dos diques ultrabásicos a intermediários, ou seja, confirmando também para os gabros analisados sua melhor correspondência com padrões e fontes magmáticas mantélicas mais férteis. Os traçados nos gráficos dos elementos traço principais (faixa Ba-Y) considerando-se todos os gabros (Figura 7.3.8 A-F), constituem-se em padrões subhorizontais com fatores médios de enriquecimento que variam de 10-100 em relação ao Manto Primitivo; de 1-10 para *E-MORB* e em torno de 1 (de 0,1-5) para *OIB* (Figura 7.3.8 A-C); já em relação a *N-MORB* observa-se um padrão nitidamente inclinado, indicando forte fracionamento e inadequação da fonte (Figura 7.3.8 D). No mesmo sentido, de Manto Primitivo até *OIB*, diminui ainda, embora apenas fracamente, a anomalia negativa de Cr e Ni, observando-se também o comportamento inverso de enriquecimento / empobrecimento relativo destes dois elementos. Já em relação às rochas regionais Dique Básico e Tefrito, também utilizados nas normalizações, observam-se comportamentos similares a padronização *OIB*, exceção feita para a inversão das anomalias de Cr e Ni de negativas para positivas na representação em relação ao dique básico, do virtual desaparecimento dessas anomalias em relação ao tefrito, e de uma redução maior, ainda que tênue, do fator médio de enriquecimento de todos os gabros em relação as duas rochas (Figura 7.3.8 E, F).

Como já comentado no caso dos diques básicos observam-se também em praticamente todos os *spiders* dos gabros e rochas intrusivas associadas, anomalias positivas eventualmente fortes de Cs e Ta tratando-se, mais provavelmente, de anomalias falsas, decorrentes de incertezas analíticas, face aos limites de detecção para estes elementos via FRX, de 30 e 8 ppm respectivamente (Tabela, 7.1), em geral acima e / ou muito próximos dos valores analíticos (Tabelas, 7.3.1 a 7.3.4).

Os gabros principais foram subdivididos em leuco e mesogabros e analisados comparativamente em *spiders* com normalização de Dique Básico (deste estudo) e *OIB*. Para os leucogabros observam-se três padrões distintos, sendo os leucogabros da Praia da Armação, sempre portadores de nefelina modal, aqueles que melhor

correspondem aos padrões, tanto do Dique Básico, quanto *OIB*, exceção feita para a anomalia negativa de Cr (Figuras 7.3.9 A, B). Já os leucogabros da Ponta da Pacuíba e Ponta das Canas mostram padrões com claros efeitos de fracionamento sendo variavelmente empobrecidos nos elementos típicos de tendências alcalinas Ba, Rb, K, Nb, Ce, Zr, Ti, Y e Zn, além de Zn; apenas Sr (fracionado no plagioclásio) ocorre em concentrações normais. Os padrões bastante similares entre si e de evolução coerente quanto aos elementos supra-citados, entretanto, dividem-se em dois subgrupos pelo comportamento diferencial do Cr e Ni. Todas as rochas da Ponta da Pacuíba e uma da Ponta das Canas apresentam-se enriquecidas em Cr e Ni; todas as demais amostras da Ponta das Canas, entretanto, apresentam, em relação ao Dique Básico, empobrecimento em Cr mantendo o enriquecimento apenas do Ni (Figura 7.3.9 A). As mesmas tendências observam-se também em relação ao padrão *OIB* (Figura 7.3.9 B). Estas divergências indicam a segregação e remoção seletiva de cromita na diferenciação da maioria dos leucogabros da ocorrência da Ponta das Canas.

Os mesogabros foram tratados separados por ocorrências, sendo provenientes da Ponta da Pacuíba e da Praia da Armação, estes últimos sempre com nefelina modal. Já os mesogabros da Pacuíba apresentam-se ora com ora sem nefelina modal e normativa. Nos spiders foram representados em três grupos, de mesogabros predominantes da Pacuíba com nítidas anomalias positivas de Cr e Ni (Figura 7.3.10 A), mesogabros subordinados da Pacuíba com anomalia negativa de Cr e fraca anomalia negativa ou sem anomalia de Ni (B), e de mesogabros com nefelina da Praia da Armação. Cabe assinalar que todos os mesogabros evidenciam claramente efeitos de diferenciação, sendo os mesogabros predominantes da Pacuíba os mais enriquecidos em Cr e Ni, além de Sr, incorporados nos piroxênios, olivinas e plagioclásios, respectivamente. Os mesogabros subordinados da Pacuíba apresentam espectros similares aos leucogabros da Ponta das Canas (Figuras, 7.3.10 B e E, e 7.3.9 A e B). Os mesogabros com nefelina modal da Praia da Armação apresentam composição intermediária para a faixa de elementos de Ba até Ce inserindo-se no intervalo entre os leucogabros da Praia da Armação e os demais leucogabros (Figuras, 7.3.10 C e F, e 7.3.9 A e B). Já os mesogabros principais da Pacuíba complementam-se como termos mais maficos e diferenciados, depauperados em elementos incompatíveis e enriquecidos em

compatíveis, principalmente Cr e Ni, com os leucogabros principais da Mesma ocorrência (Figuras 7.3.10 A, D, e 7.3.9 A, B).

Entre os mesogabros encontrados no campo, na Ponta da Pacuíba, destacou-se uma ocorrência em bloco, por suas estruturas muito bem preservadas de estratificação rítmica e sutilmente gradacional (Prancha 4, Foto 2). Desta foram extraídas 7 subamostras das partes mais félscicas representativas de 7 bandas individuais mais bem desenvolvidas num intervalo total de cerca de 40 cm de espessura do bloco. A intenção foi verificar eventuais tendências gerais e regulares de diferenciação continuas num sentido direcional do bloco e sua possível correlação com a orientação petrograficamente inferida de topo – base. A representação em variogramas binários de tipo Harker dos óxidos maiores e elementos traço em relação aos dois índices de diferenciação SiO₂ e #Mg são representadas nas Figuras 7.3.11 A, B e 7.3.12 A, B. Destas observam-se algumas tendências evolutivas regulares em relação aos índices de diferenciação, que, entretanto, não obedecem estritamente a uma sucessão direcional e / ou estratigráfica da amostragem no bloco. Destacam-se nesse sentido os óxidos Al₂O₃, K₂O, TiO₂, Na₂O, MgO, P₂O₅ e FeOt, os elementos Pb, Cu, Ni, Cr, Ni, Ba, Co, V, Sr, Rb, Th, Y e Zn. Os variogramas de tipo *spider* com normalizações no Dique Básico e OIB também não exibiram variações geoquímicas direcionais regulares e consistentes com a hipótese de diferenciação. Ressaltaram, entretanto, a similaridade geoquímica e o relacionamento genético entre si das unidades rítmicas analisadas, além de sua analogia mais nítida em relação aos leucogabros, não aos mesogabros, da mesma ocorrência. As concentrações mais elevadas de Cr e Ni são decorrentes de processos de diferenciação; dispersões maiores ocorreram apenas para os elementos de muito baixo teor e / ou analiticamente problemáticos via FRX, como Cs, Th, U, Pb, Ce e Ta (Figuras 7.3.13 A, B e 7.3.9 A, B).

Brechas Magmáticas, Diferenciados Tardios e Gabros Finos em Diques. Com exceção dos gabros finos em diques, finais da evolução do magmatismo gábrico na ocorrência da Ponta da Pacuíba, trata-se de grupos litológicos menores, ainda que geneticamente importantes, que entretanto apenas em poucas ocasiões puderam ser amostradas. Portanto serão apenas brevemente comentados.

Brechas Magmáticas foram amostradas em 4 ocorrências, 2 da Praia da Armação e duas da Ponta da Pacuíba. As primeiras já foram comentadas em certo detalhe junto com os diques ultrabásicos a intermediários por serem de fato brechas vulcânicas a subvulcânicas rasas em diques básico-ultrabásicos faneríticos finos (Tabela 7.3.3) (ver capítulo 7.2). Aqui serão brevemente reapresentadas e discutidas em comparação com brechas de matrizes gábricas de borda e reintrusão interna da câmara magmática da ocorrência da Ponta da Pacuíba. Na Figura 7.3.14 são apresentadas as 4 brechas magmáticas em variogramas *spider* com normalizações nos valores do Dique Básico da 1^a geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I-41A) e OIB. Observam-se destas representações, os padrões com traçados totalmente diferentes das brechas subvulcânicas rasas com matrizes basálticas finas e muito finas da Praia da Armação em relação as brechas com matrizes gábricas da Ponta da Pacuíba. Observam-se também a similaridade entre si das brechas da Praia da Armação e ainda com os leucogabros com nefelina modal da mesma ocorrência, exceção feita para o enriquecimento mais forte em U numa das brechas (cf. Figuras 7.3.14 A, B e 7.3.9 A, B). Já nas brechas gábricas observam-se divergências geoquímicas nos elementos mais incompatíveis Ba-K e, a partir de uma primeira aproximação, ainda que vaga, dos valores do K, a evolução análoga dos espectros para os demais elementos de Nb ao Ta. Genericamente, as brechas gábricas da Ponta da Pacuíba assemelham-se com os leuco e mesogabros variavelmente depauperados nos elementos mais incompatíveis Ba-K da mesma ocorrência (cf. Figuras 7.3.14 A, 7.3.9 A e 7.3.10 A).

Diferenciados Tardios, um de Anortosito e o outro de Peridotito, intrusivos nos gabros da Ponta da Pacuíba na forma de veios foram amostrados em dois corpos. Representações conjuntas desses litotipos contrastantes em variogramas *spider* encontram-se na Figura 7.3.15. Nestes observam-se, além das diferenças claras dadas, em parte, por comportamentos geoquímicos recíprocos entre si complementares dos dois litotipos (por exemplo dos elementos Rb, K, Nb, Ce, Sr, Zr), a analogia do anortosito com os leucogabros, entretanto, com anomalia positiva mais forte de Sr (fracionado no plagioclásio) e sem enriquecimentos de Cr e Ni. Já o peridotito apresenta características de um mesogabro depauperado em Ba, Rb e K.

principalmente, com anomalia negativa de Sr e anomalias positivas de Ce, Cr e Ni, com $\text{Cr}_{\text{n}} > \text{Ni}_{\text{n}}$.

Representações de todas as brechas magmáticas e dos diferenciados tardios de anortosito e peridotito intrusivos sob a forma de veios, em alguns variogramas binários (Figura 7.3.16) ressaltam, por um lado as diferenças entre as brechas subvulcânicas de matrizes basálticas da Praia da Armação e as brechas intrusivas gábricas da Ponta da Pacuíba; por outro lado, entretanto, apontam também para analogias geoquímicas na forma de alinhamentos conjuntos das brechas gábricas da Pacuíba com o anortosito e peridotito em veios tardios da mesma ocorrência, e, ainda, de alinhamentos conjuntos de todas as amostras. Em conjunto com as evidências dos *spiders* isto sustenta os resultados de campo e petrográficos, de serem os diferenciados tardios de anortosito e peridotito (e piroxenitos pegmatóides) intrusivos em veios, diferenciados tardios de câmara magmática da intrusão gábrica da Ponta da Pacuíba, consangüíneos com os gabros principais e as brechas gábricas. Em relação às brechas e demais gabros da Praia da Armação notam-se diferenças maiores nos elementos incompatíveis e analogias nos compatíveis principalmente Mg, Cr, Ni e subordinadamente Ti e Al. Isto poderia indicar fontes mantélicas conjuntas ou similares e variações na taxa de fusão parcial. Entretanto, essas inferências genéticas mais especulativas necessitarão ainda de verificações e complementações com dados e modelagens adicionais.

Gabros Finos em Diques, microgabros, intrudem os gabros diferenciados e os veios tardios do corpo da Ponta da Pacuíba com contatos nítidos retilíneos em geral exibindo bordas de resfriamento e por vezes estruturas cumuláticas internas. Estes gabros foram considerados sob aspectos geológicos e petrográficos como fases finais do magmatismo gábrico, quando a câmara magmática crustal mais rasa da Ponta da Pacuíba já estava em estado sólido e de resfriamento. Representariam realimentações tentativas, com magmas derivados ou diretamente da fonte mantélica ou indiretamente via uma câmara magmática intermediária crustal-profunda ou infracrustal-mantélica.

Na representação conjunta de todas as amostras num variogramas *spider* com normalização OIB (Figura 7.3.17 A) resultou a divisão da população analisada em dois subgrupos, um de baixo Cr e Ni, o segundo com teores mais elevados nestes elementos compatíveis, além de uma amostra ambígua, com Cr intermediário e Ni alto. Nas

representações com normalização nos valores do Dique Básico da 1^a geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I-41A) foram separadamente representadas as amostras de baixo Cr e Ni junto com a amostra ambígua e as amostras com alto Cr e Ni (Figuras 7.3.17 B, C). Para os gabros finos de baixo Cr e Ni observam-se padrões claramente compatíveis com aqueles dos leucogabros da Praia da Armação. Já os gabros finos com alto Cr e Ni apresentam ainda outras particularidades geoquímicas como expressivas anomalias negativas de Sr e dos principais elementos incompatíveis Ba, Rb, K e Nb e positivas de Ce, Cr e Ni, sempre com $\text{Cr}_n > \text{Ni}_n$, outrossim tão somente observadas no veio de peridotito (cf. Figuras 7.3.17 e 7.3.15). Estes microgabros apresentam claramente composições mais primitivas, de magmas não-afetados por processos de diferenciação mais significativos. O microgabro ambíguo (com Cr intermediário e Ni alto) apresenta no quadro dos demais ainda outras características transicionais. Assim, assemelha-se pelos empobrecimentos em Ba, Rb e K com os gabros finos de alto Cr e Ni; nos elementos Nb-Y, entretanto, seu comportamento é perfeitamente compatível com os gabros finos pobres em Cr e Ni, com $\text{Cr}_n < \text{Ni}_n$. Por fim, seus teores de Cr e Ni (com $\text{Cr}_n < \text{Ni}_n$) são intermediários entre os dois grupos maiores de microgabros. Desta forma, possivelmente representa uma rocha híbrida de contaminação magmática entre os dois grupos de microgabros, afetada ainda por certa cristalização fracionada e segregação de cromita, enquanto o Ni ficou conservado em maior proporção na olivina.

Considerando-se todos os gabros e seus produtos de diferenciação estudados, pode ser concluído que são representadas duas linhagens magmáticas, uma mais e a outra menos alcalina, que ocorreram associadas, aparentemente como pulsos de alimentações magmáticas intermitentes, irregularmente intercalados, sem caracterizar uma evolução em seqüência geoquímica e / ou petrogenética definida. As diferenças entre as duas linhagens não foram demasiado grandes, existindo amplas superposições geoquímicas (e mineralógicas) tanto entre os litotipos principais quanto seus diferenciados. Ambas as linhagens magmáticas, variando de subalcalinas a alcalinas, correspondem melhor a magmas primários e respectivas fontes mantélicas de tipo *OIB* ou, ainda, as rochas regionais usadas como padrões de referência locais, sendo o Dique Básico da 1^a geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I-41A), assim como o tefrito da Ilha de São Sebastião (Garda e Schorscher, 1996, amostra IB-2C). O padrão *OIB*

representaria o magma primário, antes de qualquer diferenciação; já as rochas regionais representariam mais provavelmente taxas algo variáveis de fusão parcial da fonte mantélica assim como taxas variáveis de fracionamento cristalino (principalmente de cromita e olivina) durante a ascensão magmática do manto superior à colocação crustal subvulcânica.

Face a delimitação regional, às variações geoquímicas individuais bastante restritas – ainda que nem todas puderam ser explicadas – e, mesmo porque, também não foi possível reconstruir tendências gerais maiores e mais continuas de diferenciação, é aqui visualizado para os gabros estudados da Ilha de São Sebastião, um modelo petrogenético baseado em uma seqüência de múltiplos processos de fusão parcial, de taxas variáveis, originando volumes em geral relativamente pequenos de magmas basálticos variavelmente alcalinos; mais provavelmente a partir de uma fonte mantélica única e constante. Os magmas basálticos assim formados ascenderiam com velocidades entre si também diferentes e sujeitos a fracionamentos cristalinos variáveis até a sua colocação crustal intrusiva nas câmaras magmáticas gábricas, onde seguiriam por processos de diferenciação de câmara magmática. Os fatores controladores destes processos seriam o gradiente termal elevado do manto superior e as taxas de abertura tectônica do sistema de *rift* do Canal de São Sebastião variáveis, entretanto em geral decrescentes em relação aos estágios de diques ultrabásicos a intermediários anteriores e posteriores à colocação e diferenciação dos gabros. Assim cada pulso de alimentação / realimentação magmática poderia originar tanto um leuco a mesogabro isotrópico, alcalino ou subalcalino, mais ou menos próximo a composição magmática original (dependendo dos processos de fracionamento durante a ascensão), quanto uma série de diferenciados de câmara magmática próprios, como seus derivados específicos.

Tabela 7.3.1 - Dados analíticos via FRX dos Mesogabros principais da Parte N da Ilha de São Sebastião

Amostra	Número	TOTAL	LOI	SIO2	TIO2	AL2O3	FE2O3	MNO	MGO	CAO	NA2O
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Gabro	IPA2D	98	0.4	44.79	0.93	22.16	6.91	0.1085	6.59	13.41	1.82
Gabro grosso	IPA3	99.9	0.6	45.35	1.58	10.87	9.99	0.1648	13.71	15.63	1.17
Gabro grosso	IPA3A	99.5	0.6	45.33	1.52	10.74	9.95	0.1672	13.93	15.48	1.11
Gabro grosso	I-PA3B	100.4	0.4	39.30	2.290	17.60	14.95	0.1561	5.86	17.45	1.63
Gabro grosso	I-PA3CG	100.8	0.4	44.56	1.470	12.94	10.37	0.1759	12.15	17.30	1.01
Gabro	IPA3D	99.2	0.1	46.97	0.59	17.58	7.38	0.1236	10.8	13.96	1.33
Gabro grosso	IPA3J	99.3	0.3	45.65	1.15	12.64	8.82	0.146	13.95	14.8	1.31
Gabro grosso	I-PA4DG	100.0	0.4	45.40	0.690	17.27	7.30	0.1213	10.55	16.21	1.41
Gabro grosso	IPA4F	99.1	0.1	46.14	0.51	18.63	7.23	0.1199	11.11	13.71	1.19
Gabro grosso	IPA4G	100	0.5	47.29	0.6	13.77	9.15	0.1557	14.36	12.4	1.17
Gabro grosso	I-PA8AG	100.5	0.9	44.30	0.800	16.29	7.56	0.1282	11.19	17.10	1.62
Gabro grosso	I-PA8BC	100.3	-0.1	43.10	1.310	7.90	14.30	0.235	16.90	14.80	1.03
Gabro grosso	IPA8B1	99	-0.3	46.03	1.13	8.04	12.79	0.2133	17.36	12.09	1.03
Gabro grosso	IPA8B2	100.2	-0.3	46.33	1.13	7.68	12.91	0.2059	17.21	12.31	0.99
Gabro grosso	I-PA101	100.2	0.2	46.50	2.510	16.64	12.35	0.1923	5.27	11.94	2.99
Gabro grosso	I-PA11	100.3	0.8	40.90	2.790	12.14	17.09	0.2054	9.07	14.91	1.40
Gabro grosso	I-PA11 ₁	100.9	0.8	39.59	3.130	12.24	17.33	0.2124	9.17	16.03	1.35
Gabro bandado	I-PA13A1	100.2	0.3	44.08	1.430	12.24	11.53	0.1858	13.46	14.94	1.22
Gabro bandado	I-PA13A2	99.8	0.2	43.70	1.490	11.15	12.02	0.1937	14.13	15.10	1.10
Gabro bandado	I-PA13A3	99.2	0.3	44.43	1.180	13.50	10.30	0.1724	12.86	14.50	1.32
Gabro bandado	I-PA13A4	99.3	0.4	44.34	1.260	13.51	10.28	0.1676	12.47	14.72	1.29
Gabro bandado	I-PA13B5	100.5	0.4	43.93	1.390	13.81	10.80	0.1818	13.22	14.69	1.28
Gabro bandado	I-PA13B6	99.3	0.2	43.87	1.330	12.33	11.29	0.1845	13.54	14.66	1.19
Gabro bandado	I-PA13B7	99.3	0.4	43.90	1.160	13.80	10.30	0.1642	12.50	15.10	1.31
Olivina gabro grosso	I-AR1	99.1	0.6	44.50	1.710	12.20	11.12	0.2021	10.13	15.48	1.65
Olivina gabro grosso	I-AR4G	99.2	0.7	43.30	1.980	11.55	11.12	0.1806	10.67	17.08	1.46
Gabro médiogrosso	I-AR6A	100.2	1.0	40.80	1.930	11.38	11.37	0.2039	11.41	18.35	1.99
Olivina gabro grosso	I-AR8	99.6	0.7	42.98	1.840	12.66	11.10	0.1941	10.72	16.21	1.64

continuação

Amostra		K2O	P2O5	F	AS	BA	CE	CL	CO	CR	CS
		%	%	%	ppm						
Gabro	IPA2D	0.27	0.37	0	10	287	49	0	54	163	0
Gabro grosso	IPA3	0.42	0.11	0	11	196	0	0	68	445	0
Gabro grosso	IPA3A	0.38	0.09	0	13	156	27	0	79	436	0
Gabro grosso	I-PA3B	0.21	0.000	0.0	3	285	49	0	58	33	1
Gabro grosso	I-PA3CG	0.15	0.050	0.0	7	153	56	0	59	399	14
Gabro	IPA3D	0.21	0	0	8	108	0	0	56	285	13
Gabro grosso	IPA3J	0.43	0.12	0	8	117	5	0	66	789	0
Gabro grosso	I-PA4DG	0.37	0.000	0.0	9	146	7	0	60	550	31
Gabro grosso	IPA4F	0.15	0	0	13	66	0	0	63	379	13
Gabro grosso	IPA4G	0.31	0	0	10	79	15	0	85	333	0
Gabro grosso	I-PA8AG	0.45	0.000	0.0	0	153	39	0	63	402	10
Gabro grosso	I-PA8BC	0.58	0.080	0.0	10	156	4	0	115	777	5
Gabro grosso	IPA8B1	0.44	0.11	0	20	87	13	0	105	672	0
Gabro grosso	IPA8B2	0.45	0.09	0	7	112	0	0	108	662	0
Gabro grosso	I-PA101	1.04	0.330	0.0	6	660	92	0	46	37	0
Gabro grosso	I-PA11	0.49	0.100	0.0	0	370	71	0	90	201	0
Gabro grosso	I-PA11 ₁	0.58	0.120	0.0	14	403	56	0	104	229	20
Gabro bandado	I-PA13A1	0.55	0.080	0.0	1	176	40	0	95	690	2
Gabro bandado	I-PA13A2	0.47	0.080	0.0	0	225	33	0	93	798	41
Gabro bandado	I-PA13A3	0.40	0.030	0.0	0	232	71	0	83	674	2
Gabro bandado	I-PA13A4	0.48	0.030	0.0	0	230	0	0	80	729	13
Gabro bandado	I-PA13B5	0.50	0.070	0.0	7	225	37	0	86	678	5
Gabro bandado	I-PA13B6	0.47	0.020	0.0	9	186	20	0	84	722	0
Gabro bandado	I-PA13B7	0.42	0.030	0.0	5	222	0	0	73	634	0
Olivina gabro grosso	I-AR1	0.98	0.420	0.0	12	399	93	0	64	245	47
Olivina gabro grosso	I-AR4G	0.60	0.320	0.0	15	266	75	0	65	321	20
Gabro médiogrosso	I-AR6A	1.00	0.360	0.0	12	337	103	145	75	497	6
Olivina gabro grosso	I-AR8	0.93	0.360	0.0	1	411	97	0	57	314	14

continuação

Amostra	CU	GA	LA	NB	ND	NI	PB	RB	S	SN
		ppm	%	ppm						
Gabro	IPA2D	34	16	45	7	12	136	0	11	0
Gabro grosso	IPA3	38	11	14	13	5	260	0	13	0
Gabro grosso	IPA3A	18	11	19	14	32	259	0	8	0
Gabro grosso	I-PA3B	444	22	0	4	9	89	5	4	0.080
Gabro grosso	I-PA3CG	49	9	0	4	54	232	10	2	0.000
Gabro	IPA3D	10	18	0	1	16	210	0	3	0
Gabro grosso	IPA3J	21	14	0	16	19	270	0	11	0
Gabro grosso	I-PA4DG	9	11	0	10	0	219	2	9	0.000
Gabro grosso	IPA4F	20	17	23	2	11	224	0	5	0
Gabro grosso	IPA4G	5	10	0	4	0	260	0	11	0
Gabro grosso	I-PA8AG	69	8	0	8	42	238	4	7	0.020
Gabro grosso	I-PA8BC	26	13	20	13	0	427	3	18	0.000
Gabro grosso	IPA8B1	22	12	28	11	7	388	0	14	0
Gabro grosso	IPA8B2	43	9	2	13	4	374	0	20	0
Gabro grosso	I-PA101	28	18	30	40	26	46	7	12	0.000
Gabro grosso	I-PA11	51	16	0	29	43	87	8	16	0.190
Gabro grosso	I-PA11 ₁	56	12	26	32	29	88	8	15	0.210
Gabro bandado	I-PA13A1	38	11	0	17	24	365	4	12	0.000
Gabro bandado	I-PA13A2	29	12	10	14	0	379	8	11	0.000
Gabro bandado	I-PA13A3	55	12	4	10	20	337	3	7	0.000
Gabro bandado	I-PA13A4	54	13	0	13	82	331	9	12	0.000
Gabro bandado	I-PA13B5	45	12	0	16	10	364	1	9	0.000
Gabro bandado	I-PA13B6	37	11	6	14	19	360	4	11	0.000
Gabro bandado	I-PA13B7	26	11	0	13	19	314	4	6	0.000
Olivina gabro grosso	I-AR1	26	14	0	27	31	164	7	17	0.000
Olivina gabro grosso	I-AR4G	19	11	17	22	45	208	4	18	0.000
Gabro médiogrosso	I-AR6A	44	12	15	28	69	220	11	17	0.070
Olivina gabro grosso	I-AR8	26	14	17	31	41	167	10	22	0.000

continuação

Amostra		SR	TA	TH	U	V	W	Y	ZN	ZR
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Gabro	IPA2D	1600	2	0	0	153	21	10	43	77
Gabro grosso	IPA3	460	3	0	0	276	36	16	56	132
Gabro grosso	IPA3A	462	0	0	0	263	22	18	61	132
Gabro grosso	I-PA3B	916	0	1	0	351	0	14	82	129
Gabro grosso	I-PA3CG	585	0	2	1	221	0	15	57	129
Gabro	IPA3D	687	5	0	0	156	35	5	51	42
Gabro grosso	IPA3J	510	1	0	0	176	21	13	59	106
Gabro grosso	I-PA4DG	591	0	2	1	146	0	4	37	73
Gabro grosso	IPA4F	682	9	1	0	116	27	3	41	35
Gabro grosso	IPA4G	504	0	0	0	159	29	10	57	51
Gabro grosso	I-PA8AG	594	0	3	0	186	0	5	37	76
Gabro grosso	I-PA8BC	302	0	6	0	262	0	12	86	105
Gabro grosso	IPA8B1	290	0	1	2	215	33	14	84	91
Gabro grosso	IPA8B2	274	0	0	0	222	36	12	85	103
Gabro grosso	I-PA101	736	6	3	0	272	0	28	92	194
Gabro grosso	I-PA11	649	0	0	2	503	0	15	99	149
Gabro grosso	I-PA11 ₁	666	0	6	5	566	0	17	105	152
Gabro bandado	I-PA13A1	502	0	0	0	250	0	11	65	121
Gabro bandado	I-PA13A2	456	1	7	4	274	0	13	67	126
Gabro bandado	I-PA13A3	605	0	0	0	220	0	7	60	105
Gabro bandado	I-PA13A4	595	0	3	0	233	0	8	58	111
Gabro bandado	I-PA13B5	603	0	3	0	264	0	10	67	111
Gabro bandado	I-PA13B6	528	6	0	0	241	0	11	61	121
Gabro bandado	I-PA13B7	643	0	8	1	218	0	10	60	103
Olivina gabro grosso	I-AR1	737	0	5	3	257	0	25	79	256
Olivina gabro grosso	I-AR4G	795	2	6	2	372	0	23	70	261
Gabro médiogrosso	I-AR6A	750	4	0	0	318	0	24	67	287
Olivina gabro grosso	I-AR8	808	0	7	0	300	0	20	70	250

**TABELA 7.3.5 - Normas CIPW dos mesogabros principais da parte N da Ilha de São Sebastião
Incluindo gabros isotrópicos e bandados.**

Min. Normativos	I - PA 2D	I - PA 3	I - PA 3A	I - PA 3B	I - PA 3CG	I - PA 3D	I - PA 3J	I - PA 4DG	I - PA 4F	I - PA 4G	I - PA 8B1	I - PA 8AG
Quartzo	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ortoclásio	1.65	2.53	2.3	0	0	1.26	2.59	2.22	0.9	1.86	2.65	0
Albita	15.89	3.13	3.75	0	0	11.43	5.12	2.43	10.24	10.05	8.87	0
Anortita	53.15	23.58	23.68	40.78	30.51	42.04	27.79	40.17	45.84	31.87	16.3	36.24
Leucita	0.00	0	0	0.99	0.7	0	0	0	0	0	0	2.11
Nefelina	0	3.76	3.17	7.61	4.66	0	3.33	5.23	0	0	0	7.51
C(A)	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diopsídio (wo)	5.59	22.88	22.66	19.8	23.24	11.87	19.3	17.26	9.8	12.8	18.44	20.73
Diopsídio (en)	3.58	16.02	15.9	9.44	15.67	8.23	13.76	11.98	6.84	8.95	12.62	14.5
Diopsídio (fs)	1.63	4.89	4.81	10.07	5.76	2.65	3.81	3.82	2.13	2.74	4.33	4.45
Hypertênio (en)	0.36	0	0	0	0	4.02	0	0	4.05	7.49	2.74	0
Hypertênio (fs)	0.16	0	0	0	0	1.29	0	0	1.26	2.3	0.94	0
Olivina (fo)	9.16	13.24	13.79	3.84	10.45	10.65	15.21	10.32	12.18	14.02	20.2	9.67
Olivina (fa)	4.61	4.46	4.6	4.52	4.24	3.78	4.65	3.64	4.18	4.74	7.65	3.28
Magnetita	1.56	2.22	2.21	3.31	2.27	1.64	1.95	1.61	1.6	2.02	2.84	1.66
Hematita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilmenita	1.83	3.06	2.95	4.43	2.81	1.14	2.22	1.33	0.99	1.16	2.19	1.54
Apatita	0.83	0.24	0.2	0	0.11	0	0.27	0	0	0	0.24	0
Total	100	100	100	104.79	100.41	100	100	100	100	100	100	101.7

continuação

Min. Normativos	I - PA 8B2	I - PA 8BC	- PA - 10	I - PA 11	I - PA (11)1	I - PA 13A1	I - PA 13A2	I - PA 13A3	I - PA 13A4	I - PA 13B5	I - PA 13B6	I - PA 13B7
Quartzo	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ortoclássio	2.71	0	6.23	0	0	2.97	0.21	2.42	2.91	2.99	2.84	2.54
Albita	8.52	0	18.52	0	0	0	0	3.63	2.84	0.38	0.73	0.56
Anortita	15.44	15.35	29.25	25.97	26.04	26.6	24.46	30.36	30.32	30.74	27.45	31.18
Leucita	0	2.72	0	2.33	2.74	0.25	2.05	0	0	0	0	0
Nefelina	0	4.76	3.84	6.57	6.29	5.66	5.12	4.22	4.51	5.72	5.17	5.83
C(A)	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
Diopsídio (wo)	19.3	24.36	12.03	20.54	22.62	20.05	21.38	17.96	18.49	17.75	19.51	18.89
Diopsídio (en)	13.16	16.19	6.14	11.14	12.39	13.43	14.35	12.18	12.49	12.03	13.12	12.72
Diopsídio (fs)	4.59	6.35	5.59	8.66	9.39	5.08	5.39	4.37	4.56	4.32	4.88	4.71
Hypertênio (en)	3.46	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypertênio (fs)	1.21	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
Olivina (fo)	19.03	18.53	5.05	8.45	7.66	14.45	15.08	14.48	13.6	14.96	15.01	13.46
Olivina (fa)	7.33	8.02	5.08	7.26	6.41	6.04	6.26	5.74	5.48	5.92	6.16	5.5
Magnetita	2.86	3.14	2.72	3.81	3.84	2.54	2.66	2.29	2.29	2.37	2.51	2.29
Hematita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilmenita	2.19	2.51	4.83	5.43	6.05	2.75	2.88	2.29	2.45	2.67	2.58	2.25
Apatita	0.2	0.18	0.73	0.22	0.27	0.18	0.18	0.07	0.07	0.15	0.04	0.07
Total	100	102.11	100	100.39	103.7	100	100	100	100	100	100	100

continuação

Min. Normativos	I - AR 1	I - AR 4G	I - AR 6G	I - AR 8
Quartzo	0	0	0	0
Ortoclásio	5.95	0	0	0
Albita	1.62	0	0	0
Anortita	23.56	23.8	20.56	24.98
Leucita	0	2.86	4.78	4.42
Nefelina	6.88	6.87	8.09	7.69
C(A)	0	0	0	0
Diopsídio (wo)	22.02	25.62	31	23.05
Diopsídio (en)	14.04	16.73	20.18	14.99
Diopsídio (fs)	6.53	7.08	8.64	6.44
Hypertênio (en)	0	0	0	0
Hypertênio (fs)	0	0	0	0
Olivina (fo)	8.36	7.48	6.12	8.71
Olivina (fa)	4.29	3.49	2.89	4.13
Magnetita	2.48	2.49	2.63	2.47
Hematita	0	0	0	0
Ilmenita	3.33	3.87	4.02	3.58
Apatita	0.94	0.72	0.82	0.8
Total	100	101	109.73	101.26

Tabela 7.3.2 - Dados analíticos via FRX dos Leucogabros principais da parte N da Ilha de São Sebastião

Amostra	Número	TOTAL	LOI	SIO2	TIO2	AL2O3	FE2O3	MNO	MGO	CAO
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
Leucogabro	I-1BC	99.3	0.4	48.50	0.220	23.49	5.36	0.0768	6.94	11.53
Leucogabro	IPA1	99.5	0.5	48.78	0.57	19.48	4.98	0.0913	8	14.83
Leucogabro band.	IPA1A	98.9	0	44.51	1.49	12.39	10.38	0.1662	13.59	14.71
Leucogabro band.	IPA1AINT	99.2	0.3	49	0.33	25.35	3.27	0.0568	4.51	13.66
Leucogabro band.	IPA1B	99.1	0.4	48.56	0.44	21.11	4.96	0.0858	7.54	13.62
Leucogabro band.	IPA1BTOP	99.7	0.4	49.14	0.24	27.1	3.04	0.0487	3.94	13.01
Leucogabro	IPA1D1TI	99	0.2	43.12	2.01	15.16	12.69	0.1702	8.96	14.99
Leucogabro	IPA1D1TO	99.5	0.5	46.46	0.82	16.89	7.34	0.1245	11.71	13.27
Leucogabro	IPA1D2	98.8	0.2	44.93	1.48	11.33	10.69	0.1714	14.47	13.5
Leucogabro	IPA1D3	100.8	0.3	46.6	0.92	16.89	7.75	0.1354	11.94	14.21
Leucogabro cum.	IPA1G 0	99.2	0.3	46.91	0.33	28.55	2.57	0.04	3.33	15.16
Leucogabro cum.	IPA1G1	99.2	0.3	46.4	0.33	28.7	2.51	0.0404	3.21	15.8
Leucogabro	IPA1H	98.3	0.4	46.5	0.63	17.62	6.34	0.1062	10.48	14.91
Leucogabro	IPA2	98.5	0.3	46.51	0.9	17.97	7.69	0.1299	8.95	14.02
Leucogabro	IPA2A	98	0.4	46.72	0.73	17.11	5.36	0.0935	10.41	15.55
Leucogabro	IPA4C	99.7	0.3	45.85	1.04	16.11	8.17	0.1434	11.7	14.8
Leucogabro	I-PA5G	100.1	0.3	46.20	0.730	19.20	6.45	0.1309	7.39	17.79
Leucogabro	I-PA10A	99.8	0.7	46.58	0.700	19.98	6.31	0.1016	7.64	15.88
Leucogabro	I-PA10G	100.5	0.2	46.46	0.680	17.70	7.83	0.1322	10.50	15.34
Leucogabro	I-AR2	99.5	0.8	43.10	2.390	15.93	12.33	0.1493	6.81	13.75
Leucogabro	I-AR5	100.2	0.4	44.50	2.130	18.45	11.79	0.1768	4.89	10.77
Leucogabro	I-AR6A	100.2	1.0	40.80	1.930	11.38	11.37	0.2039	11.41	18.35
Leucogabro	P-PC1	99.3	0.0	48.20	1.120	15.30	6.91	0.1214	8.77	16.60
Leucogabro	I-PC1A	99.9	1.3	47.90	1.110	15.30	7.03	0.1206	8.63	16.29
Leucogabro	I-PC2	99.5	0.7	45.97	0.760	9.80	8.66	0.1482	15.46	16.80
Leucogabro	I-PC1B	100.7	1.2	47.35	1.060	15.68	7.59	0.127	8.72	16.51

continuação

Amostra	Número	Na2O	K2O	P2O5	F	AS	BA	CE	CL	CO
		%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Leucogabro	I-IBC	2.25	0.37	0.000	0.0	0	164	19	0	49
Leucogabro	IPA1	1.87	0.2	0	0	15	112	33	0	43
Leucogabro band.	IPA1A	1.04	0.2	0.02	0	0	136	0	0	75
Leucogabro band.	IPA1AINT	2.38	0.24	0	0	0	138	18	0	24
Leucogabro band.	IPA1B	2.08	0.21	0	0	5	76	9	0	46
Leucogabro band.	IPA1BTOP	2.52	0.26	0	0	0	123	0	0	20
Leucogabro	IPA1D1TI	1.27	0.08	0	0	28	125	33	0	63
Leucogabro	IPA1D1TO	1.49	0.68	0.06	0	15	141	0	0	57
Leucogabro	IPA1D2	1.3	0.4	0.23	0	12	167	35	0	75
Leucogabro	IPA1D3	1.6	0.31	0.05	0	20	146	29	0	64
Leucogabro cum.	IPA1G	1.61	0.16	0.03	0	17	149	3	0	22
Leucogabro cum.	IPA1G1	1.66	0.17	0.04	0	13	126	23	0	24
Leucogabro	IPA1H	1.11	0.23	0	0	7	79	22	0	45
Leucogabro	IPA2	1.62	0.35	0.07	0	3	182	15	0	61
Leucogabro	IPA2A	1.21	0.28	0	0	0	82	12	0	44
Leucogabro	IPA4C	1.25	0.21	0.03	0	4	159	1	0	61
Leucogabro	I-PA5G	1.60	0.32	0.000	0.0	0	205	21	0	36
Leucogabro	I-PA10A	1.51	0.28	0.000	0.0	15	174	33	0	48
Leucogabro	I-PA10G	1.45	0.25	0.000	0.0	16	143	49	0	64
Leucogabro	I-AR2	2.63	1.31	0.190	0.0	19	428	59	0	59
Leucogabro	I-AR5	3.89	1.94	0.930	0.0	3	887	152	302	50
Leucogabro	I-AR6A	1.99	1.00	0.360	0.0	12	337	103	145	75
Leucogabro	P-PC1	1.82	0.26	0.000	0.0	7	164	10	0	52
Leucogabro	I-PC1A	1.85	0.28	0.000	0.0	15	166	0	0	44
Leucogabro	I-PC2	0.78	0.21	0.000	0.0	6	111	33	0	72
Leucogabro	I-PC1B	1.95	0.33	0.000	0.0	0	191	55	0	47

continuação

Amostra	Número	CR	CS	CU	GA	LA	NB	ND	NI	PB
		ppm								
Leucogabro	I-1BC	31	1	23	11	12	1	26	152	3
Leucogabro	IPA1	75	26	9	10	0	4	0	97	7
Leucogabro band.	IPA1A	612	2	10	15	0	8	32	257	1
Leucogabro band.	IPA1AINT	18	0	12	19	12	1	0	62	3
Leucogabro band.	IPA1B	40	0	5	14	0	5	0	102	0
Leucogabro band.	IPA1BTOP	17	0	10	20	31	2	0	60	4
Leucogabro	IPA1D1TI	219	0	0	22	3	5	0	139	6
Leucogabro	IPA1D1TO	232	0	46	15	0	8	11	255	1
Leucogabro	IPA1D2	622	0	53	17	1	13	24	274	8
Leucogabro	IPA1D3	240	0	31	13	12	8	32	266	4
Leucogabro cum.	IPA1G	87	21	9	18	9	4	9	67	0
Leucogabro cum.	IPA1G1	79	0	7	22	0	3	0	61	0
Leucogabro	IPA1H	270	19	4	17	3	4	0	196	0
Leucogabro	IPA2	105	0	14	13	0	9	0	157	0
Leucogabro	IPA2A	331	0	18	13	0	8	0	194	0
Leucogabro	IPA4C	472	1	40	14	10	5	2	255	0
Leucogabro	I-PA5G	295	16	38	15	9	5	13	113	4
Leucogabro	I-PA10A	191	16	6	17	10	3	18	126	2
Leucogabro	I-PA10G	279	8	47	14	0	12	13	218	3
Leucogabro	I-AR2	26	0	28	15	0	45	17	156	10
Leucogabro	I-AR5	69	13	45	20	61	56	62	53	8
Leucogabro	I-AR6A	497	6	44	12	15	28	69	220	11
Leucogabro	P-PC1	26	1	217	13	20	3	1	114	4
Leucogabro	I-PC1A	30	44	230	10	18	5	22	116	4
Leucogabro	I-PC2	695	0	34	11	0	7	36	311	3
Leucogabro	I-PC1B	32	0	169	11	20	5	49	120	8

continuação

Amostra	Número	RB	S	SN	SR	TA	TH	U	V
		ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Leucogabro	I-IBC	4	0.000	18	1043	1	0	0	38
Leucogabro	IPA1	6	0	1	763	0	0	0	175
Leucogabro band.	IPA1A	8	0	0	583	0	0	1	281
Leucogabro band.	IPA1AINT	6	0	0	1031	7	0	0	83
Leucogabro band.	IPA1B	6	0	2	858	0	0	0	135
Leucogabro band.	IPA1BTOP	3	0	0	1096	0	0	0	51
Leucogabro	IPA1D1TI	4	0	0	745	0	0	0	311
Leucogabro	IPA1D1TO	21	0.02	15	689	9	0	0	136
Leucogabro	IPA1D2	11	0.03	2	501	0	0	0	249
Leucogabro	IPA1D3	9	0.01	0	759	0	0	0	136
Leucogabro cum.	IPA1G	4	0	0	1273	7	0	0	53
Leucogabro cum.	IPA1G1	4	0	0	1259	0	0	0	49
Leucogabro	IPA1H	8	0	34	632	5	0	0	134
Leucogabro	IPA2	8	0	0	818	10	0	0	194
Leucogabro	IPA2A	10	0	0	573	0	0	0	133
Leucogabro	IPA4C	7	0	3	888	0	0	0	164
Leucogabro	I-PA5G	6	0.000	0	785	7	0	0	175
Leucogabro	I-PA10A	6	0.000	12	832	1	4	0	157
Leucogabro	I-PA10G	5	0.000	0	655	1	0	0	165
Leucogabro	I-AR2	22	0.000	0	885	0	0	3	499
Leucogabro	I-AR5	31	0.000	0	1385	1	10	2	247
Leucogabro	I-AR6A	17	0.070	0	750	4	0	0	318
Leucogabro	P-PC1	3	0.010	6	655	1	0	0	291
Leucogabro	I-PC1A	1	0.010	0	652	0	0	0	270
Leucogabro	I-PC2	5	0.000	9	333	0	2	0	207
Leucogabro	I-PC1B	6	0.000	4	706	2	2	0	253

continuação

Amostra	Número	W	Y	ZN	ZR
		ppm	ppm	ppm	ppm
Leucogabro	I-1BC	0	0	26	39
Leucogabro	IPA1	24	6	28	44
Leucogabro band.	IPA1A	25	12	63	98
Leucogabro band.	IPA1AINT	36	2	21	35
Leucogabro band.	IPA1B	21	4	28	42
Leucogabro band.	IPA1BTOP	22	2	18	29
Leucogabro	IPA1D1TI	30	17	80	112
Leucogabro	IPA1D1TO	16	8	43	86
Leucogabro	IPA1D2	29	14	73	95
Leucogabro	IPA1D3	37	9	51	90
Leucogabro cum.	IPA1G	21	2	13	44
Leucogabro cum.	IPA1G1	22	2	17	44
Leucogabro	IPA1H	33	7	34	50
Leucogabro	IPA2	30	11	47	80
Leucogabro	IPA2A	31	9	36	60
Leucogabro	IPA4C	30	8	51	93
Leucogabro	I-PA5G	0	5	29	52
Leucogabro	I-PA10A	0	4	34	52
Leucogabro	I-PA10G	0	6	43	73
Leucogabro	I-AR2	0	19	69	223
Leucogabro	I-AR5	0	24	104	248
Leucogabro	I-AR6A	0	24	67	287
Leucogabro	P-PC1	0	11	27	76
Leucogabro	I-PC1A	0	11	26	78
Leucogabro	I-PC2	0	7	41	54
Leucogabro	I-PC1B	0	11	29	75

Tabela 7.3.6 - Normas CIPW dos leucogabros principais da parte N da Ilha de São Sebastião

Min. Normativos	I - PA 1	I - PA 1A	I - PA 1AINT	I - PA 1B	I - PA 1BTOP	I - 1BC	I - PA 1D1T1	I - PA 1D1T0	I - PA 1D2	I - PA 1D3	I - PA 1H	I - PA 1G	I - PA 1G1
Quartzo	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ortoclásio	1.2	1.21	1.26	1.27	1.55	2.23	0.49	4.1	2.42	1.84	1.4	0.96	1.02
Albita	16.09	5.21	20.42	17.91	21.5	19.35	6.1	11.27	7.98	9.98	9.63	13.82	14.22
Anortita	44.9	29.21	58.69	48.47	62.39	53.76	36.35	38.02	24.46	38.04	43.5	71.2	71.24
Leucita	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nefelina	0	2.05	0	0	0	0	2.67	0.84	1.77	1.94	0	0	0
C(A)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diopsídio (wo)	12.53	18.98	4.24	8.51	1.18	1.87	16.73	11.97	17.87	13.51	13.56	2.1	3.35
Diopsídio (en)	8.94	13.11	2.92	5.96	0.8	1.25	9.97	8.5	12.41	9.55	9.66	1.44	2.3
Diopsídio (fs)	2.46	4.29	0.97	1.82	0.29	0.48	5.88	2.4	3.96	2.77	2.68	0.49	0.78
Hypertênio (en)	3.67	0.00	5.28	4.65	5.73	8.08	0	0	0	0	3.19	5.22	0.48
Hypertênio (fs)	1.01	0.00	1.75	1.42	2.07	3.09	0	0	0	0	0.89	1.77	0.16
Olivina (fo)	5.42	15.19	2.27	6.02	2.4	5.83	9.13	14.91	17.26	14.26	9.84	1.26	3.75
Olivina (fa)	1.65	5.49	0.83	2.03	0.96	2.46	5.95	4.64	6.09	4.56	3.01	0.47	1.41
Magnetita	1.02	2.32	0.72	1.09	0.67	1.19	2.83	1.62	2.38	1.69	1.41	0.57	0.56
Hematita	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilmenita	1.1	2.90	0.64	0.85	0.46	0.43	3.92	1.59	2.88	1.75	1.23	0.64	0.64
Apatita	0	0.04	0	0	0	0	0	0.13	0.51	0.11	0	0.07	0.09
Total	100	100.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

continuação

Min. Normativos	I - PA 2	I - PA 2A	I - PA 4C	I - PA 5G	I - PA 10A	I - PA 10G	I - AR 2	I - AR 5	I - AR 6A	I - PC 1	I - PC 1A	I - PC 1B	I - PC 2
Quartzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ortoclásio	2.12	1.71	1.26	1.91	1.68	1.48	7.94	11.65	0	1.55	1.69	1.98	1.27
Albita	14.04	10.54	8.88	2.9	10.34	8.03	0.9	10.44	0	11.64	12.04	8.44	0.73
Anortita	41.7	41.63	38.21	44.54	47.6	41.13	28.45	27.53	19.56	33.26	33.27	33.46	23.09
Leucita	0	0	0	0	0	0	0	0	4.73	0	0	0	0
Nefelina	0	0	0.99	5.81	1.42	2.31	11.86	12.44	9.32	2.16	2.13	4.48	3.25
C(A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diopsídio (wo)	12.2	15.84	15.07	18.54	13.55	14.72	16.85	8.86	29.79	21.02	20.58	20.7	25.93
Diopsídio (en)	8.14	11.67	10.54	12.31	9.12	10.04	9.44	4.4	19.58	14.51	14.09	13.89	18.66
Diopsídio (fs)	3.13	2.61	3.24	4.85	3.39	3.49	6.71	4.27	8.05	4.77	4.82	5.22	4.87
Hypertênio (en)	0.82	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypertênio (fs)	0.32	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olivina (fo)	9.78	10.32	13.39	4.41	7.2	11.41	5.61	5.61	6.7	5.42	5.56	5.74	14.59
Olivina (fa)	4.14	2.55	4.54	1.92	2.96	4.38	4.4	6.03	3.04	1.97	2.1	2.38	4.21
Magnetita	1.71	1.2	1.81	1.41	1.39	1.71	2.75	2.6	0.68	1.53	1.56	1.67	1.92
Hematita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilmenita	1.75	1.43	2	1.4	1.35	1.3	4.66	4.11	3.75	2.16	2.15	2.04	1.48
Apatita	0.16	0	0.07	0	0	0	0.43	2.06	0.8	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	107.83	100	100	100	100

Tabela 7.3.3 - Dados analíticos via FRX das Brechas de câmara magmática (bordas e reentrôes) e intrusivas em diques, de diferenciados tardios intrusivos em veios e venulações da Parte N da Ilha de São Sebastião.

Amostra	Número	TOTAL	LOI	SIO2	TIO2	AL2O3	FE2O3	MNO	MGO	CAO	NA2O
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
brecha	I-AR6F	100.3	1.0	41.82	2.240	12.68	11.74	0.1979	8.88	16.55	2.98
brecha	I-AR7	99.8	0.7	43.60	2.130	13.59	12.02	0.2136	7.27	13.63	3.07
brecha	IPA2G	98.1	0.2	44.4	1.78	12.02	10.92	0.1589	12.6	14.62	1.1
Brecha	IPA8	101.3	0	48.93	1.27	18.39	13.5	0.2337	8.89	7.21	2.33
Peridotito	IPA2F	101.1	0.4	43.76	2.44	9.3	11.37	0.1606	14.14	18.6	0.56
Anortosito	IPA3J1	99	0.5	48.3	0.18	30.65	1.42	0.0197	0.91	13.35	2.95
Amostra	Número	K2O	P2O5	F	AS	BA	CE	CL	CO	CR	CS
		%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
brecha	I-AR6F	1.27	0.510	0.0	0	547	118	57	54	152	0
brecha	I-AR7	2.00	0.860	0.0	2	712	142	0	53	149	0
brecha	IPA2G	0.13	0.04	0	13	121	36	0	70	592	0
Brecha	IPA8	0.37	0.01	0	23	206	0	0	68	278	0
Peridotito	IPA2F	0.05	0	0	8	76	60	0	60	495	0
Anortosito	IPA3J1	0.33	0.09	0	4	367	21	0	6	38	3
Amostra	Número	CU	GA	LA	NB	ND	NI	PB	RB	S	SN
		ppm	ppm	%	ppm						
brecha	I-AR6F	82	16	77	52	65	150	5	25	0.090	0
brecha	I-AR7	91	8	65	76	68	103	11	47	0.450	0
brecha	IPA2G	43	13	12	4	22	219	0	2	0	0
Brecha	IPA8	109	22	10	5	0	183	4	11	0.01	0
Peridotito	IPA2F	29	15	14	6	54	249	0	7	0	6
Anortosito	IPA3J1	9	23	26	11	0	38	0	3	0	0
Amostra	Número	SR	TA	TH	U	V	W	Y	ZN	ZR	
		ppm	ppm	ppm							
brecha	I-AR6F	846	0	8	4	281	0	27	73	308	
brecha	I-AR7	1111	13	4	8	232	0	26	96	305	
brecha	IPA2G	536	9	0	0	270	33	15	64	111	
Brecha	IPA8	495	10	0	0	289	30	6	135	39	
Peridotito	IPA2F	218	0	10	0	371	27	25	59	217	
Anortosito	IPA3J1	1572	11	0	0	18	17	0	7	39	

TABELA 7.3.7 - Normas CIPW das brechas de câmara magmática (bordas e reintrusões) e intrusivas em diques, de diferenciados tardios intrusivos em veios e venulações da parte N da Ilha de São Sebastião.

Min. Normativos	I-PA-2F	I-PA-2G	I-PA-3J1	I-PA-8	I-AR-6AF	I-AR-7
Quartzo	0.00	0	0	0	0.00	0.00
Ortoclásio	0.00	0.79	1.99	2.19	0.00	10.33
Albita	0.00	7.6	25.42	19.69	0.00	0.00
Anortita	22.82	28.34	67.03	35.74	17.82	17.83
Leucita	0.23	1.09	0	0	6.02	1.42
Nefelina	2.58	0	1.34	1.04	13.95	14.44
Diopsídio (wo)	29.23	19.35	0	0	26.32	19.39
Diopsídio (en)	20.46	13.11	0	0	16.22	11.07
Diopsídio (fs)	6.26	4.71	0	0	8.54	7.46
Hypertênio (en)	0.00	0	1.09	18.16	0.00	0.00
Hypertênio (fs)	0.00	0	0.75	12.75	0.00	0.00
Olivina (fo)	10.57	13.59	0.86	2.85	4.52	5.32
Olivina (fa)	3.57	5.39	0.65	2.2	2.63	3.96
Magnetita	2.49	2.46	0.31	2.94	2.61	2.69
Hematita	0.00	0	0	0	0.00	0.00
Ilmenita	4.66	3.49	0.35	2.41	4.35	4.16
Apatita	0.00	0.09	0.2	0.02	1.14	1.31
Total	102.87	100	100	100	104.11	100

Tabela 7.3.4 - Dados analíticos via FRX dos gabros finos da Ponta da Pacuíba

Amostra	Número	TOTAL	LOI	SIO2	TIO2	AL2O3	FE2O3	MNO	MGO	CAO	NA2O
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Gabro fino	I-1AA	99.3	0.2	45.18	0.910	13.85	10.59	0.1934	11.38	15.66	0.53
Gabro fino	IPA1C	97.8	0.2	40.96	2.64	14.12	12.52	0.1421	9.23	17.24	0.72
Gabro fino	IPA2B	100	0.5	45.78	0.91	13.36	10.07	0.1936	12.08	15.87	0.43
Gabro fino	IPA2C	99	0	45.01	2.2	18.44	10.62	0.1561	6.16	12.97	2.4
Gabro fino	IPA4B	98.4	0.3	47.34	0.79	12	8.92	0.1762	12.03	15.84	0.79
Gabro fino	I-5A	99.6	0.7	43.50	1.850	10.09	10.96	0.1938	12.18	17.45	1.22
Gabro fino	I-PA4DF	99.5	0.8	43.50	2.760	15.52	13.25	0.1924	6.15	12.75	2.53
Gabro fino	I-PA5F	100.8	0.4	41.30	3.740	13.80	15.10	0.2224	7.46	16.52	1.70
Gabro fino	I-PA10F	99.6	0.1	45.20	2.580	17.01	12.37	0.1859	5.19	12.28	3.04

Amostra	Número	K2O	P2O5	F	AS	BA	CE	CL	CO	CR	CS
		%	%	%	ppm						
Gabro fino	I-1AA	0.14	0.500	0.0	9	165	44	0	64	908	0
Gabro fino	IPA1C	0.06	0.02	0	17	142	8	0	63	156	10
Gabro fino	IPA2B	0.07	0.5	0	26	140	51	0	56	895	0
Gabro fino	IPA2C	0.37	0.41	0	9	289	17	0	49	68	12
Gabro fino	IPA4B	0.1	0	0	8	89	39	0	62	845	0
Gabro fino	I-5A	0.67	0.360	0.0	12	370	99	0	68	717	0
Gabro fino	I-PA4DF	1.17	0.360	0.0	17	719	119	0	53	48	0
Gabro fino	I-PA5F	0.34	0.060	0.0	1	321	3	0	74	74	0
Gabro fino	I-PA10F	1.04	0.330	0.0	5	636	91	0	44	31	0

continuação

Amostra	Número	CU	GA	LA	NB	ND	NI	PB	RB	S	SN
		ppm	%	ppm							
Gabro fino	I-1AA	0	7	9	3	45	316	9	3	0.000	0
Gabro fino	IPA1C	3	19	24	8	0	227	4	5	0	0
Gabro fino	IPA2B	15	12	30	6	39	298	0	0	0	8
Gabro fino	IPA2C	94	18	0	12	0	78	0	6	0.03	0
Gabro fino	IPA4B	40	12	18	1	0	327	0	1	0	13
Gabro fino	I-5A	21	14	36	29	64	245	6	11	0.000	0
Gabro fino	I-PA4DF	96	12	31	43	41	96	8	23	0.100	0
Gabro fino	I-PA5F	223	21	0	10	6	98	8	0	0.000	0
Gabro fino	I-PA10F	18	18	34	38	61	57	6	12	0.000	9

Amostra	Número	SR	TA	TH	U	V	W	Y	ZN	ZR
		ppm								
Gabro fino	I-1AA	130	0	0	0	246	0	16	76	100
Gabro fino	IPA1C	660	2	0	0	431	22	20	74	160
Gabro fino	IPA2B	145	4	0	3	208	20	18	78	99
Gabro fino	IPA2C	977	10	0	0	281	24	19	85	88
Gabro fino	IPA4B	232	0	0	0	155	31	15	56	62
Gabro fino	I-5A	520	5	0	3	264	0	22	65	227
Gabro fino	I-PA4DF	884	5	9	0	332	0	25	95	174
Gabro fino	I-PA5F	631	2	4	5	602	0	15	113	83
Gabro fino	I-PA10F	769	4	5	0	277	0	27	100	196

TABELA 7.3.8 - Normas CIPW dos gabros finos da Ponta da Pacuíba.

Min. Normativos	I - 1Aa	I - 5A	I - PA 1C	I - PA 2B	I - PA 2C	I - PA 4B	I - PA 4DF	I - PA 5F	I - PA 10F
Quartzo	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0
Ortoclásio	0.84	0	0.00	0.42	2.24	0.61	7.13	0	6.7
Albita	4.57	0	0.00	3.69	17.39	6.87	8.64	0	14.29
Anortita	35.66	20.55	36.32	34.83	39.26	29.69	28.33	29.29	30.21
Leucita	0	3.19	0.29	0	0	0	0	0.59	0
Nefelina	0	5.73	3.42	0	1.81	0	7.26	7.87	6.44
Diopsídio (wo)	16.96	27.58	21.77	17.63	10.06	21.36	14.48	22.21	12.48
Diopsídio (en)	10.99	18.55	13.50	11.74	5.77	14.58	7.67	12.35	6.35
Diopsídio (fs)	4.79	6.9	6.95	4.56	3.83	5.05	6.36	8.97	5.82
Hypertênio (en)	5.69	0	0.00	7.95	0	6.53	0	0	0
Hypertênio (fs)	2.48	0	0.00	3.09	0	2.26	0	0	0
Olivina (fo)	8.64	8.87	7.28	7.7	6.98	6.87	5.72	4.55	4.81
Olivina (fa)	4.16	3.64	4.14	3.3	5.12	2.63	5.24	3.65	4.87
Magnetita	2.35	2.44	2.82	2.23	2.36	2	2.97	3.32	2.74
Hematiita	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0
Ilmenita	1.76	3.6	5.19	1.76	4.27	1.54	5.4	7.18	4.99
Apatita	1.11	0.81	0.05	1.11	0.91	0	0.81	0.13	0.73
Total	100	101.85	101.73	100	100	100	100	101.11	100

Fig. 7.3.1 – Rochas gálicas principais (A) e tardias (B) de composições ígneas figuram no campo dos basaltos; os pontos externos aos campos do diagrama representam rochas derivadas por cristalização fracionada e segregação acumulativa de cristais, todas empobrecidas em álcalis e algumas ultrabásicas (diagrama TAS segundo Cox et al., 1979). Legenda: (\triangle) mesogabros da ponta da Pacuíba; (\blacktriangle) mesogabros da praia da Armação; (\circ) leucogabros isotrópicos e (\bullet) bandados da ponta da Pacuíba; (\bullet) leucogabros da praia da Armação e (\bullet) leucogabros da ponta das Canas; (\diamond) gabros finos da ponta da Pacuíba; (\blacksquare) veios de anortosito e (\blacksquare) peridotito e (\circ) brechas magmáticas da ponta da Pacuíba.

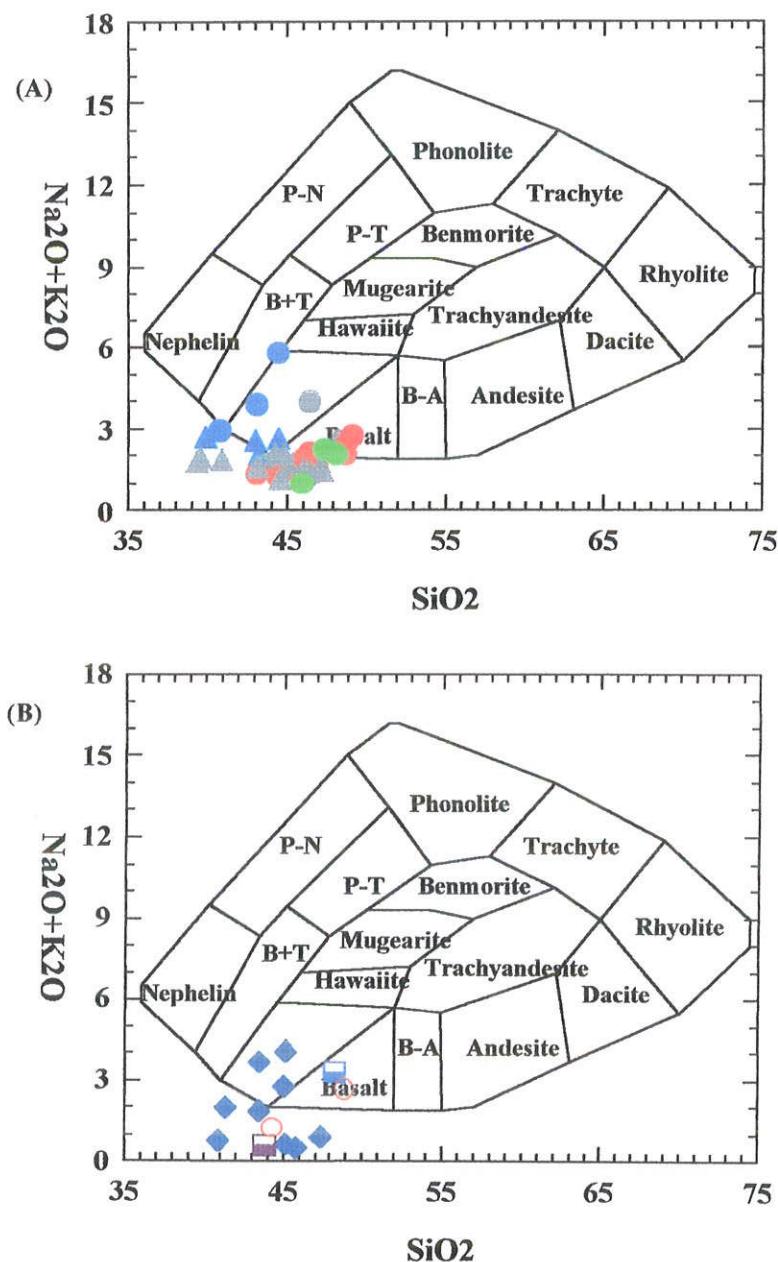


Fig. 7.3.2 – Diagrama de classificação segundo Winchester e Floyd (1977), as rochas gábrisicas (A) principais e (B) tardias distribuem-se nos mesmos campos, predominam basaltos alcalinos com variações de subalcalinos a basanitos e tefritos, além de equivalentes ultrabásicos. (legenda como da fig. 7.3.1) Obs: no gráfico onde lê-se Bas-Trach-Neph, leia-se Bas-Tefrit-Neph

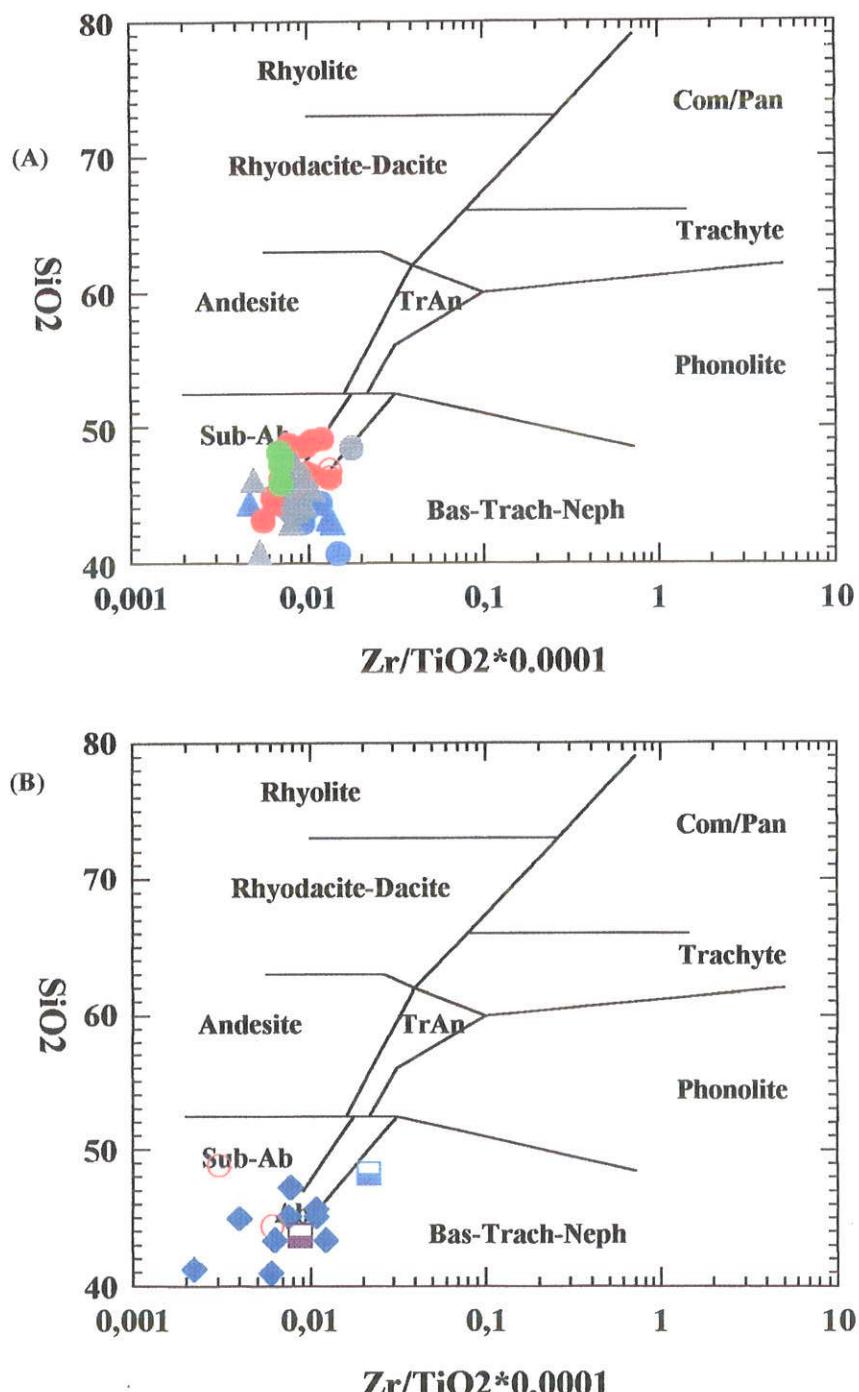


Fig. 7.3.3 – Rochas gábris principais (A) e (B) tardias variam de alcalinas a subalcalinas (diagrama segundo McDonald e Katsura, 1964). (legenda como da fig. 7.3.1)

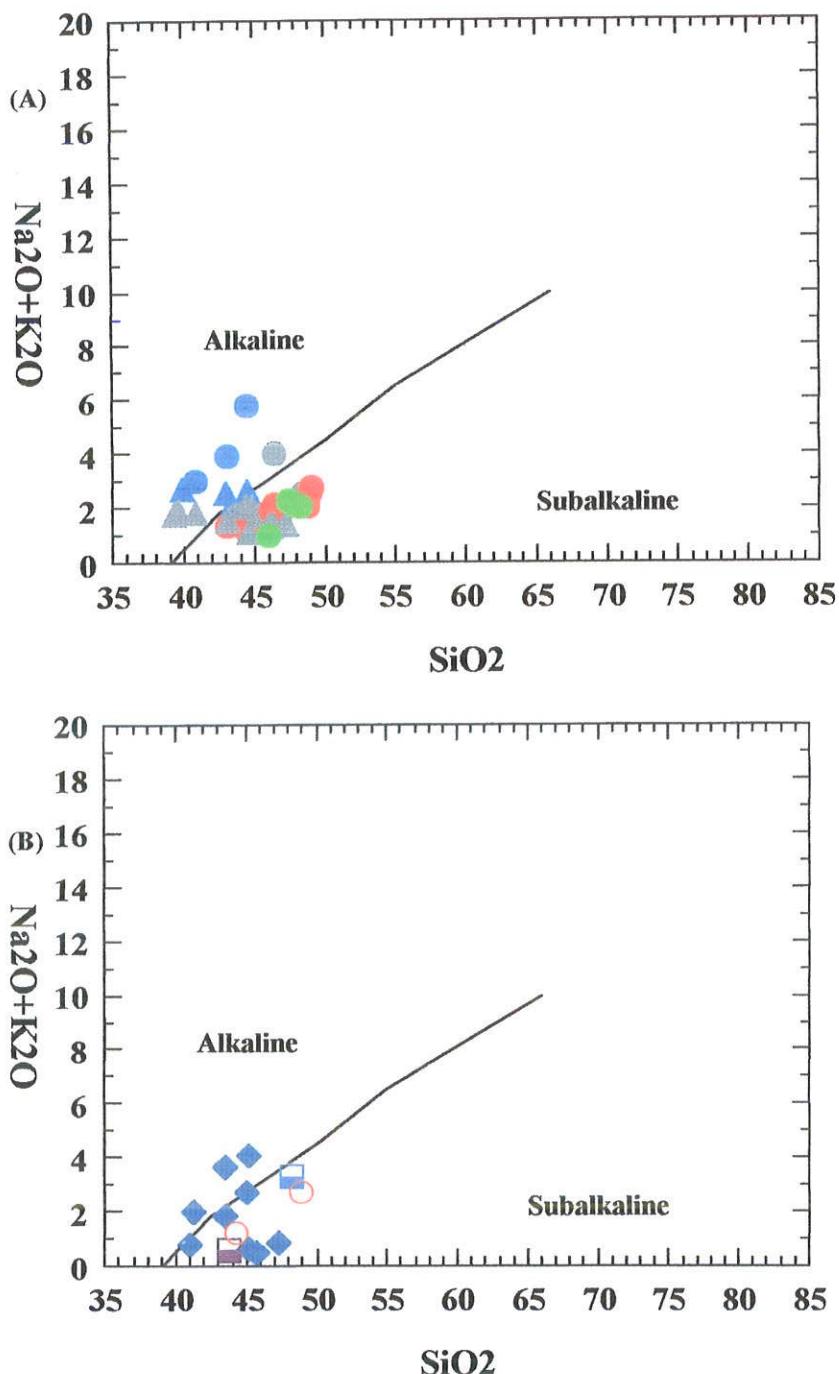


Fig. 7.3.4 – Diagrama AFM (segundo Yoder e Tilley, 1962) as rochas gábricas (A) principais e (B) tardias apresentam-se como pertencentes a uma série tholeiítica com diferenciados cálcio-alcalinos apenas subordinados. (legendas como da fig. 7.3.1, com exceção das duas amostras de leucogabros cumuláticos finos (●) da ponta da Pacuíba, que neste diagrama se destacam das demais.)

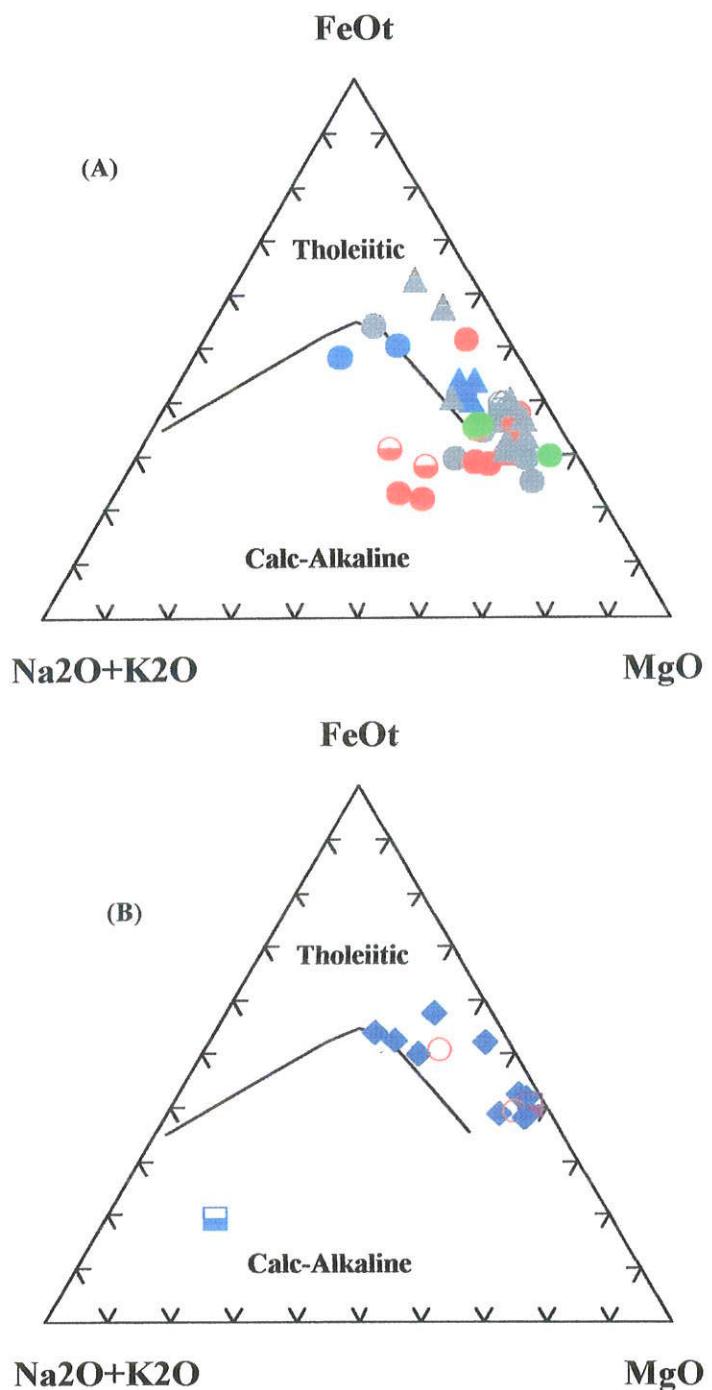


Fig. 7.3.5 – Representação conjunta de todos os gabros mostrando a superposição inseparável dos litotipos principais dos dois grandes grupos nos campos das rochas máficas ultramáficas manto-derivadas (A, B) e de intrusões básico-ultrabásicas diferenciadas C; apenas algumas poucas amostras mais alcalinas, com nefelina e em geral também leucita normativa, estendem-se por seus teores mais elevados de Zr (> 150 ppm) em direção aos campos das rochas felsicas (B, C). (legenda como da Fig. 7.3.1, destacando-se os mesogabros bandados ☽)

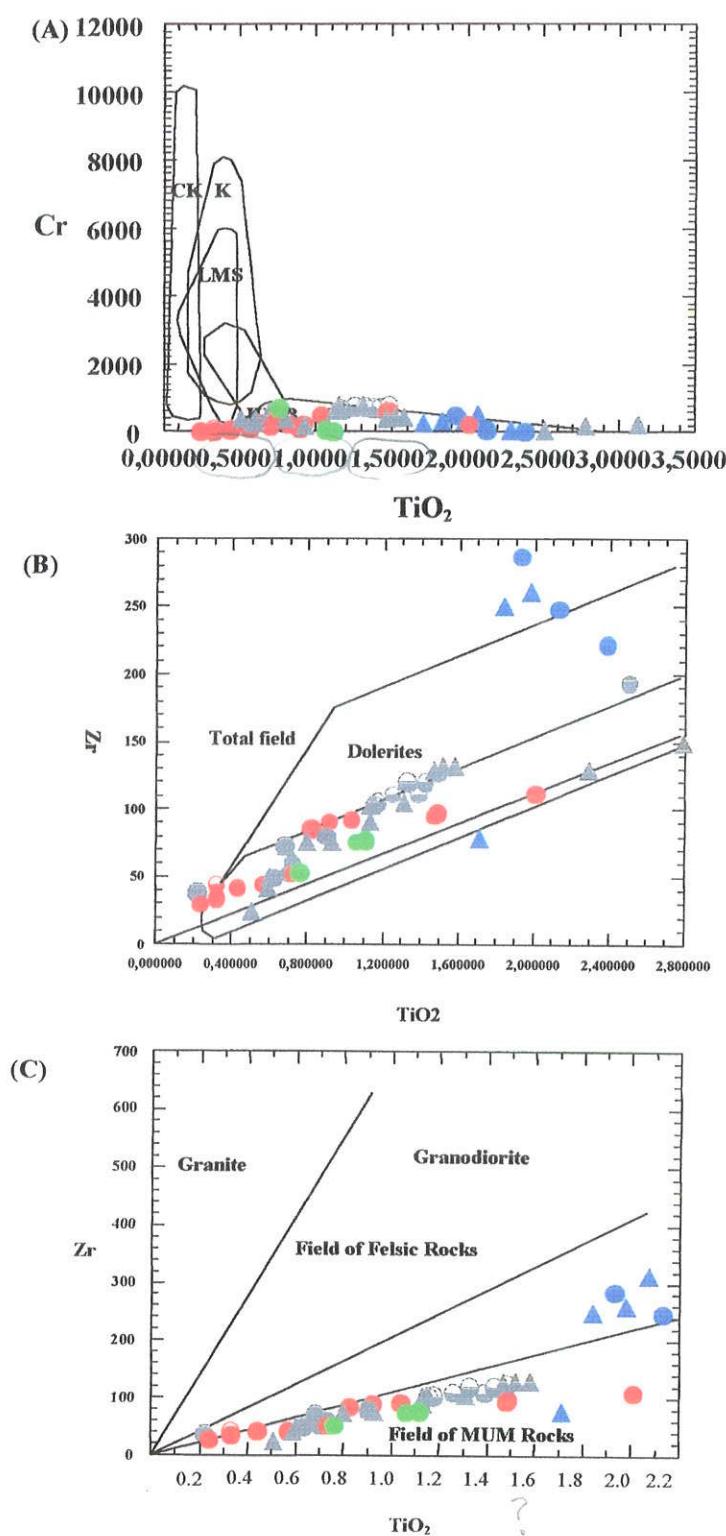


Tabela de Legendas para todos os gabros e rochas associadas das Praias da Pacuíba (I—PA), Armação (I—AR) e Jabaquara (I), Ponta das Canas (I—PC) e Pedra do Sino (I—PS), para as figuras 7.3.6 A, B; 7.3.7 A, B e figuras 7.3.11 A, B e 7.3.12 A, B.

- Diques Básicos
- Dique intermediário
- ▲ Mesogabros da Ponta da Pacuíba
- ▲ Mesogabros da Praia da Armação
- ◎ Leucogabro fino cumulático e mesogabro com bandamento rítmico
- Leucogabros bandados da Ponta da Pacuíba
- Leucogabros isotrópicos da Praia da Pacuíba
- Leucogabros da Ponta das Canas
- Leucogabros da Praia da Armação
- ◆ Gabros finos
- Sienitos da Ponta da Pacuíba
- Sienitos da Praia da Armação
- Sienitos da Pedra do Sino
- Sienitos da Praia do Jabaquara
- ◎ Veio de peridotito da Ponta da Pacuíba
- Brecha magmática da Praia da Armação
- Brecha magmática da Ponta da Pacuíba

Fig. 7.3.10 - Mesogabros com bandamento rítmico, seqüenciados da base para o topo, (.) I—PA—13 B5, (▲) I—PA—13 B6, (▲) I—PA—13 B7, (▲) I—PA—13 A1, (▲) I—PA—13 A2, (▲) I—PA—13 A3, (▲) I—PA—13 A4.

Fig. 7.3.6A – Variogramas binários, segundo Harker (1909) para óxidos maiores, de todas as amostras estudadas. (Legenda como da pág. 117).

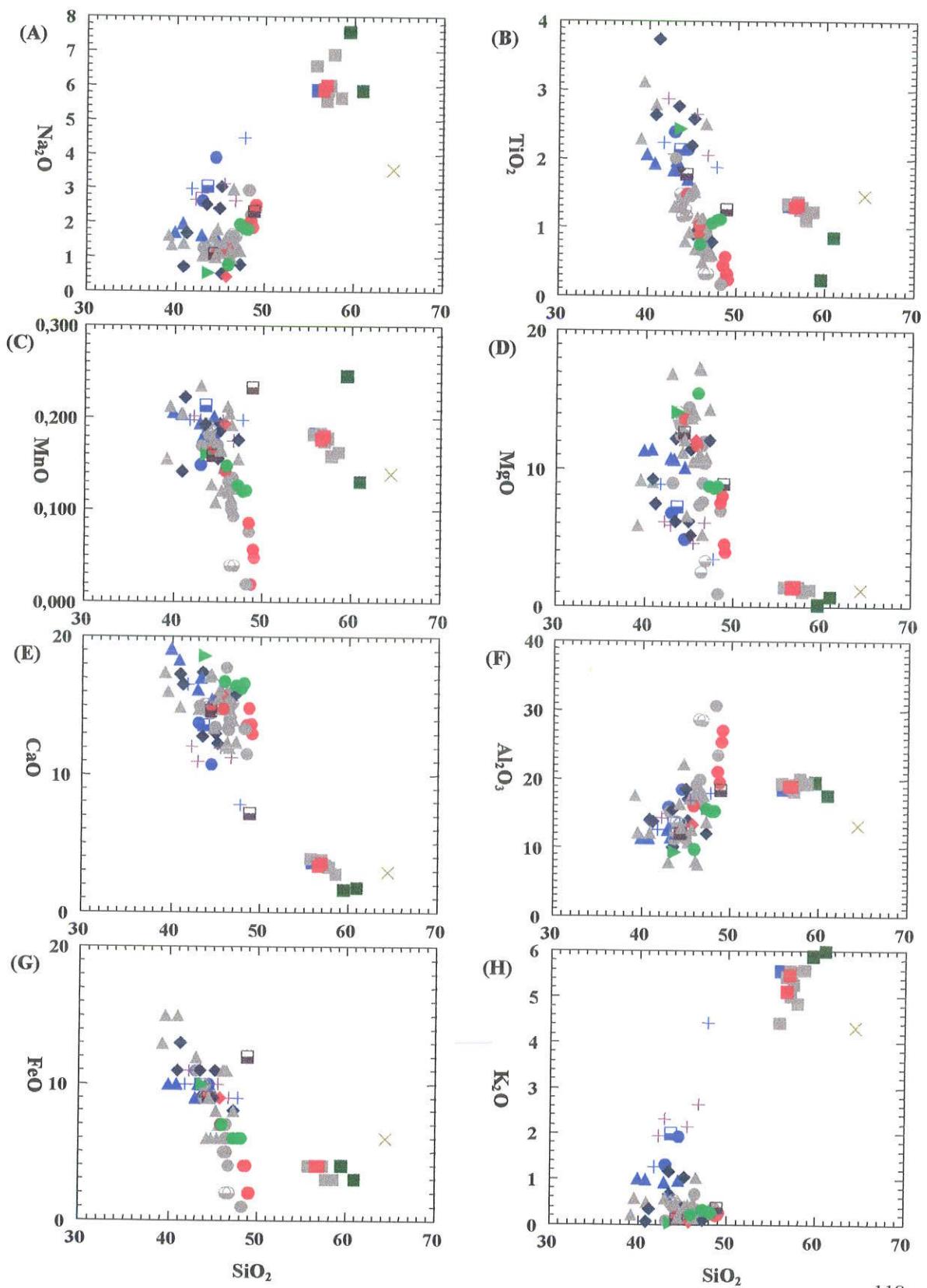
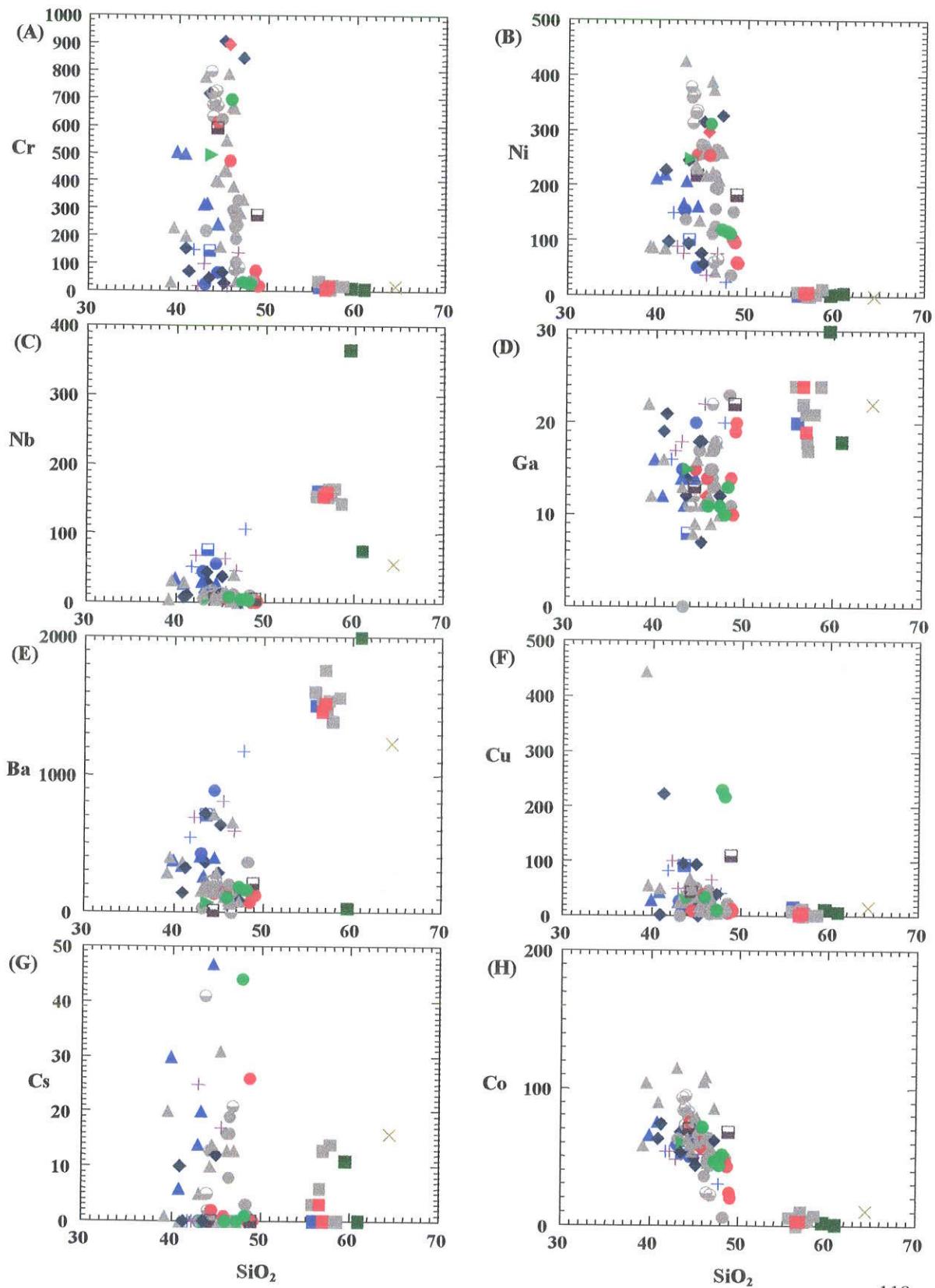


Fig. 7.3.6 B – Variogramas binários, segundo Harker (1909), para elementos traço, de todas as amostras estudadas. (Legenda como pág. 117)



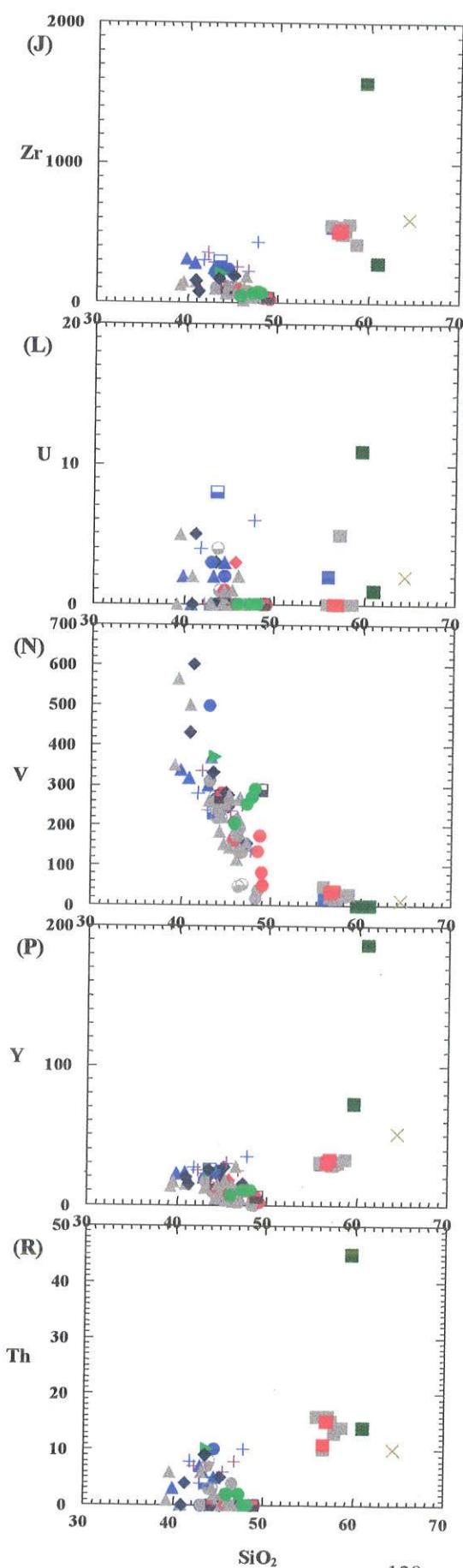
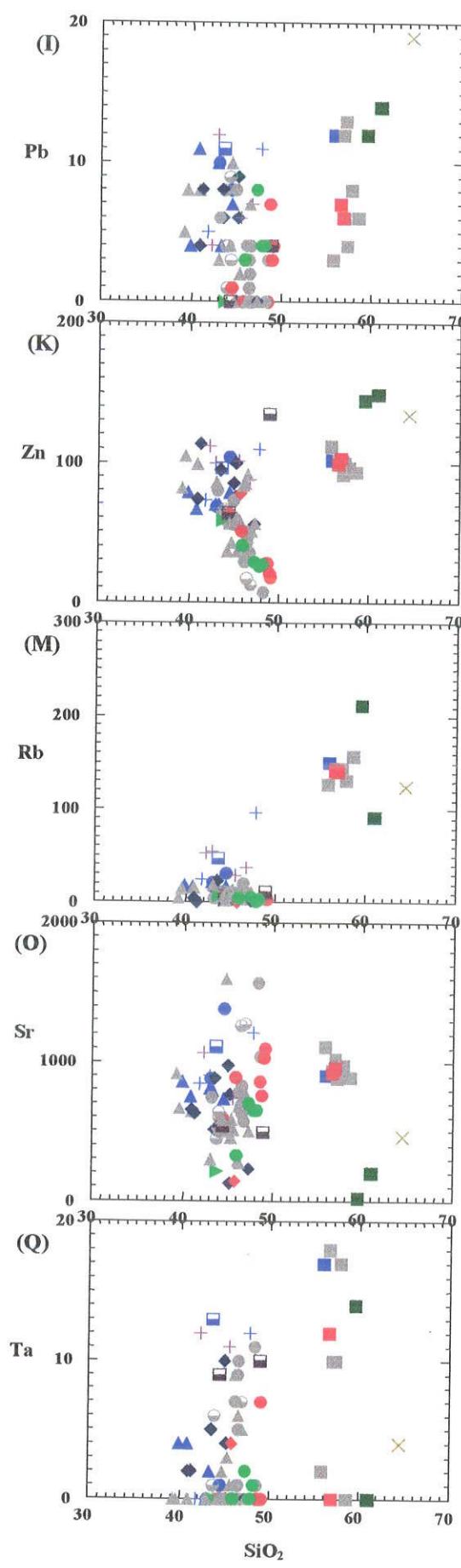


Fig. 7.3.7 (A) – Variogramas binários para os óxidos maiores, usando o nº de MgO, para todas as amostras estudadas, (Legenda como da pág. 117).

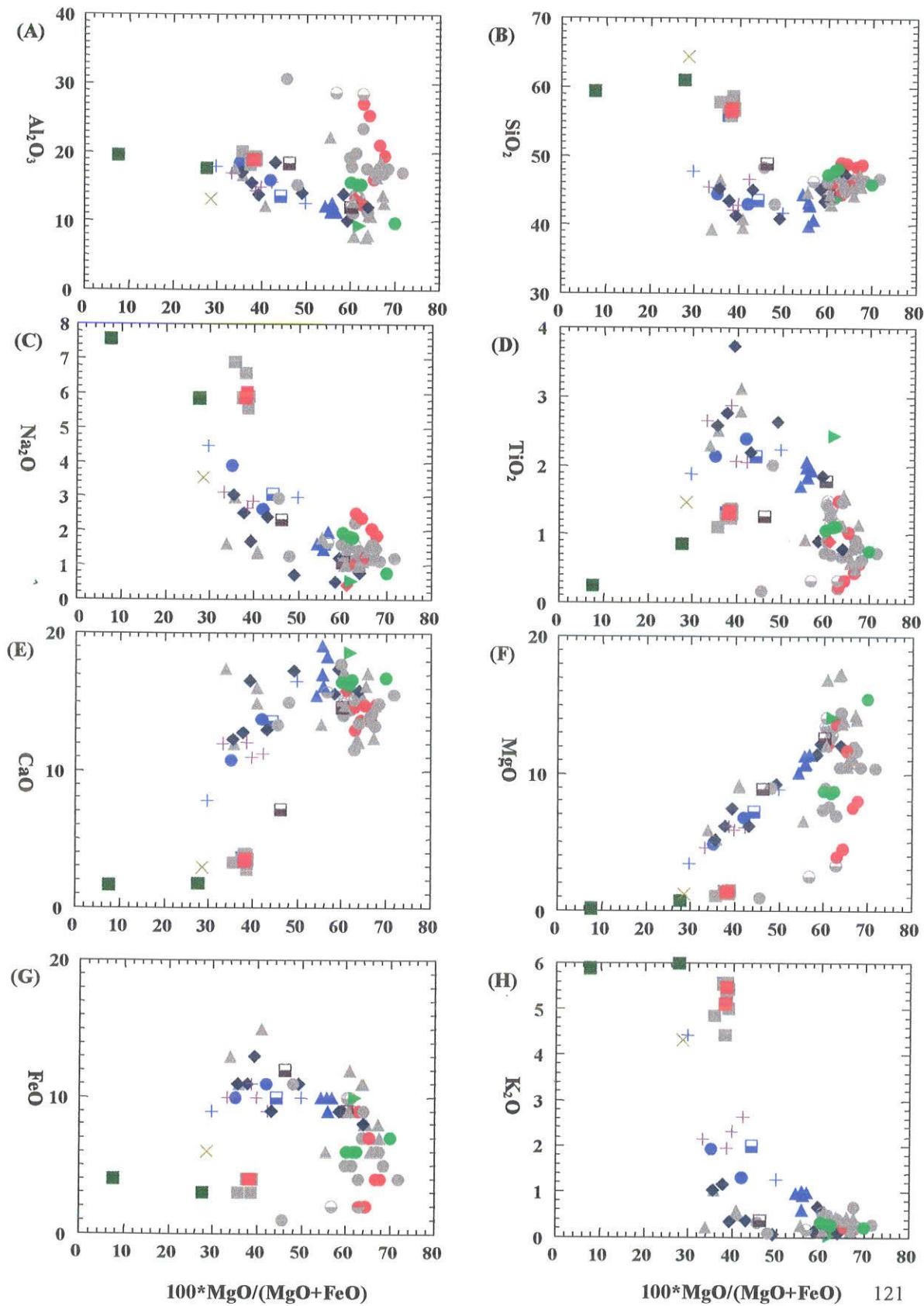
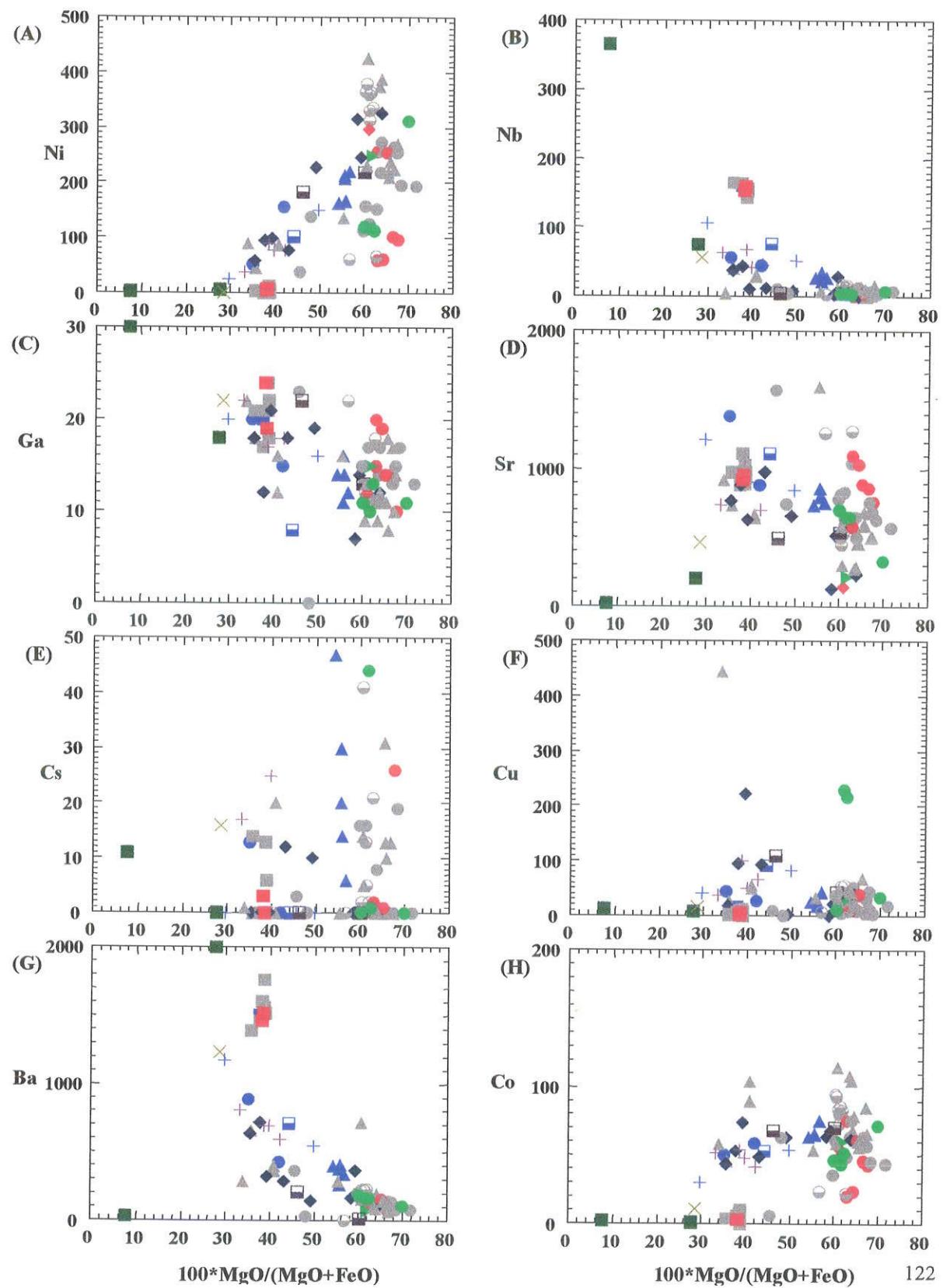


Fig. 7.3.7 B – Variogramas binários para os elementos traço, usando como parâmetro de diferenciação o n° de MgO, para todas as amostras estudadas. (Legenda como pág. 117).



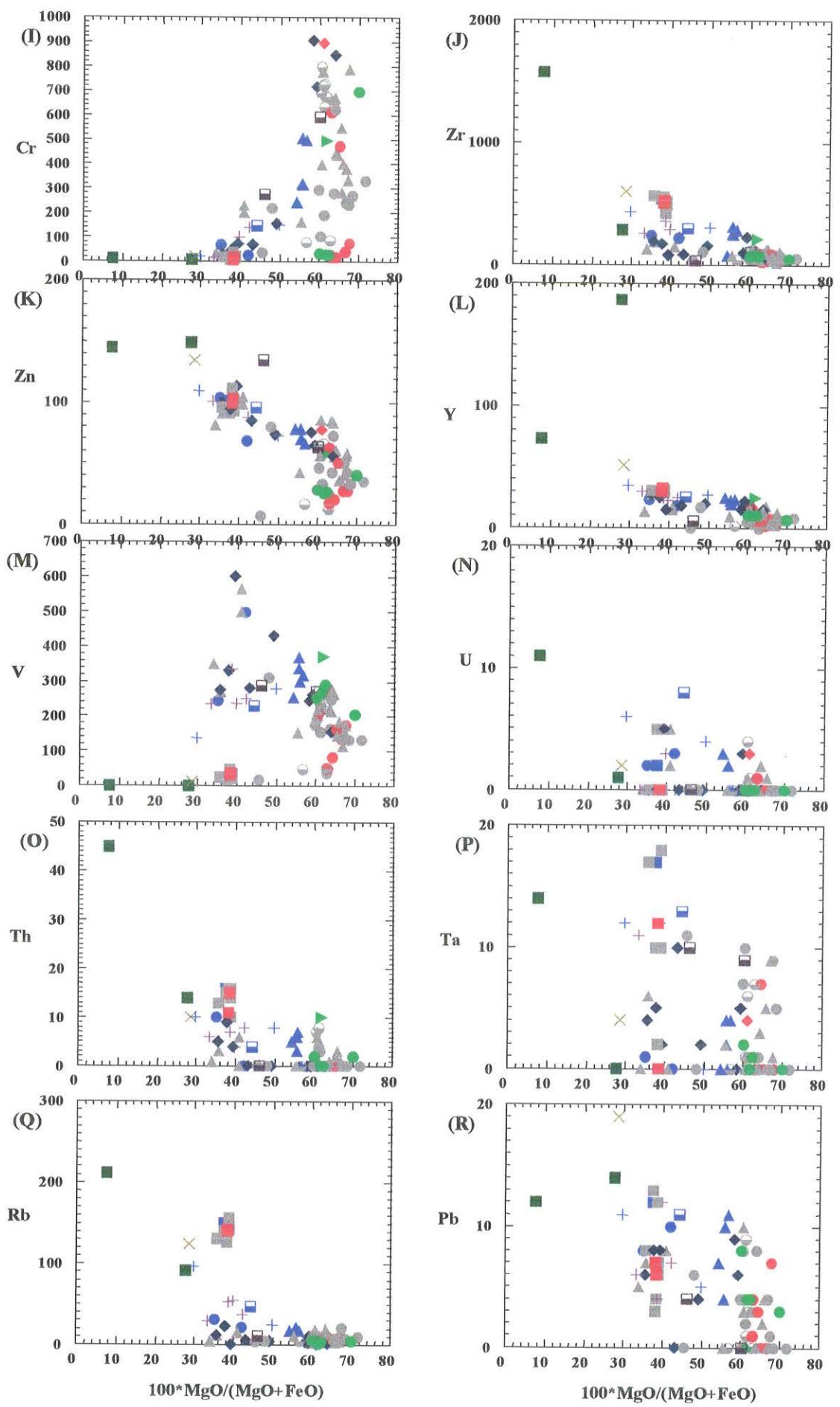


Fig. 7.3.8 – Representação comparativa de todos os gabros e rochas intrusivas associadas em variogramas multielementares tipo *spider* normalizados com valores (A) - Manto Primitivo, (B) - *E-MORB*, (C) - *OIB*, (D) - *N-MORB*, (E) – Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I – 41A) e (F) – Tefrito da Ilha de São Sebastião. (Legendas como fig. 7.3.1, 7.3.4 e (○) – brechas magmáticas da Pacuíba (○) – anortosito).

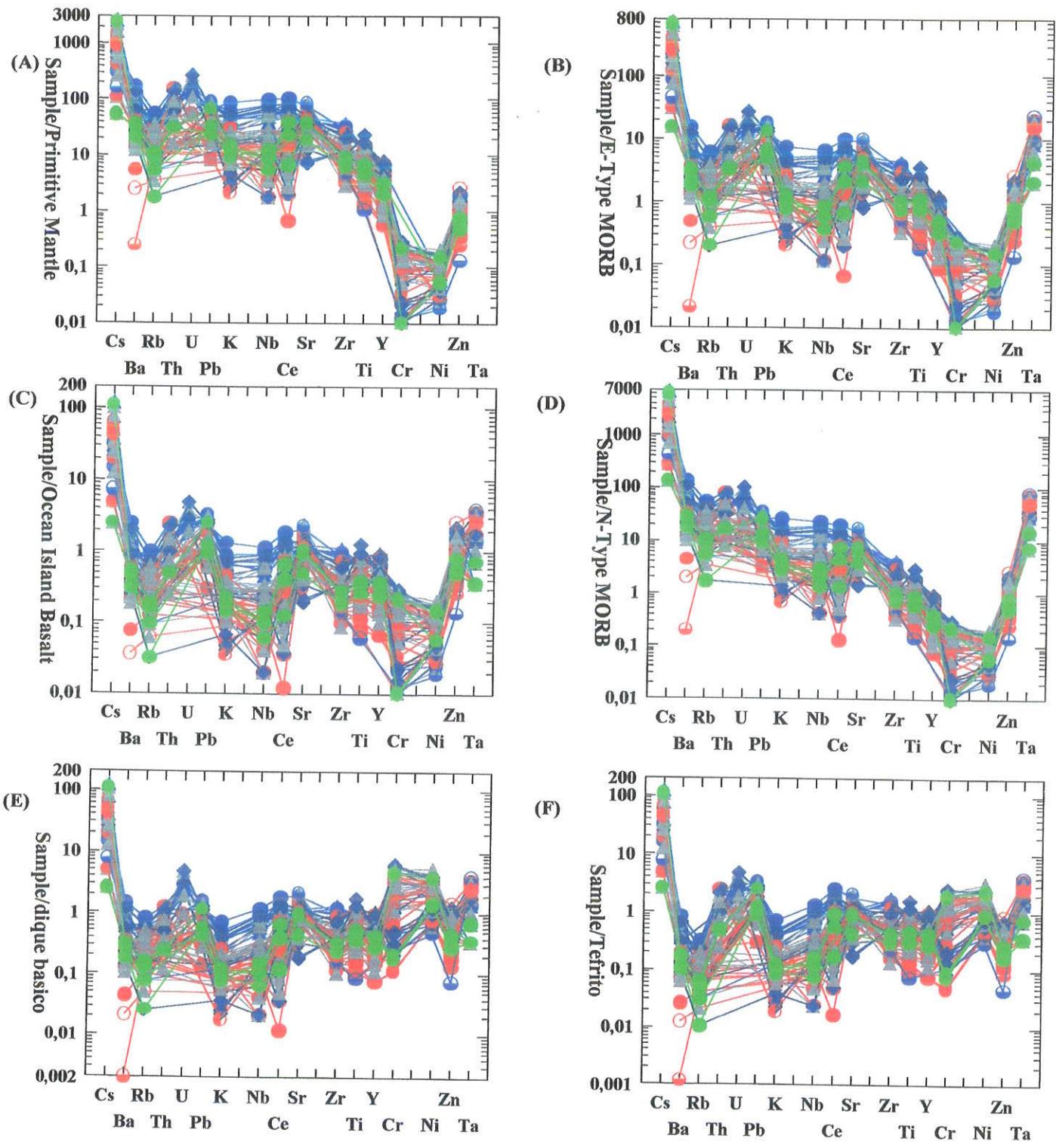


Fig. 7.3.9 – Representação comparativa dos Leucogabros em variogramas multielementares tipo *Spider* normalizados com valores de (A) - Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I – 41 A) e (B) - OIB. Observando-se padrões distintos para os gabros com nefelina modal da Praia da Armação dos demais e também entre os leucogabros principais da Ponta da Pacuíba e Ponta das Canas; maiores detalhes encontram-se no texto. (Legenda: (●) Leucogabros da Ponta da Pacuíba, (●) Leucogabros da Praia da Armação, (●) Leucogabros da Ponta das Canas.)

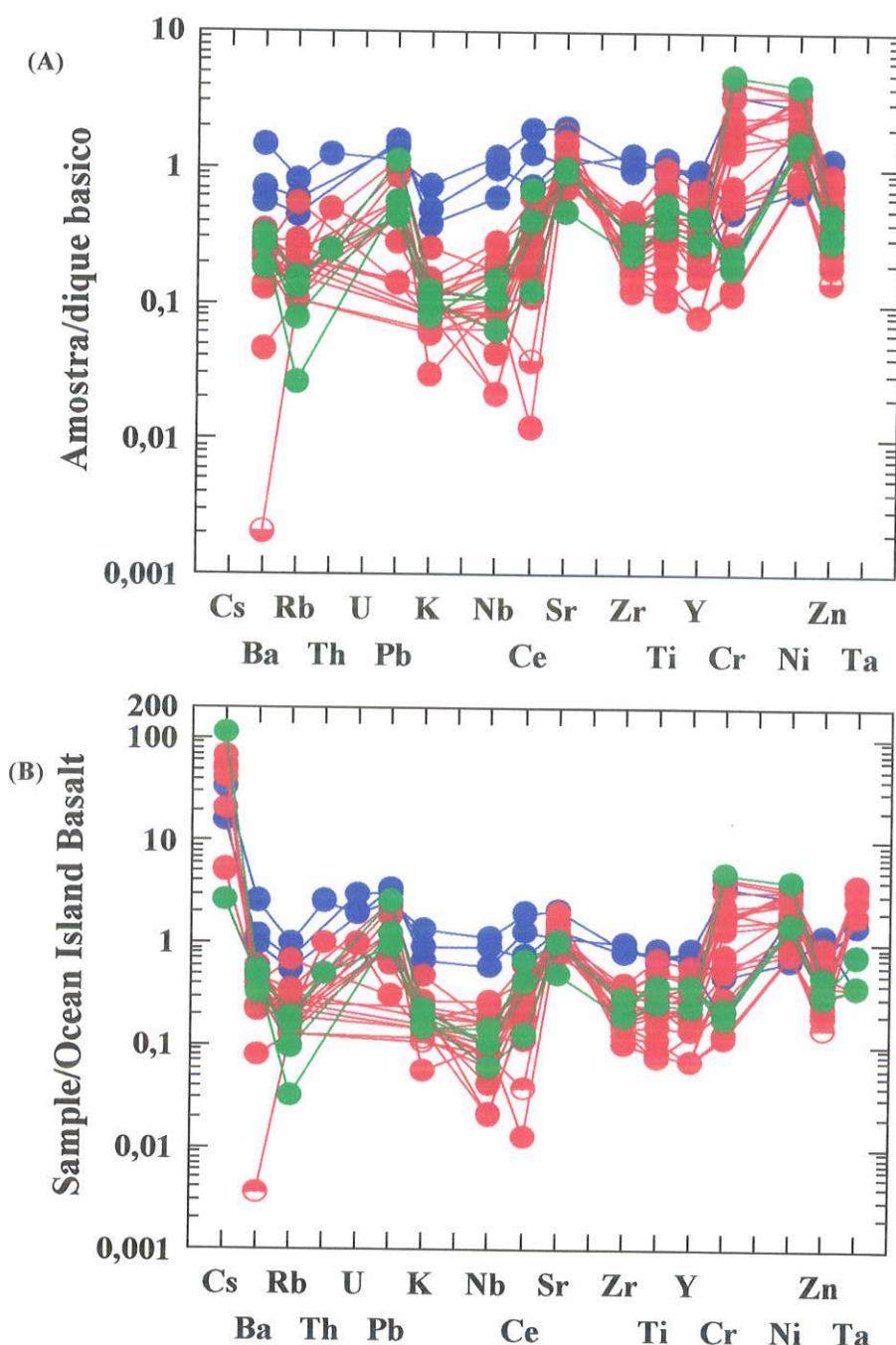


Fig. 7.3.10 – Representação comparativa dos mesogabros em variogramas multielementares tipo *spider* normalizados com valores de Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, tabela 7.2.1, amostra I – 41A) e OIB, sendo (A e D) mesogabros principais da Ponta da Pacuíba; (B) e (E) mesogabros subordinados da Pacuíba (▲) – amostra I – PA – 101 e (▲) amostra I – PA – 3B, e (C) e (F) mesogabros com nefelina da Praia da Armação. (Legenda como Fig. 7.3.1).

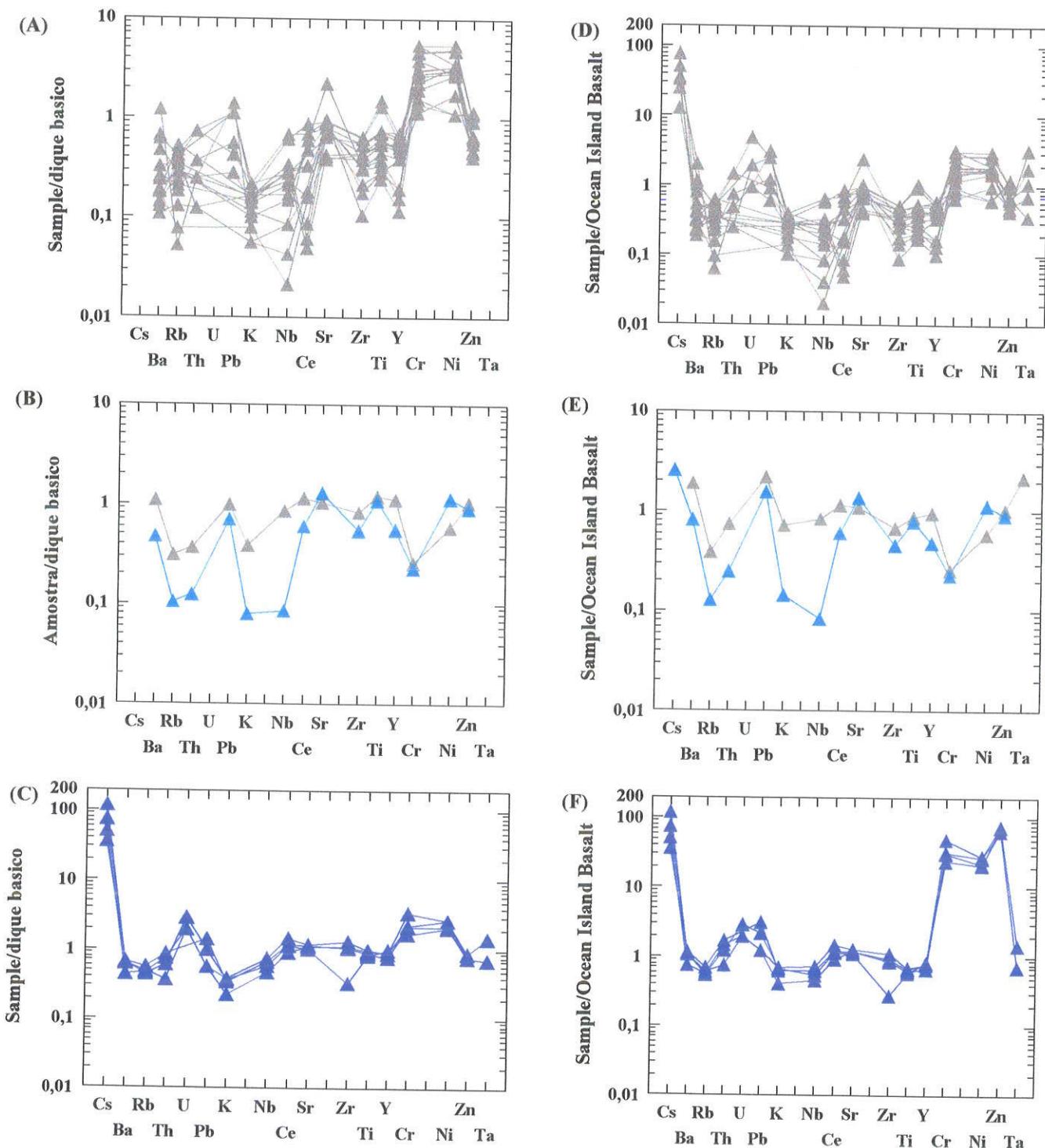


Fig. 7.3.11 A – Variogramas binários segundo (Harker 1909), das unidades rítmicas sequenciadas, para os óxidos maiores, do mesogabro bandado rítmico da Pacuíba. (Legenda como pág. 117).

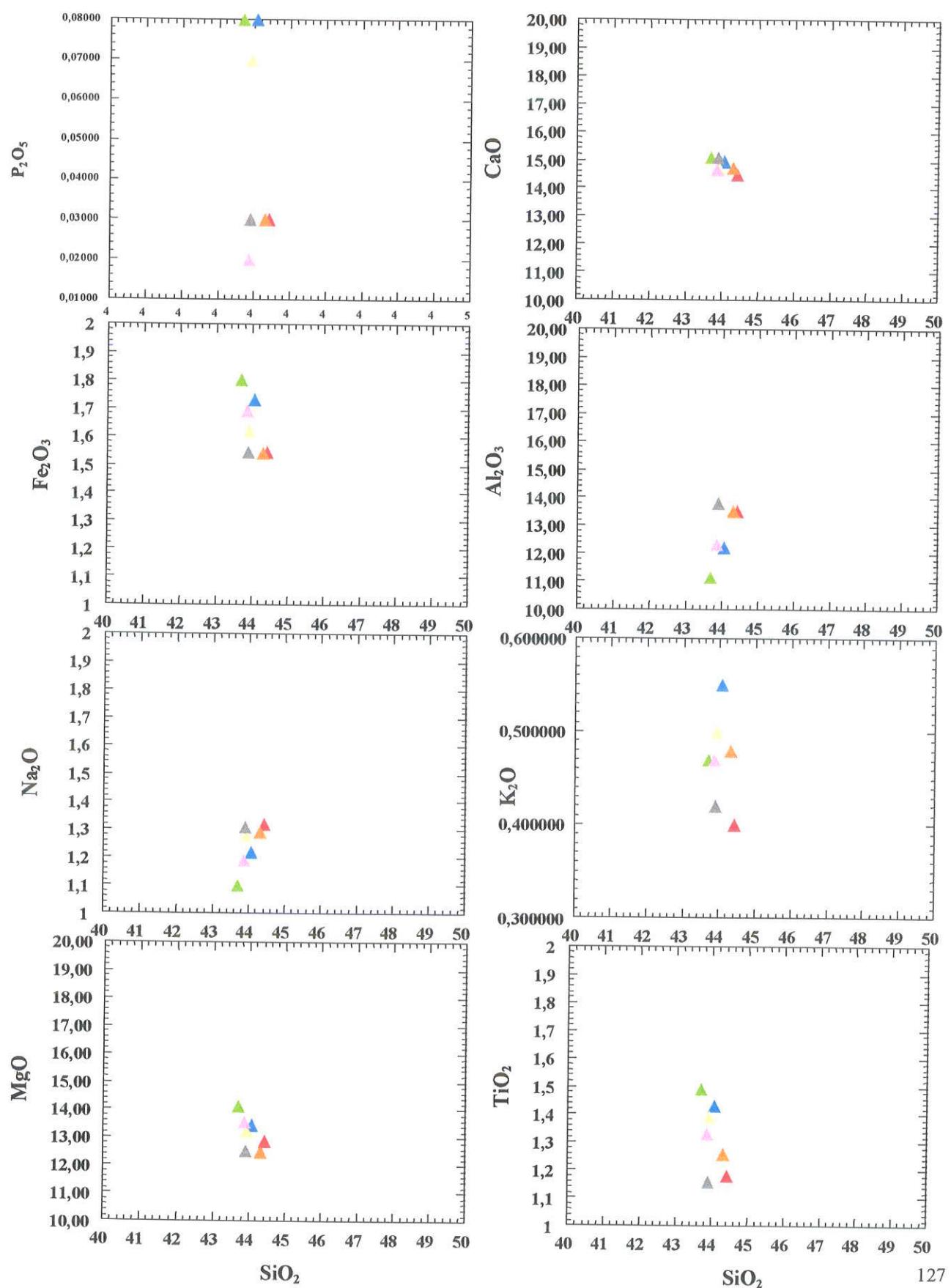
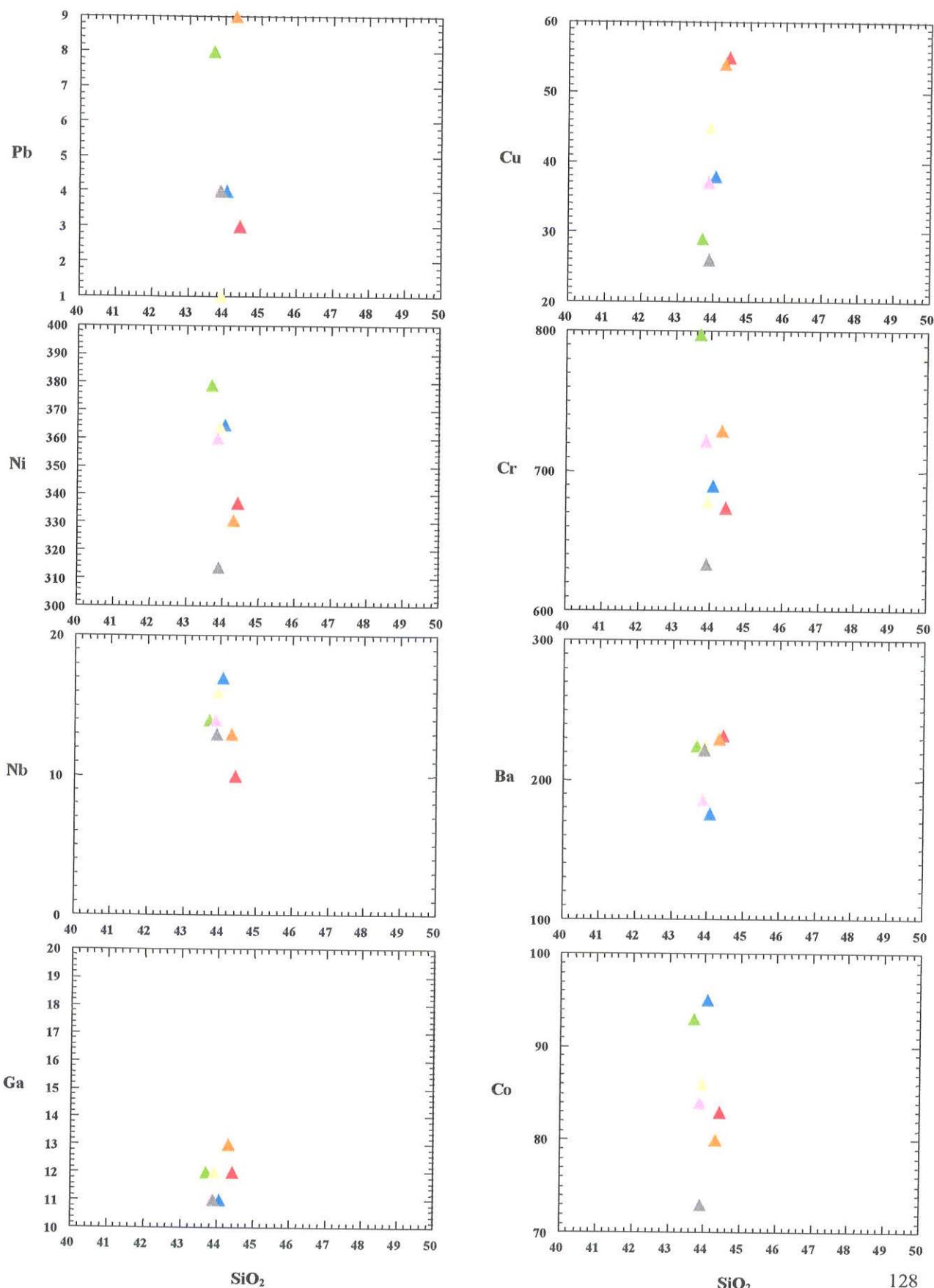


Fig. 7.3.11 B – Variogramas binários, segundo Harker (1909), das unidades rítmicas seqüenciadas, dos elementos traço, do mesogabro bandado rítmico da Pacuíba. (Legenda como pág. 117).



Cont. Fig. 7.3.11 B para os elementos traço, legenda como pág. 117.

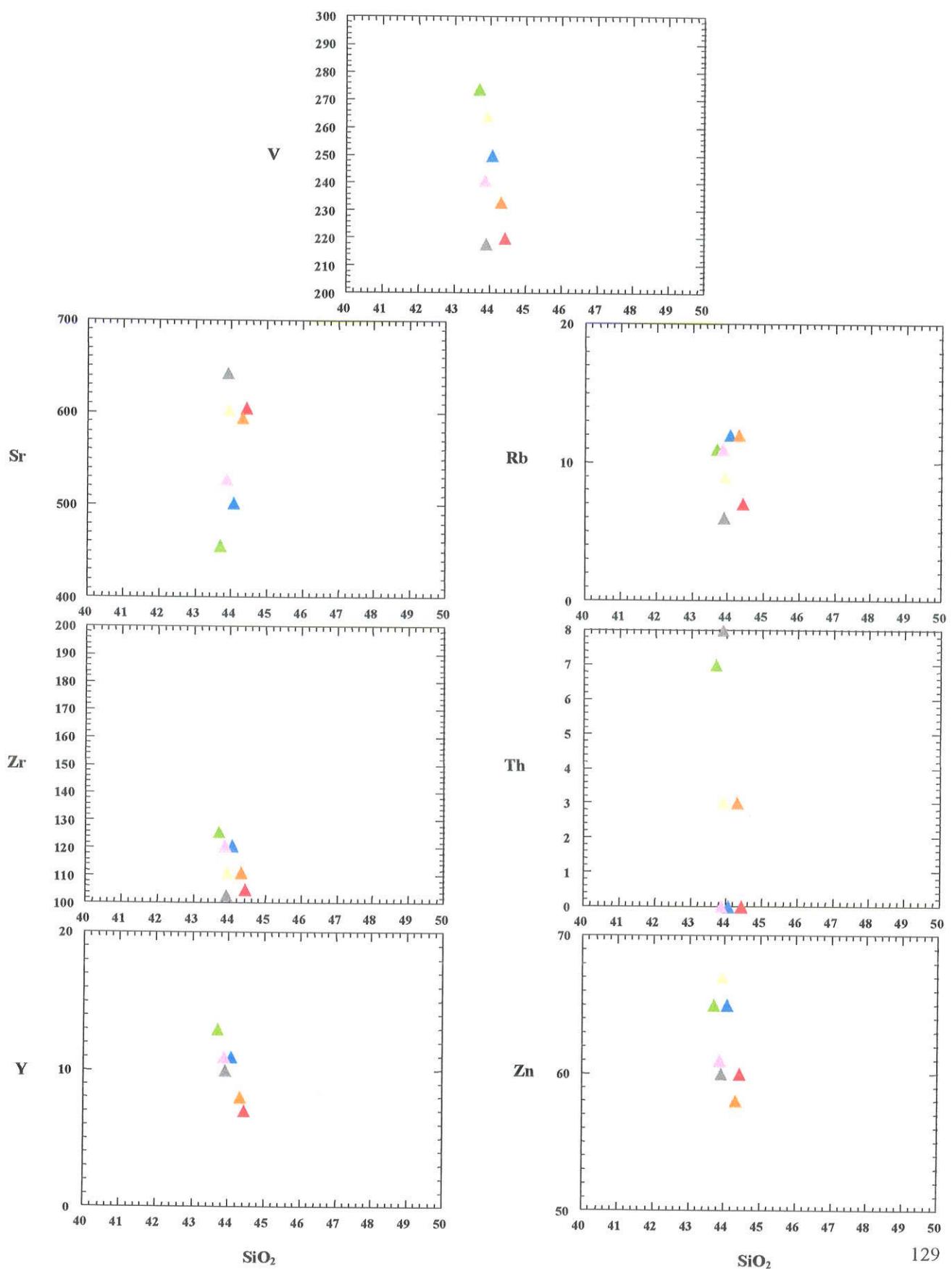


Fig. 7.3.12 A – Variogramas binários das unidades rítmicas seqüenciadas do mesogabro bandado rítmico da Pacuíba representando #MgO versus óxidos maiores. (Legenda como anexo da pág. 117).

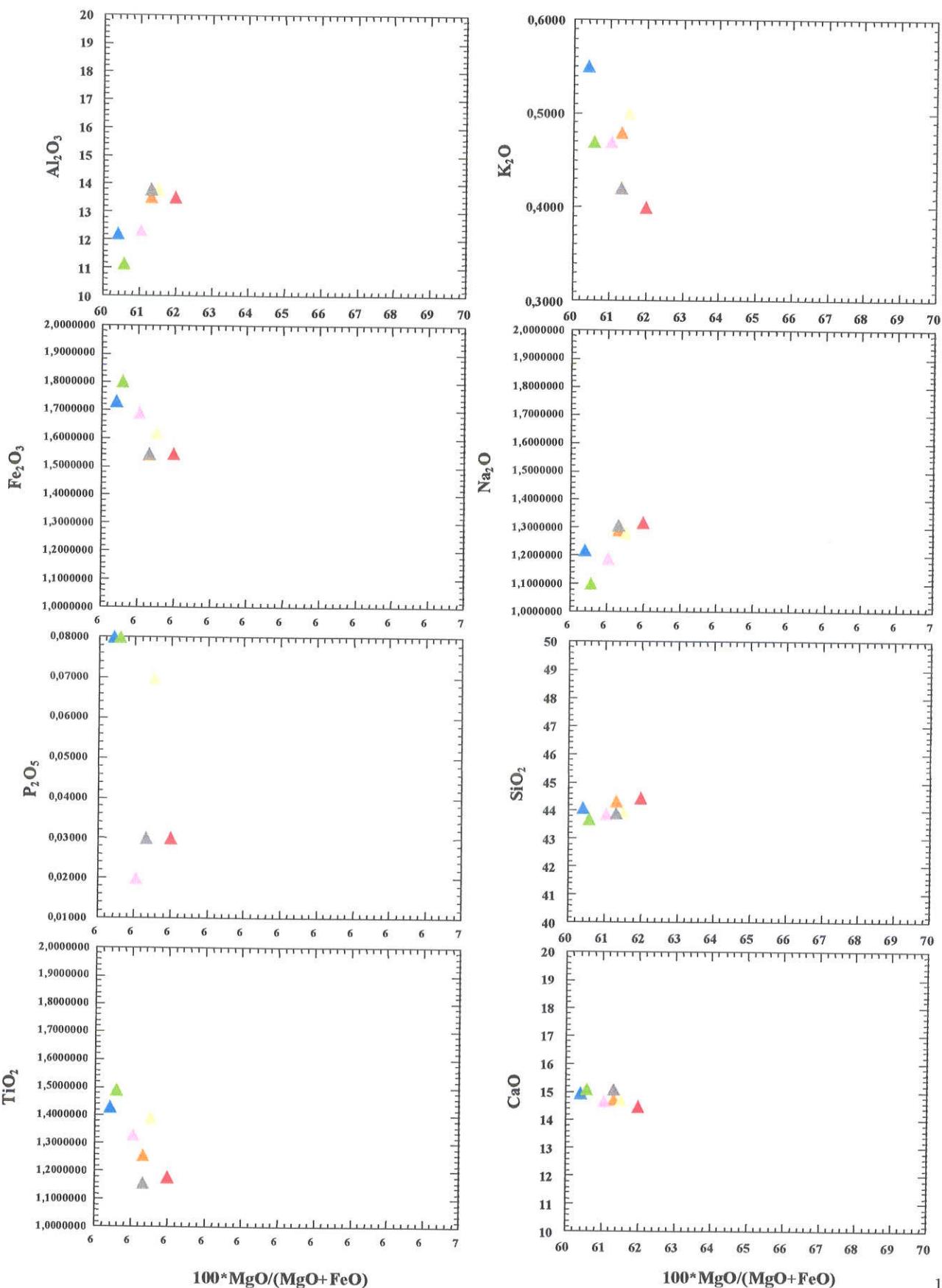
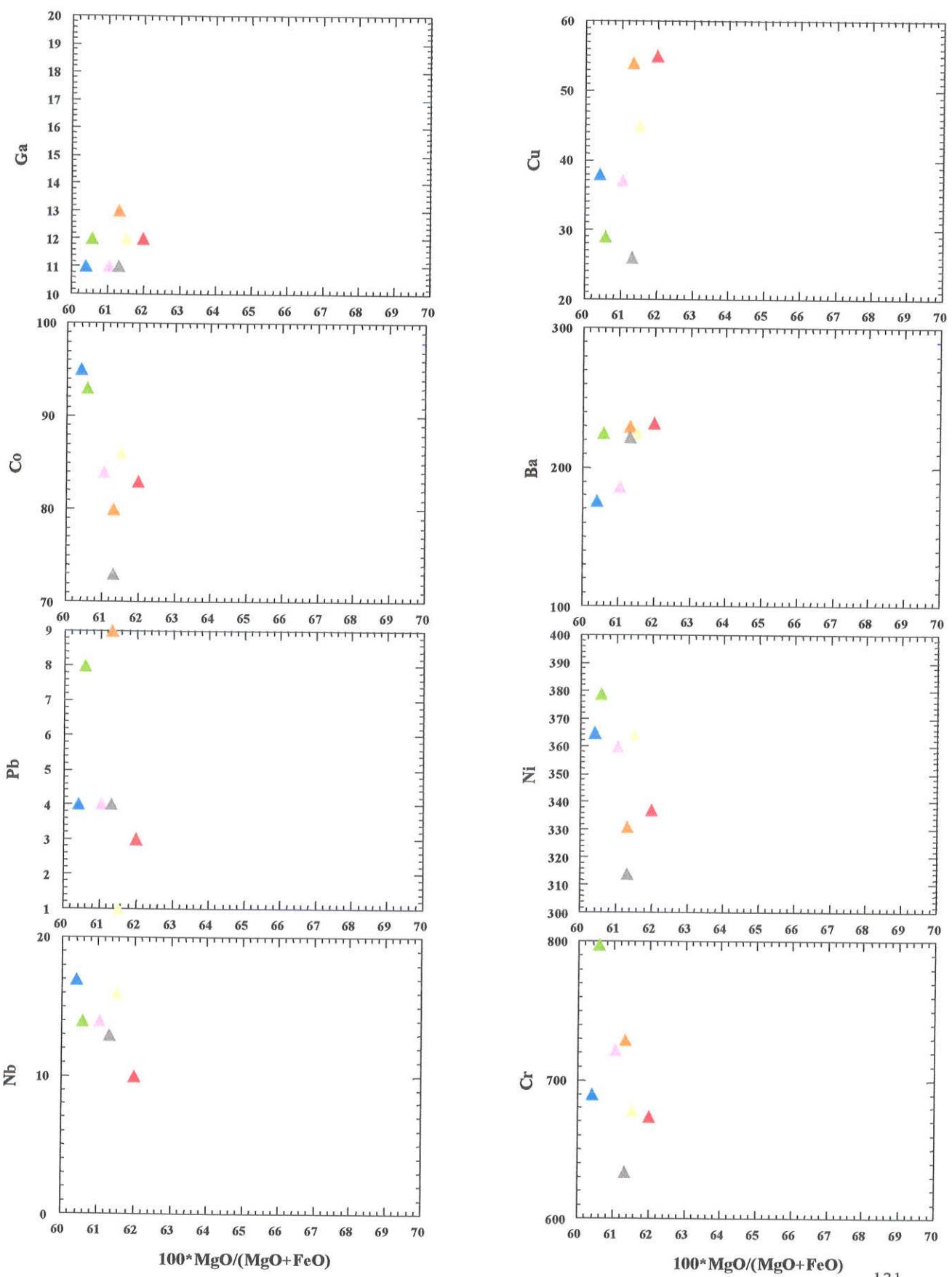


Fig. 7.3.12 B – Variogramas binários das unidades rítmicas do mesogabro bandado rítmico da Pacuíba, representando # MgO versus elementos traço. (Legenda como pág. 117)



Cont. Fig. 7.3.12 B, para elementos traço, legenda como pág. 117

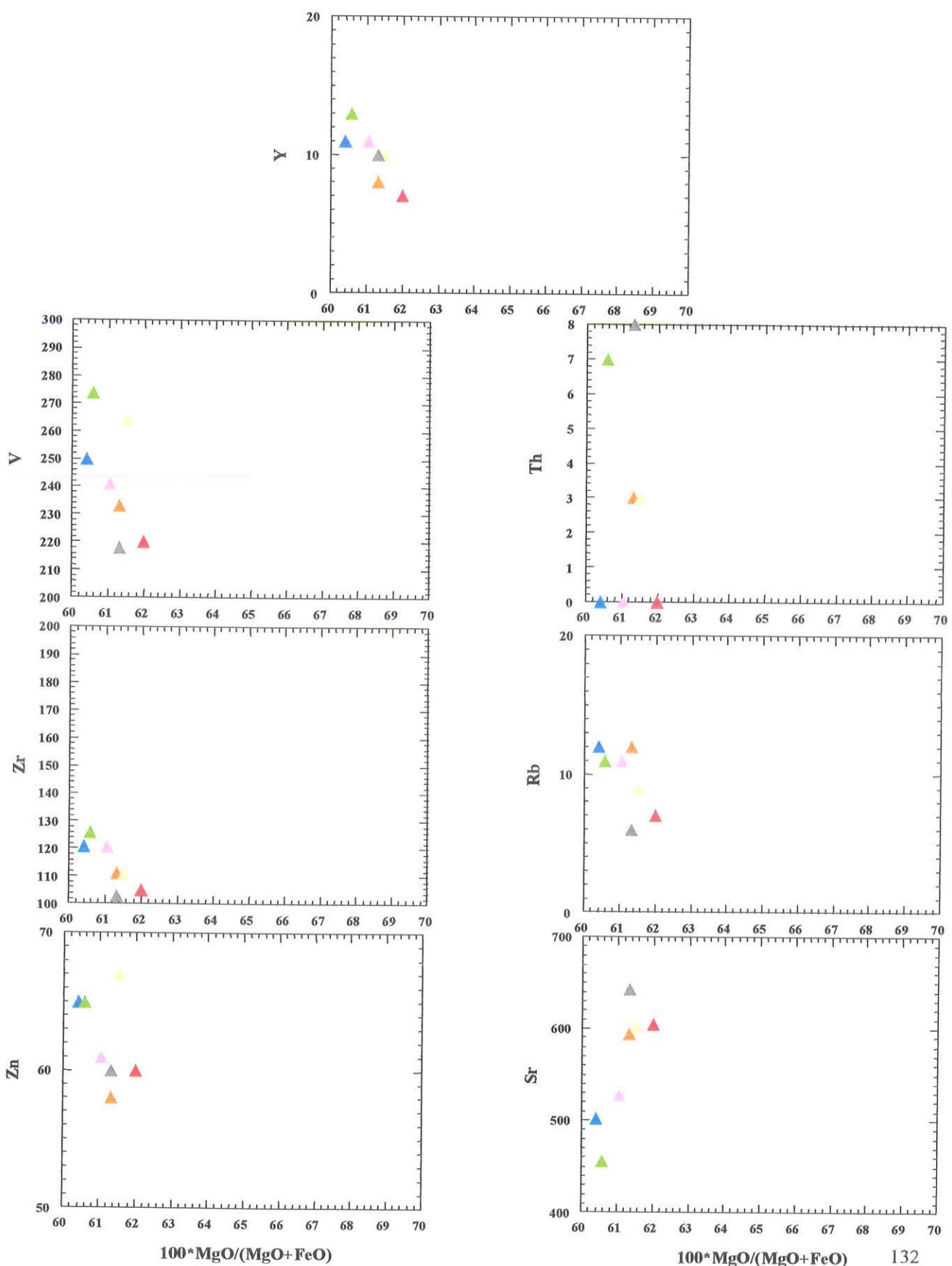


Fig. 7.3.13 – Variogramas multielementares tipo *Spider* de unidades rítmicas seqüenciadas do mesogabro bandado rítmico da Ponta da Pacuíba, com normalizações de (A) Dique básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I – 41 A) e (B) OIB. (Legenda como pág. 117).

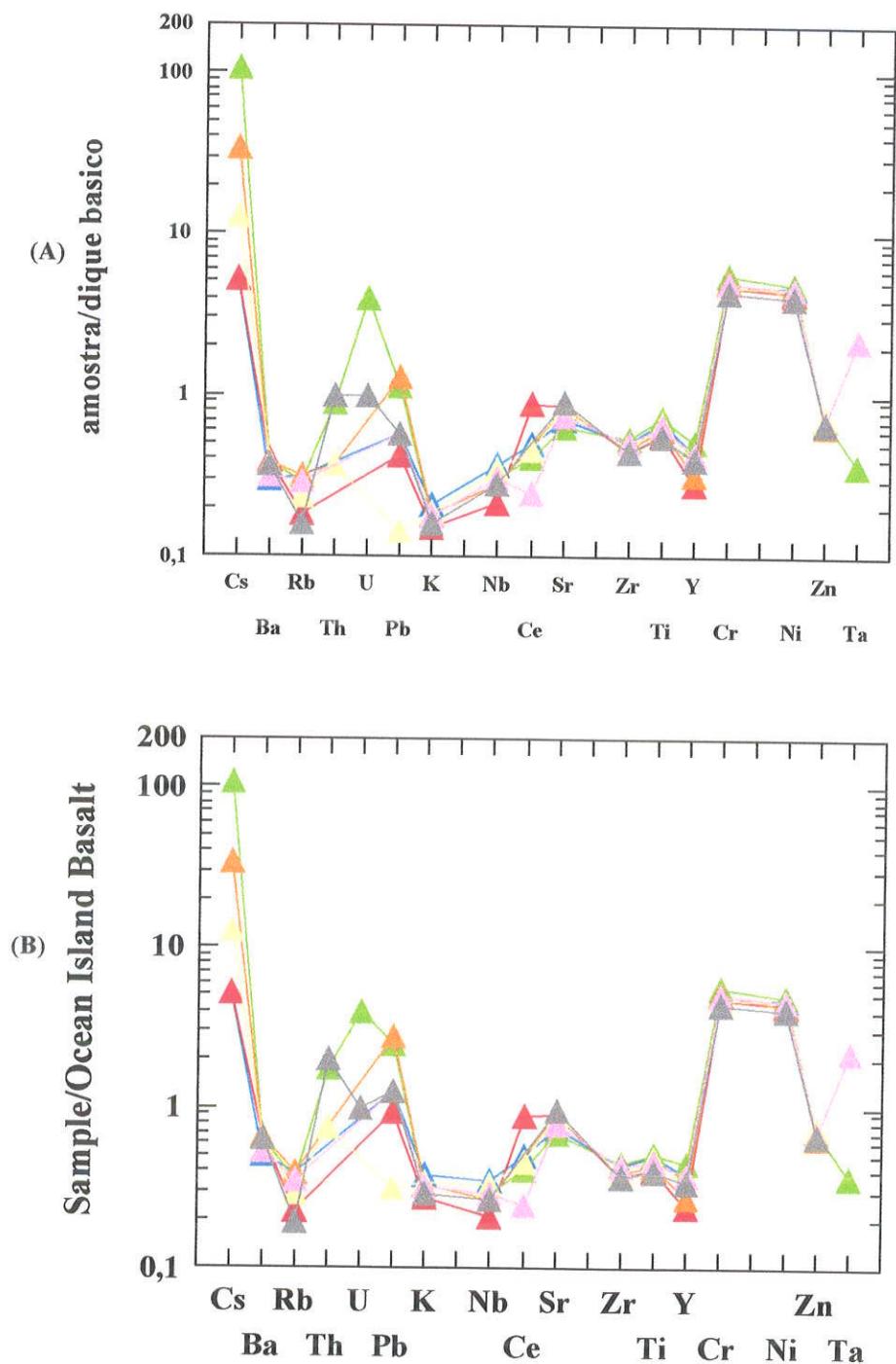


Fig. 7.3.14 – Variogramas multielementares tipo *Spiders* para as brechas subvulcânicas basálticas da Praia da Armação em comparação às brechas intrusivas gábris das Ponta da Pacuíba, com normalizações (A) - Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I – 41A) e (B) - OIB. (Legendas: (○) brechas magmáticas da Pacuíba, e (▶) brechas subvulcânicas da Armação.)

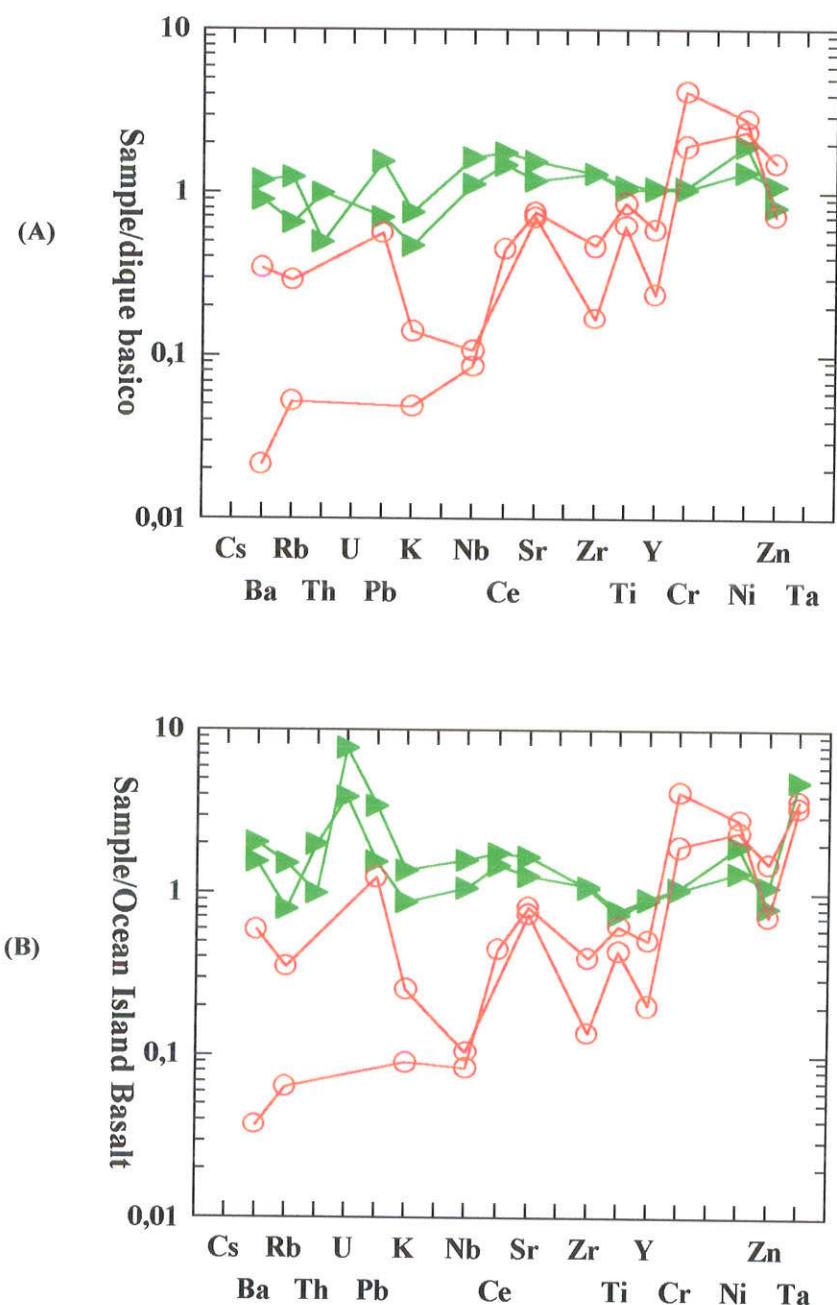


Fig. 7.3.15 – Variogramas multielementares tipo *Spiders* para os diferenciados tardios intrusivos no gabros da Ponta da Pacuíba, com normalizações (A) - Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I – 41A) e (B) - OIB. (Legendas: (●) anortosito, e (○) peridotito.)

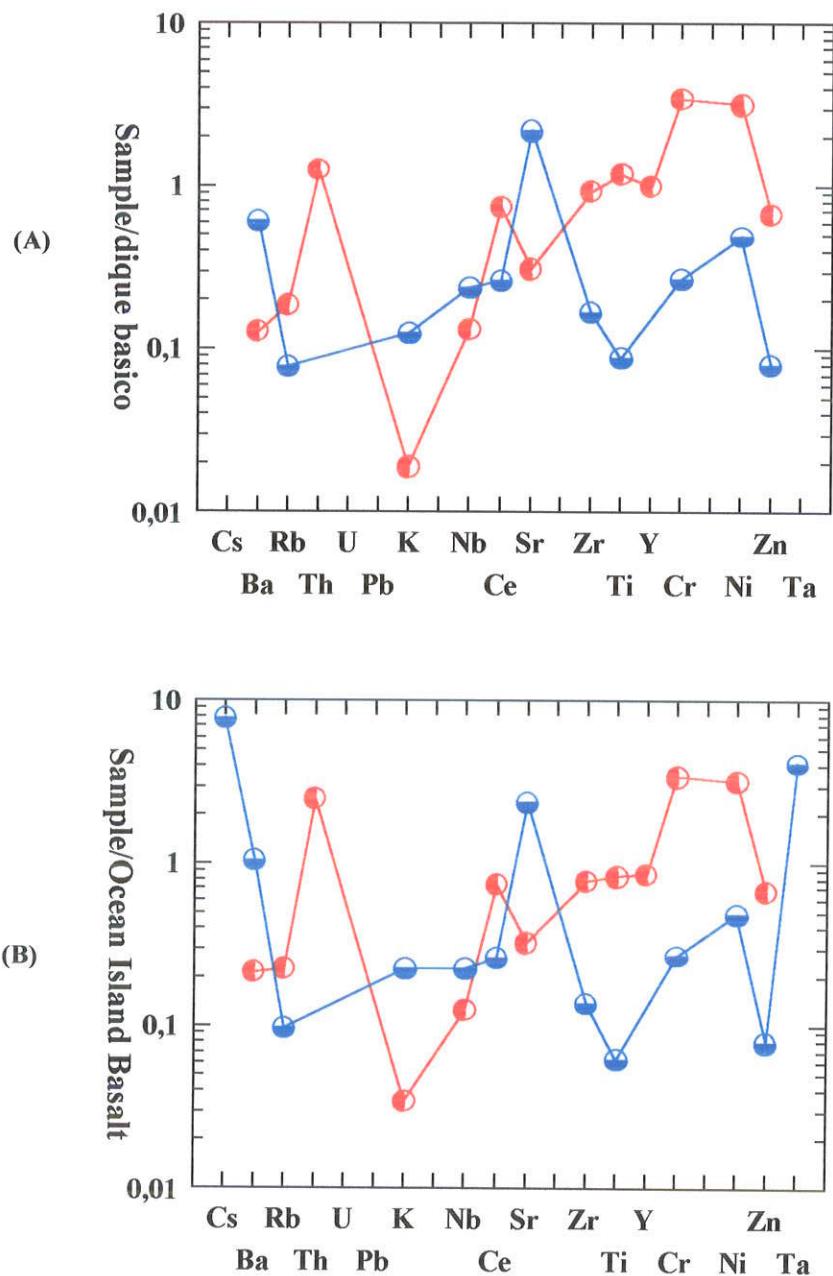


Fig. 7.3.16 – Representação das brechas magmáticas basálticas e gábricas e dos diferenciados tardios de anortosito e peridotito em alguns variogramas binários. (►) Brechas subvulcânicas da Praia da Armação, (○) Brechas gábricas da Ponta da Pacuíba, (●) venulação Anortositica e (●) venulação Peridotítica.

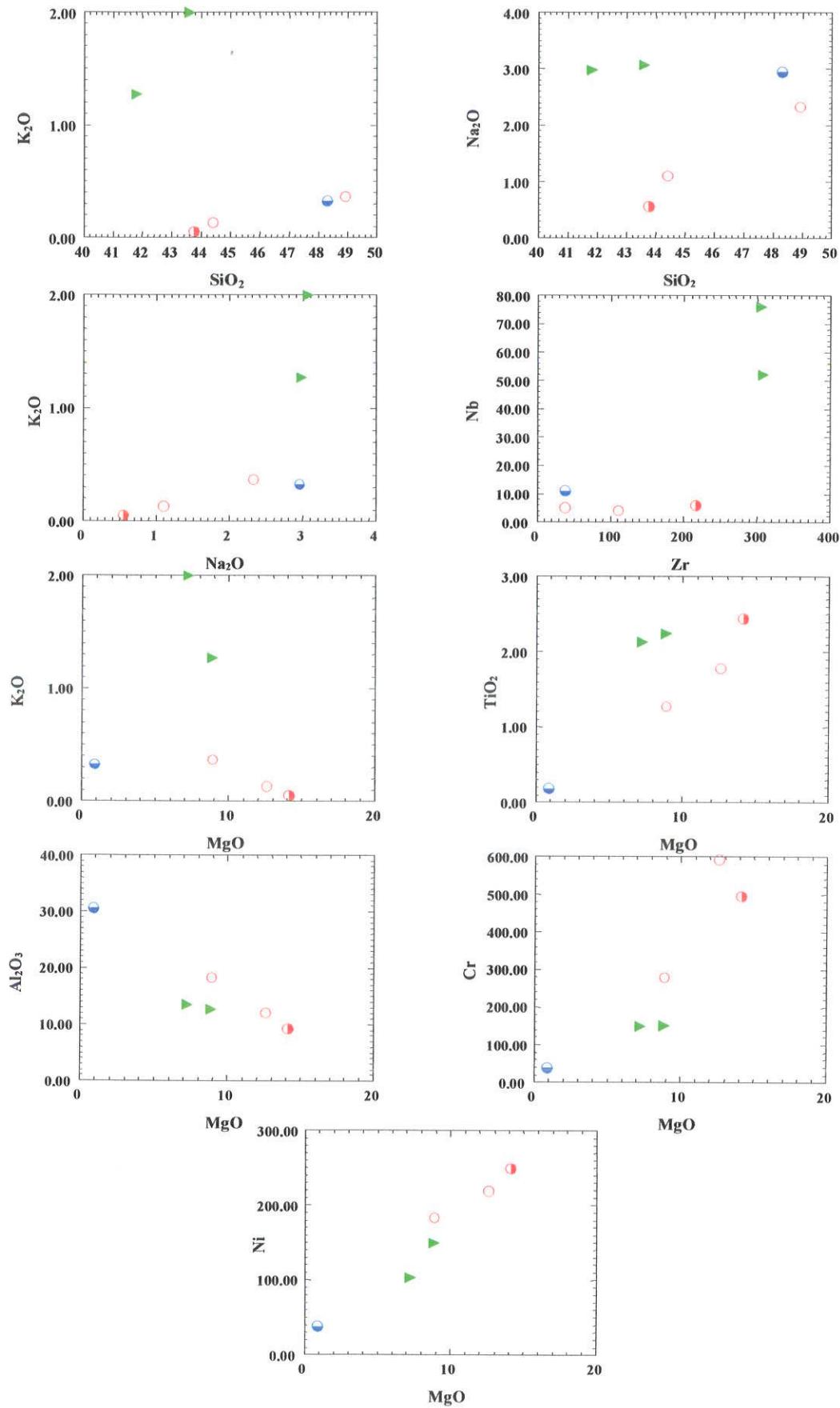
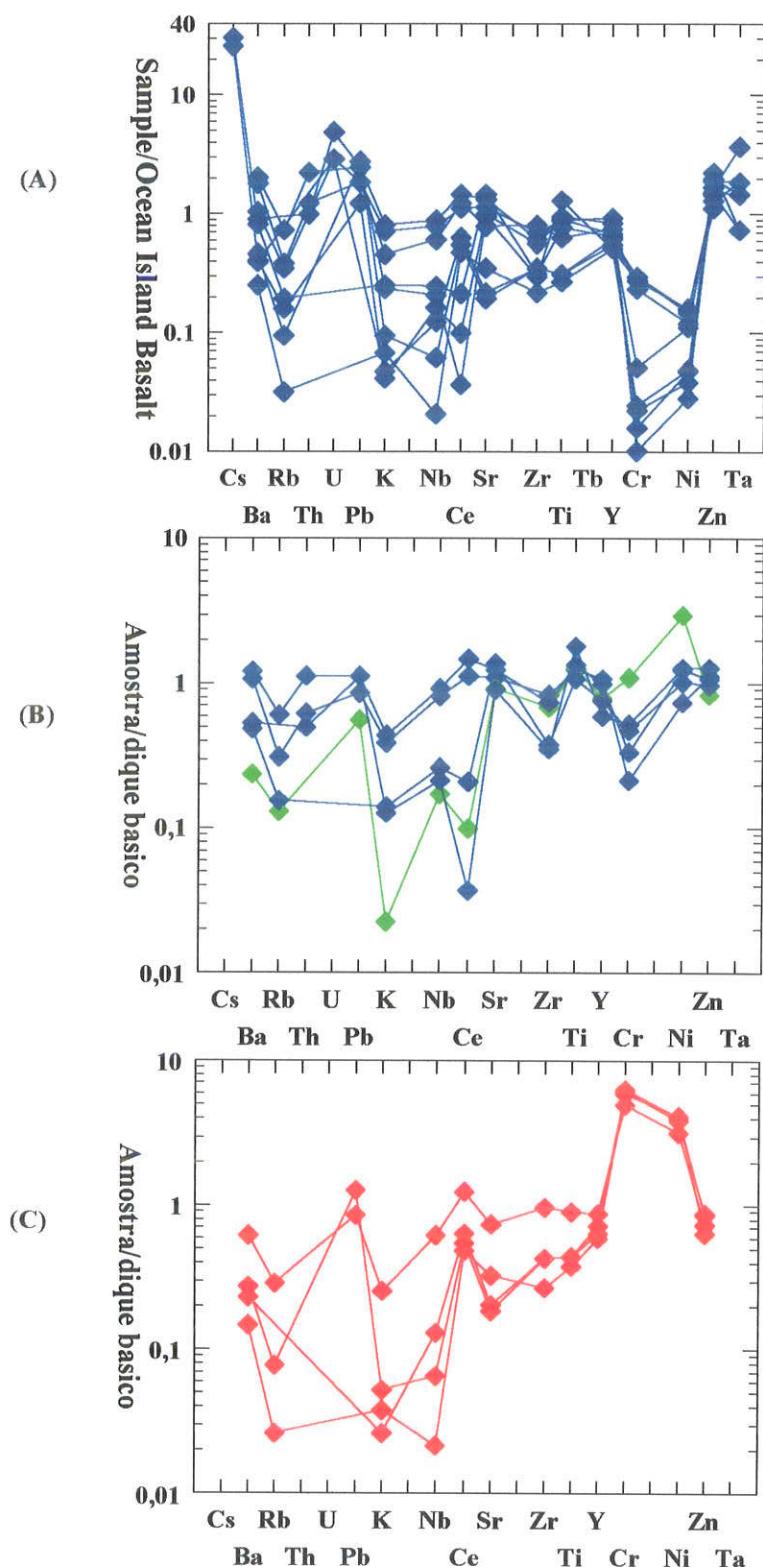


Fig. 7.3.17 – Variogramas multielementares tipo *Spider* dos gabros finos (microgabros) em diques da Ponta da Pacuíba. (a) todas as amostras com normalização *OIB*; (B) – subgrupo de baixo Cr e Ni, além de uma amostra ambígua, e (C) – subgrupo com alto Cr. e Ni, ambos com normalização nos valores do Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I – 41 A). (Legenda: (◆) gabros finos, (◆) gabros finos de alto Cr e Ni, (◆) gabros finos de baixo Cr e Ni e (◆) gabbro fino ambíguo.



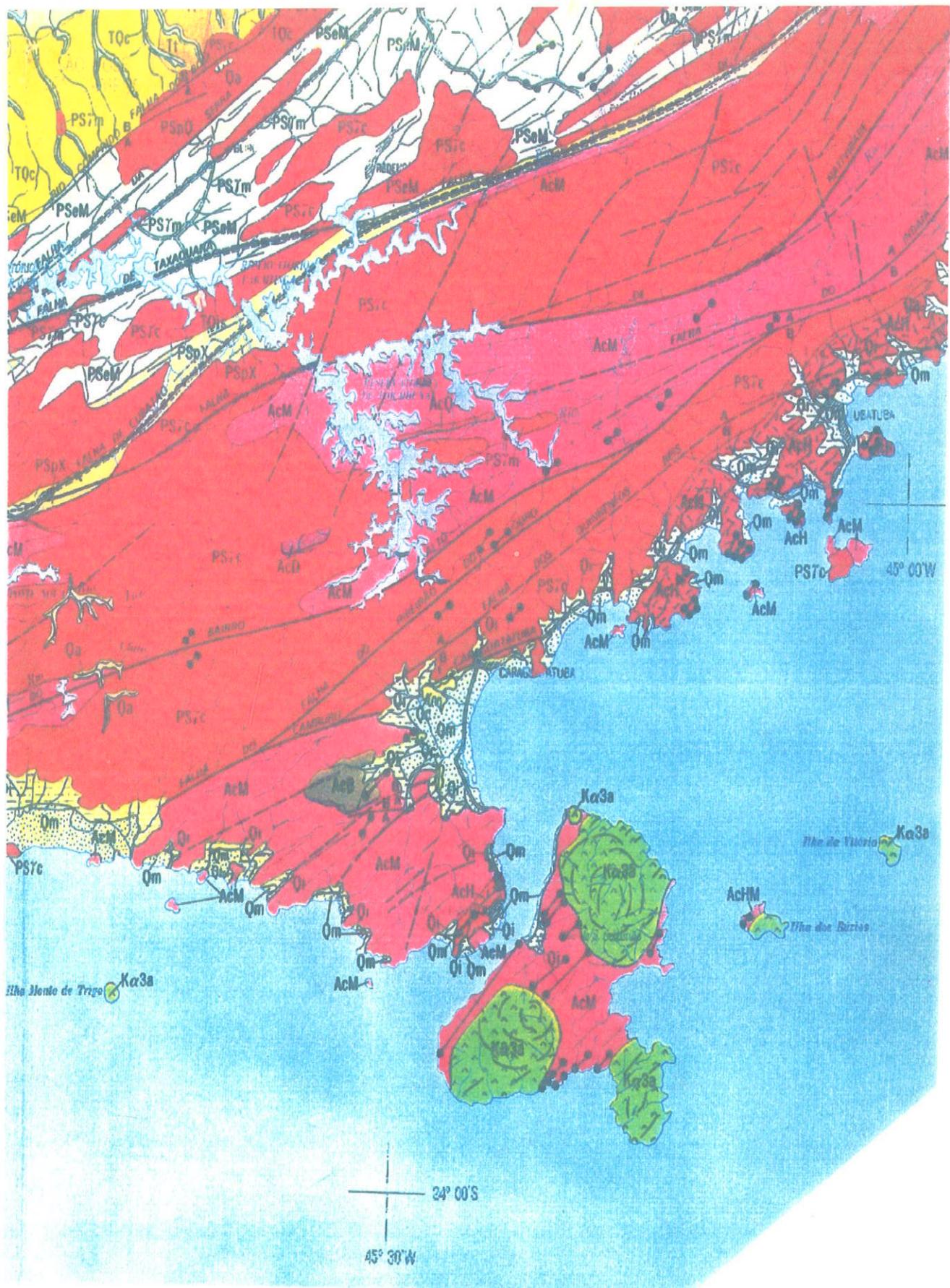


Figura 1 - Mapa de Localização e Geológico do Estado de São Paulo - IPT 1991,
Escala 1: 500.000.

7.4 – Sienitos

13 amostras de sienitos de várias ocorrências (8 da Ponta da Pacuíba, 1 da Praia da Armação, 2 Pedra do Sino e 2 da Praia de Jabaquara), todas pertencentes ao *stock* da Serraria e eventuais apófises deste, foram incluídas nessa pesquisa. São as rochas que de longe predominam na constituição da Ilha de São Sebastião, sendo intrusivas alcalinas félsicas, macroscopicamente demasiado homogêneas. Quanto a posição magmáto-estratigráfica, são posteriores aos corpos de gabros diferenciados, intrudindo-os e incluindo xenólitos angulosos destes. Petrograficamente variam de nefelina sienitos saturados e, mais raramente até sienitos supersaturados com pouco quartzo livre.

Os dados litogegeoquímicos via FRX e as normas CIPW dos sienitos estudados são apresentados respectivamente nas Tabelas 7.4.1 e 7.4.2. Daí notam-se a variação composicional muito pequena dos teores de SiO₂, de 55-61% (de peso), assim como também de vários outros óxidos maiores, como Al₂O₃, de 17-20%; Fe₂O_{3tot}, de 4-6%; CaO, de 1,5-4; Na₂O, de 5,5-8%, e de K₂O, de 4-6%. São, em geral, sienitos nefelina-normativos, com mais de 4% de *Ne*. Uma amostra apresenta apenas 1,8 % de *Ne* e uma outra é isenta de nefelina apresentando 0,18% de quartzo normativo.

Nos diagramas de classificação TAS segundo Cox et al., (1979), 11 amostras agrupam-se na junção dos três campos de benmorito, traquito e fonolito; uma figurando no campo dos traquitos e a outra naquele dos fonolitos; já na representação segundo McDonald e Katsura (1964), todas as amostras caem claramente no campo das rochas alcalinas (Figuras 7.4.1 A, B). Cabe mencionar que as duas amostras que nos dois diagramas mais se distanciam da população analisada principal, são as mais ricas em sílica provenientes da Praia de Jabaquara, sendo uma a mais fortemente *Ne*-normativa e a outra (isenta de *Ne*), *Q*-normativa (Tabelas 7.4.1 e 7.4.2, Amostras No. I-75K e I-75B). Nos diagramas de classificação segundo Winchester e Floyd (1977), de Zr/TiO₂ vs. SiO₂ e Nb/Y vs. Zr/TiO₂, observam-se distribuições similares com concentrações da parte principal da população analisada na divisa dos campos de traquiandesitos e fonolitos, respectivamente, de traquiandesitos, basanitos / nefelinitos e traquitos, sempre também com as mesmas duas amostras de Jabaquara mais

deslocadas, a mais rica em *Ne*-normativa no campo dos fonolitos e a *Q*-normativa, nos campos de rochas mais acidas de andesitos / riódacitos (Figuras 7.4.2 A, B).

Variogramas binários dos sienitos segundo Harker (1909), representando os óxidos maiores e elementos traço em relação ao SiO₂ como índice de diferenciação são mostrados na Figura (7.4.3 A, B). Estes apresentam apenas poucas e fracas correlações mais expressivas positivas (com: K₂O, Pb) ou negativas (com: CaO, MgO, TiO₂, Co, Cr, V), em função da pequena variabilidade do SiO₂ como também da parte principal dos demais óxidos maiores. Entretanto, nota-se na maioria dos diagramas claramente o comportamento, ora anômalo, ora coerente em relação a população principal das duas amostras da Praia de Jabaquara. Tentando elaborar e visualizar melhor as propriedades geoquímicas dos sienitos foram feitas ainda representações binárias usando-se o MgO como índice de diferenciação, sendo este, em todos os sienitos, o óxido maior de mais ampla variabilidade, assim como representações binárias entre diferentes óxidos maiores e elementos traço (Figuras 7.4.4 A, B). Estes diagramas reforçam e complementam as correlações acima observadas inclusive no sentido de demonstrar a separação geoquímica dos sienitos como um grupo de rochas independente dos demais litotipos ultrabásicos a intermediários subvulcânicos das duas gerações de diques, e também das intrusões gábricas diferenciadas, com as quais ocorrem associadas formando o quadro maior do magmatismo mesozóico.

Por fim, foram ainda feitas representações em variogramas *spider* com normalizações *OIB*, Tefrito da Ilha de São Sebastião de Garda e Schorscher (1996: amostra IB-2C), Dique Básico da 1^a geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I-41A), Manto Primitivo e *E-MORB*. Estes gráficos (Figura 7.4.5) mostram a melhor concordância dos sienitos com a composição normativa mais alcalina do Tefrito, destacando-se com as anomalias geoquímicas mais fortes as amostras dos sienitos de Jabaquara, sugerindo na amostra de tendências mais nefelínicas processos de diferenciação alcalina e naquela *Q*-normativa, processos de contaminação crustal. A falta de indicações de composições transicionais ligando os sienitos com as intrusões gábricas e /ou os diques ultrabásicos a intermediários das duas gerações, reforça a posição petrogeneticamente independente dos sienitos.

Tabela 7.4.1 - Dados analíticos via FRX dos Sienitos do Stock da Serraria.

Amostra	Número	TOTAL %	LOI %	SIO2 %	TIO2 %	AL2O3 %	FE2O3 %	MNO %	MGO %	CAO %	NA2O %	K2O %	P2O5 %	F %	AS ppm
Sienito	I-75K	100,8	0,8	59,45	0,250	19,55	4,88	0,2461	0,18	1,64	7,56	5,90	0,000	0,0	0
Sienito	I-75B	99,2	0,4	61,00	0,860	17,68	4,26	0,1317	0,73	1,77	5,84	5,95	0,240	0,0	0
Sienito	IPA1F	100,2	0,4	56,63	1,35	18,94	5,26	0,1839	1,51	3,57	5,9	5,45	0,39	0	0
Sienito	IPA2E	99,8	0,3	57,01	1,31	19,08	5,16	0,1774	1,48	3,44	5,9	5	0,39	0	6
Sienito	IPA2H	100,5	0,4	56,97	1,380	18,79	5,40	0,1757	1,53	3,90	5,55	5,56	0,410	0,0	0
Sienito	IPA3F	100,5	0,7	58,62	1,23	19,34	4,41	0,1634	1,25	2,79	5,64	5,58	0,32	0	5
Sienito	IPA3G	100,6	0,4	57,33	1,31	19,26	5,1	0,1785	1,43	3,48	6,01	5,27	0,39	0	3
Sienito	IPA3H	100,8	0,5	57,84	1,3	20,02	4,31	0,1596	1,08	3,34	6,92	4,87	0,33	0	10
Sienito	IPA8C	99,9	0,5	55,81	1,35	19,37	5,31	0,1625	1,48	3,92	6,59	4,42	0,45	0	0
Sienito	I-PA12	99,8	0,8	57,10	1,270	18,20	5,13	0,1781	1,39	3,53	5,69	5,55	0,370	0,0	0
Sienito	IPS1A	99	0,3	56,58	1,3	18,91	5,09	0,1778	1,41	3,37	5,88	5,12	0,36	0	10
Sienito	IPS1B	100,5	0,4	56,96	1,33	18,96	5,22	0,1809	1,46	3,58	6,03	5,48	0,39	0	11
Sienito	I-AR9	100,0	1,1	55,92	1,320	18,54	5,35	0,1841	1,44	3,69	5,89	5,56	0,370	0,0	6

Amostra	Número	BA ppm	CB ppm	CL ppm	CO ppm	CR ppm	CS ppm	CU ppm	GA ppm	LA ppm	NB ppm	ND ppm	NI ppm	PB ppm	RB ppm
Sienito	I-75K	33	363	0	2	13	11	13	30	213	365	98	2	12	212
Sienito	I-75B	2000	236	0	1	7	0	6	18	191	75	144	6	14	92
Sienito	IPA1F	1512	199	244	0	19	6	7	22	93	157	?	6	7	144
Sienito	IPA2E	1519	157	350	10	23	0	0	18	96	152	46	3	6	142
Sienito	I-PA2H	1764	186	59	5	14	13	12	21	42	110	66	0	12	144
Sienito	IPA3F	1561	117	0	7	19	0	3	24	120	143	35	12	6	157
Sienito	IPA3G	1544	164	266	3	22	0	2	21	103	157	77	4	4	143
Sienito	IPA3H	1391	196	194	4	20	14	3	21	113	145	41	4	8	131
Sienito	IPA8C	1609	184	459	9	13	3	9	24	93	153	87	8	3	127
Sienito	I-PA12	1459	184	377	4	9	0	5	17	81	163	70	1	13	141
Sienito	IPS1A	1462	105	369	3	8	3	2	18	114	153	75	5	7	142
Sienito	IPS1B	1516	379	372	3	16	0	5	19	116	159	70	7	6	141
Sienito	I-AR9	1502	162	870	0	15	0	16	20	88	161	64	3	12	151

Amostra	Número	S %	SN ppm	SR ppm	TA ppm	TH ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	ZN ppm	ZR ppm
Sienito	I-75K	0,000	13	26	14	45	11	0	0	73	145	1577
Sienito	I-75B	0,000	7	204	0	14	1	0	0	167	149	286
Sienito	IPA1F	0	5	937	18	10	0	24	30	32	102	516
Sienito	IPA2E	0	8	978	10	16	0	35	23	30	101	499
Sienito	I-PA2H	0,000	0	1025	0	12	0	22	0	23	97	342
Sienito	IPA3F	0	0	886	0	14	0	29	35	33	93	426
Sienito	IPA3G	0	13	941	10	15	0	29	35	30	100	526
Sienito	IPA3H	0,03	10	977	17	13	0	26	24	31	96	564
Sienito	IPA8C	0	0	1309	2	16	0	47	22	31	112	558
Sienito	I-PA12	0,000	0	884	10	15	5	19	0	29	92	556
Sienito	IPS1A	0	13	920	12	11	0	33	34	30	99	507
Sienito	IPS1B	0	4	957	9	15	0	37	29	33	103	525
Sienito	I-AR9	0,000	14	902	17	16	2	19	0	30	102	544

TABELA 7.4.2 - Normas CIPW dos sienitos do Stock da Serraria.

Min. Normativos	I - PA 1F	I - PA 2E	I - PA 2H	I - PA 3F	I - PA 3G	I - PA 3H	I - PA 8C	I - PA 12	I - 75B	I - 75K	I - AR 9	I - PS 1A	I - PS 1B
Quartzo	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,18	0	0	0	0
Ortoclásio	32,59	29,97	33,09	33,3	31,33	28,87	26,51	33,38	36,04	35,1	33,56	31	32,63
Albita	37,89	42,74	37,71	44,77	40,5	42,02	40,75	39,12	50,38	41,68	35,66	41,58	37,84
Anortita	9,15	10,9	9,94	11,02	10,01	9,16	10,31	6,89	4,27	1,95	7,83	10,27	8,49
Leucita	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nefelina	6,78	4,22	5,14	1,8	5,72	9	8,52	6,23	0	12,25	8,2	5,03	7,3
Diopsídio (wo)	2,69	1,7	2,97	0,44	2,11	2,3	2,81	3,64	1,35	2,34	3,61	1,95	2,96
Diopsídio (en)	2,19	1,38	2,43	0,37	1,72	1,85	2,28	2,91	0,94	0,45	2,88	1,51	2,41
Diopsídio (fs)	0,17	0,11	0,18	0,01	0,13	0,18	0,18	0,29	0,3	2,07	0,3	0,23	0,2
Hypertênio (en)	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,92	0	0	0	0
Hypertênio (fs)	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0	0	0	0
Olivina (fo)	1,14	1,66	1	1,94	1,31	0,6	1,03	0,44	0	0	0,55	1,47	0,89
Olivina (fa)	0,10	0,14	0,08	0,06	0,11	0,06	0,09	0,05	0	0	0,06	0,24	0,08
Magnetita	3,85	3,79	3,94	3,23	3,72	3,14	3,91	3,78	3,14	3,56	3,96	3,34	3,81
Hematita	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilmenita	2,59	2,52	2,64	2,36	2,5	2,1	2,6	2,45	1,66	0,48	2,56	2,53	2,54
Apatita	0,86	0,86	0,9	0,7	0,86	0,72	1	0,82	0,53	0	0,82	0,85	0,86
Total	100,00	100	100	100	100	100	100	100	100	99,88	100	100	100

Fig. 7.4.1 – Classificação dos sienitos nos diagramas TAS segundo (A) – Cox et al (1979), e (B) MacDonald e Katsura (1964). (Legenda: Ponta da Pacúba (■), Praia da Armação (■), Pedra do Sino (■) e Praia de Jabaquara (■)).

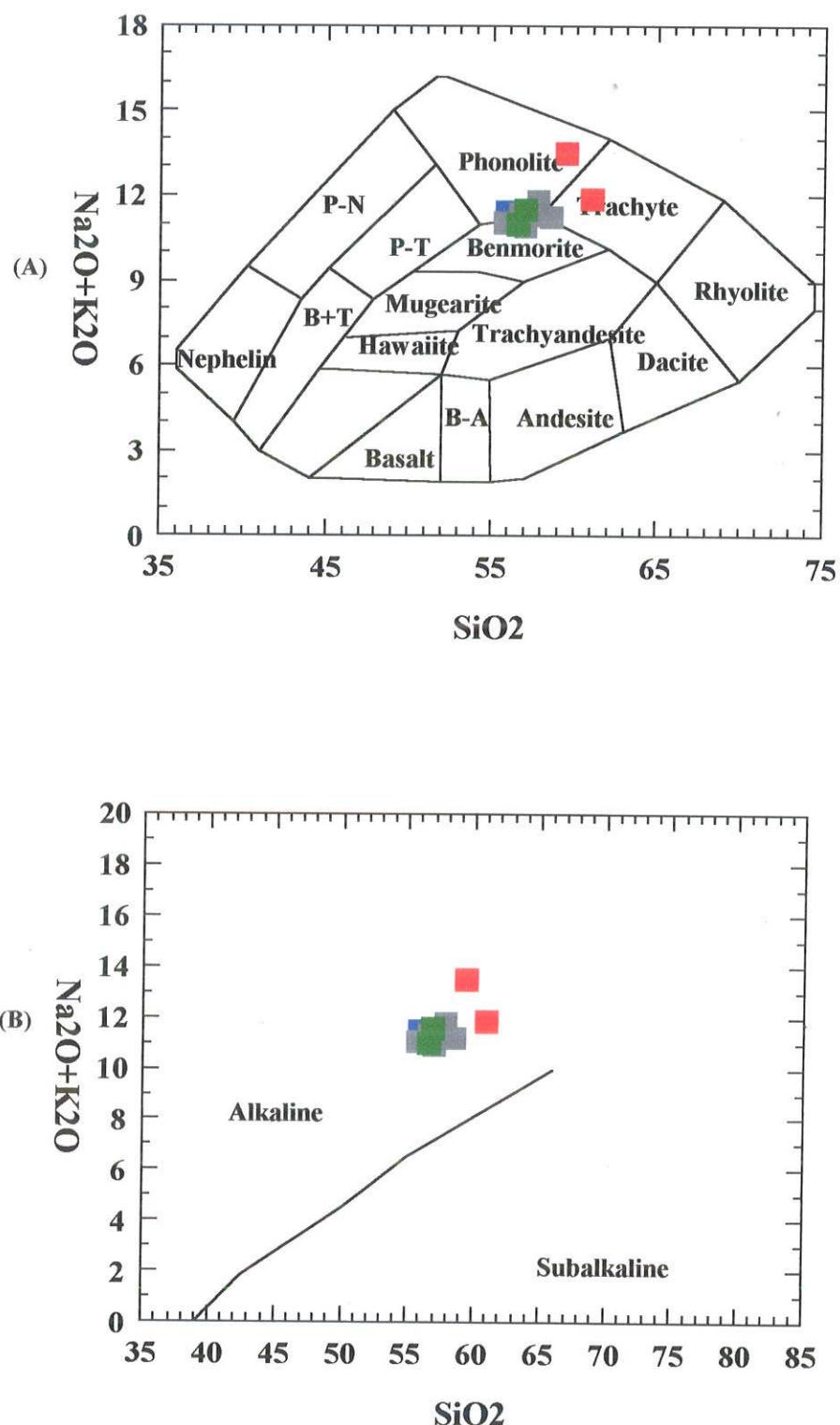


Fig. 7.4.2 -- Classificação dos sienitos nos diagramas de Winchester e Floyd (1977) (A) e (B). (Legenda: Ponta da Pacuíba (■), Praia da Armação (▨), Pedra do Sino (▨) e Praia de Jabaquara (▨)).

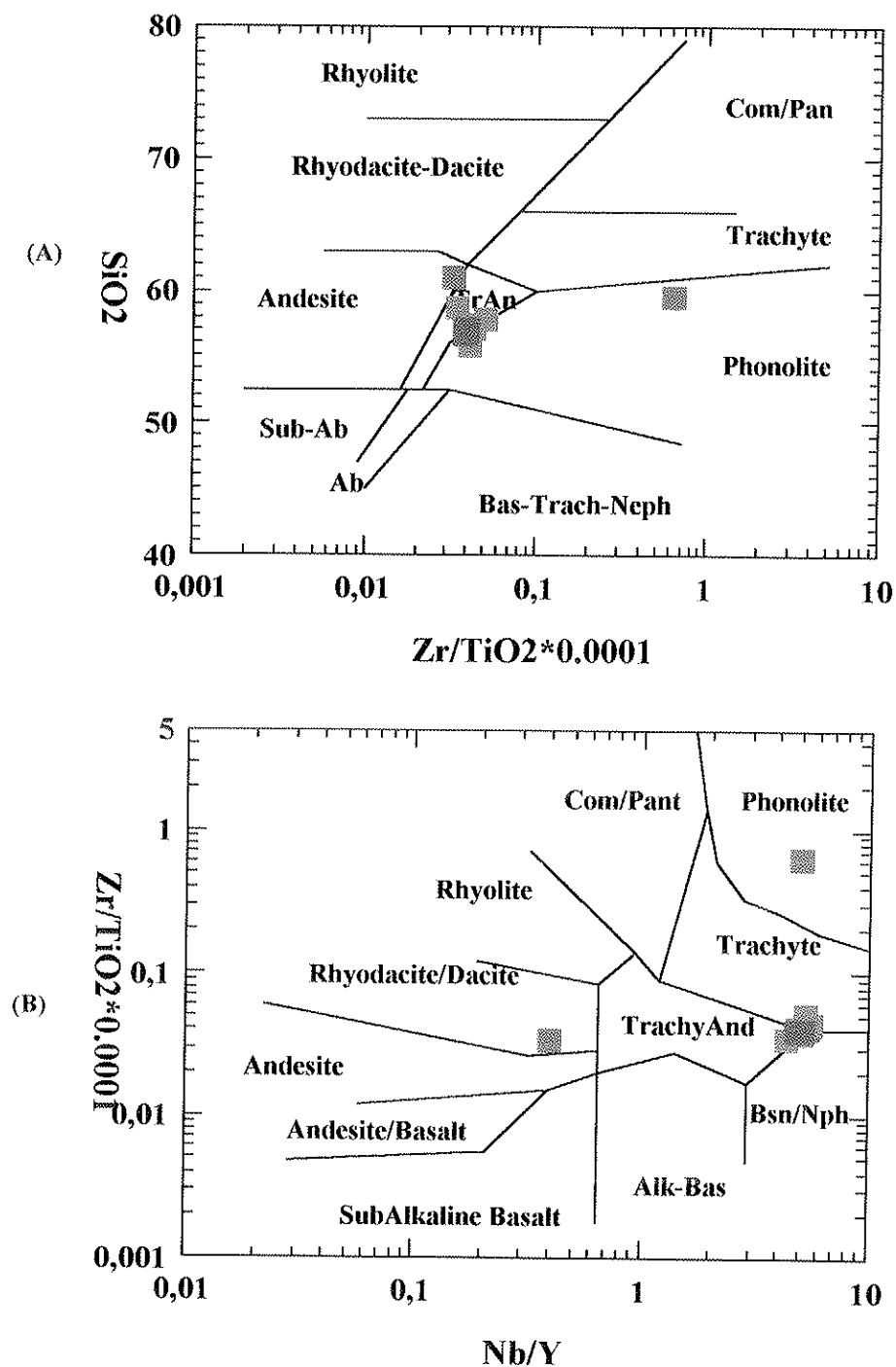


Fig. 7.4.3 A – Variogramas binários segundo Harker (1909), representando óxidos maiores *versus* SiO₂ para os sienitos do Stock da Serraria. (Legenda como Fig. 7.4.1)

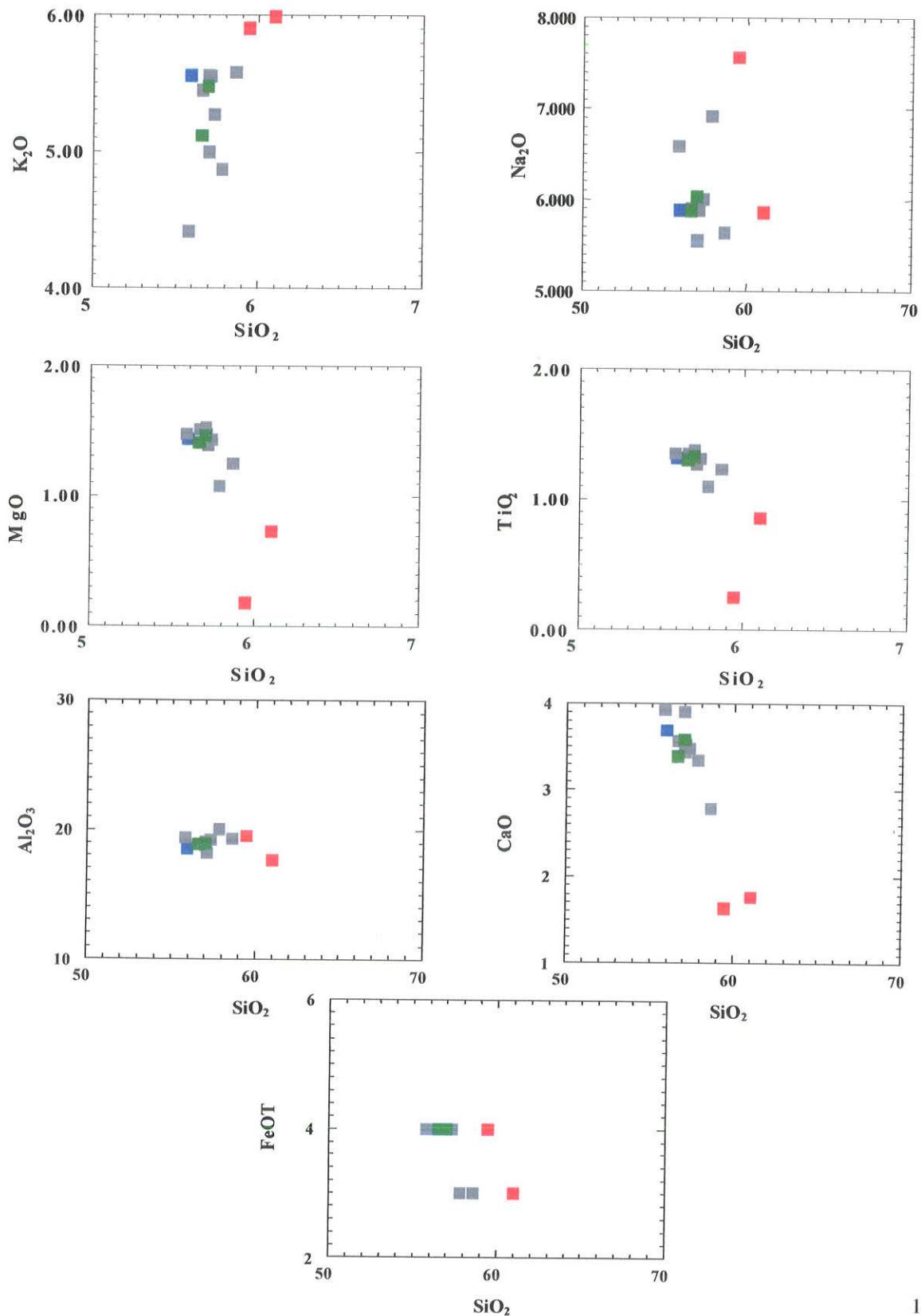
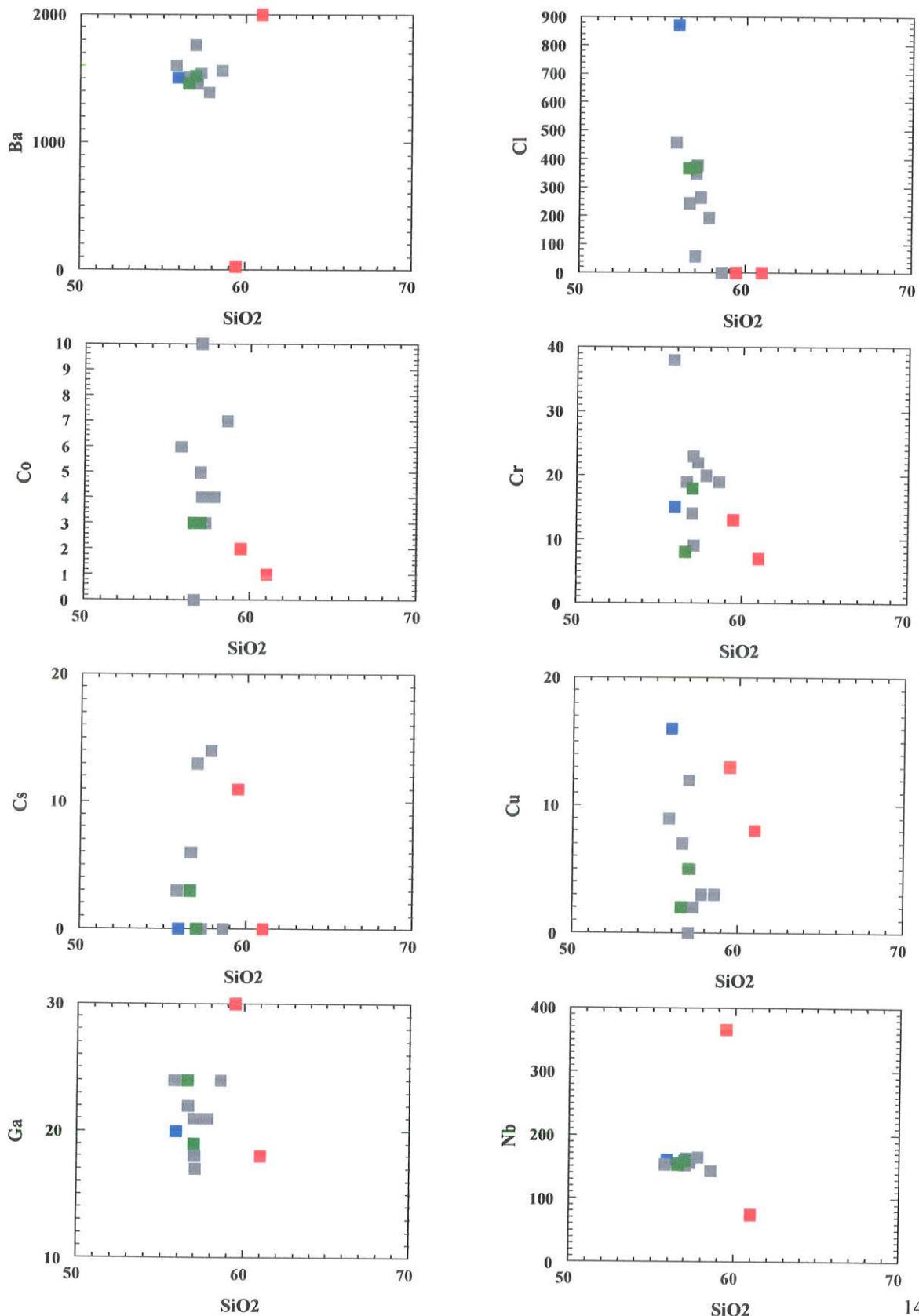
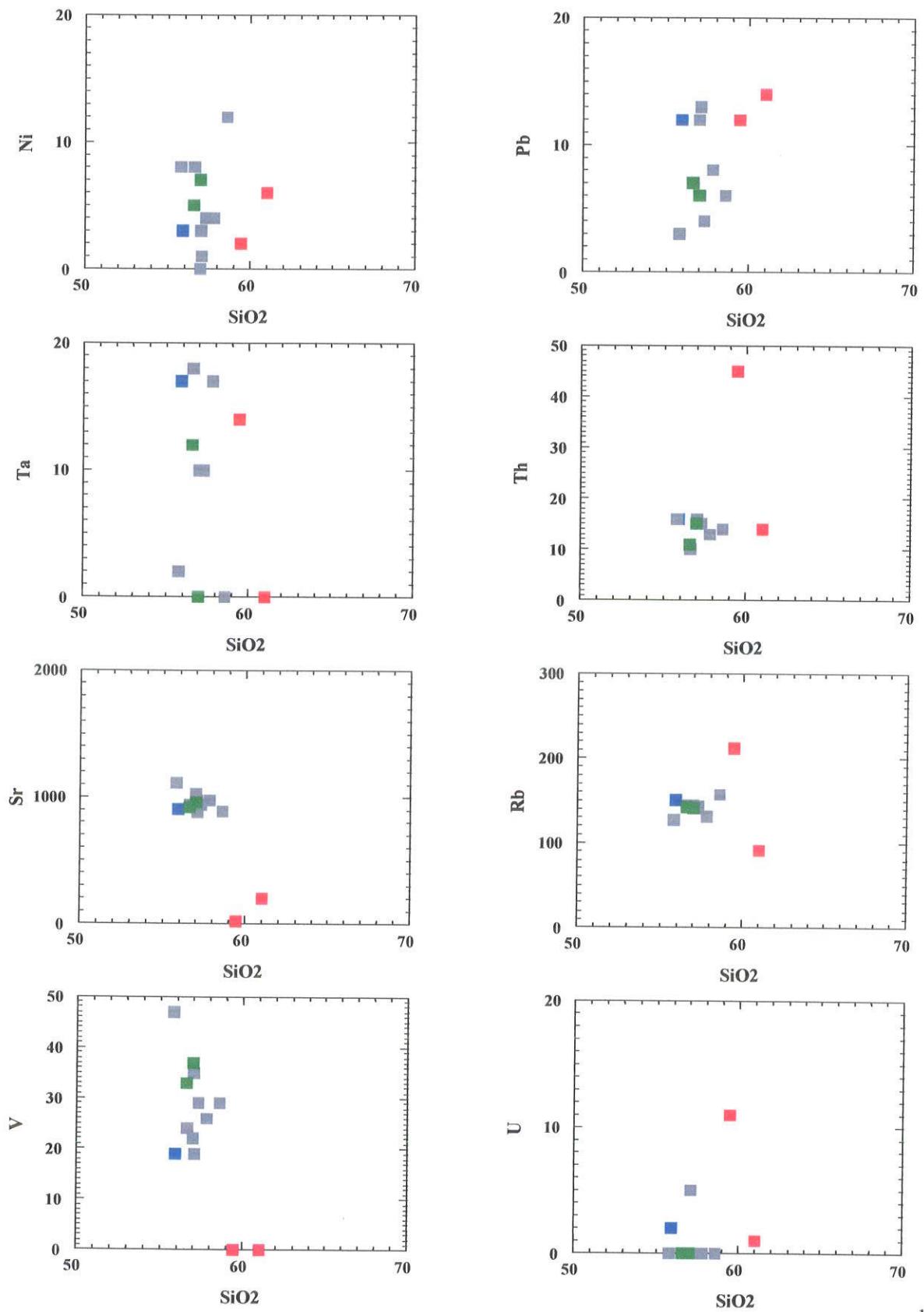


Fig. 7.4.3 B – Variogramas binários segundo Harker (1909), representando elementos traço *versus* SiO₂ para os sienitos do Stock da Serraria. (Legenda como Fig. 7.4.1)



Continuação Fig. 7.4.3 B



Continuação da Fig. 7.4.3 B

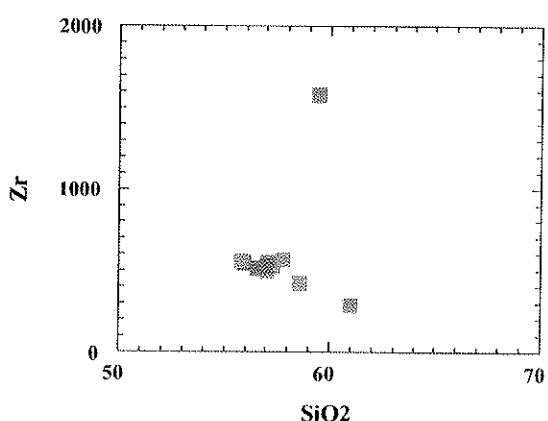
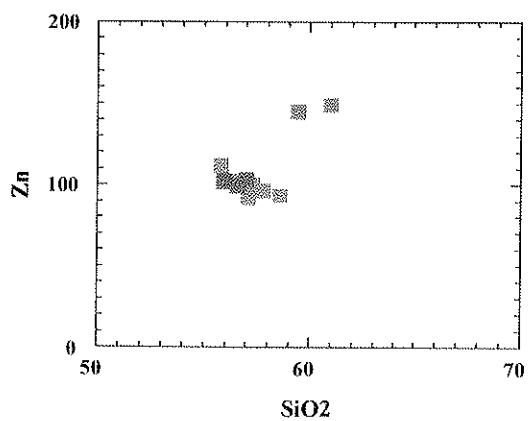
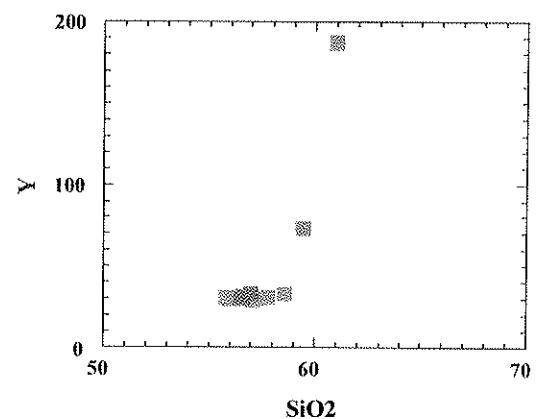
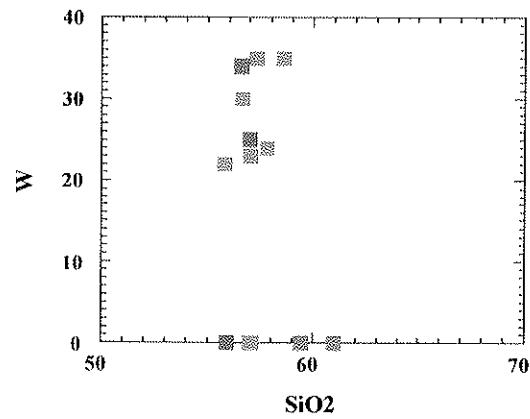


Fig. 7.4.4 A — Variogramas binários, segundo Harker (1909), representando óxidos maiores *versus* MgO, para os sénitos do Stock da Serraria. (Legenda como da Fig. 7.4.1.)

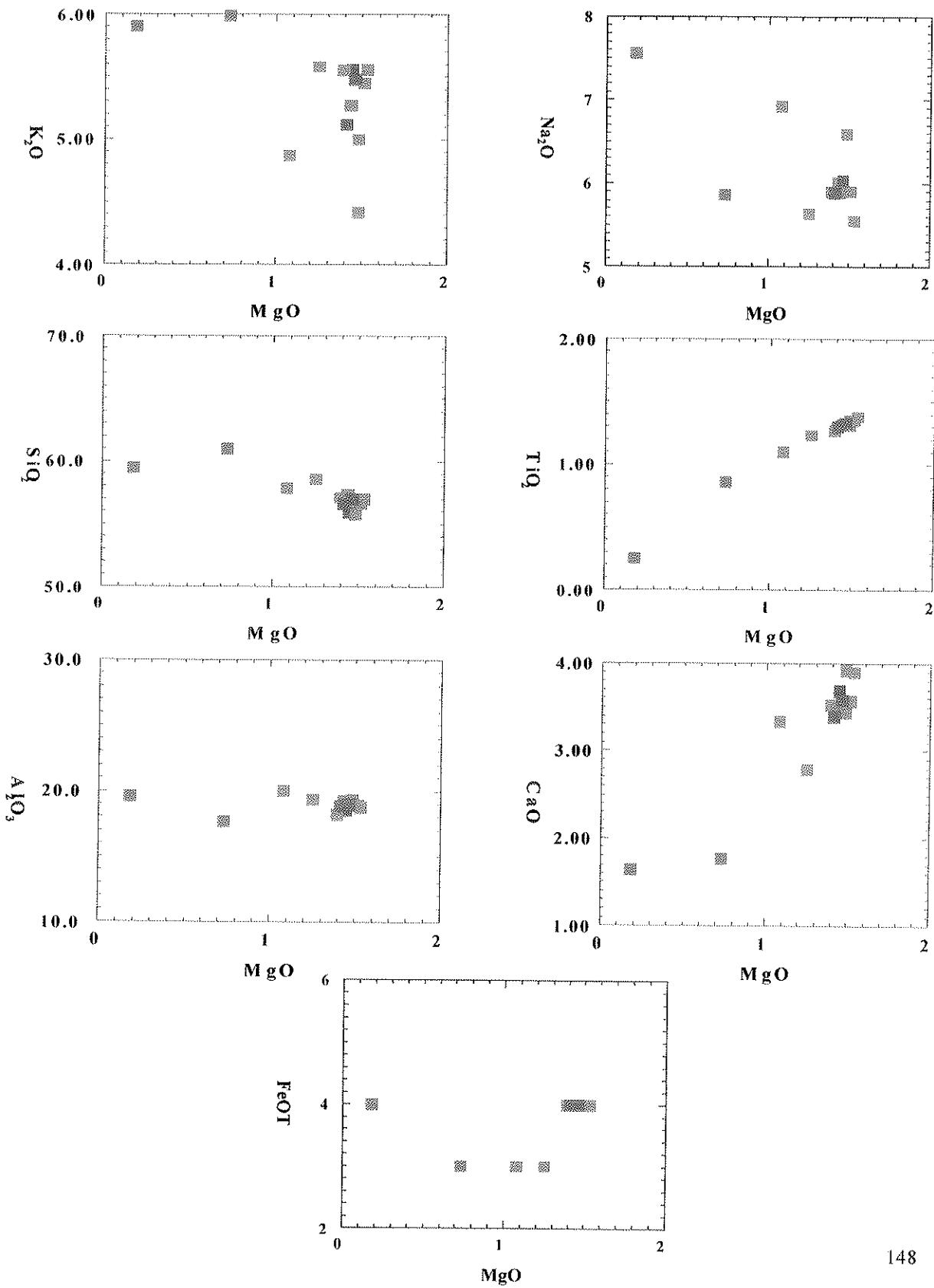
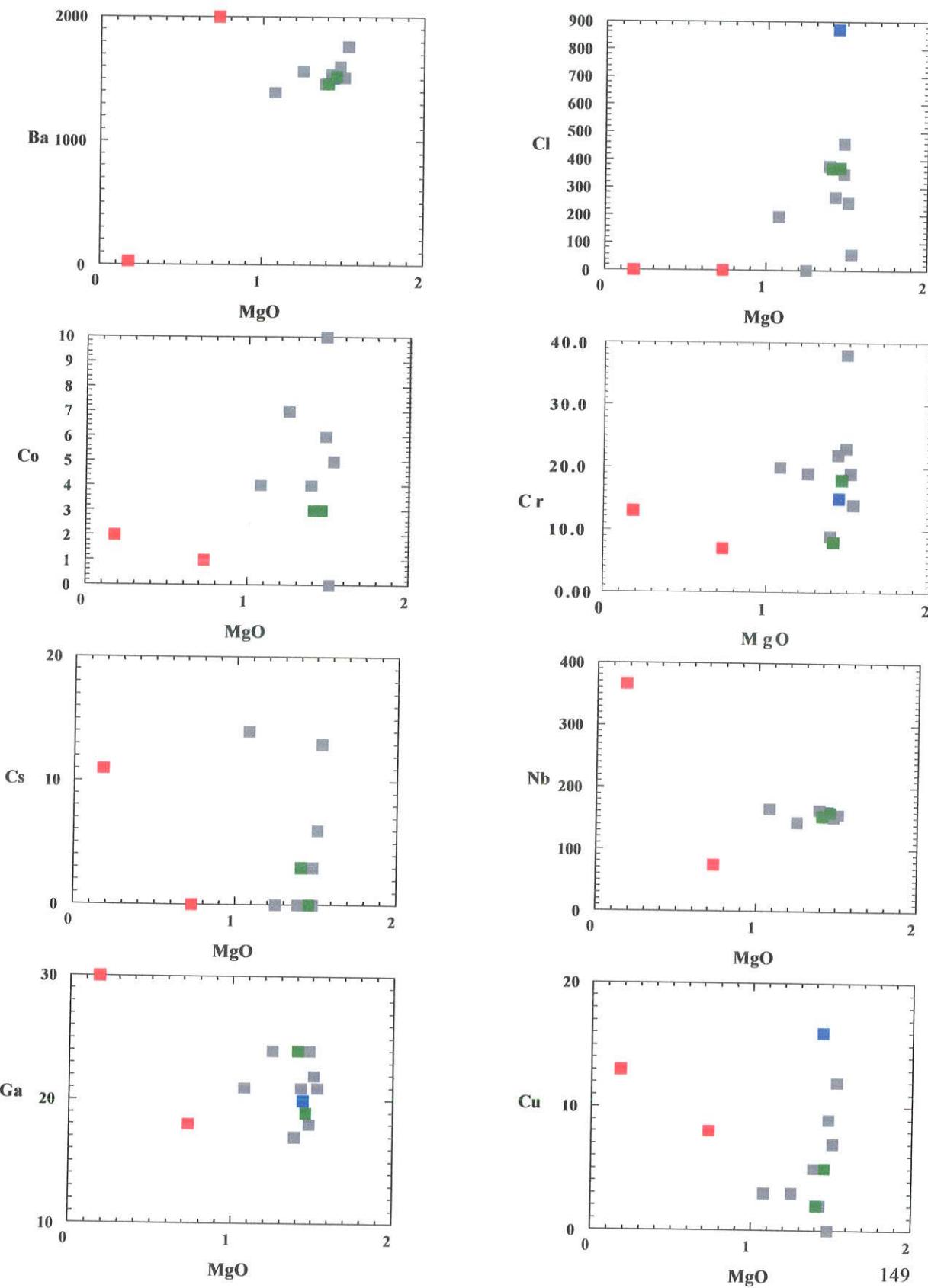
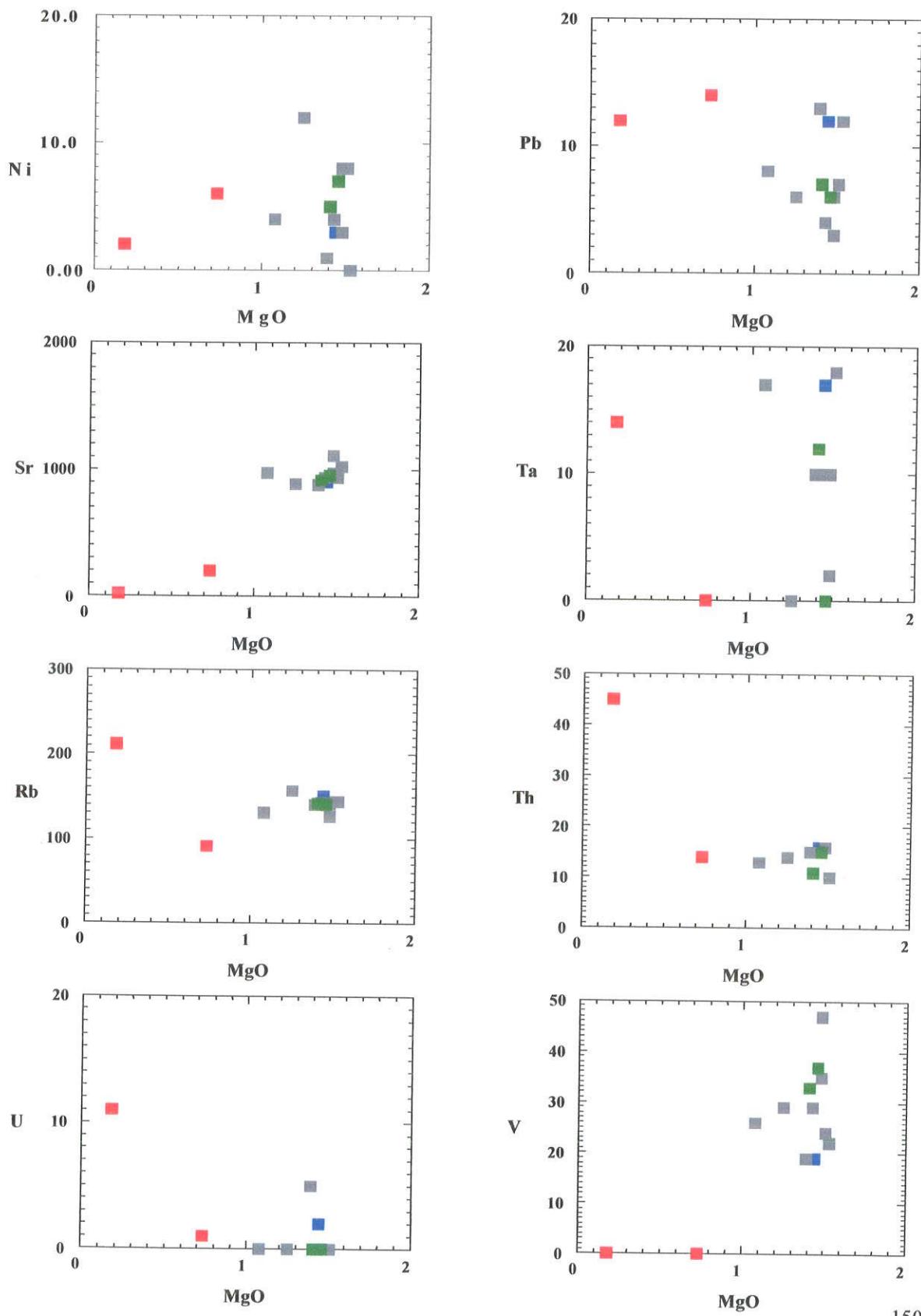


Fig. 7.4.4 B – Variogramas binários segundo Harker (1909), representando elementos traço *versus* MgO para os sienitos do Stock da Serraria. (Legenda como Fig. 7.4.1)



Continuação da Fig. 7.4.4 B



Continuação da Fig. 7.4.4 B

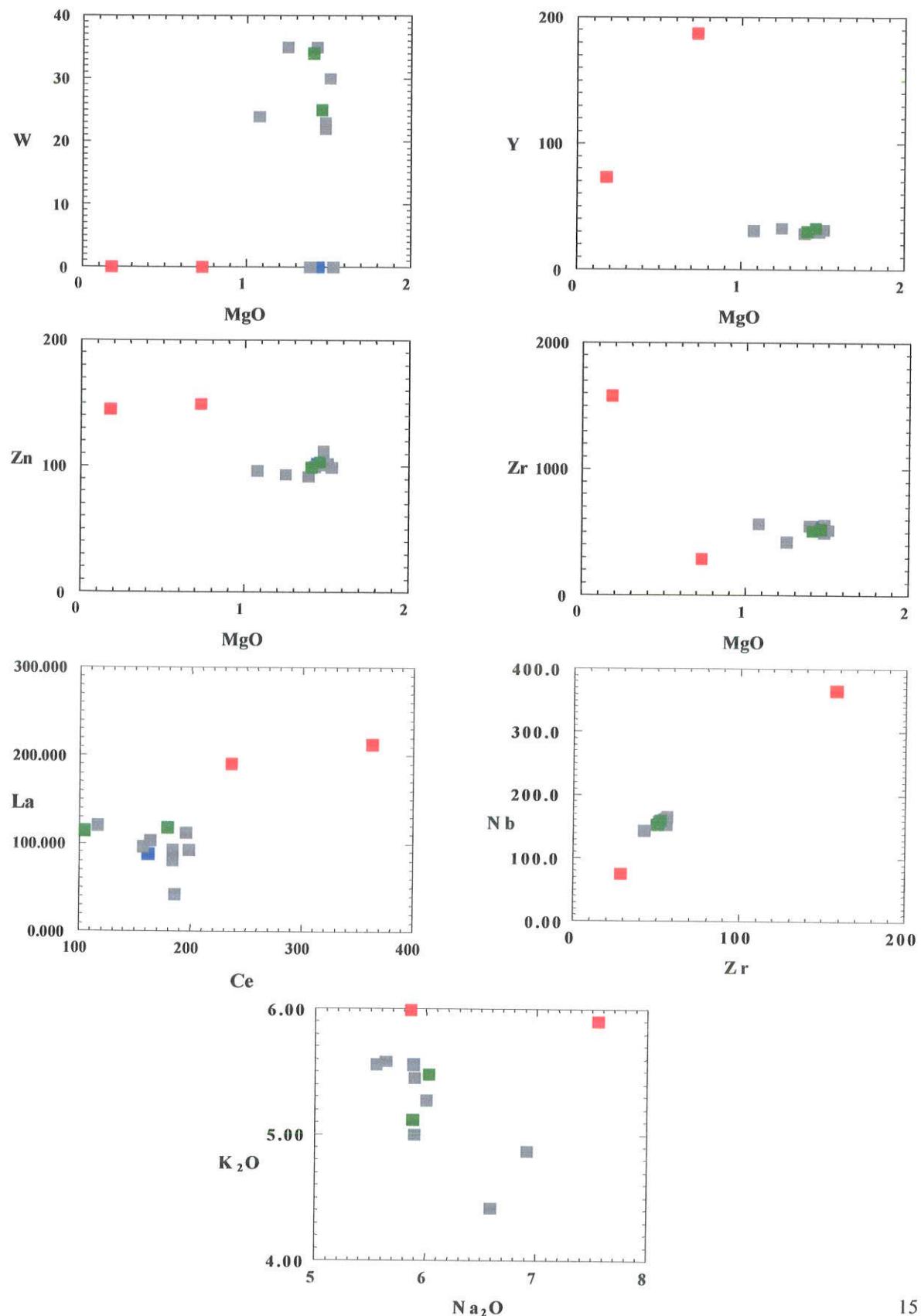
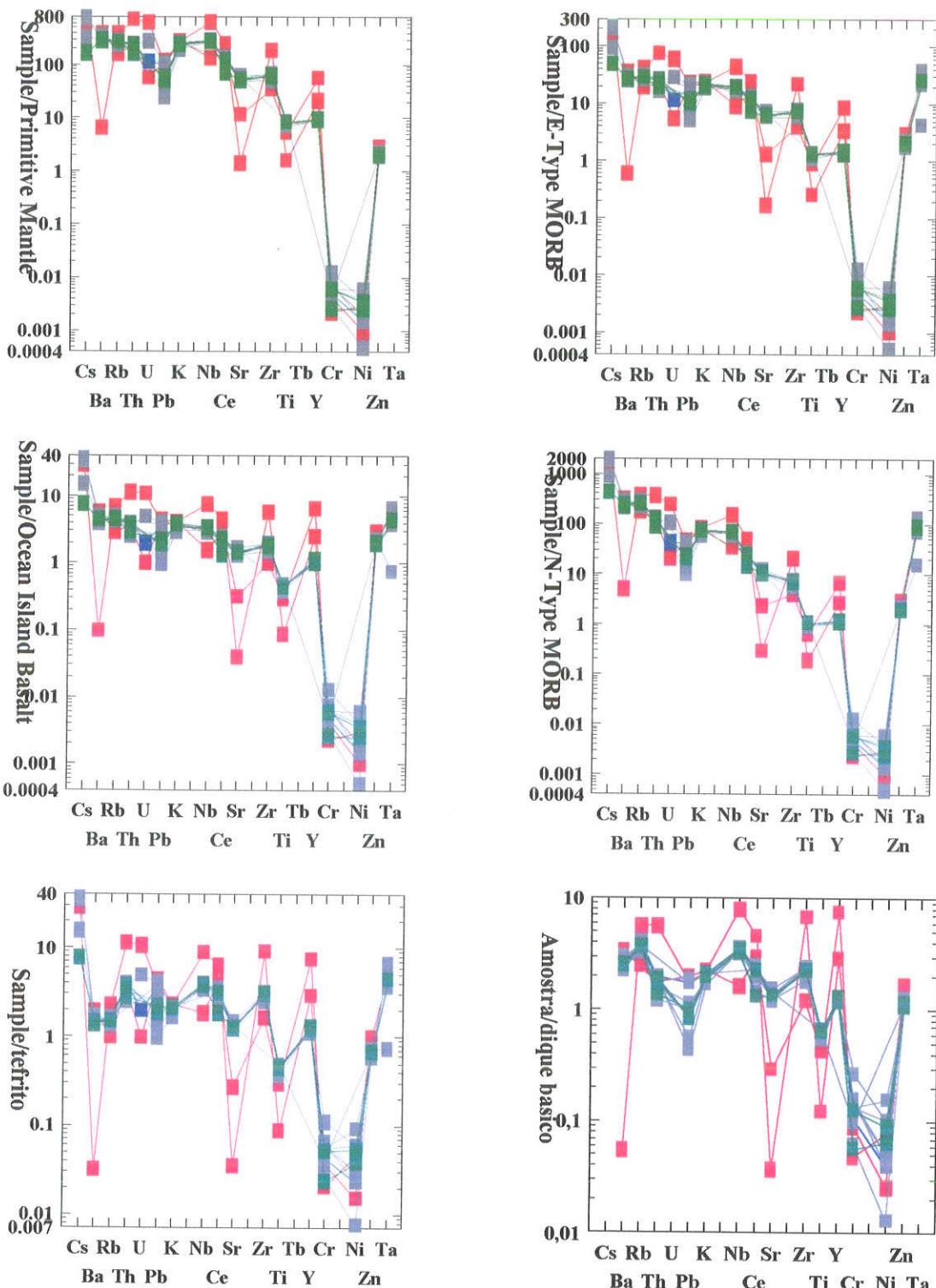


Fig. 7.4.5 – Variogramas multielementares tipo *Spider* para os sienitos do Stock da Serraria, normalizados com valores de Manto Primitivo, E-MORB, OIB, N-MORB, Tefrito da Ilha de São Sebastião (Garda e Schorscher, 1996) e Dique Básico da 1^a. Geração (este trabalho, Tabela 7.2.1, amostra I – 41A). (Legenda como Fig. 7.4.1.)



7.5 Conclusões dos Estudos Litogeoquímicos

Estes estudos trouxeram novos resultados, modificando e complementando os resultados anteriores, principalmente no sentido de acrescentar aspectos petrogenéticos ainda não evidentes ou ainda incertos apenas com base nos estudos geológicos de campo e petrográficos.

Para os diques ultrabásicos a intermediários, incluindo lamprofiros e brechas basálticas subvulcânicas rasas, que ocorrem em duas gerações, respectivamente, pré e pós-gabros (sendo a última possivelmente mesmo pós-sienitos), ficou mais provável sua relação genética com o magmatismo gábrico intrusivo. Na população analisada, restrita quanto ao número total de amostras e que não incluiu lamprofiros, ficaram claros, o comportamento geral como uma associação de tendências transicionais e heterogêneas, cálcio-alcalina para tholeítica com afinidades oceânicas e características de alcalinidade variáveis, subalcalinas e alcalinas potássicas. Todos os diques ultrabásicos e básicos são nefelina e por parte também leucita-normativos, sendo o dique intermediário, um dacito, quartzo-normativo. Todos os diques são ainda caracterizados por teores e relações de Cr e Ni variáveis, sendo o grupo mais alcalino mais pobre em Cr e Ni com Ni > Cr e o grupo menos alcalino mais rico nestes elementos com Cr > Ni, e ocorrem associados nas duas gerações pré e pós-gabros. Como fonte mantélica deste magmatismo visualizam-se composições mais férteis / enriquecidas, respectivamente não-depauperadas em processos prévios de fusão parcial, mais profundas, de tipo *OIB*-Basalto de Ilha Oceânica. Os magmas assim formados apresentariam certas variações compostionais primárias de alcalinidade e maficidade, decorrentes da taxa de fusão parcial e velocidade específica de abertura, e outras secundárias, mas interligadas, causadas por fracionamento cristalino durante a ascensão (por exemplo de cromita e olivina com Ni). De fato, todos estes processos seriam controlados pela tectônica de *rift* do Canal de São Sebastião e, como região maior, pelo rifteamento desta parte da margem continental SE-Brasileira, no período de tempo do magmatismo de diques básico-ultrabásicos, inferido de ~140-120 Ma a ~80-60 Ma, com base nas idades de suas manifestações principais datadas na literatura (Amaral et al., 1966; Bellieni et al., 1990; Garda, 1995; Garda et al., 1995).

As intrusões de gabros estratiformes, seus produtos tardios de diferenciação de câmara magmática e os gabros finos (microgabros) em diques de realimentação finais, de fato, se adaptam perfeitamente e sustentam a evolução geoquímica dos diques. Compreendem rochas de duas linhagens magmáticas diferentes, entretanto, proximamente relacionadas, formadas por múltiplas repetições de intrusões consecutivas inseparavelmente associadas em tempo e espaço, sendo uma nitidamente alcalina com nefelina modal e a outra subalcalina a tholeiítica com nefelina normativa exceto em poucos casos. Cada uma destas linhagens geoquímico-petrogenéticas é representada por termos pouco diferenciados, de leuco a mesogabros homogêneos isotrópicos, e produtos de suas séries específicas de diferenciação por cristalização fracionada, compreendendo desde termos ultramáficos como peridotitos e clinopiroxenitos, até félscos, de leucogabros diferenciados e anortositos. As rochas das duas séries gábricas apresentam também características geoquímicas e relações de Cr e Ni análogas aos diques, os gabros mais alcalinos sendo mais pobres em Cr e Ni com $Ni > Cr$, o contrário sendo observado nos gabros menos alcalinos. Em ambas as linhagens, a diferenciação para termos mais máficos promove também a concentração progressiva de Cr e Ni, com preferência para o Cr.

Em toda a população analítica estudada (69 amostras de gabros seus diferenciados) não se observou qualquer tendência de evolução geoquímica sugestiva de relações petrogenéticas entre os gabros e os sienitos do *stock* da Serraria intrusivos nos gabros. Portanto, as intrusões gábricas diferenciadas são consideradas derivadas de magmas parentais mantélicos de origens e evolução análogas aos diques: a partir de manto fértil tipo *OIB* ou similar, sob taxas de fusão parcial variáveis, seguindo-se fracionamentos durante a ascensão e colocação crustal hipoabissal-intermediária e diferenciação por cristalização fracionada em câmara magmática, sob regimes geotectônicos controlados pela variação tendendo à redução, até o aborto temporário da tectônica de *rift* do Canal de São Sebastião e arredores em níveis crustais rúpteis, entretanto, perdurando elevado fluxo e gradientes térmicos no manto superior. O magmatismo das intrusões gábricas segundo as datações existentes na literatura, representaria um intervalo relativamente curto da evolução geológico-petrográfica e

crustal regional compreendido entre ~95 - ~86 Ma (Amaral et al., 1967; Hennies e Hasui, 1968).

Sienitos do *stock* da Serraria e possíveis apófises deste, foram estudados num total de 13 amostras, das ocorrências da Pedra do Sino, Ponta da Pacuíba, Praia da Armação e da Praia de Jabaquara. Predominam nefelina sienitos sendo subordinados os sienitos saturados com apenas pequenas quantidades de nefelina ou quartzo normativo. São rochas de características geoquímicas específicas totalmente diferentes dos diques e gabros já comentados. Os sienitos são rochas intermediárias de variabilidade muito restrita, sem evidenciar termos transicionais mais máficos que os ligariam aos diques e gabros. Entretanto, ocorrem diferenciados félscos alcalinos de tendências nefeliníticas assim como rochas com teores algo mais elevados de quartzo normativo e mesmo modal, indicativas de contaminação crustal. De acordo com dados de ETR e isotópicos da literatura, entretanto, as origens destes sienitos seriam claramente mantélicas (Kronberg et al., 1987; Montes-Lauar, 1993; Montes-Lauar et al., 1995). Neste caso poderiam ser relacionados com possíveis ocorrências de rochas carbonatíticas conforme descrições e especulações decorrentes existentes na literatura (cf. Garda, 1995; Garda e Schorscher, 1996, entre outros).

8. Considerações e Conclusões Finais sobre a Evolução Geológica Local

Os dados geológicos de campo, juntamente com os dados dos estudos petrográficos, geoquímicos e análises comparativas com complexos gábricos descritos na literatura, permitem tecer alguns comentários sobre a evolução da área estudada, abrangendo todos os litotipos presentes, em particular sobre a evolução das intrusões gábricas diferenciadas e suas relações petrogenéticas e geotectônicas com as outras rochas ígneas do magmatismo mesozóico.

A Ilha de São Sebastião, mais precisamente a região N desta, é constituída por um embasamento precambriano, compreendendo gnaisses, migmatitos e metagranitoídes, intrudido por rochas magmáticas mesozóicas, genericamente relacionadas à abertura do Oceano Atlântico Sul. As rochas precambrianas são

continuações do embasamento granito-gnaíssico poligenético e polimetamórfico (Complexo Costeiro) que se estende por toda a região litorânea N do Estado de São Paulo, sendo caracterizadas como gnaisses, migmatitos, metagranítoides e possíveis charnockitos (Almeida et al., 1981; IPT, 1981). Os gnaisses predominantes são: (1)-subequigranulares fortemente foliados graníticos bastante homogêneos; (2)-bandados félscico-metapelítico-máficos e (3)-facoidais graníticos e gradacionais com metagranítoides porfiríticos. Mobilizados pegmatóides, veios ptigmáticos e, em geral, transições locais e regionais para migmatitos são mais comuns nos gnaisses subequigranulares e bandados. Nesses ocorrem, ainda, corpos tabulares e lenticulares de anfibolitos e hornblenda gnaisses, de espessuras centimétricas até métricas e extensões variáveis, concordantes a pseudoconcordantes com a foliação regional principal.

Este conjunto é cortado por uma primeira fase magmática datada do cretáceo inferior, decorrente dos processos de reativação tectônica de antigos falhamentos (processo de rifteamento), caracterizada como um ciclo de magmatismo filoniano básico a intermediário, compreendendo basaltos, diabásios, microdioritos pôrfitos, lamprófiro, tefritos e traquianadesitos, entre outros (Coutinho et al. 1991). Na área desta pesquisa ocorrem e foram estudadas rochas ultrabásicas a intermediárias e lamprofiro do clã basáltico formando uma 1^a geração de diques subvulcânicos. Dados geocronológicos da literatura indicam o intervalo de 140 até 120 Ma para a intrusão dos diques desta geração (Amaral et al., 1966; Bellieni, 1990; Garda, 1995).

O complexo embasar precambriano e os diques mesozóicos da 1^a geração basálticos e de lamprofiro, são cortados por Intrusões Gábricas Estratiformes, que ocorrem nas regiões da Ponta da Pacuíba, Praia da Armação e Ponta das Canas. Essas, possivelmente são extensões de um corpo maior único e continuo em profundidade. Podem representar o início da atividade epirogênica caracterizada por rochas de tendências toleítica a alcalina.

As intrusões gábricas são constituídas por rochas de características mineralógicas e texturais, variando de peridotitos, clinopiroxenitos, gabros diversos como litotipos predominantes (sendo mela a leucogabros diferenciados, entretanto, predominando leuco e mesogabros homogêneos, isotrópicos e cumuláticos), até

anortositos, exibindo estruturas típicas, muito bem preservadas, de diferenciação e sedimentação em câmara magmática tectonicamente ativa, que definem os complexos estratiformes. Desta forma, os corpos gábricos estratiformes, representam um novo tipo complementar de ocorrências magmáticas mesozóicas na região da Ilha de São Sebastião e para toda a região litorânea, com exceção da Ilha Monte de Trigo (Enrich, 2000). Nos complexos estratiformes ocorrem ainda brechas magmáticas gábricas de borda e reintrusão de câmara magmática, diferenciados tardios peridotíticos, de clinopiroxenitos pegmatóides e anortositos intrusivos em veios, assim como intrusões de gabros finos (microgabros) em diques, finais da evolução do magmatismo gábrico intrusivo. Os escassos dados de datações geocronológicas em gabros (de coleções aleatórias) da Ilha de São Sebastião, indicam um intervalo restrito, de ~95 até ~86 Ma, para a formação destes corpos (Amaral et al., 1967; Hennies e Hasui, 1968).

As intrusões gábricas foram posteriormente cortadas por uma 2^a geração de diques de rochas ultrabásicas a intermediárias do clã basáltico e pelos sienitos do *stock* do Pico da Serraria e possíveis apófises menores deste, encontrados em diversas ocorrências, desde a Pedra do Sino à Praia de Jabaquara. A relação geológica e de idade entre os diques basálticos da 2^a geração e os sienitos do *stock* da Serraria continua incerta para a área desta pesquisa, sendo que não foram encontrados diques basálticos cortando os sienitos, apenas xenólitos dos gabros estratiformes englobados pelos sienitos. Regionalmente, entretanto, foram encontrados tanto diques basálticos quanto diques de traquitos cortando os sienitos. O quadro geocronológico disponível na literatura reforça esta problemática: para as intrusões de sienitos existem dados bem definidos indicando sua intrusão no intervalo de 85 a 80 Ma (Amaral et al., 1967; Hennies e Hasui, 1968; Montes-Lauar, 1993); já para a 2^a geração de diques do clã basáltico, as idades são muito mais variáveis, de 81 até 55 Ma (Amaral et al., 1966; Bellieni, 1990; Garda, 1995).

Sob aspectos dos estudos petrológicos e petrogenéticos desta pesquisa destacam-se os diques basálticos das duas gerações pré e pós-gabros, assim como os gabros dos corpos estratiformes e seus diferenciados como rochas variavelmente alcalinas, predominantemente com nefelina modal e normativa, provavelmente cogenéticas. Os diques e gabros ter-se-iam formado, de fontes mantélicas enriquecidas

de tipo OIB, por processos de fusão parcial variáveis, controlados pela tectônica de rifteamento do Canal de São Sebastião e, no contexto regional maior, pelo rifteamento desta parte da margem continental SE-Brasileira. Durante a ascensão mantélica a crustal, dependendo da velocidade de ascensão, seus magmas sofreram modificações por fracionamento cristalino e segregação variável de cromita e olivina com Ni, obtendo suas propriedades geoquímicas específicas. Os corpos de gabros estratiformes resultariam de intrusões múltiplas e consecutivas, seguidas de diferenciação por cristalização fracionada e sedimentação / segregação em câmaras magnáticas crustais intermediárias, sob regime de atividade tectônica distensiva mais fraca ou mesmo de rifteamento abortado e condições transpressivas nos níveis crustais mais rasos e rúpteis. A retomada do rifteamento teria dado origens a 2^a geração de diques básicos.

Os sienitos do *stock* do Pico da Serraria e equivalentes regionais variam de nefelina sienitos a sienitos saturados e representam um processo magmático diferente, não relacionado geneticamente com os diques básicos e os gabros estratiformes, embora sejam também magmas manto-derivados (Kronberg et al., 1987; Montes-Lauar, 1993; Montes-Lauar et al., 1995). Sua variabilidade petrográfica e geoquímica é muito restrita, controlada por diferenciação alcalina-félscica nefelinítica ou, mais raramente, contaminação crustal siática, faltando quaisquer diferenciados ou termos litológicos transicionais para os gabros. Como posição cronológica e geotectônica mais provável dos sienitos no quadro da evolução regional, considera-se sua intrusão subsequente aos estágios finais dos complexos gábricos (representados pelos gabros finos / microgabros em diques), e antes dos diques basálticos da 2^a geração.

Principalmente, seu modo de ocorrência, associado as características mineralógica-petrográfica, assim como o magmatismo sienítico associado permitiram inicialmente supor que as intrusões gábricas estratiformes da Ilha de São Sebastião poderiam apresentar características semelhantes aos gabros com sienitos alcalinos associados descritos do complexo de Kloken (Parsons, 1979). Entretanto, as particularidades geológicas, petrográficas e as heterogeneidades litogegeoquímicas levantadas e discutidas no item anterior, evidenciam que as intrusões existentes na Ilha de São Sebastião, são diferentes do complexo de Kloken e também não podem ser associadas aos complexos estratiformes clássicos, como Skaergaard, Stillwater e

Bushveld, entre outros, pois estes são além de predominantemente toleíticos, maiores e formados em ambientes geotectônicos estáveis. Visualisa-se como condicionante dos gabros estratiformes da Ilha de São Sebastião no quadro das demais rochas associadas do magmatismo mesozóico de diques basálticos e *stocks* de sienitos, o ambiente geotectônico particular da margem continental SE-Brasileira no segmento de tempo e espaço analisado, de rifteamento e adelgaçamento crustal variável sob condições de elevados gradientes térmicos no manto superior. Os diques basálticos e gabros teriam fontes mantélicas férteis-enriquecidas similares as fontes mantélicas OIB, entretanto, em ambiente sub-continental. Deste mesmo ambiente, mas de fontes mantélicas composicionalmente distintas dependeria também a formação dos sienitos; estes possivelmente relacionados a um magmatismo carbonatítico ainda pouco conhecido na região litorânea considerada.

9. Referências bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M. (1983) *Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma Sul-Americana*. Rev. Bras. Geociências. 13 (3):139-158
- ALMEIDA, F.F.M. (1976) *The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil*. Anais Acad. Bras. Ciênc. 48 (suplemento): 15-26.
- ALMEIDA, F.F.M. & CARNEIRO C. D.R. (1998) *Origem e Evolução da Serra do Mar*. Rev. Bras. Geociências. 28 (2): 135-150.
- ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y., PONÇANO, W.L., DANTAS, A.S.L., CARNEIRO, C.D.R., MELO, M.S., BISTRICHI, C.A. (1981) *Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. Vol. 1, Nota Explicativa*: 126 pp., IPT, Div. Minas e Geol. Aplicada, public. IPT Nº 1184 (6 Monografias), São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y., PONÇANO, W.L., DANTAS, A.S.L., CARNEIRO, C.D.R., MELO, M.S., BISTRICHI, C.A. (1981) *Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. - Vol. 2, 2 fls.*, IPT, Div. Minas e Geol. Aplicada, public. IPT Nº 1184, São Paulo.
- ALVES, F.R. (1996) *Contribuição ao conhecimento geológico e petrológico das rochas alcalinas da Ilhas dos Búzios, SP*. Tese de Doutorado, 2 vols., IG-USP, São Paulo.
- 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.
- ARNASON, J.G.; BIRD, D.K.; BERNSTEIN, S.; ROSE, N.M; MANNING, C.E. (1997) *Petrology and geochemistry of the Kruuse Fjord Gabbro Complex, east Mark Greenland*. Geological Magazine, 134 (1):67-89

- BARD, J. P. (1980) *Microtextures of igneous and metamorphic rocks*. Holland:
Transl. by Marianne Mareschal, Ed. by S.W. Morel. D. Reidel Publ. Co.
Dorddrecht, 264p.
- BELLIENI, G., MONTES-LAUAR, C.R., DE MIN, A., PICCIRILLO, E.M.,
CAVAZZINI, G., MELFI, A.J., PACCA, I.G. (1990) *Early and Late
Cretaceous magmatism from São Sebastião Island (SE-Brazil)*. Geochemistry
and Petrology. *Geochimica Brasiliensis*, 4 (1): 59-83.
- BELLIENI, G.P., BROTZU, P., COMIN-CHIARAMONTI, M., MELFI, A.E.,
PACCA, I.G., PICCIRILLO, E.M. (1984) *Flood basalt to rhylite suites in
southern Paraná Plateau (Brazil): palaeomagnetism, petrogenesis and
geodynamic implications*. – *J. Petrol.*, 25: 579-618.
- BONATTI, E. (1996) *Anomalous opening of the Equatorial Atlantic due to an
equatorial mantle thermal minimum*. *Earth and Planetary Science Letters*,
143 (4):147-160
- BOUDREAU, A.E.; MCBIRNEY, A.R.M. (1997) *The Skaergaard Layered Series.
Part III Non-dynamic layering*. *Journal of Petrology*, 38: 1003-1020.
- BRANNER, J.C. (1915) *Geologia Elementar*. 2^a edição .Livraria Francisco Alves,
R.J. 288 pp.
- CAMPANHA, G. A. C.; & ENS, H. H. (1996) *Estruturação geológica da região da
serra do juqueriquerê, São Sebastião, SP*. Bol. IG-USP. Série Científica .
27:41-51.
- CAMPANHA, G. A. C.; & ENS, H. H. (1993) *Estrutura Geológica na região de São
Sebastião*. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 3, Bol. Res. – Rio de Janeiro,
SBG – pp.51-52.
- CAMPANHA, G. A. C.; ENS, H. H.; PONÇANO, W. L. (1994) *Análise
Morfotectônica do Planalto do Juqueriquerê, São Sebastião*. *Revista Bras.
de Geociências*; 24 (1): 32- 42.
- CANDIA, M.A.F. & GIRARDI, V.A.V. (1985) *Geologia e petrologia dos complexos
máficos e ultramáficos de Mangabal I e Mangabal II, Sanclerlândia, Goiás*.
Rev. Bras. Geociências, 15(3): 221-230

- CARMICHAEL, I.S.E., TURNER, F.J., VERHOOGEN, J. (1974) *Igneous Petrology*. 739 pp., McGraw-Hill Book Comp., N.Y., London, Paris.
- CAWTHORN, R.G. (1996) *Layered Intrusions*. 531pp., Elsevier Science B.V. Amsterdam , Netherlands.
- CLARKE, D. (1993) *NEWPET: Shareware Program for Geochemical data treatament*. Centre for Earth Resources Research, Memorial University of Newfoundland, Canada.
- COUTINHO, J.M.V., ENS, H.H., RODRIGUES, E.P., TASSINARI, C.C.G. (1991) *Mafic dyke swarms in the northern coast of São Paulo, Brazil*. In: Inter. Symp. Mafic Dykes, Ext. Abstracts; 11-115, IGc-USP/SBGq, São Paulo.
- COUTINHO, J.M.V., ENS, H.H. (1992) *Diques lamprofíricos e diferenciados carbonatíticos da região de São Sebastião e Itanhaém - São Paulo (resultados preliminares)*. In: 37º Cong. Bras. Geol., Bol. Resumos Exp, 1: 512-513, SBG, São Paulo.
- COX, K.G., BELL, J.D., PANKHURST, R.J. (1979) *The interpretation of igneous rocks*. – 450 p., George Allen & Unwin, London.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A., & ZUSSMAN, J. (1977) *An introduction to the rocks forming minerals*. London, Longman. 538p.
- DERBY, O.A. (1887) *On Nepheline rocks in Brazil; with special reference to the Association of Phonolite and Foyaite*. Geol. Soc. London, Quart. Journ., 43(Part 1): 457-473.
- DERBY, O.A. (1891) *The Tinguá Mass*. Geol. Soc. London, Quart. Journ., 47 (Part 2): 251-265.
- ENRICH, G.E.R. (2000) *Geologia e Química Mineral da Ilha Monte de Trigo, Litoral Norte do Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, 277p. IG USP, São Paulo.
- FRANÇA, ARY (1944) *Nota sobre a geografia da Ilha de São Sebastião* . Boletin da Associação dos Geógrafos Brasileiros, ano 4, Bol. 5: 49-59.
- FREITAS, R.O. (1976) *Definição petrológica, estrutural e geotectônica das cintas orogênicas antigas do litoral norte do Estado de São Paulo*. Inst. Geológico . Secr. Agricultura Estado de São Paulo, Bol. 1:176 pp.

- FREITAS, R.O. (1947) *Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião*. F.F.C.L. (Fac. Fil., Ci. e Letras), U.S.P., Bol. 85: 244 p., 1 mapa (Geologia 3), São Paulo.
- FREITAS, R.O. (1944) *Geomorfogênese da Ilha de São Sebastião*. Boletim da Associação dos Geógrafos Brasileiros , ano 4, Bol. 4: 16-30.
- FREITAS, R.O. (1944) *Mineralogia e Metalurgia*. Vol. 8 nº 43: 45-48.
- FODOR, R.V., CORWIN, C., ROISENBERG, A. (1985): *Petrology of Serra Geral (Paraná) continental flood basalts, southern Brazil: crustal contamination, source material and South Atlantic magmatism*. – Contrib. Mineral. Petrol., 91: 54-65.
- FUJIMORI, S. (1990) *Composição Química de Rochas e suas aplicações*. Centro Editorial e Didático da UFBA. Salvador. 207p.
- GALLI, V. (1987) *Carta gravimétrica do Estado de São Paulo*. Encontro Regional de Geofísica, Salvador (SBG). Boletin de Resumos, 2:73-74.
- 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. (1997): *Os álcali basaltos das porções adjacentes ao canal de São Sebastião (litoral Norte do Estado de São Paulo)*. In: 6º Cong. Bras. Geoquímica, Anais, 2: 831-835, SBGq., Salvador.
- GARDA, G.M., SCHORSCHER, H.D. (1996) *Os diques costeiros básicos e ultrabásicos adjacentes ao canal de São Sebastião (Litoral Norte do estado de São Paulo)*. Rev. IG São Paulo, 17(1/2):7-31.
- GARDA, G.M., SCHORSCHER, H.D. (1995) *Os piroxênios dos diques máficos e ultramáficos do litoral entre São Sebastião e Ubatuba, SP*. In: 5º Cong. Bras. Geoquímica, CD-ROM de Resumos Expandidos, SBGq., Niterói.
- GARDA, G.M., SCHORSCHER, H.D. (1994) *Os diques máficos e ultramáficos da região costeira entre São Sebastião e Ubatuba, São Paulo, SP*. In: 38º Cong. Bras. Geol., Bol. Resumos Expandidos, 3: 62-63, SBG, Camburiú.

- GARDA, G.M., JULIANI, C., SCHORSCHER, H.D., NEUMANN, R., BOHLAND NETO, F. (1992) *Vulcanismo recorrente e feições geológicas afins em diques básico-ultrabásicos da Praia Vermelha do Sul, Município de Ubatuba/SP*. In: 2a Jornadas Científicas do IG-USP, Resumos, Bol. IG-USP, Publ. Especial 12: 45-46, 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*. An. Acad. bras. Ci., 67 (Supl. 2, vol. ISUM): 191-216, Rio de Janeiro.
- GARDA, G.M., SCHORSCHER, H.D., WALDRON, H., EGGINIS, S. (1994) *Trace-element characteristics of the lamprophyric dykes from the north coast of São Paulo, Brazil*. In: ISUM, Extended Abstracts: 106-107, CPRM/FAPESP, São Paulo.
- GILL, R.C.O. AND BRIDGWATER, D. (1979) *Early Archaean Basic Magmatism in West Greenland: The geochemistry of the Ameralik Dykes*. Journal of Petrology, 20 (Part IV): 695-726.
- GIRARDI, V.A.V (1991) *Contribuição ao conhecimento de associações mafico-ultramáficas precambrianas: desenvolvimento e estágio atual do estudo*. In: Jornadas Científicas do IG-USP, Resumos, Bol. IG-USP, Publ. Especial 9: 41-45, São Paulo.
- GIRARDI, V.A.V & KURAT, G. (1982) *Precambrian lower crustal mafic and ultramafic rocks of the Cana Brava Complex Brazil: mineral composition and evolution*. Rev. Bras. Geociências, 12(1-3): 312-323.
- GIRARDI, V.A.V & RIVALENTE, G. (1986) *The petrogenesis of the niquelândia layered basic-ultrabasic Complex, Central Goiás, Brasil*. Journal of Petrology, 27: 715 – 744.
- GUIMARÃES, D. (1960) *Fundamentos da Petrologia e as rochas ígneas do Brasil*. Dep. Nac. de Prod. Min. Divisão de Fomento da Produção Mineral. Boletim 107, 409 pp., D.N.P.M., Rio de Janeiro.

- 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. (coords.): Geologia do Brasil, 501 pp., D.N.P.M.-D.G.M., Brasília.
- HENNIES, W.T. & HASUI, Y. (1977) *Contribuição ao reconhecimento da geologia da ilha de São Sebastião*. Simp. Geol. Reg., SBG (São Paulo), 1: 199-209.
- HENNIES, W.T. & HASUI, Y. (1968) *Geocronologia das rochas eruptivas da Ilha de São Sebastião, SP*. In: 22º Cong. Bras. Geol., Atas. 145-148, SBG, Belo Horizonte.
- HYNDMAN, D. W. (1972) *Petrology of igneous and metamorphic rocks*. New York, McGraw-Hill, Inc. 533 p
- HODSON, M. (1998) *The origin of igneous layering in the Nunarssuit syenite, south Mark Greenland*. Mineralogical Magazine, 62 (1) : 9 - 27
- HOOVER, S.R.; FODOR, R.V. (1997) *Magma-reservoir crystallization processes: small-scale dikes in cumulate gabbros, Mauna Kea Volcano, Hawaii*. Bulletin of Volcanology, 59 (3): 186-197.
- IRVINE, T. N. (1982) *Terminology for Layered Intrusions*. Journal of Petrology, 23 (Part. 2): 127-162.
- JONHNSON, A. M. (1970) *Physical Processes in Geology*. Cap. II, Flexures, Pp. 30-72, Ed. Freeman, Cooper & Company . 576 pages.
- KRONBERG, B.I., TAZAKI, K., MELFI, A.J. (1987) *Detailed geochemical studies of the initial stages of weathering of alkaline rocks: Ilha de São Sebastião, Brazil*. Chem. Geol., 60: 79-88.
- LE MAITRE, R.W.(EDITOR), BATEMAN, P., DUDEK, A., KELLER, J., LEMEYRE, J., LE BAS, M.J., SABINE, P.A., SCHMID, R., SØRENSEN, A., STRECKEISEN, A., WOOLLEY, A.R., ZANETTIN, B. (1989) *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. 193 pp., Blackwell Sci. Publ., Oxford, London.
- LEONARDOS, O.H., OLIVEIRA, A.I. de (1943) *Geologia do Brasil*. Serviço de Informação Agrícola. Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro. Brasil. 2ª edição, 813 p.

- LIMA, G.A. & SCHORSCHER, 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
- MAFRA, C. DE Q.T. (2000) *Geologia Estrutural do Embasamento Cristalino na região de São Sebastião, SP: Evidências de um domínio transpressivo*. Dissertação de Mestrado. 113pp. IG.USP / SP.
- MANTOVANI, M.S.M., MARQUES, L.S., DE SOUZA, M.A., CIVETTA, L., ATALLA, L., INNOCENTI, F. (1985) *Trace element and strontium isotope constraints on the origin and evolution of Paraná continental flood basalts of Santa Catarina State (Southern Brazil)*. – J. Petrol., 26: 187-209.
- MCBIRNEY, A. R. (1987) *Constitutional zone refining of layered intrusions*. Pages 437-452, Parsons-Ian (editor): *Origins of igneous layering*, 666 pp, NATO ASI Series. Series C: Mathematical and Physical Sciences. 196; D. Reidel Publishing Company. Dordrecht-Boston, International.
- MCBIRNEY, A.R.M.; NICOLAS, A. (1997) *The Skaergaard Layered Series. Part II Magmatic flow and dynamic layering*. Journal of Petrology, 38: 569-580.
- MCBIRNEY, A. R. (1998) *The Skaergaard Layered Series. Part V. Included trace elements*. Journal of Petrology, 39 (2): 255 - 276.
- MCBIRNEY, A. R. (1984) *Igneous Petrology*. Freeman, Cooper & Company. San Francisco, California, 509 p.
- MCDONALD, G.A., KATSURA, T. (1964) Chemical composition of Hawaiian lavas. – J. Petrol., 5: 83-133.
- MACKENZIE, W. S., DONALDSON, C. H. & GUILFORD, C. (1982) *Atlas of igneous rocks and their textures*. London, Longman. 148p.
- MESCHEDE, M. (1986) *A method of Discrimination Between Different Types Mid-Ocean Ridge Basalts and Continental Tholeiites with the Nb – Zr – Y Diagram*. Chemical Geology, 56: 207 - 218 pp. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam. Printed the Netherlands.
- MIYASHIRO, A. (1978) *Nature of alkalic volcanic rock series*. – Contrib. Mineral. Petrol., 66: 91-104.

- MINIOLI, B. (1971) *Datações K-Ar em rochas localizadas no litoral norte do Estado de São Paulo*. An. Acad. Brasil. Ci., 43 (2): 443-448.
- MONTES-LAUAR, C.R. (1993) *Paleomagnetismo de rochas magmáticas mesozóico-cenozóicas da plataforma Sul-Americana: estudo etc..* Tese de Doutoramento, 206p., apêndice, IAG-USP, São Paulo.
- MONTES-LAUAR, C.R., PACCA, I.G., MELFI, A.J., KAWASHITA, K. (1995) *Late Cretaceous alkaline complexes, southeastern Brazil: Paleomagnetism and geochronology*. Earth and Planetary Sci. Lett, 134: 425-440.
- NOCKOLDS, S.R., KNOX, R.W.O'B., CHINNER, G.A. (1978) *Petrology for Students*. 435 pp., Cambridge Univ. Press, London, N.Y.
- PARSONS, I. (1979) *The Klokken Gabbro – Syenite Complex, South Greenland: Cryptic Variation and Origin of Inversely Graded Layering*. Journal of Petrology, 20(Part. IV): 653 - 694.
- PARSONS, I., BECKER, S.M. (1987) *Layering, compaction and post-magmatic processes in the Klokken Intrusion*. Pages 29-92, in Parsons, I. (ed.): *Origins of igneous layering*, 666 pp., NATO ASI Series, Ser. C, vol. 196, D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht.
- PEARCE, J. A., CANN, J. R. (1973) *Tectonic Setting of Basic Volcanic Rocks determined using trace element analyses*. Earth Planetary Science Letters, 19: 290 - 300 pp. North Holland Publishing Company.
- PEARCE, J. A. (1976) *Statistical analysis of major elements patterns in basalts*. Journal of Petrology, 17 (part. 1): 15 - 43 pp.
- PEARCE, T. H., GORMAN, B. E. AND BIRKETT, T. C. (1975) *The TiO₂ – K₂O – P₂O₅ Diagram: A method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts*. Earth Planetary Science Letters, 24: 419 - 426 North Holland Publishing Company, Amsterdam. Printed the Netherlands.
- PEARCE, T. H., GORMAN, B. E. AND BIRKETT, T. C. (1977) *The relationship between major elements chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks*. Earth Planetary Science Letters, 36: 121 - 132 North Holland Publishing Company, Amsterdam. Printed the Netherlands.

- PETERSEN, J. S. (1987) *Solidification contraction; another approach to cumulus processes and the origin of igneous layering*. Pages 505-526, Parsons-Ian (editor):Origins of igneous layering, 666 pp, NATO ASI Series. Series C: Mathematical and Physical Sciences. 196;D. Reidel Publishing Company. Dordrecht-Boston, International.
- PHILPOTTS, A. R. (1989) *Principles of igneous and metamorphic petrology*. 571 p. Prentice Hall, Englewood cliffs, New jersey.
- PHILPOTTS, A. R. (1989) *Petrography of Igneous and Metamorphic rocks*. Englewood Cliffs. Prentice Hall. 178p.
- RICHARD, L. R. (1994) *MINPET Version 2.02*. Mineralogical Petrological Data Processing System for Windows. Quebec (Canada).
- ROLLINSON, H. (1993) *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. – 352 p., Longman Scientific & Technical, New York.
- SHAW, C. S. J. (1997) *The petrology of the layered gabbro intrusion, eastern gabbro, Mark Coldwell alkaline complex, northwestern Ontario, Canada: evidence for multiple phases of intrusion in a ring dyke*. Lithos, 40 (2-4): 243-259.
- SHERVAIS, J.W. (1982) *Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas*. – Earth Planet. Sci. Lett., 57: 101-118.
- SCHOBENHAUS, C., CAMPOS, D.A., DERZE, G.R., ASMUS, H.E. (COORDS.) (1981) *Mapa Geológico do Brasil (1:2.500.000)*. 4 Folhas, D.N.P.M.-D.G.M., Brasília.
- SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS, D.A. (1984) *A evolução da plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais*. Cap. 1: 9-53, In: C. Schobenhaus et al. (coords.): *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.
- SONOKI, I. K. & GARDA, G. M. (1988) *Idades K-Ar de Rochas Alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: Compilação e Adaptação às novas constantes de decaimento*. Bol. IG-USP, Sér. Cient., 19: 63-85.

- SORENSEN, H.S.; WILSON, J.R. (1996) *Petrology of the Treknattan intrusion in the Fongen-Hyllingen complex, Trondheim region, Norway: A late intrusion into an evolved layered complex.* Lithos, 38 (3-4):109-127.
- SUN, S.S.; McDONOUGH, W.F. (1989) – *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes.* In: Saunders A. D. and Norry M. J. (eds.), Magmatism in ocean basins. Geol. Soc. London. Spec. Pub. 42: 313 - 345.
- TAYLOR, S.R.; MCLENNAN, S.M. (1985) *The Continental Crust: its composition and evolution.* Scientific Publications Blackwell. 312 p.
- TEGNER, C.; DUNCAN, R.A.; BERNSTEIN, S.; BROOKS,C.K.; BIRD, D.K.; STOREY, M. (1998) *Ar-40-Ar-39 geochronology of Tertiary mafic intrusions along the East Greenland rifted margin: Relation to flood basalts and the Iceland hotspot track.* Earth and Planetary Science Letters, 156 (1-2):75-88.
- TROGER, W. E. (1979) *Optical determination of rocks forming minerals. Part 1 (Determinative tables).* English edition of the fourth German ed. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche. 191p.
- TURNER, F. J. & VERHOOGEN, J. (1960) *Igneous and metamorphic petrology.* New York, McGraw-hill Book Co.
- WAGER, L.R.; BROWN, G.M. E WADSWORTH, W.J. (1960) *Types of Igneous Cumulates.* Journal of Petrology, 1(Part. 1): 73 - 85.
- WILLIANS, H.; TURNER, F.J. E GILBERT, C. M. (1970) *Petrografia: Uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas.* São Paulo, Polígono. 445p.
- WILSON, M. (1989) *Igneous Petrogenesis a global tectonic approach.* – 466 p., Unwin Hyman, London.
- WOOD, D. A., JORAN, J. L., TREUIL, M. (1979) *A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings.* Earth Planetary Science Letters, 45: 326-336 North Holland Publishing Company, Amsterdam. Printed the Netherlands.
- YARDLEY, B. W. (1994) *Introdução a petrologia metamórfica.* Brasília, Edunb. 340p.

ERRATA

Pág. ii Fig. 7.3.4 leia-segabros estudados.

Pág. ii Fig. 7.3.14, leia-sebrechas gábricas.

Pág. iii Tabela 6.2.4 leia-seem veios.

Pág. iii Tabela 7.3.7, leia-seveios tardios.

Pág. 14 - Parágrafo 3, 3^a linha, leia Praia da Armação ao invés de Pedra do Sino.

Pág. 21 - leia-se na última linha (pranchas 2 a 4, 6 e 7).

Pág. 42 - na sexta linha do 2º parágrafo leia-se partes.

Pág. 44 - Para as amostras I - AR - 4A e I - AR - 3, as percentagens corretas são as seguintes: I - AR - 4A: Pl. 50-55%, Cpx - 20%, Op. 15%, mantendo o restante dos valores, excluindo o mineral quartzo e muscovita, ambos não ocorrem. Já a amostra I - AR -3, desconsidere os valores de Opx, que não ocorre e de muscovita, que ocorre como traço, e acrescente F.K 50-55%, Pl. 25-30%, Op. 3-5%, Qtz. 4-5%, mais os fenocristais Ol.1-2%, Cpx 1% e Pl. 3%,,

Pág. 47 - leia-se biotita/flogopita.

Pág. 57 - Prancha 10 - Fotos 1 a 6, onde lê-se (nicóis), leia-se polarizadores e onde lê-se aum 1x, para as fotos 1 a 2 e 4 a 6, lado maior medindo 1,65 cm e para as fotos 3 e 5, lado maior medindo 1,76 cm.

Pág. 58 - Prancha 11 - Fotos 1 a 6, onde lê-se (nicóis), leia-se polarizadores e onde lê-se aum. de 1,0 e 1,5 x, leia-se para as fotos 1,2 e 4 a 6, lado maior medindo 1,65 cm e para a foto 3, lado maior medindo 1,1 cm.

Pág. 59 - Prancha 12 - onde lê-se (nicóis) leia-se polarizadores e onde lê-se aumento de 1x, leia-se lado maior para as fotos 1 a 6 de 1,72 cm.

Pág. 60 - Prancha 13 - Fotos 1 a 4, onde lê-se (nicóis), leia-se polarizadores e onde lê-se aum. de 1,0 e 1,5 x, leia-se para as fotos 1 a 3, lado maior medindo 1,94 cm e foto 4, lado maior medindo 1,32 cm.

Pág. 61 - Prancha 14 - Fotos 1 a 6, onde lê-se (nicóis) leia-se polarizadores, na foto 2 onde lê-se concêntrico, leia-se zonas múltiplas idiomórficas. Nas fotos 1, 4, 5 e 6 onde lê-se aum..., leia-se lado maior medindo 2,50 mm, na foto 2, lado maior medindo 8 mm e na foto 3, lado maior medindo 1,00 mm.

Pág. 62 - Prancha 15 - Fotos 1 a 6, onde lê-se (nicóis) leia-se polarizadores. Nas fotos 1 a 3 e 6 onde lê-se aum..., leia-se lado maior medindo 2,50 mm e nas fotos 4 e 5, lado maior medindo 1,00 mm.

Pág. 64 - tabela 7.1 – Nachwgr = limites de detecção e padrões = óxidos e respectivamente elementos.

Pág. 70 - na penúltima linha, onde lê-se clan, leia-se clã.

Pág. 84 - onde lê-se tephritos, leia-se tefritos.

Pág. 126 – Fig. 7.3.10 – F, os valores de Cr e Ni estão incorretos, já que estes são próximos ao padrão.

Pág. 138 - onde lê-se 1,5 – 4 de CaO, leia-se 1,5 – 4% de CaO.

Pág. 139 - onde lê-se as amostras, leia-se das amostras.

Pág. 162 - incluir a referência de Coutinho, J.M. e Melcher, G.R.: 1973 – Levantamento Geológico e Petrográfico na Ilha Monte de Trigo (Litoral Norte de São Paulo – Brasil) – Rev. Bras. de Geoc., vol. 3 pp 243-256.

YODER, H.S., TILLEY, C.E. (1962) *Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems.* — J. Petrol., 3: 342-532.