UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CONTRIBUIÇÃO À GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DO DOMÍNIO SÃO ROQUE E DA NAPPE DE EMPURRÃO SOCORRO-GUAXUPÉ NA REGIÃO DE IGARATÁ E PIRACAIA, SP

CELIA DIANA RAGATKY

Orientador: Prof. Dr. Colombo Celso Gaeta Tassinari

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
TZ533
U. S. P.

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Colombo Celso G. Tassinari	
Examinadores:	Prof. Dr. Antonio Carlos Artur	
	Prof. Dr. Caetano Juliani	
	Prof. Dr. Ian McReathy	
	Prof. Dr. Márcio Martins Pimentel	

SÃO PAULO
1998

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CONTRIBUIÇÃO À GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DO DOMÍNIO SÃO ROQUE E DA NAPPE DE EMPURRÃO SOCORRO-GUAXUPÉ NA REGIÃO DE IGARATÁ E PIRACAIA, SP.

Diana Ragatky

Orientador: Prof. Dr. Colombo Celso Gaeta Tassinari

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T2533
U. S. P.

TESE DE DOUTORAMENTO

Área de Concentração: Geoquimica e Geotectônica

DEDALUS - Acervo - IGC
30900005458

SÃO PAULO
1997

A mi padre, Isaac

A minha madre, Berta, *In memorian*

ERRATA

Página 11, 2° linha: onde se lê " ...Jäger (1977), leia-se "...Jäeger (1977).

Página 14,: 3° parágrafo, 1° linha, onde se lê: "...Campos Neto & Figueiredo (1994)...", leia-se "...Campos Neto & Figueiredo (1992)...".

Página 14, 5° parágrafo, última linha: onde se lê: "...é controlada pelas falhas (Sadowski 1970)...", leia-se: : "...é controlada pelas falhas (Hasui & Sadowski 1976).

Página 15, 2° parágrafo, 2° linha: onde se lê "...Campos Neto 1984..." leia-se "... Campos Neto 1985...".

Página 15, 2° título; onde se lê: "...2.2.2 Domínio São Roque...", leia-se "...2.2.1 Domínio São Roque...".

Página 17, subtítulo: ; onde se lê: "...2.2.1 Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé...", leia-se "...2.2.2 Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé...".

Página 18 (sem numeração), 3° parágrafo, 3° linha: onde se lê "...Juliani & Beljavskis 1986...", leia-se "...Juliani *et al.* (1986)...".

Página 21, 1° parágrafo, penúltima linha: onde se lê: "...dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque, respectivamente.", leia-se "...dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque.".

Página 30: Incluir folha em anexo.

Página 32, 3° parágrafo, 2° linha: onde se lê: "...de médio a alto K...", leia-se "...alto K a shoshonítico...".

Página 24, 1° parágrafo, 6° linha: onde se lê "...feldespatofato...", leia-se "...feldspato...".

Página 40, 2° parágrafo, 6° linha: onde se lê: "... (Figura 3.14).", leia-se "...(Figura 3.15)".

Página 40, 2° parágrafo, última linha: onde se lê: "... (Figura 3.15).", leia-se "...(Figura 3.14)".

Página 40, 3° parágrafo, 7° linha: onde se lê: "...62% e 78%...", leia-se "...62% e 74%...".

Página 40, 3° parágrafo, 10° linha: onde se lê: "...Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO, MnO, P_2O_5 e Na_2O...", leia-se: "...Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO e Al_2O_3".

Página 50, subtítulo: onde se lê: "4.3.3. Geocronologia e geologia isotópica.", leia-se: "4.2.3. Geocronologia e geologia isotópica."

Página 50, último parágrafo, 4° linha: onde se lê: "...Tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. Os resultados geocronológicos e parâmetros isotópicos constam na Tabela 3.5", leia-se: "...Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3. Os resultados geocronológicos e parâmetros isotópicos constam na Tabela 3.4".

Página 55, tabela, 1° linha, 4° coluna: onde se lê: "(2) NT", leia-se "(1) NT".

Página 55, referências da tabela, 2° linha: onde se lê: "(1) = Dados Tassinari (1988) e nesta pesquisa; (2) Tassinari (1988), leia-se: "(1) Dados Tassinari (1988); NT = nesta pesquisa".

Página 57, (falta numeração): onde se lê "Tabela 3.5...", leia-se: "Tabela 3.4...".

Página 65, 3° parágrafo, 8° e 9° linha: onde se lê: "...mais negativos, entre -9 a -15,estariam relacionadas rochas que apresentaram TDM vinculados...", leia-se: "...mais negativos, entre -9 e -15, estariam relacionadas rochas que apresentaram T_{DM} vinculadas...".

Página 66, 2° parágrafo, 6° linha: onde se lê: "...linha de correlação oceânica atual...", leia-se "...linha de Correlação Oceânica Atual...".

Página 69, 1° parágrafo, 5° linha: onde se lê: "...(Figuras 3.29 a, b)...", leia-se "...(Figuras 3.29 e 3.30)...".

Página 70, penúltima linha: onde se lê: "Um modelo que possivelmente explicaria os dados obtidos, seria aquele proposto por Hildreth & Moorbath (1988) para explicar a origem dos magmas das...", leia-se: Um modelo que possivelmente explicaria os dados obtidos, seria aquele proposto por Hildreth & Moorbath (1988) para explicar a origem dos magmas das "seqüências cálcio-alcalinas de margens continentais ativas, denominado abreviadamente de MASH (*melting, assimilation, storage and homogeneization*).

Página 72, 8° linha: onde se lê: "...Tassinari *et al* (1987)...", leia-se: "...Tassinari *et al.* (1988)...".

Página 77, 1° parágrafo, última linha: onde se lê "...Ebert *et al.* (1995)...", leia-se: "...Ebert *et al.* (1996)...".

Página 92, 4° parágrafo, 2° linha: onde se lê: "...Tabela 4.13.", leia-se "...Tabela 4.2."

Página 97, 2° parágrafo, 2° linha; onde se lê: "...(média de 46 ppm de Cr e 17 ppm de Ni versus 27 ppm e 9 ppm, respectivamente...", nos granitos tipo I e S do Lachland Fold Belt).", leia-se: "...(média de 46 ppm de Cr e 17 ppm de Ni para os granitos tipo I e 17 ppm de Cr e 9 ppm de Ni nos granitos tipo S do Lachland Fold Belt).".

Página 104: 2° parágrafo, 4° linha: onde se lê "...(Basei *et al.* 1994)...," leia-se "...(Basei *et al.*1995)..."

Página 104: 2° parágrafo, 2° linha: onde se lê "...a época do metamorfismo principal que teria gerado as rochas granulíticas da base da nappe foi posicionado em 650 Ma (Basei *et al.* 1994)...," leia-se "...a época do metamorfismo principal foi posicionado em torno de 650 Ma (Basei *et al.*1995, Ebert *et al.* 1996)..."

Página 104, 2° parágrafo, 10° linha: onde se lê: "...pelos granitóides Itaquí, Socorro e Bragança Paulista...", leia-se: "..."...pelos granitóides Bragança Paulista (Complexo Socorro) e Itaquí...".

Página 104, 2° parágrafo, 16° linha: onde se lê: "...pelo Granito Serra do Lopo...", leia-se : "...pelo Granito Serra do Lopo (Complexo Socorro)...".

Página 105, 2° parágrafo,6° linha: onde se lê: "...por Söllner *et al.* 1991...", leia-se "...por Söllner *et al.* (1991, *In*: Machado et al 1996)...".

Página 106 (3° parágrafo, 2° linha'): onde se lê "...Campos Neto & Figueiredo (1994, 1995)... , leia-se "...Campos Neto & Figueiredo (1992, 1995)"...".

Página 107: (1° linha): onde se lê "...com o Domínio Embú..." leia-se "...com o Domínio São Roque...".

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS I

RESUMO II

ABSTRACT IV

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO 1

1.1 Localização da área de pesquisa 1
1.2 Objetivos da pesquisa 1
1.3 Metodologias de trabalho 3
1.3.1 Sobre a organização da tese 3
1.3.2 Trabalhos de campo 4
1.3.3 Análises petrográficas 4
1.3.4 Análises química em rocha total 5
1.3.5 Análises isotópicas 6
Metodologia Rb/Sr 6
Metodologia U/Pb 9
Metodologia Sm/Nd

CAPÍTULO 2: CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOTECTÔNICO 12

2.1 Enquadramento tectônico regional da área de estudo 12
2.2 Domínios tectônicos da área 15
2.2.1 Domínio São Roque 15
2.2.2 Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé 16

CAPÍTULO 3: DOMÍNIO SÃO ROQUE 18

3.1 Seqüências metavulcanossedimentares 18
3.1.1 Litoestratigrafia: características gerais. 18
Grupo Serra do Itaberaba 18
Grupo São Roque 19
3.1.2 Aspectos estruturais 20
3.2 Granitóides intrusivos 22
3.2.1 Características gerais dos maciços 27
3.2.2 Características geoquímicas gerais 32
3. 3 Geocronologia e geologia isotópica 50
Metodologias Rb/Sr e U/Pb 58
Idades Sm/Nd modelo manto empobrecido e características isotópicas dos granitóides intrusivos no Domínio São Roque. 60
3.4 Ambientação tectônica
3.5 Considerações gerais 70

CAPITULO 4: DOMÍNIO DA NAPPE DE EMPURRÃO SOCORRO-GUAXUPÉ 73

4.1 Aspectos litoestratigráficos 73
Complexo Piracaia 73
Granito Nazaré Paulista 74
4.2 Aspectos estruturais 77
4.3 Características geoquímicas 78
Complexo Piracaia 78
Granito Nazaré Paulista 84
4.4 Geocronologia e geologia isotópica 86
Complexo Piracaia 87
Granito Nazaré Paulista 93
4.5 Considerações gerais 96

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS 98

5.1 Síntese dos resultados 98

5.2 Integração com os dados regionais 104

BIBLIOGRAFIA 108

ANEXOS 116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de localização da área de pesquisa e principais vias de acesso 2

Figura 2.1: Situação geotectônica da área de pesquisa 13

Figura 3.1: Mapa geológico simplificado da área de pesquisa. 18

Figura 3.2: Diagrama modal Q-A-P para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba 27

Figura 3.3: Diagrama modal Q-A-P para os granitóide do subdomínio São Roque. 29

Figura 3.4: Diagrama álcalis *versus* SiO_2 (% em peso) para as rochas granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba. com a subdivisão dos campos de rochas alcalinas e sub-alcalinas segundo Irvine & Baragar (1971). 33

Figura 3.5: Diagrama AFM para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba, com a delimitação dos campos toleítico e cálcio-alcalino 33

Figura 3.6: Diagrama K_2O *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba, com a delimitação dos campos composicionais segundo Peccerillo & Taylor (1976). 34

Figura 3.7: Diagrama A/CNK *versus* A/NK (razões moleculares) baseado nos índices de Shand (*in*: Maniar & Píccoli 1989), para as rochas granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba. 35

Figura 3.8: Classificação química dos granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba, no diagrama QAP normativo de Le Maitre (1989). 35

Figura 3.9: Diagramas de variação dos óxidos dos elementos maiores e menores *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba. 36

Figura 3.10: Diagramas de variação de elementos traços (ppm) *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba. 38

Figura 3.11: Padrões dos elementos terras raras

normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba 39

Figura 3.12: Diagrama álcalis *versus* SiO_2 (% em peso) para as rochas granitóides do subdomínio São Roque, com a subdivisão dos campos de rochas alcalinas e sub-alcalinas segundo Irvine & Baragar (1971). 41

Figura 3.13: Diagrama AFM para os granitóides do subdomínio São Roque, com a delimitação dos campos toleítico e cálcio-alcalino 41

Figura 3.14: Diagrama K_2O *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio São Roque, com a delimitação dos campos composicionais segundo Peccerillo & Taylor (1976). 42

Figura 3.15: Diagrama A/CNK *versus* A/NK (razões moleculares) baseado nos índices de Shand (*in*: Maniar & Píccoli 1989), para as rochas granitóides do subdomínio São Roque. 43

Figura 3.16: Classificação química dos granitóides do subdomínio São Roque, no diagrama QAP normativo de Le Maitre (1989). 44

Figura 3.17: Diagramas de variação dos óxidos dos elementos maiores e menores *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio São Roque. 45

Figura 3.18: Diagramas de variação de elementos traços (ppm) *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio São Roque. 45

Figura 3.19: Padrões dos elementos terras raras normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para os granitóides do subdomínio São Roque 47

Figura 3.20: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para o Maciço Barro Branco. 58

Figura 3.21: Diagrama Concórdia para o Maciço Barro Branco. 59

Figura 3.22: Diagrama Concórdia para o Maciço Mato Mole. 61

Figura 3.23: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para o Maciço Machado. 62

Figura 3.24: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para o Maciço Imbiruçu. 63

Figura 3.25: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para o Maciço Morro Azul. 64

Figura 3.26: Diagrama ε_{Nd} *versus* ε_{Sr} para as rochas do Domínio São Roque. 67

Figura 3.27: Diagrama ε_{Nd} *versus* ε_{Sr} com os campos delimitados por DePaolo & Wasserburg (1979) para os granitóides do Domínio São Roque. 68

Figura 3.28: Diagrama de evolução do Nd versus Tempo geológico para os granitóides do Domínio São Roque. 70

Figura 3.29: Diagrama de ambientação tectônica (Batchelor & Bowden 1985) para os granitóides do subdomínio São Roque. R_1 e R_2 em proporções milicatiônicas. 71

Figura 4.1: Classificação química das rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, no diagrama QAP normativo de Le Maitre (1989). 79

Figura 4.2: Diagrama A/CNK *versus* A/NK (razões moleculares) baseado nos índices de Shand (*in*: Maniar & Píccoli 1989), para as rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé. 79

Figura 4.3: Diagramas de variação dos óxidos dos elementos maiores e menores *versus* SiO_2 (% em peso) para as rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé. 80

Figura 4.4: Diagramas de variação de elementos traços (ppm) *versus* SiO_2 (% em peso) para as rochas do Domínio a Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé. 82

Figura 4.5: Padrões dos elementos terras raras normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para as rochas gnáissicas do Complexo Piracaia (a) e do Granito Nazaré Paulista (b, c), do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé. 83

Figura 4.6: Isócrona Sm/Nd em rocha total - granada para o paragnaisse do Complexo Piracaia. 90

Figura 4.7: Isócrona Sm/Nd em rocha total - granada para o Granito Nazaré Paulista. 93

Figura 4.8: Diagrama ilustrando o fracionamento do Sm e Nd durante um processo de fusão crustal e as conseqüências sobre o valor de T_{DM} calculado (adaptado de Nelson & DePaolo 1985 e Sato 1997). 94

Figura 4.9: Diagrama de evolução do Nd *versus* Tempo geológico para os granitóides e gnaisses do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro - Guaxupé. 95

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 3.1: Amostra de mão exibindo bandamento gnáissico do Maciço Barro Branco (ponto 6). 25

Foto 3.2: Amostra de mão exibindo passagem transicional entre as fácies fina e grossa do Maciço Barro Branco (ponto 6). 25

Foto 3.3: Fotografia da fácies fina do Maciço Barro Branco exibindo dobramento (ponto 8, afloramento sobre a Rodovia Dom Pedro II) 26

Foto 3.4: Fotografia mostrando aspecto do Maciço Moinho em amostra de mão (ponto 12 sobre a Rodovia Dom Pedro II). 26

Foto 3.5: Fotografia de amostra de mão de uma fácies do Maciço Morro do Pão exibindo foliação definida por agregados de hornblenda e biotita (seta, ponto 34). 30

Foto 3.6: Fotografia de amostra de mão da fácies mais diferenciada do Maciço Morro do Pão exibindo foliação (ponto 32). 30

Foto 4.1: Aspecto bandado do Granito Nazaré Paulista (ponto 1, sobre a Rodovia Dom Pedro II). Observa-se a maior concentração de *clots* de granada e biotita na fácies hololeucocrática. 75

Foto 4.2: Fácies hololeucocrática do Granito Nazaré Paulista cortando e englobando porções do paragnaisse do Complexo Piracaia (ponto 1, sobre a Rodovia Dom Pedro II). 75

Foto 4.3: Fotografia de amostra de mão das fácies cinza e hololeucocrática do Granito Nazaré Paulista exibindo clots de granada e biotita envolvidos por quartzo azulado (ponto 1, sobre a Rodovia Dom Pedro). 76

Foto 4.4: Fotografia de amostra de mão do paragnaisse do Complexo Piracaia (amostra 1-c, ponto 1). 76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1: Dados analíticos Rb/Sr das rochas do Domínio São Roque. 51

Tabela 3.2: Dados analíticos U/Pb das rochas do Domínio São Roque 52

Tabela 3.3: Dados analíticos Sm/Nd das rochas do Domínio São Roque. 53

Tabela 3.4: Dados geocronológicos e parâmetros isotópicos das rochas do Domínio São Roque. 54

Tabela 4.1: Dados analíticos Rb/Sr das rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro Guaxupé. 86

Tabela 4.2: Dados analíticos Sm/Nd das rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé. 87

Tabela 4.3: Dados geocronológicos e parâmetros isotópicos das rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé. 88

ANEXOS

Anexo 1: Principais características petrográficas das rochas do subdomínio Serra do Itaberaba. 116

Anexo 2: Principais características petrográficas das rochas do subdomínio São Roque. 119

Anexo 3: Análises químicas em rocha total das rochas do subdomínio Serra do Itaberaba.

Anexo 4: Análises químicas em rocha total das rochas do subdomínio São Roque. 123

Anexo 5: Principais características petrográficas das rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé.

Anexo 6: Análises químicas em rocha total das rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé. 129

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de expressar meu agradecimento ao Prof. Dr. Colombo Celso Gaeta Tassinari pela orientação e apoio durante esta pesquisa. E aos professores Koji Kawashita e Wilson Teixeira pelo incentivo recebido em todo momento.

Ao corpo técnico-administrativo do IGc - USP sou especialmente grata pela colaboração recebida.

Aos colegas e amigos que de uma ou outra forma colaboraram na realização desta pesquisa, seja através dos trabalhos de campo, discussões ou, simplesmente, porém não menos importante, pelo apoio recebido, às vezes a distância.

Gostaria de manifestar meu especial agradecimento ao casal Odette e Alex Leques que, em uma demonstração de total confiança cederam sua casa durante a realização da última etapa dos trabalhos de campo.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelas bolsas de estudos recebidas e, a esta última, pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Finalmente, quero manifestar o profundo agradecimento a minha família pelo apoio incondicional.

RESUMO

Grande parte do embasamento do Estado de São Paulo e regiões vizinhas é constituído por ortognaisses e granitóides brasilianos intrusivos em rochas supracrustais. Na região da presente pesquisa, no sudeste do Estado de São Paulo, as seqüências metavulcano-sedimentares são representadas pelo Complexo Piracaia, incluídas no Domínio da Nappe de Empurrão Socorro – Guaxupé, e pelos grupos Serra do Itaberaba e São Roque que constituem o chamado Domínio São Roque.

No âmbito do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, as idades Sm/Nd modelo manto empobrecido (T_{DM}) dos paragnaisses da seqüência metavulcano-sedimentar do Complexo Piracaia variam entre 1,6 Ga e 1,3 Ga, e foram consideradas como idades máximas de deposição. Mesmo representando idades de mistura isto implicaria em assumir uma idade para, pelo menos parte dos protólitos sedimentares, mais nova que 1,3 Ga. São coerentes, em princípio, com a idade T_{DM} próxima de 1,2 Ga de um anfibolito intercalado na seqüência e com a idade em torno de 1,3 Ga de zircões detríticos do Grupo Itapira (Ebert *et al.* 1996), indicando a presença de crosta continental, nesta região, no Meso a Neoproterozóico.

Os estudos realizados através da sistemática Sm/Nd isócrona rocha total - granada permitiram caracterizar a idade do magmatismo sin-colisional representado pelo granitóide Nazaré Paulista como próxima de 600 Ma, e inferir, a partir de suas características químicas e isotópicas, uma gênese bastante complexa não relacionada, pelo menos em forma direta, à seqüência metassedimentar encaixante constituída pelo Complexo Piracaia.

Para as seqüências metavulcano-sedimentares do Domínio São Roque foi calculada a idade Sm/Nd modelo manto empobrecido (T_{DM}) de um anfibolito intercalado na seqüência Serra do Itaberaba. A idade obtida, próxima de 1,7 Ga, foi

interpretada como a idade do vulcanismo basáltico que estaria associado a um processo de rifteamento continental, segundo o modelo reconhecido na literatura para essas seqüências.

Com relação aos granitóides intrusivos nas rochas supracrustais no Domínio São Roque, os trabalhos geológicos realizados permitiram caracterizar, sob o ponto de vista geocronológico e geoquímico, os maciços Barro Branco, Mato Mole, Morro do Pão e, possivelmente, o Maciço da Boa Vista, como sin-tectônicos à Orôgenese Brasiliana; os maciços Machado e Imbiruçu como tardi-tectônicos e o corpo granítico do Morro Azul como pós-tectônico, em concordância com as informações baseadas em estudos petrográficos e de campo.

As idades Sm/Nd modelo manto empobrecido calculadas para os granitóides do Domínio São Roque situaram-se dentro do intervalo de tempo 2,0 Ga e 1,4 Ga. Os valores próximos a 2,0 Ga e 1,8 Ga caracterizaram o Paleoproterozóico como a época provável em que o precursores crustais destes granitóides diferenciaram-se do manto superior, em concordância com a idade das rochas metabásicas do Grupo Serra do Itaberaba, o que pode ser considerado uma evidência de um processo extensivo reconhecido na escala mundial como a Tafrogênese Estateriana. Já os resultados entre 1,6 Ga e 1,4 Ga poderiam significar uma época de acresção continental no Domínio São Roque durante o Mesoproterozóico ou a média das idades de diferenciação mantélica dos protólitos crustais das rochas estudadas e neste caso inferindo, portanto, um evento de adição de material juvenil à crosta continental no final do Mesoproterozóico ou Neoproterozóico.

ABSTRACT

A large part of the basement in São Paulo State, Brasil, and neighbouring regions, is made up by orthogneisses and Brasiliano granitoids intruded into supracrustal rocks. In the area of this study, in southeastern São Paulo State, the meta-volcano-sedimentary units are represented by the Piracaia Complex (in the Socorro-Guaxupé Thrust-Nappe Domain) and by the Serra do Itaberaba and São Roque Groups, which constitute the so called São Roque Domain.

Concerning the Socorro-Guaxupé Thrust-Nappe Domain, depleted mantle Sm/Nd model age (T_{DM}) of the Piracaia Complex metassedimentary sequence obtained through this study vary between 1,6 and 1,3 Ga, and are considered as maximal deposition ages as, even if representing mixture ages, this would imply in assuming an age younger than 1,3 Ga for at least part of the sedimentary protholits. They are in agreement, in principle, with the T_{DM} close to 1,2 Ga of amphibolites intercalated in the sequence and with the age around 1,3 Ga for detritical zircons from the Itapira Group (Ebert *et al.* 1996), thus indicating the presence of continental crust, in this region, in the Meso- to Neoproterozoic.

The studies undertaken through the whole-rock - mineral (garnet) Sm/Nd isochrone systematics permitted to characterize the age of the syncollisional magmatism represented by the Nazaré Paulista granitoid as close to 600 Ma, and to deduce, through its chemical and isotopic characteristics, a rather complex genesis unrelated, at least in direct form, to the surrounding metassedimentary sequence (Piracaia Complex).

In the São Roque Domain, a depleted mantle Sm/Nd model age (T_{DM}) was calculated for an amphibolite intercalated in the Serra do Itaberaba sequence. The age obtained, close to 1,7 Ga, is taken as the age of the basaltic volcanism associated with a continental rifting process, in accordance with the model presented in the literature for these sequences.

As for the granitoids intrusive into supracrustal rocks in the São Roque Domain, the geological work done permitted to characterize, geochronologically and geochemically, the Barro Branco, Mato Mole, , Morro do Pão, and possibly, the Boa

Vista Massifs, as syn-tectonic to the Brasiliano Orogenesis; the Machado and Imbiruçu Massifs as late-tectonic, and the Morro Azul granitic body as post-tectonic, in accordance with information based on field and petrographic studies.

The Sm/Nd ages (T_{DM}) calculated for the granitoids of the São Roque Domain lie in the 2,0 to 1,4 Ga interval. The values close to 2,0 and 1,8 Ga characterize the Paleoproterozoic as the probable time when the crustal precursors of these granitoids differentiated from the upper mantle, in accordance with the age of the metabasic rocks from the Serra do Itaberaba Group, which can be considered as the evidence of an extensive process recognized in a world-wide scale as the Statherian Tafrogenesis. As for the 1,6 and 1,4 Ga results, they may represent a continental accretion event in the São Roque Domain during the Mesoproterozoic, or might represent the average of the mantle differentiation ages of the crustal protoliths for the rocks studied. And, in this case, inferring a juvenile accretional material into continental crust at the end of Mesoproterozoic till Neoproterozoic.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Localização da área de pesquisa

A região alvo da pesquisa situa-se no sudeste do Estado de São Paulo (Figura 1), sendo limitada pelos paralelos 23°15'00"S e 23°00'00"S e pelos meridianos 46°00'00"W e 46°30'00"W, abrangendo as folhas topográficas na escala 1:50.000 Piracaia (SF.23-Y-D-I-1) e Igaratá (SF.23-Y-D-I-2). Inclui parte dos municípios de Piracaia, Nazaré Paulista, Igaratá e São José dos Campos. As principais vias de acesso à área são a rodovia Dom Pedro I (SP-65), a estrada que liga as cidades de Santa Isabel e Igaratá e a que une a cidade de Guarulhos a Nazaré Paulista (SP-36).

1.2 Objetivos da pesquisa

Grande parte dos terrenos pré-cambrianos do Estado de São Paulo e regiões vizinhas é constituída por ortognaisses e granitóides brasilianos. O grande número destes corpos, com dimensões e composições variáveis, somado à ausência de um zoneamento composicional e espacial claro, dificultaram a interpretação sobre a evolução crustal desta região. Soma-se a isso a complexa história deformacional e metamórfica das seqüências metassedimentares encaixantes dos granitóides e a compartimentação em blocos devida aos intensos falhamentos transcorrentes e cavalgamentos que possibilitaram a justaposição de domínios geológicos com histórias deposicionais, metamórficas, deformacionais e magmáticas próprias.

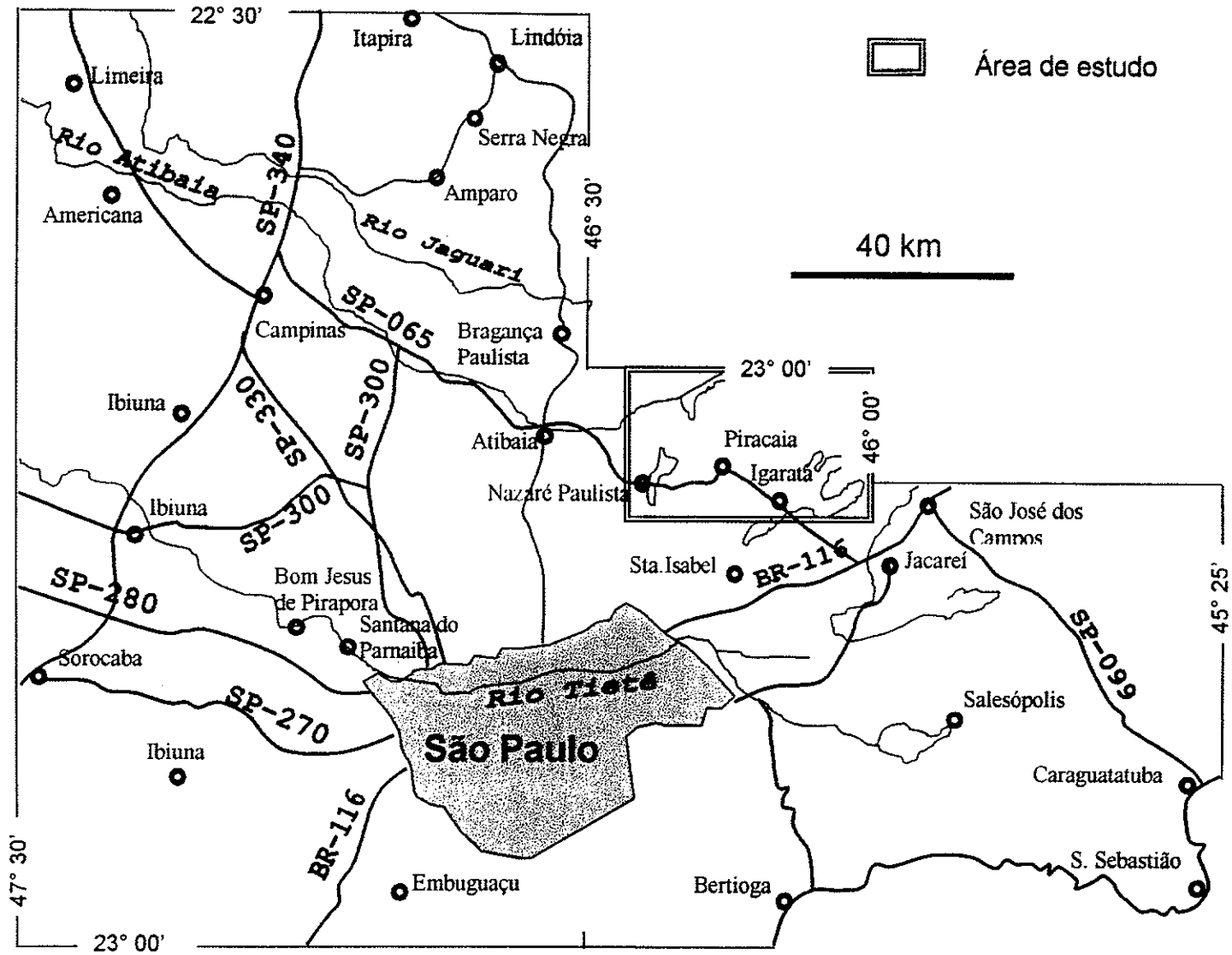


FIGURA 1.1: Mapa de situação da área estudada

A caracterização geológica de rochas granitóides constitui uma importante ferramenta no que se refere a identificação de ambientes tectônicos pretéritos. Sua importância aumenta quando se trata de rochas antigas, onde processos metamórficos e deformacionais posteriores obliteraram outras evidências geológicas indicativas de contextos paleotectônicos.

Tendo em consideração as observações acima realizadas e contando-se já com mapa geológico em escala 1:50.000 da região (produzido como parte do convênio IGc-Próminério 1983), no qual consta a identificação das unidades litoestratigráficas da área, escolheu-se o tema de pesquisa. O mesmo visa caracterizar a evolução crustal da região, diferenciando os períodos de acresção crustal (entendida aqui como adição de material juvenil) e as épocas de retrabalhamento de rochas pré-existentes, com a conseqüente interpretação dos possíveis processos tectônicos envolvidos para chegar a esse quadro. Para tal fim contou-se com a aplicação dos métodos geocronológicos Rb/Sr, U/Pb e Sm/Nd e o uso de isótopos de Nd e Sr como traçadores petrogenéticos, bem como com a caracterização geoquímica das rochas estudadas.

1.3 Metodologias de trabalho

1.3.1 Sobre a organização da tese

A tese consta de 5 capítulos, organizados da seguinte maneira: no Capítulo 1, introdutório, apresentam-se as metodologias de trabalho empregadas na pesquisa. No Capítulo 2 descreve-se a geologia regional com base nos dados extraídos da literatura, objetivando posicionar o leitor frente ao quadro geotectônico da região e discutindo-se, quando possível, os dados geocronológicos existentes. No capítulos 3 e 4 aborda-se a geologia local com base nos dados extraídos da literatura, integrados àqueles obtidos nesta pesquisa, esclarecendo, em todos os casos, as fontes dos mesmos e tentando resumir a informação mediante sua apresentação, de uma forma sintética, em tabelas. Em ambos os capítulos tratam-se

os aspectos litoestratigráficos, geoquímicos, geocronológicos e de geologia isotópica.

No Capítulo 5 apresentam-se as conclusões alcançadas nos diferentes domínios geológicos e também a integração com os dados regionais.

1.3.2 Trabalhos de campo

Com base nos mapas geológicos em escala 1:50.000 produzidos pelo convênio IGc-Pro-minério (1983), os quais abrangem as folhas topográficas Igaratá e Piracaia, foi realizada a amostragem para geoquímica e geocronologia. Embora sem considerar-se entre os objetivos da tese o mapeamento da área, quando possível foram introduzidas modificações no mapa final, que é, por outro lado, uma integração dos mapas disponíveis atualmente.

1.3.3 Análises petrográficas

Foram examinadas em torno de 200 seções delgadas ao microscópio petrográfico e estereomicroscópio. Deu-se ênfase, neste aspecto, à caracterização petrográfica das unidades estudadas seja do ponto de vista geoquímico e/ou geocronológico.

As proporções modais para rochas de grão fino foram determinadas ao microscópio segundo técnica convencional. No caso de amostras porfiróides ou porfiríticas foram realizadas contagens em fatias de rochas que superaram os 100 cm^2 de superfície, dependendo do tamanho do grão. Nas amostras porfiriticas com matriz fina foram determinadas as proporções entre megacristais e matriz em fatias de rochas e contagem ao microscópio dos minerais da matriz. Quando necessário, as rochas foram tingidas para diferenciação de feldspatos alcalinos e plagioclásios segundo técnica descrita em Sartori (1972).

1.3.4 Análises químicas em rocha total

As análises litogeoquímicas foram realizadas nos laboratórios *ACTLABS* (*Activation Laboratories Ltd*) com sede em Ontário, Canadá, pela metodologia plasma de indução acoplada (ICP) por fusão, para elementos maiores e alguns menores, e por espectrometria de massa para elementos traços e terras raras.

A precisão das análises, fornecida pelo mencionado laboratório é:

- no limite de detecção, ± 100%
- 10 x o limite de detecção, ± 20%
- 100 x o limite de detecção, ± 5-1%

As frações de amostras representando, pelo menos, 20 vezes o tamanho do maior cristal, foram cominuídas em britador e/ou prensa hidráulica, quarteadas e as alíquotas com aproximadamente 20 mg foram encaminhadas aos laboratórios ACTLABS para moagem final e análises. Para melhor avaliação dos resultados em alguns lotes foram incluídas, anonimamente, amostras de composição conhecida (cedidas por M.C.H. Figueiredo).

Adicionalmente, foram realizadas análises químicas em rocha total das amostras do granito Nazaré Paulista utilizadas por Tassinari (1988) para a construção da isócrona Rb/Sr. Essas análises foram realizadas no laboratório de química do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (DMP/IGc - USP) por ICP. Duas dessas amostras foram analisadas também nos laboratórios ACTLABS para fins comparativos.

O tratamento dos dados geoquímicos foi realizado através do programa Newpet (Clarke 1990) possibilitando a elaboração dos diversos diagramas utilizados nas interpretações dos dados litogeoquímicos.

1.3.5 Análises isotópicas

Para o desenvolvimento do trabalho foram realizadas análises isotópicas pelas metodologias radiométricas Rb/Sr, U/Pb e Sm/Nd em rocha total e em concentrados de minerais nos laboratórios do Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Metodologia Rb/Sr

A utilização desta metodologia envolve, como primeiro passo, a dosagem semiquantitativa por fluorescência de raios X do Rb e do Sr. Com base nas razões Rb/Sr obtidas foram escolhidas as amostras que apresentaram a maior variação dessa razão, com a finalidade de obter-se isócronas. Nas amostras que apresentaram teores fora do intervalo 50 - 500 ppm foi utilizada a técnica da diluição isotópica, que consiste em adicionar à amostra um traçador (*spike*) enriquecido em ^{87}Rb ou ^{84}Sr segundo técnicas descritas em Kawashita (1972). Nas amostras com teores dentro do intervalo citado foi realizada a dosagem quantitativa do Rb e do Sr por fluorescência de raios X. Após esta fase foi efetuado o ataque químico das amostras e posterior separação do Rb e do Sr em colunas de troca iônica (catiônica), sendo utilizada resina do tipo AG50W-X8 em meio ácido. Finalmente, as amostras secas são levadas ao espectrômetro de massa para determinação das razões isotópicas.

As análises espectrométricas foram realizadas em um espectrômetro de massa VG 354 Micromass, totalmente computadorizado, utilizando-se filamentos de Ta para a deposição das amostras.

Para algumas rochas que não apresentaram variação suficiente nos valores da razão Rb/Sr necessárias à obtenção de uma isócrona, foi igualmente determinada a composição isotópica desses elementos, a fim de utilizar-se esses parâmetros em considerações petrogenéticas.

Os cálculos das idades Rb-Sr foram realizados com base na constantes de desintegração recomendadas por Steiger & Jäeger (1977), que, no caso do Rb é:

$$\lambda\ ^{87}Rb = 1,42 \times 10^{-11}\ anos^{-1}$$

Os valores obtidos para a razão $^{87}Sr/^{86}Sr$ foram normalizados com a razão:

$$^{86}Sr/^{88}Sr = 0,1194$$

Para os cálculos dos teores de Rb e Sr por diluição isotópica utilizou-se

$$(^{85}Rb/^{87}Rb)_N = 2.5076 \pm 0.0037$$

As isócronas foram calculadas segundo o método de regressão linear de Williamsom (1968) através do programa ISOJOB de Vlach (1990).

A reprodutibilidade analítica para o método geocronológico Rb/Sr no CPGeo é controlada pela repetição de análises do padrão internacional NBS-987 (carbonato de estrôncio), cujo valor médio é de 0,71028O ± 0,00003 (1σ). O valor médio refere-se a médias distintas de vários grupos em diferentes dias, sendo que cada grupo teve, no mínimo, 100 valores de razões isotópicas.

O valor do "branco" do laboratório de química do CPGeo na época de realização das análises incluídas nesta tese foi de 6,4 pg.

Metodologia Sm/Nd

Foram realizadas análises pela a sistemática Sm/Nd tanto em rocha total como em concentrados de minerais.

Para a construção das isócronas rocha total - mineral foram realizados concentrados de granada e pulverização de rocha. Para a concentração de granada trabalhou-se com a granulometria 60-100 *mesh*, separando-se esse mineral através de separador magnético Frantz, meios densos e placa vibratória. As amostras de rocha total foram pulverizadas através de moinho de bolas com cápsulas revestidas por carbeto de tungstênio.

As características da sistemática Sm/Nd e sua aplicação no CPGeo encontram-se detalhadas em Sato *et al.* (1995). Esta metodologia envolve a adição de *spike* combinado Sm/Nd e ataque químico utilizando a mistura ácida HF/HNO_3. No caso de minerais refratários como granada, as amostras foram atacadas em uma bomba do tipo Parr a 180°.

Após o ataque químico, os elementos foram separados em duas etapas: a primeira em colunas de troca iônica (colunas primárias), onde se separou o conjunto das terras raras e a segunda etapa, em colunas de pó de teflon, nas quais se separou o Sm e o Nd do resto das terras raras. Nas colunas primárias utilizou-se uma resina catiônica do tipo AG50W- X8 com granulação entre 200 e 400 *mesh*. As colunas secundárias estão preenchidas com pó de teflon previamente tratado com ácido Di(2-etilexil) fosfórico.

As amostras secas foram depositadas em filamento de Ta para o Sm e de Re para o Nd e analisadas em um espectrómetro de massa, sendo utilizado um VG-354 Micromass com cinco coletores.

As isócronas foram calculadas segundo o modelo de regressão linear de Williamsom (1968). Para os cálculos das razões isotópicas, do parámetro ε_{Nd} e de idades modelo T_{DM} e T_{CHUR} foram utilizadas as seguintes constantes (DePaolo & Wasserburg 1979; DePaolo 1988; Faure 1987):

Os valores $^{143}Nd/^{144}Nd$ foram normalizados pela razão $^{146}Nd/^{144}Nd$ =0,7219

$$(\lambda)_{Nd} =: 6,54 \times 10^{-12} \text{ anos}^{-1}$$
$$(^{143}Nd/^{144}Nd)_{CHUR,0} = 0,512638$$
$$(^{147}Sm/^{144}Nd)_{CHUR,0} = : 0,1967$$
$$(^{143}Nd/^{144}Nd)_{DM,0} = 0,513114$$
$$(^{147}Sm/^{144}Nd)_{DM,0} =: 0,222$$

O cálculo da idade modelo Sm/Nd (T_{DM}), ε_{Nd} e $f^{(Sm/Nd)}$ foi realizado resolvendo-se as seguintes equações (DePaolo 1988)

$$\varepsilon_{Nd}(T) = 0{,}25\ T^2 - 3\ T + 8{,}5$$

onde:

$$\varepsilon_{Nd}(T) = \varepsilon_{Nd}(0) - f^{(Sm/Nd)}\ Q_{(Nd))}\ T$$

$$\varepsilon_{Nd}(0) = \frac{(^{143}Nd/^{144}Nd)_{am}(0) - (^{143}Nd/^{144}Nd)(0)_{CHUR}}{(^{143}Nd/^{144}Nd)(0)_{CHUR}}$$

$$Q(Nd) = 25{,}13\ ba^{-1}$$

$$f^{(Sm/Nd} = \frac{(^{147}Sm/^{144}Nd)_{am} - (^{147}Sm/^{144}Nd)_{chur}}{(^{147}Sm/^{144}Nd)_{chur}} = \text{fator de fracionamento}$$

O cálculo da idade modelo em estágio duplo foi realizado segundo programa desenvolvido por Sato & Tassinari (1997) com base na seguinte equação:

$$T_{DM2} = \lambda^{-1} \ln \{1 + [\ (^{143}Nd/^{144}Nd)_{Dm} - [(^{143}Nd/^{144}Nd)_{am} - (e^{\lambda T(ef)} - 1)[(^{147}Sm/^{144}Nd)_{am} - (^{147}Sm/^{144}Nd)_{f1}\ ]\ ]\ ]\ /\ (^{147}Sm/^{144}Nd)_{DM} - (^{147}Sm/^{144}Nd)_{f1}\ ]\ \}$$

onde:

T_{ef} = evento de fusão parcial com fracionamento da razão Sm/Nd;

$(^{147}Sm/^{144}Nd)_{f1}$ = valor médio para rochas crustais.

A média do padrão La Jolla no CPGeo foi de 0,511857 ± 0.000023 (1σ) e o padrão BCR-1 foi de 0,512662 ± 0,000027 (1σ). Os cálculos das idades modelo T_{DM} e parâmetros isotópicos foram efetuadas através do programa "*Epsilon*" desenvolvido na Universidade de Nancy, França. Os resultados analíticos para o método isocrónico Sm/Nd foram obtidos através do programa *ISOJOB* de Vlach (1990).

Metodologia Urânio - Chumbo

Foram analisadas por esta sistemática sete populações de zircões correspondentes a duas unidades litológicas, sendo que uma das frações perdeu-se por problemas analíticos.

As características desta metodologia e sua aplicação no CPGeo constam em Basei *et al* .(1995).

A preparação das amostras (pesando por volta de 20 kg) se inicia com a moagem das mesmas até a granulação inferior a 100 *meshs*. Este material é passado na mesa vibratória, onde se realiza a concentração dos minerais pesados.

O concentrado de minerais pesados é processado em separador magnético tipo Frantz. O material não magnético é tratado com líquidos densos (bromofórmio e iodeto de metileno), até obter-se o concentrado final, rico em zircões. Esse concentrado é lavado repetidas vezes com H_2O tridestilada e HNO_3 7N e, posteriormente, é separado em frações de diferente susceptibilidade magnética. Finalmente, cada fração é examinada em lupa binocular, onde é feita a limpeza final do concentrado de zircões. As populações escolhidas são, então, submetidas a um processo de abrasão mecânica por meio de um sistema com ar comprimido e pirita a fim de eliminar as porções externas dos cristais que possam estar alteradas ou visando atingir o núcleo dos zircões para serem analisados no caso que apresentem zoneamento resultante de histórias geológicas complexas.

O ataque químico é realizado com HF e HCl, em bombas de teflon, mantidas em forno a 180°C. O Pb e o U são separados em colunas contendo resinas de trocas aniônicas AG-1-X-8 com granulação de 200-400 *mesh*.

As amostras foram depositadas em filamentos de Re e analisadas em espectrômetro de massa VG 354.

As constantes utilizadas nos cálculos são as recomendadas por Steiger & Jäger (1977):

$\lambda^{238}U = 1{,}55125 \times 10^{-10}$ anos^{-1}

$\lambda^{238}U = 9{,}8485 \times 10^{-10}$ anos^{-1}

O "branco" do laboratório de química do CPGeo na época da realização das análises foi de 150 pg.

CAPITULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOTECTÔNICO

2.1 Enquadramento tectônico regional da área de estudo

A região localizada entre as cidades de Igaratá e Piracaia faz parte da denominada Faixa de Dobramentos Ribeira, a qual está inserida na província Estrutural Mantiqueira (Almeida *et al.* 1981), que se estende desde o Sul da Bahia até o Uruguai, ao longo da região costeira do Brasil.

Coube a Ebert (1968, 1971) a elaboração do primeiro quadro geotectônico da região, com a identificação de dois cinturões geossinclinais: os Araxaídes e os Paraíbides, desenvolvidos sobre um embasamento supostamente arqueano.

Almeida *et al.* (1973) utilizaram a denominação de "Cinturão de Dobramentos Ribeira" para designar o cinturão orogênico desenvolvido no Ciclo Brasiliano, em contraposição à faixa desenvolvida no Ciclo Transamazônico (Cinturão Dobrado Paraíba do Sul), ambos incluídos no Cinturão de Dobramentos Paraíba.

Posteriormente, Hasui *et al.* (1975, 1978) dividiram as faixas dobradas que se estendem ao longo da região costeira entre a Bahia e o Uruguai em um segmento setentrional, constituído pela Faixa Dobrada Paraíba do Sul (de idade transamazônica, 2.0 Ga - 1.8 Ga), remobilizado no Ciclo Brasiliano (650-450 Ma) e pela infraestrutura da Faixa Dobrada Ribeira, formada neste último ciclo. Com base na idade dos granitos pós-tectônicos e das rochas vulcânicas associadas às

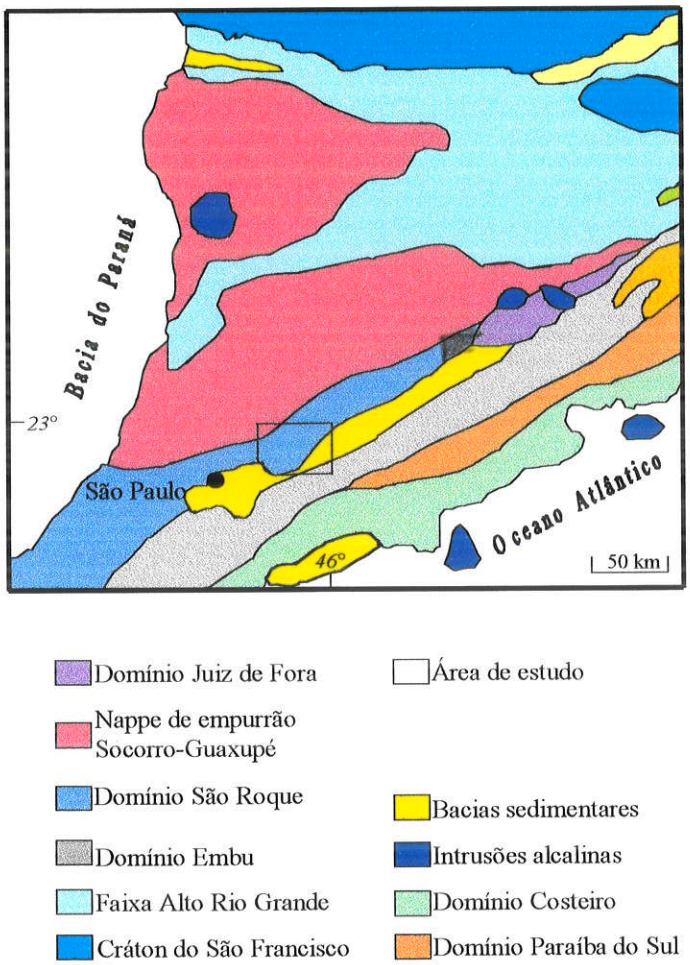


Figura 2.1: Situação geotectônica da área de pesquisa (Modificado de Campos Neto & Figueiredo 1995)

molassas, distinguiram a Faixa Apiaí-São Roque, de caráter interior, cuja evolução teria tido seu término no Cambro-Ordoviciano.

Brito Neves & Cordani (1991), em uma tentativa de relacionar a história geológica do Gondwana Ocidental ao evento tectono-magmático brasiliano-pan-africano, caracterizaram a Faixa Ribeira como sendo um complexo sistema de nappes e empurrões, de tipo interior, formado pela interação dos crátons do São Francisco e Rio de la Plata.

Campos Neto & Figueiredo (1994) consideraram a porção SE do Brasil como sendo o resultado da superposição de dois eventos orogênicos (Brasiliano I e Rio Doce) durante o Neoproterozóico - Cambriano, quando da aglutinação do supercontinente do Gondwana.

A região leste do Estado de São Paulo e porções adjacentes dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro têm como característica a presença de grandes falhamentos transcorrentes, cuja movimentação ocorreu no final da orogênia brasiliana e que seriam os responsáveis pela estruturação em blocos dessa região.

Essas extensas zonas de falhas possuem direção predominantemente NE-SW a ENE-WSW e possibilitaram a justaposição de blocos constituídos por terrenos com características deposicionais, metamórficas, deformacionais e magmáticas próprias. Sua evolução é atribuida por Hasui & Sadowski (1976) aos estágios finais do Ciclo Brasiliano, após o período de metamorfismo regional. Muitos dos granitóides da região teriam sua colocação relacionada temporalmente a esses falhamentos (Hasui & Sadowski, *op. cit*). com orientação predominantemente NE, o que levou à divisão em blocos, cuja denominação varia segundo os diferentes autores. As falhas são tardi-brasilianas pois muitas delas cortam os corpos rochosos do Proterozóico Superior (Hasui *et al.* 1981), enquanto em outros casos a colocação dos granitóides é controlada pelas falhas (Sadowski 1970).

Vauchez *et al.* (1992) explicam as estruturas da Faixa Ribeira como sendo a consequência de uma tectônica de escape da litosfera em direção ao SW, devido a

uma compressão entre os crátons do São Francisco e do Congo: O regime transcorrente paralelo à faixa, associado a metamorfismo de alta temperatura e abundante magmatismo, seria característico de regiões mais afastadas do cráton.

2.2 Domínios tectônicos presentes na área

Na região em estudo reconhecem-se dois domínios tectônicos com evoluções geológicas distintas: o Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (Campos Neto 1984), a NW, e o domínio São Roque (Hasui 1973). Importantes zonas de cisalhamento com direções predominantes NE-SW a ENE-WSW são os limites destes domínios: a Zona de Cisalhamento de Jundiuvira separa o Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé do Domínio São Roque, enquanto este último é separado do Domínio Embu, ao sul, pelas zonas de cisalhamento de Taxaquara, Monteiro Lobato e Rio Jaguarí.

2.2.2 Domínio São Roque

O Domínio São Roque constitui uma faixa orientada na direção aproximadamente nordeste (Figura 2.1). Para o norte este domínio geológico se estende até as proximidades da cidade de Monteiro Lobato, onde termina na junção das falhas Jundiuvira e Monteiro Lobato - Rio Jaguarí. Para o sul, inflete para o oeste e termina sob os sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná. Está representado, dominantemente, pela seqüência vulcanossedimentar homônima.

O Grupo São Roque (*Camadas de São Roque*, Gonzaga de Campos 1889; *Série de São Roque*, Oliveira 1925, *in*: Juliani & Beljavskis 1995) foi correlacionado ao Grupo Açungui, com o que estaria em continuidade física, **por diversos autores.** Hasui *et al.* (1969), com base na existência da Falha de Taxaquara (caracterizada por Hennies *et al.* 1967) separaram o Grupo São Roque do Açungui, aflorantes ao norte e ao sul dessa descontinuidade física, respectivamente.

Hasui *et al.* (1976) dividiram o Grupo São Roque em uma unidade inferior, psamo-pelítica com rochas vulcânicas e carbonáticas intercaladas (Formação Boturuna), inferior, e a Formação Piragibu, (superior), constituída predominantemente por filitos com intercalações de quartzitos.

A identificação de estruturas tipo *pillow lavas* em rochas metabásicas da região de Pirapora do Bom Jesus (sudoeste do Estado de São Paulo), realizada por Figueiredo *et al.* (1982), permitiram caracterizar estas rochas como de ambiente marinho de fundo oceânico, confirmado mais tarde pelos estudos de Dantas *et al.* (1984) e Dantas (1990), entre outros autores.

Juliani & Beljavskis (1983) propuseram, para a região da Serra do Itaberaba, a subdivisão do Grupo São Roque em duas seqüências cuja deposição teria ocorrido em uma bacia tafrogênica ensiálica. Posteriormente, Juliani *et al.* (1986) atribuíram, a estas duas seqüências, a categoria de grupos, denominados de Serra do Itaberaba, inferior *e* São Roque *(sl),* superior, e sugeriram que os sedimentos do grupo São Roque teriam se depositado sobre a seqüência Serra do Itaberaba em ambiente de águas rasas. Juliani (1993), com base em estudos de litogeoquímica, concluiu que os anfibolitos intercalados no Grupo Serra do Itaberaba são de tipo N-MORB, confirmando a presença de um ambiente de fundo oceânico na área.

Campos Neto *et al.* (1988) caracterizaram os anfibolitos intercalados na seqüência por eles atribuída ao Grupo São Roque na área correspondente à Folha topográfica Riberão do Engenho (escala 1:25.000) como sendo também do tipo N-MORB.

No que se refere à idade de depositação destas seqüências, não existe consenso entre os autores. Entretanto, as idades radiométricas disponíveis sugerem, para o início da sedimentação, o Paleoproterozóico, uma vez que estudos geocronológicos pela metodologia U/Pb em zircões provenientes de rochas meta-vulcânicas ácidas intercaladas na base da seqüência vulcanossedimentar na região de Morro do Polvilho, a nordeste da cidade de Santana de Parnaíba indicaram valores de 1790 Ma (Van Schmus *et al.* 1986).

Uma forte atividade granítica afetou este domínio durante o Neoproterozóico, predominando biotita-granitóides porfiríticos sin a tardi-brasilianos, e granitos peraluminosos que ocorrem como corpos de dimensões relativamente pequenas, denominados de Associação Natividade por Hasui *et al.* (1978). Os primeiros foram incluídos na Associação Cantareira, de natureza sintectônica, por Hasui *et al.* (1978, 1981). Janasi & Ulbrich (1991) os caraterizam como granitóides do tipo I de Pitcher (1982) com base na sua forma de ocorrência, mineralogia, composição e associações de campo.

2.2.1 Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé

A Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (NESG) constitui uma estrutura alóctone que se estende ao norte da zona de falha de Jundiuvira, sobre a sequência metavulcanosedimentar de baixo a médio grau da Faixa Alto Rio Grande (FARG), localizada na borda sudoeste do Cráton do São Francisco. Os terrenos da nappe compreendem dois segmentos principais: um setentrional, com forma de cunha orientada, dominantemente, na direção E-W, e com a concavidade voltada para o oeste; e um segmento meridional alongado na direção geral NE-SW. Esses dois segmentos foram separados posteriormente ao desenvolvimento da NESG e estão limitados por uma parte dos terrenos para-autóctones da FARG. Ambas porções da nappe apresentam estruturas planares e lineares com indicações de transporte para NW (Campos Neto 1985).

Na porção norte da NESG predominam rochas metamórficas de alto grau representadas por granulitos do Grupo Varginha, gradando a sul para migmatitos, gnaisses e sequências supracrustais metamorfizadas na fácies anfibolito atribuídas ao Grupo Itapira. Dados geocronológicos destas sequências são escassos. Ebert *et al.* (1996) dataram pela sistemática U/Pb zircões provenientes do Grupo Itapira, obtendo uma idade Pb/Pb em torno de 1,3 Ga.

Durante a evolução geológica da NESG ocorreram importantes episódios magmáticos, cujas rochas mais antigas estão representadas por charnoquitos cálcio-alcalinos potássicos. Idade U/Pb em zircões destas rochas provenientes da localidade de Muzambinho indicaram um valor no intercepto superior de 660 Ma (Basei *et al.* 1995).

Estudos recentes pelas metodologias Rb/Sr isócrona em rocha total (Vlach 1993) eU/Pb em zircões (Basei *et al.* 1995, Ebert *et al.* 1996, Toepfner 1996) permitem traçar um quadro geocronológico para a granitogênese brasiliana desta região que abarcaría um intervalo próximo de 50 Ma.

A Suíte São José do Rio Pardo (Campos Neto *et al.* 1988) constitui uma associação mangerito-granítica com idade U/Pb obtida em zircões de 630-625 (Basei *et al.* 1995). Os mangeritos desta suíte apresentam teores baixos de Ca, Sr e mg# e alto Zr (Campos Neto *et al.* 1988). Janasi postula para eles uma gênese a partir de uma crosta inferior ou média empobrecida, durante o evento metamórfico principal que precedeu à instalação da NESG.

O magmatismo cálcio-alcalino relacionado com processos de subdução está representado pela unidade Socorro I do Complexo Granítico Socorro (Campos Neto *et al.* 1984; Wernick *et al.* 1984; Artur *et al* 1991, 1993). Datações pela sistemática U/Pb em zircões provenientes das suites Bragança Paulista e Serra do Lopo forneceram idades de 610 Ma relacionada à subdução para NW e de 595 Ma para movimentos tardios de deslocamento lateral, ambos valores correspondentes ao intercepto superior (Ebert *et al.* 1996). O plutonismo peraluminoso sincolisional está representado pelos granada-biotita granitos tipo Pinhal (na porção norte da NESG) e Nazaré Paulista, no sul da mesma. Este último possui uma isócrona Rb/Sr em rocha total (Tassinari 1988), com uma idade próxima a 800 Ma, mais antiga que o padrão geocronológico dos demais episódios magmáticos. As séries cálcio-alcalinas potássicas e sub-alcalinas dos biotita-monzogranitos tipo Atibaia (Oliveira *et al.* 1985) e o maciço monzodiorítico-monzonítico Piracaia (Campos Neto & Artur 1983; Janasi 1986) representam, dentro deste contêxto, o plutonismo tardi a pós-orogênico. Para o granitóide de Piracaia, Janasi (1986) obteve uma isócrona Rb/Sr

de referência com base em amostras de fases consideradas tardias do maciço que forneceu uma idade de 581 ± 13 Ma, com Ri inicial de 0,7059, considerada pelo autor como a época do metamorfismo e, posteriormente, como a idade de cristalização do maciço (Janasi,*com. verbal*). Granitos com textura do tipo rapakivi, datados em 600-580 Ma (Vlach & Cordani 1986; Tassinari 1988; Janasi & Ulbrich 1991), correspondem ao estágio pós-orogênico da evolução brasiliana.

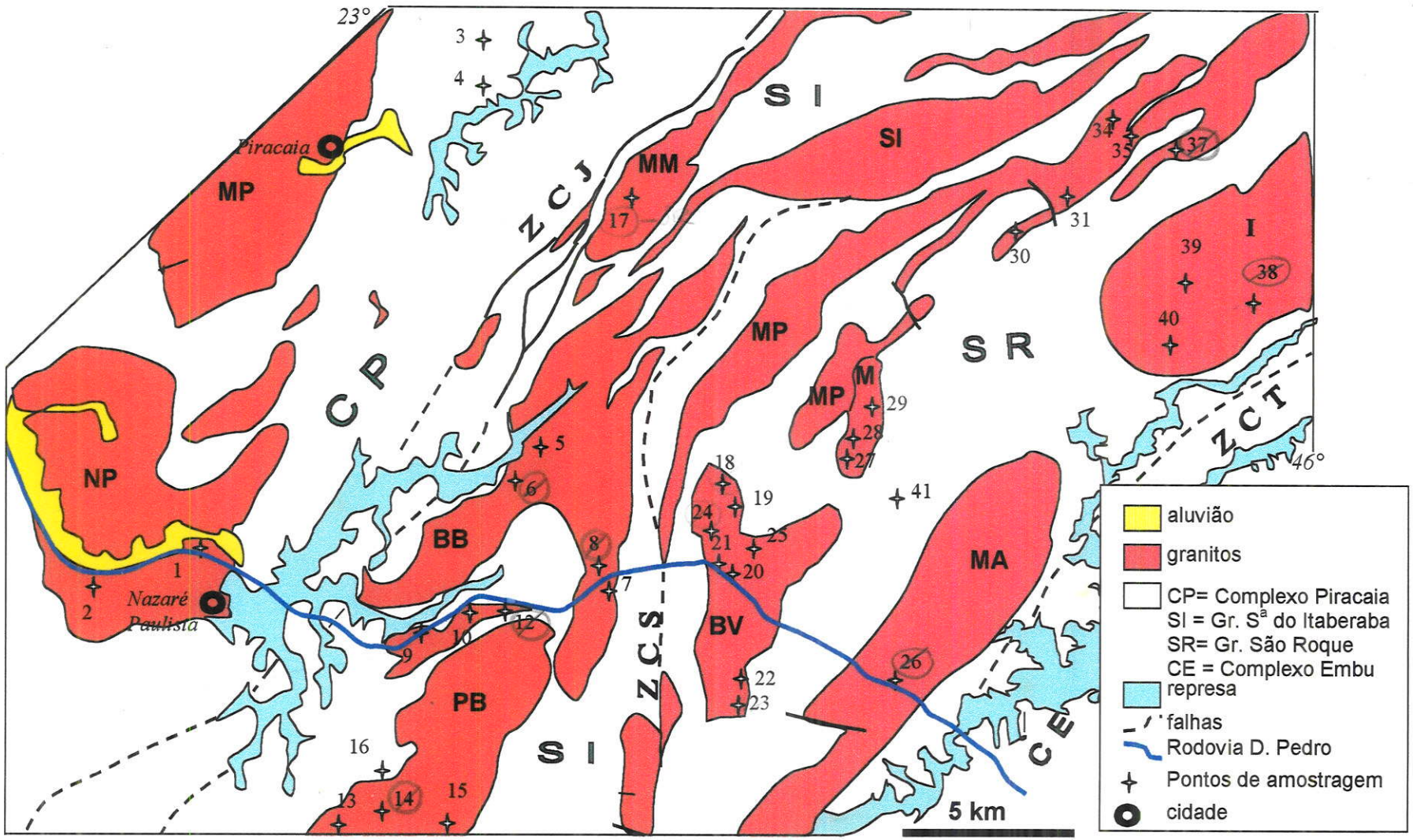


FIGURA 3.1: Esboço geológico das região estudada com localização das amostras coletadas (MP = Maciço Morro do Pão; MA = Maciço Morro Azul; NP = Maciço Nazaré Paulista; M = Maciço Machado; BV = Maciço Boa Vista; I = Maciço Imbiruçu; ogBB = Maciço Barro Branco; ZC = zona de cisalhamento (S = Sertãozinho; J = Jundiuvira; T = Taxaquara)

CAPÍTULO 3

DOMÍNIO SÃO ROQUE

O Domínio São Roque constitui a maior parte da área de estudo deste trabalho, sendo composto pelas rochas metavulcano-sedimentares do Grupo homônimo e do Grupo Serra do Itaberaba, além de granitóides intrusivos de natureza diversa.

3.1 Seqüências metavulcano-sedimentares

3.1.1 Litoestratigrafia: características gerais.

Grupo Serra do Itaberaba

Trata-se de uma seqüência vulcano-sedimentar metamorfizada na fácies anfibolito, caracterizada por Juliani *et al.* (1986) e Juliani (1993) na região ao sul da área abordada na presente pesquisa. Na região em estudo os metassedimentos do Grupo Serra do Itaberaba ocorrem ao longo de uma faixa de direção NE-SW limitada pelas zonas de cisalhamento Jundiuvira e Sertãozinho (Garcia 1996), com provável extensão para o NE, onde foram considerados como Grupo Paraíba do Sul (Campos Neto *et al.* 1983) (Figura 3.1).

A identificação de uma fase deformacional a mais e um padrão estrutural distinto nesta seqüência, quando comparada com o sobrejacente Grupo São Roque, confirmaria as observações que levaram Juliani & Belajavkis (1986) a dividir a seqüência metassedimentar em duas unidades: o Grupo Serra do Itaberaba, na base, e o Grupo São Roque *s.l.* sobrejazendo àquele.

Na região compreendida entre as zonas de cisalhamento acima mencionadas, estes metassedimentos dispõem-se sob a forma de lentes ou faixas alongadas na direção NE-SW, freqüentemente milonitizados, estando integrados pelos seguintes litotipos (Garcia 1996):

-Quartzitos gradando para membros feldspáticos ou micáceos onde, localmente, se reconhecem estruturas sedimentares como marcas de ondas simétricas.

-Sillimanita xistos, sillimanita- biotita-quartzo xistos e xistos granatíferos. Estes últimos foram identificados principalmente na porção NW e estariam relacionados com aumento do grau metamórfico nessa direção (Garcia *op. cit.*).

-Filitos grafitosos e sericita filitos gradando para a seqüência acima descrita.

Intercalações de anfibolitos bandados e maciços sob a forma de lentes atingindo 1 km de comprimento teriam continuidade para o sul, onde foram caracterizados por Juliani *et al.* (1986), Juliani (1993) como do tipo N-MORB, com base nas características litoestratigráficas e a composição química. Entretanto, esses mesmos anfibolitos, no âmbito da folha topográfica Riberão do Engenho (escala 1:25.000) foram atribuídos por Campos Neto *et al.* (1988) ao Grupo São Roque, sendo caracterizados também como do tipo N-MORB.

Grupo São Roque

Na área em estudo o Grupo São Roque é constituído predominantemente por micaxistos e meta-arcóseos com intercalações de rochas anfibolíticas, cálcio-silicáticas e quartzitos feldspáticos que foram submetidos a metamorfismo regional de fácies xisto verde a anfibolito (Campos Neto *et al.* 1983, 1988). Estariam em continuidade física com o Grupo São Roque em suas áreas tipo (Campos Neto *et al.* 1983). Os diferentes autores coincidem no que se refere ao ambiente de deposição dos metassedimentos do Grupo São Roque, que corresponderiam a depósitos de mar raso sedimentados sobre a seqüência Serra do Itaberaba.

Campos Neto *et al.* (1988) acrescentaram, ainda, que tal deposição foi devida a um episódio epicontinental transgressivo em direção a SE.

3.1.2 Aspectos estruturais

Os trabalhos de cunho estrutural no âmbito da área de pesquisa são devidos, principalmente, a Campos Neto *et al.* (1983) e Campos Neto & Basei (1983 a, b). Estudos de maior detalhe foram realizados por Campos Neto *et al.* (1988) na área correspondente à folha topográfica Riberão do Engenho (escala 1:25.000), na porção sudeste da folha Piracaia; por Juliani (1993) na região centro sul da área e por Garcia (1996) na região central.

A feição típica da área (comum, por outro lado, a todo o Estado de São Paulo e estados vizinhos) é a presença de uma direção NE-SW a ENE-WSW determinada pela orientação dos corpos metamórficos e a colocação de alguns dos granitóides relacionados às importantes falhas transcorrentes.

No âmbito do Grupo São Roque os autores mencionados acima reconheceram três fases de deformação as quais relacionaram à Orogênese Brasiliana, que são caracterizadas pelas seguintes feições:

- A xistosidade de fluxo S_1, correspondente ao plano axial de dobras quase similares que afetaram a superfície de estratificação S_o. Na área da folha Igaratá esta superfície S_1 orienta-se preferencialmente para N50E/40SE.

-A superfície S_1 apresenta-se afetada por dobras invertidas, com clivagem de plano axial correspondente a crenulações (S_2), cuja orientação predominante é para N40E/10W.

-Uma terceira fase de deformação produziu dobramentos amplos e descontínuos, orientados E-W a ESE-WNW, na escala de megaestruturas.

Juliani (1993) na região ao sul da folha Piracaia identificou uma fase de deformação a mais nos metassedimentos do Grupo Serra do Itaberaba em relação ao Grupo São Roque, onde a foliação mais antiga reconhecida é uma superfície tectônica S_2 paralela ao acamamento original sedimentar. Já nos metassedimentos do Grupo Serra do Itaberaba a estrutura planar mais antiga identificada é uma S_1, com uma S_2 paralelizada. Também reconheceu uma diferença na intensidade da deformação, e nas condições de pressão e temperatura atuantes quando do desenvolvimento dessas foliações S_1 e S_2 dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque, respectivamente.

As dobras D_2 tem eixos com direção NE-SW, com vergência para NW. Estas dobras foram afetadas pela terceira fase de deformação (D_3), que manteve a vergência para NW, mas com estilo mais aberto e superfícies axiais mais íngremes.

A fase D_4 formou dobras com eixos orientados, predominantemente, no sentido NW-SE, e poderia estar associada ao desenvolvimento das zonas de cisalhamento, empurrando as rochas supracrustais contra as massas granitóides mais rígidas.

Um quinto evento D_5 superposto teria gerado dobras mais abertas, com eixos com atitudes nordeste-sudoeste

Juliani (1993) considera que o Grupo São Roque seria, ao menos parcialmente, alóctone, o que explicaria as diferentes condições de deformação, ou teria sido depositado sobre um embasamento constituído pelo Grupo Serra do Itaberaba que, nas porções basais teria sido mais fortemente deformado, gerando dobras isoclinais que passam a mais abertas na direção do topo.

Na região central da área de pesquisa ocorrem três zonas de cisalhamento direcionais: São Bento do Sapucaí (ZCSBS), Sertãozinho (ZCS) e Jundiuvira (ZCJ). As mesmas foram estudadas em detalhe por Garcia (1996) que determinou que as duas primeiras são sinistrais, orientadas NE-SW. A ZCSBS constitui uma estrutura em flor negativa, cujo flanco leste é cortado pela ZCJ, dextral. A movimentação lateral desta última teria gerado domínios transpressivos que foram

responsáveis pelo desenvolvimento de dobras assimétricas com vergência para NW. A feição estrutural mais marcante desta região é uma foliação protomilonítica a milonítica, orientada preferencialmente para NE-SW, com ângulos de mergulho médios a altos e quase sempre paralela a um bandamento composicional e aos contatos das rochas presentes. Dobras intrafoliais representam estruturas mais antigas. Lineação de estiramento milonítica tem também direção NE/SW, igual aos eixos das dobras simétricas isoclinais a fechadas.

3.2. Granitóides Intrusivos

Característica marcante deste domínio geológico é a presença de corpos granitóides de dimensões variadas, incipiente a intensamente foliados. Para fins meramente descritivos, os granitóides e ortognaisses desta região foram divididos em dois grupos: a) os corpos localizados ao longo da faixa limitada pelas zonas de cisalhamento de Jundiuvira e Sertãozinho, que invadem terrenos atribuídos ao Grupo Serra do Itaberaba, aqui denominado informalmente subdomínio Serra do Itaberaba; b) aqueles corpos que se situam entre essa faixa e a zona de cisalhamento de Taxaquara, que são intrusivos, predominantemente, nos metassedimentos do Grupo São Roque, denominado de subdomínio São Roque (Figura 3.1).

3.2.1 Características gerais dos maciços

Subdomínio Serra do Itaberaba

Nesta área predominam rochas graníticas que ocorrem como corpos alongados ou lentes entre as zonas de cisalhamento Jundiuvira, São Bento do Sapucaí e Sertaõzinho. A descontinuidade entre os afloramentos, somado ao grau de deformação variável desses corpos, em função de sua situação em relação às zonas de cisalhamento, prejudica o entendimento das relações entre os mesmos.

O ***Maciço Barro Branco*** consiste em um corpo alongado na direção NE-SW situado entre as zonas de cisalhamento de Sertãozinho e Jundiuvira, na porção leste da Folha Piracaia. Campos Neto *et al.* (1988) descreveram a relação com os metassedimentos encaixantes como tendo caráter intrusivo, embora tenham reconhecido a maioria dos contatos como tectônicos. Sua extensão é de aproximadamente 12 km, largura máxima de 5 km na porção central, e afina-se para o norte. É cortado por pegmatitos turmaliníferos.

O ***Maciço Moinho*** ocorre na porção centro-leste da Folha Piracaia. Trata-se de um corpo lenticular alongado no sentido ENE, com comprimento máximo de 6 km. Campos Neto *et al.* (1988) descreveram seus contatos como sendo tectonicamente paralelos aos metassedimentos encaixantes. Segundo esses autores, a principal estrutura presente é uma foliação tectônica, com desenvolvimento local de faixas protomiloníticas a miloníticas.

O ***Maciço Pedra Branca*** é um corpo que se estende na direção NE, predominantemente, cujo extremo norte aflora na porção leste-meridional da folha Piracaia. Seu comprimento atinge 15 km e sua porção mais larga supera os 6 km. Juliani (1993) descreveu os contatos com as rochas encaixantes como sendo de caráter discordante, cortando as estruturas geradas na segunda fase de deformação, ou por falhas, sendo freqüente a presença de milonitos. No entanto, contatos intrusivos são atestados pelo mencionado autor, que também refere como característica deste granitóide nas porções centro e sul, intensa foliação, que confere ao granitóide aspecto gnáissico. A porção norte desta unidade exibe fácies menos deformadas.

O ***Maciço do Mato Mole*** está localizado na região centro setentrional da área em estudo. Constitui um corpo alongado na direção NE-SW, com comprimento aproximado de 10 km na área de estudo. Sua colocação estaria relacionada à movimentação da zona de cisalhamento São Bento do Sapucaí (Garcia 1996).

As relações de campo entre os granitóides Moinho, Barro Branco e Pedra Branca não foram observadas. Entretanto, Campos Neto *et al.* (1988) com base no

seu caráter estrutural, porfiroclástico a protomilonítico, com uma superfície S_2 bem desenvolvida sobre a foliação F_1, consideram o Maciço Barro Branco relacionado ao magmatismo pré a sincrônico à foliação S_1, mais antigo que o Maciço Moinho, considerado tarde-D_1. A principal atitude observada no Maciço Pedra Branca é a foliação S_2, dada pela orientação planar de micas e/ou anfibólios, ou pela orientação dos demais minerais, inclusive dos megacristais de feldspatofato potássico. O paralelismo entre a foliação do granitóide e das rochas encaixantes sugere que ambos foram afetados pelo mesmo evento deformacional que dobrou isoclinalmente as supracrustais. Isto permitiria posicionar, cronologicamente, este maciço como sin-D_2. No entanto, parte do granitóide não mostra deformação e corta as feições associadas à D_2 (Juliani 1993).

Recentemente Garcia (1996) considerou os ortognaisses porfiroclásticos da Serra do Barro Branco e o gnaisse cinzento fino, atribuido por Campos Neto *et al.* (1983) ao Complexo Igaratá (nas ocorrências próximas à cidade de Igaratá) como sendo fácies do mesmo corpo. Durante o desenvolvimento desta pesquisa foram observados esses dois litotipos como diferentes níveis do bandamento gnáissico (Foto 3.1) ou mostrando passagem transicional com variação na quantidade de porfiroclastos (Foto 3.2). Macroscopicamente, existe muita semelhança entre esta rocha fina e as denominadas de Gnaisse Igaratá que ocorrem isoladas nos metassedimentos ou em contato com o Granito Moinho em afloramentos na Rodovia Dom Pedro I (Foto 3.3). Estas observações levam a considerar a possibilidade destas rochas constituírem fácies diferentes da mesma unidade.

As feições mineralógicas e texturais mais características dos granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba são detalhados no Anexo 1. Predominam rochas porfiríticas, de colorações cinza escuro, com megacristais dominantemente róseos (maciços Moinho e Mato Mole) ou esbranquiçados (maciços Pedra Branca e Barro Branco), exibindo, geralmente, foliação tectônica. A única rocha granitóide não porfirítica deste setor é a fácies fina do Maciço Barro Branco.

Mineralogicamente, todas estas rochas estão constituídas por proporções variadas de feldspatos e quartzo, tendo como mineral máfico predominante biotita, que pode estar acompanhada de anfibólio. Os minerais acessórios são comuns,

Foto 3.1: Amostra de mão mostrando bandamento gnáissico do Maciço Barro Branco.

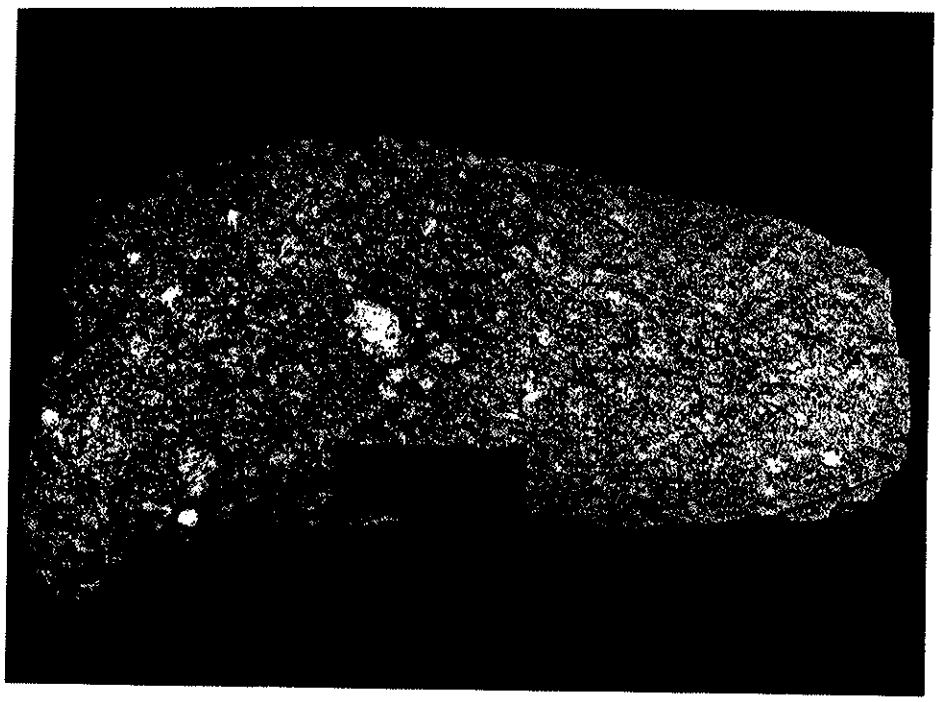


Foto 3.2: Amostra de mão exibindo passagem transicional entre as fácies fina e grossa do Maciço do Barro Branco.

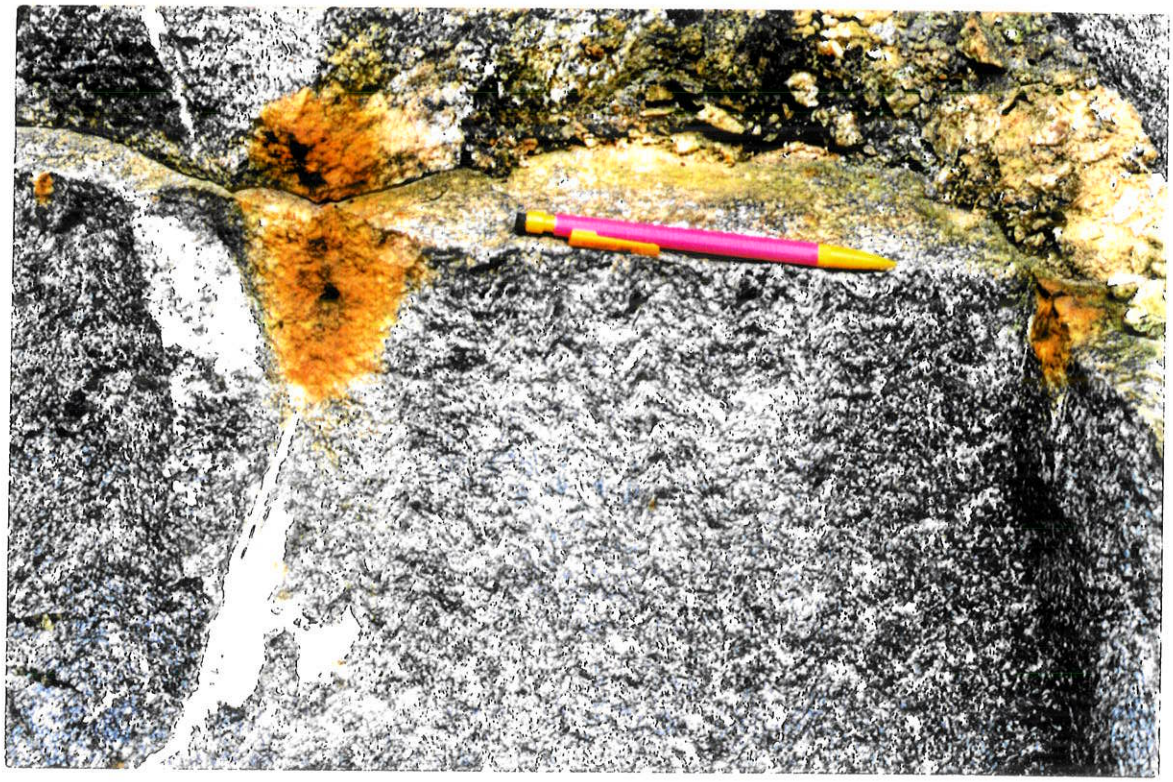


Foto 3.3: Fotografía da fácies fina do Maciço Barro Branco em afloramento (ponto 8, sobre a Rodovia Dom Pedro I) exibindo dobramento.

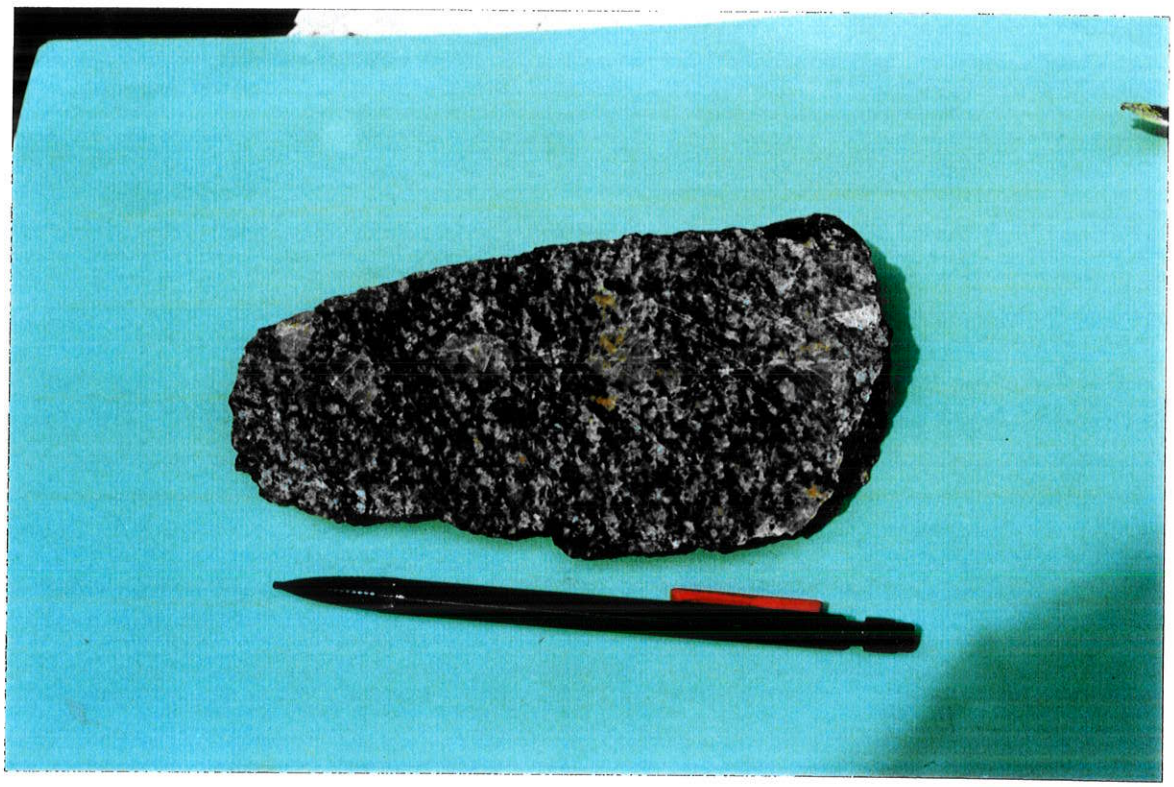
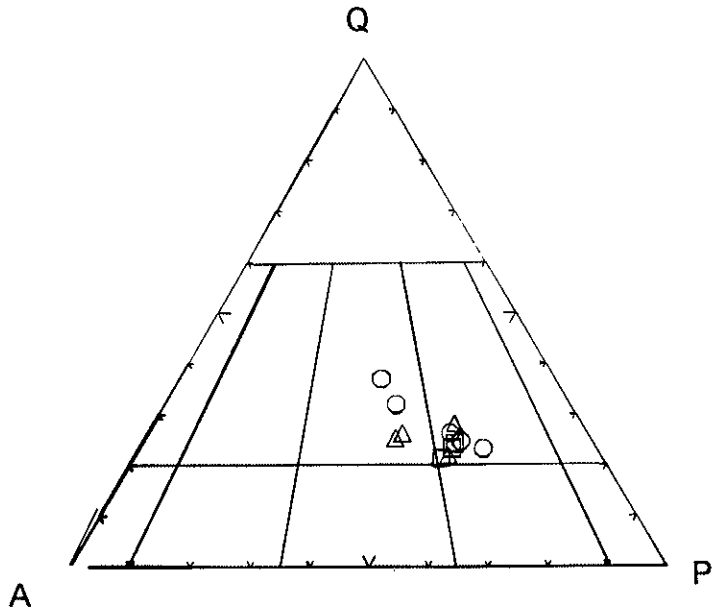


Foto 3.4: Fotografia mostrando aspecto do Maciço Moinho em amostra de mão (Ponto 12).

em maior ou menor quantidade, a todas as unidades, e estão representados por titanita, allanita, apatita, zircão e escassos opacos, evidenciando a natureza dominantemente meta-aluminosa destas rochas. A única exceção a constitui a fácies fina do Maciço Barro Branco, que não apresenta titanita e as quantidades de minerais acessórios são significativamente menores que nas outras unidades.

As variações modais nas proporções relativas de feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo para as unidades estudadas são observadas no diagrama Q-A-P (Figura 3.2).



△ Maciço Barro Branco □ Maciço Pedra Branca ○ Maciço Moinho

Figura 3.2: Diagrama modal Q-A-P para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba (Streickensen 1976).

Subdomínio São Roque

O ***Maciço Imbiruçu*** ocorre na região NE da folha topográfica Igaratá, ao longo da zona de cisalhamento de Rio Jaguarí-Monteiro Lobato, na direção aproximada NE. Tem forma ovalada, com o eixo maior paralelo à estruturação regional. O contato sudeste com os metassedimentos encaixantes é de caráter

tectônico, evidenciado por rochas com estruturas foliadas, que chegam a ter aspecto gnáissico (Campos Neto *et al.* 1983). Esta unidade foi considerada tardi-tectônica por Campos Neto *et al.* *(op. cit.)*.

O ***Maciço Morro do Pão*** constitui um corpo alongado no sentido nordeste localizado na Folha topográfica Igaratá (1:50.000). Foi caracterizado como de caráter sin-tectônico por Campos Neto *et al.* (1983), que mapearam a área, individualizando faixas do denominado Complexo Igaratá intercaladas no granitóide em questão, o que, entretanto, não foi possível discernir nem no campo nem a nível químico e petrográfico.

O ***Maciço Machado*** está situado a noroeste da cidade de Igaratá. Trata-se de um corpo de dimensões reduzidas, de forma oval, orientado N-S, com sua dimensão maior próxima a 3 km e a largura máxima em torno de 1 km. Campos Neto *et al.* (1983) definiram os contatos deste corpo com as rochas encaixantes como sendo ligeiramente concordantes com as estruturas regionais e o caracterizaram como tarditectônico em relação à Orogênese Brasiliana.

O ***Maciço Boa Vista***, e sua continuidade para o sul (Maciço Serra da Lagoa), constitui um maciço de forma irregular com orientação dominantemente N-S, localizado a oeste da cidade de Igaratá. Esta unidade foi considerada tardi-tectônica por Campos Neto *et al.* *(op. cit.)*.

O ***Maciço Morro Azul*** ocorre sob a forma de um corpo alongado na direção nordeste, ao longo da zona de cisalhamento Monteiro Lobato, na porção sudeste da folha Igaratá. A largura média é de 3 km e o comprimento atinge 12 km. Campos Neto *et al.* (1983) descreveram seus contatos como paralelos à foliação dos metassedimentos encaixantes. Os autores mencionados caracterizaram-no como sin-tectônico.

A composição mineralógica é praticamente comum a todas as unidades em estudo, destacando-se algumas variações com relação aos minerais máficos e acessórios e à intensidade da deformação. As feições composicionais,

mineralógicas e texturais mais características dos granitóides do subdomínio São Roque são detalhados no Anexo 2.

As variações modais nas proporções relativas de feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo para as unidades estudadas são apresentadas no diagrama Q-A-P (Figura 3.3)

Os minerais máficos estão representados, fundamentalmente, por biotita. A hornblenda está presente como único mineral máfico apenas em algumas fácies do Maciço Morro do Pão e, junto com biotita, em outras fácies e nos enclaves (Fotos 3.5 e 3.6). A biotita tem cor verde predominantemente, sendo marrom quando derivada do anfibólio. Este fato é bem evidente nos casos onde a rocha esta foliada, encontrando-se a biotita no plano da foliação, como em casos isolados do Maciço Morro do Pão .

Os minerais acessórios, comuns a todas as unidades, incluem titanita, apatita, allanita, zircão e opacos em proporções variadas. Entretanto, titanita e apatita são as fases acessórias mais conspícuas na maioria destas unidades.

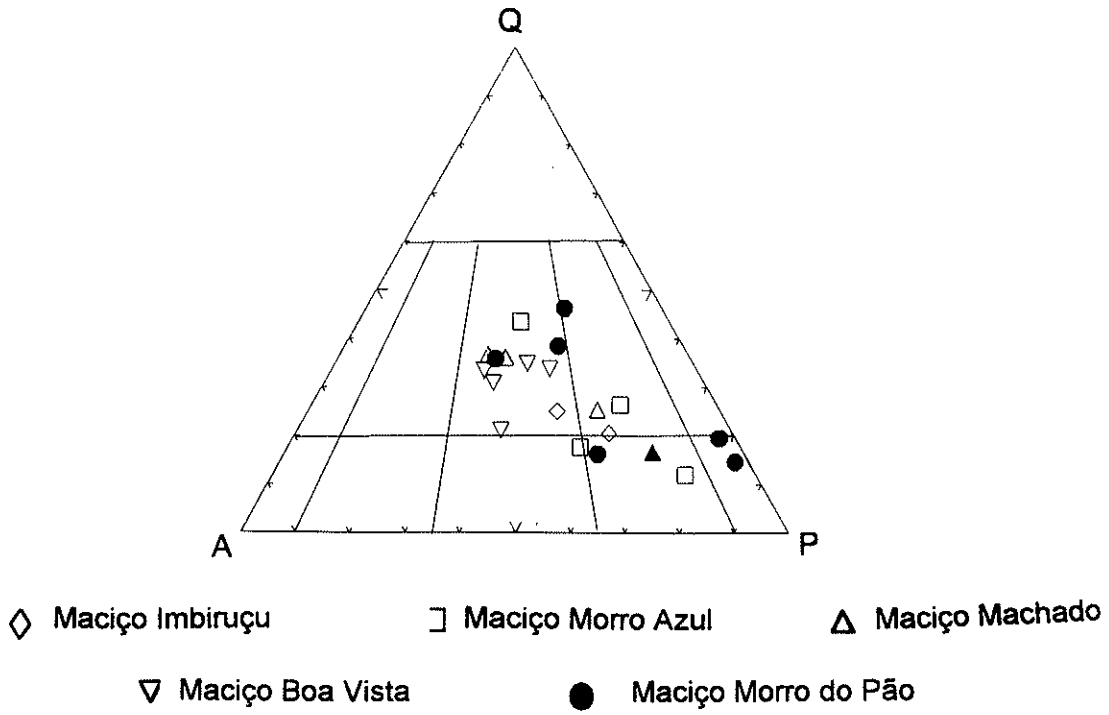


Figura 3.3: Diagrama modal Q-A-P para os granitóides do subdomínio São Roque (Streickensen 1976).

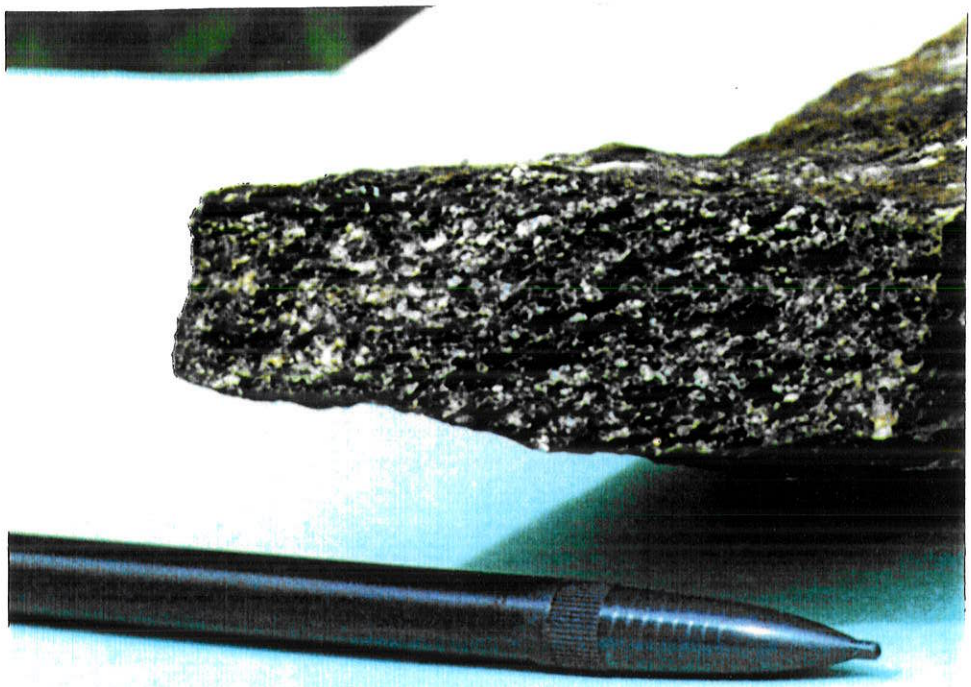


Foto 3.5: Fotografia de amostra de mão de fácies do Maciço Morro do Pão exibindo foliação definida por agregados de hornblenda e biotita (seta) (ponto34).

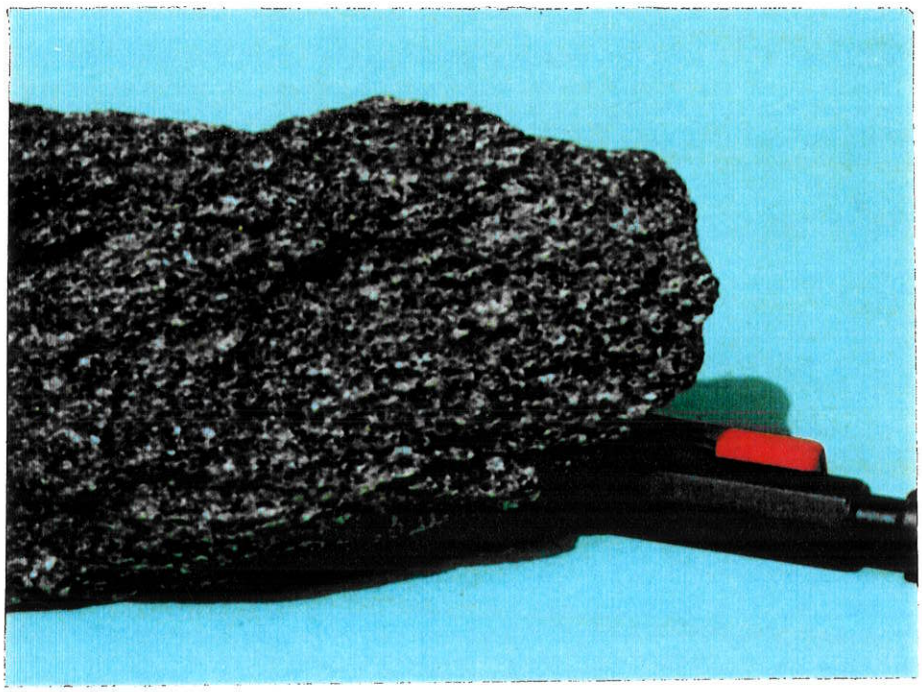


Foto 3.6: Fotografia de amostra de mão do Maciço Morro do Pão exibindo foliação (Ponto 32).

Apatita é bastante abundante e ocorre como cristais euédricos inclusos nas fases minerais majoritárias ou na matriz. A titanita apresenta-se sob a forma de grandes cristais euédricos e anédricos, por vezes manteando opacos ou com textura granular acompanhando a biotita ao longo da foliação, quando presente. Alguns cristais de titanita euédrica incluem agregados de biotita verde, quartzo e apatita, o que sugere que, apesar do idiomorfismo, possam ter caráter secundário. A allanita apresenta-se como indivíduos euédricos e zonados, constituindo, em muitos casos, o núcleo de cristais de epídoto. O epídoto exibe, em muitos casos, formas idiomóricas, com núcleo de allanita, incluso nas biotitas. Também ocorre sob formas anédricas e crescendo em volta das titanitas. Zircão e minerais opacos são escassos quando comparados com os outros minerais acessórios. Estes últimos mostram formas idiomorficas hexagonais o que sugere ser magnetita.

No que se refere às características texturais e estruturais destas unidades, predominam rochas porfiríticas a porfiróides, de colorações cinza escuro a cinzentas e róseas, dependendo, principalmente, das características e quantidade de megacristais presentes. Exemplos típicos de textura porfirítica são as unidades Imbiruçu e Morro Azul. Outros corpos, como o Machado e Boa Vista, apresentam predominantemente textura seriada a porfiróide. O grau de deformação evidenciado por estas rochas é muito heterogêneo, prevalecendo os termos caracterizados por foliação tectônica que chega a ser, localmente, milonítica. Ainda nas unidades menos afetadas por deformação secundária, como o Maciço Morro Azul, com foliação ígnea conspícua é freqüente a presença de estruturas planares secundárias, principalmente nas bordas dos corpos, geralmente paralelizadas às direções tectônicas das rochas encaixantes.

Os ***enclaves*** que ocorrem nestas rochas são, do ponto de vista composicional, bastante variados. Os enclaves do Maciço Morro do Pão têm dimensões centimétricas e são ricos em plagioclásio e epídoto, com turmalina e muscovita em menores quantidades, o que sugere tratar-se de rochas sedimentares de composição cálcio-silicática metamorfisadas. Os enclaves que ocorrem nos maciços Morro Azul e Imbiruçu apresentam composições quartzo-diorítica a monzodiorítica, tendo hornblenda e/ou biotita como minerais máficos. No caso do Maciço Morro Azul, os enclaves máficos microgranulares mostram porções

escuras com abundante turmalina, epídoto e biotita e partes mais claras, ricas em xenocristais de feldspatos capturados do granitóide (Foto 3.7). Este maciço exibe também xenólitos de composição cálcio-silicática (Foto 3.8). Não foram observadas as relações de contato entre a ocorrência do diorito próxima ao Bairro da Boa Vista e o granitóide homônimo, desconhecendo-se, portanto, se ele é intrusivo ou é um enclave. Têm dimensões métricas e apresenta, localmente, textura granular ígnea preservada, caracterizando-se pela presença de piroxênio em quantidade subordinada transformando-se em hornblenda, concentrando-se em glomérulos subarredondados de dimensões centimétricas em fácies de composição granodiorítica.

3.2.2 Características Geoquímicas

Granitóides do Subdomínio Serra do Itaberaba

Os dados correspondentes às análises químicas das rochas graníticas do Subdomínio Serra do Itaberaba constam no Anexo 3.

Elementos maiores e menores

O conjunto de rochas analisadas pertence à série subalcalina cálcio-alcalina de médio a alto K (Figuras 3.4, 3.5 e 3.6). As razões molares de $Al_2O_3/(CaO+K_2O+Na_2O)$ variando entre 0,94 e 1,02 e média de 0,98 denotam o caráter meta-aluminoso a fracamente peraluminoso destas rochas (Figura 3.7). Do ponto de vista da composição química, no diagrama Q-A-P normativo de LeMaitre (1989) situam-se, predominantemente, no campo dos granitos e granodioritos, com algumas amostras no limite dos campos quartzo-monzonítico e quartzo monzodiorítico (Figura 3.8).

Na Figura 3.9 são apresentados os dados analíticos correspondentes aos óxidos dos elementos maiores e menores *versus* SiO_2, mediante diagramas de Harker.

Foto 3.7: Amostra de mão do Maciço Morro Azul mostrando enclave com xenocristais de feldspato capturados do granitóide.

Foto 3.8: Amostra de mão do Maciço Morro Azul exibindo xenólito de composição cálcio-silicática.

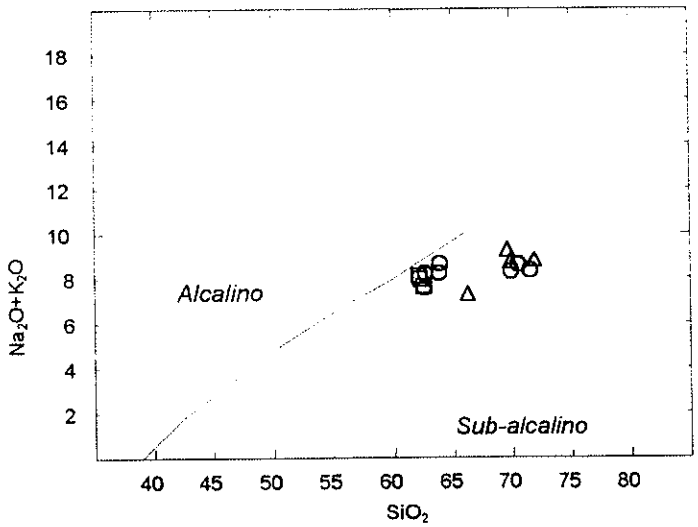
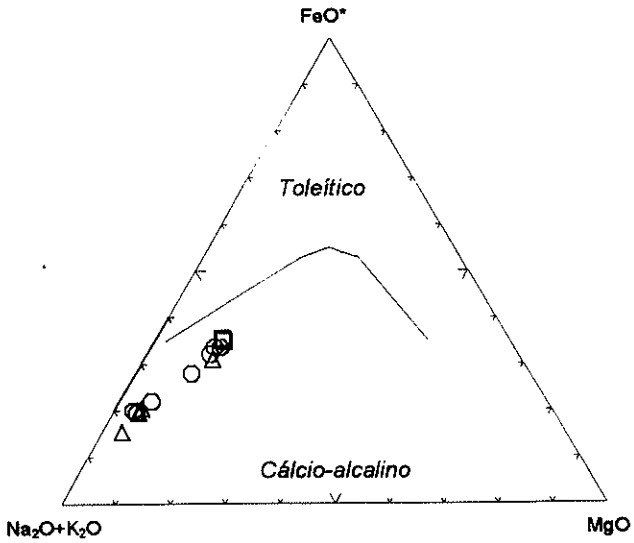


Figura 3.4: Diagrama álcalis *versus* sílica (% em peso) para as rochas granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba, com a subdivisão dos campos de rochas alcalinas e sub-alcalinas segundo Irvine & Baragar (1971) (Símbolos como na figura abaixo).



△ Maciço Barro Branco □ Maciço Pedra Branca ○ Maciço Moinho

Figura 3.5: Diagrama AFM para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba, com a delimitação dos campos toleítico e cálcio-alcalino.

As rochas analisadas abarcam um amplo intervalo de SiO_2 compreendido entre 62% e 72%, aproximadamente, refletido no predomínio de termos granodioríticos a graníticos, como posto em evidência no diagrama QAP (Figura 3.2). Entretanto, uma importante lacuna composicional fica definida nos diagramas binários . Os menores teores de SiO_2, próximos de 62,5%, correspondem ao ***Maciço Pedra Branca***. Face ao reduzido número de amostras deste maciço e à homogeneidade em relação aos teores de SiO_2, não se observaram tendências nos diagramas binários de Harker. As rochas do ***Maciço Moinho*** apresentaram valores muito parecidos entre si (em torno de 64%) com uma amostra exibindo maior grau de diferenciação, com 70,5% de SiO_2 aproximadamente. As rochas do ***Maciço Barro Branco*** são as mais diferenciadas, com 70% -72% de SiO_2, e uma amostra da fácies grossa próxima de 67% desse óxido. A despeito da lacuna composicional importante entre essa amostra e os termos mais ácidos dessa unidade, mostram tendências coerentes, com Fe_2O_{3t}, TiO_2, MgO, MnO, P_2O_5, CaO e Na_2O exibindo comportamento compatível. A tendência observada nestes

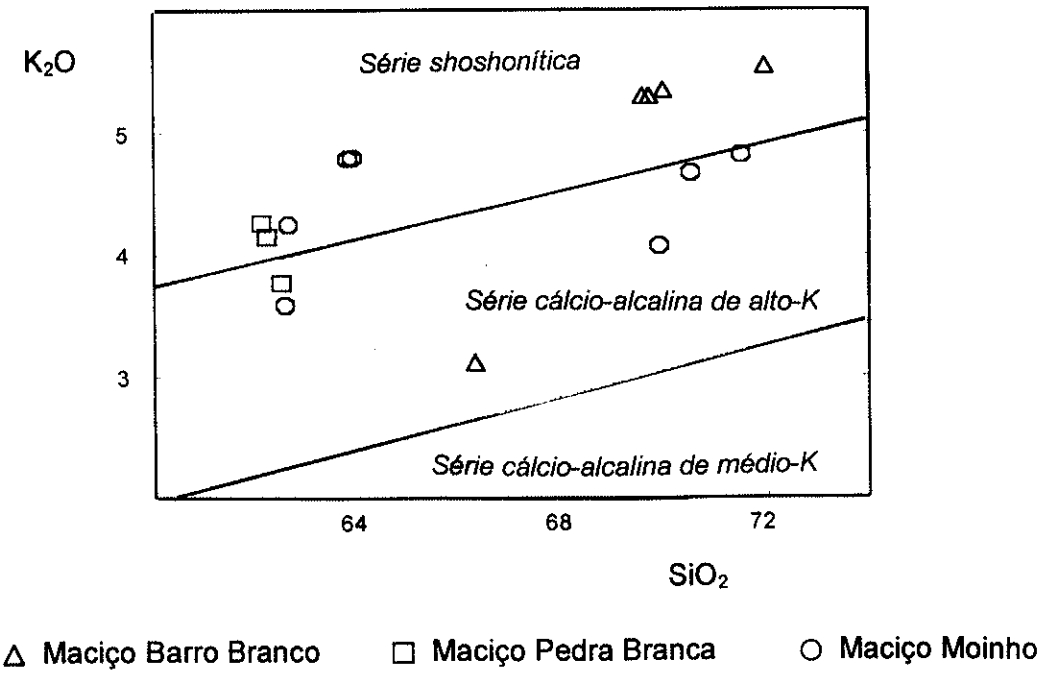


Figura 3.6: Diagrama K_2O *versus* SiO_2 (%) para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba, com a delimitação dos campos composicionais segundo Peccerillo & Taylor (1976).

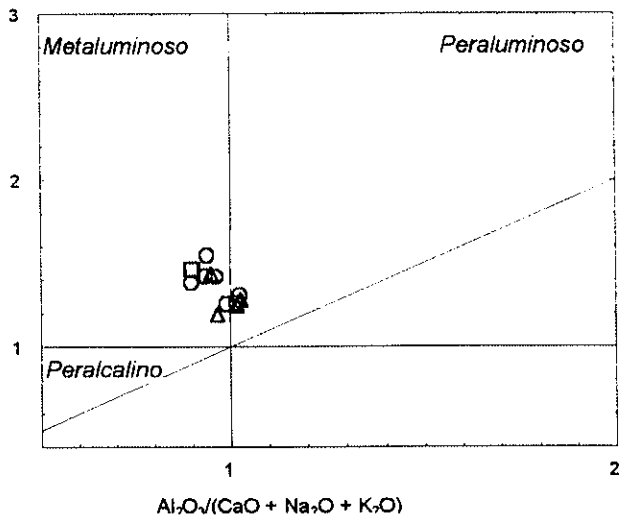
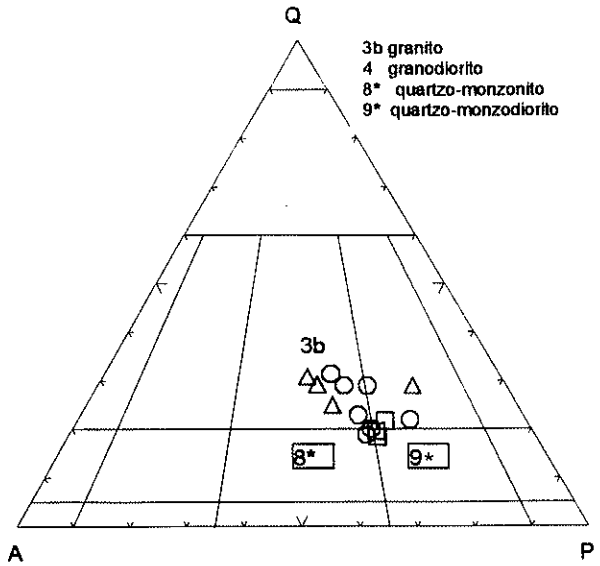


Figura 3.7: Diagrama A/CNK versus A/NK (razões moleculares) baseado nos índices de Shand (In: Maniar & Píccoli 1989) para as rochas granitóides do Subdomínio Serra do Itaberaba (símbolos como na figura abaixo).



△ Maciço Barro Branco □ Maciço Pedra Branca ○ Maciço Moinho

Figura 3.8: Classificação química dos granitóides do Subdomínio Serra do Itaberaba, no diagrama QAP normativo de Le Maitre (1989).

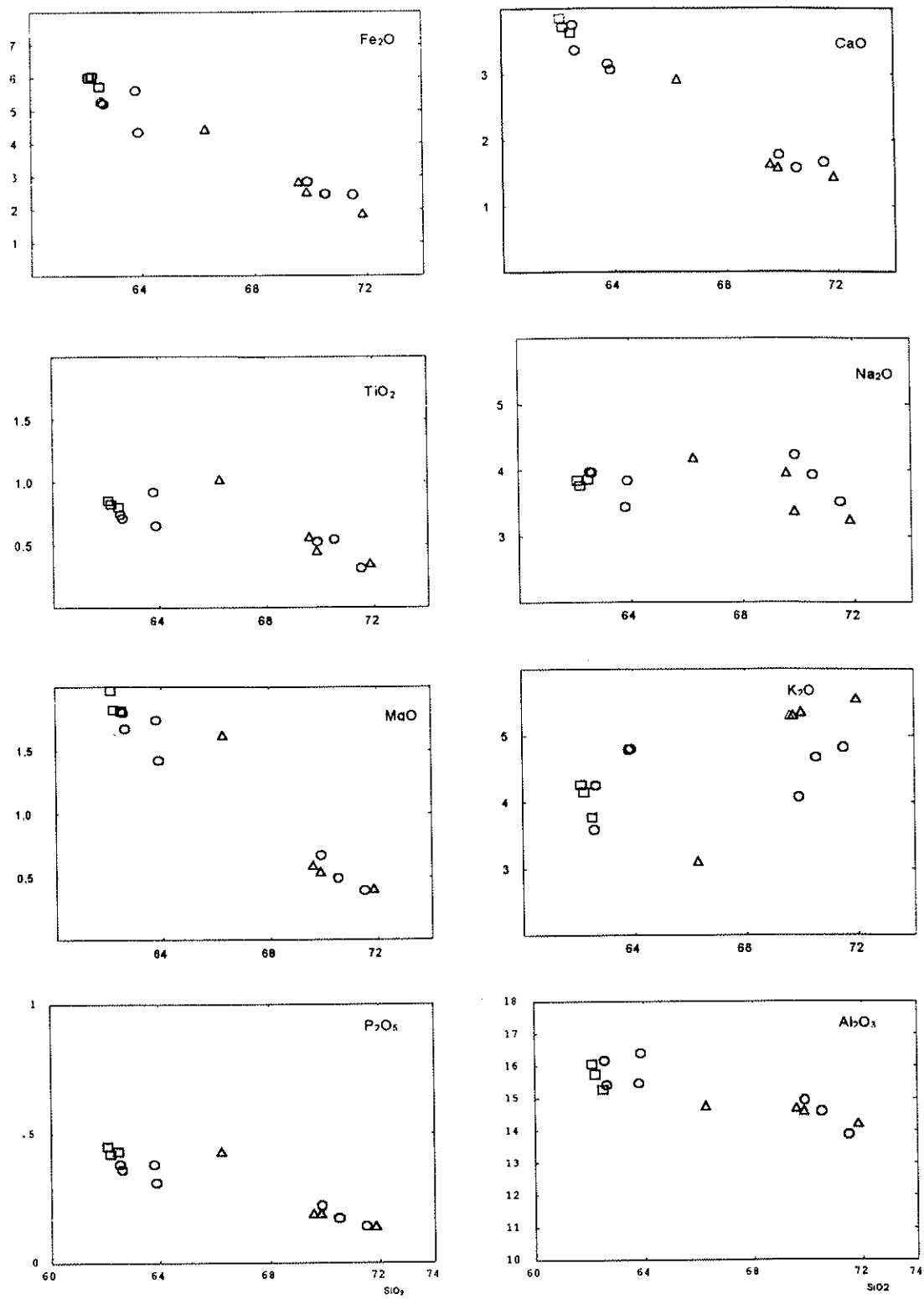


Figura 3.9: Diagramas de variação dos óxidos dos elementos maiores e menores *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba. (Os símbolos são os mesmos da figura 3.2).

diagramas parece corroborar as observações de campo no referido à possível cogeneticidade entre as duas fácies do maciço.

Adicionalmente, algumas características merecem ser ressaltadas, como os teores moderadamente elevados de TiO_2 e P_2O_5, para rochas dessa composição, com os maiores valores apresentados pelo ***Maciço Pedra Branca*** (em torno de 0,82 % e 0,35 a 0,69%, respectivamente).

Elementos traços

Na Figura 3.10 são apresentados os diagramas de Harker para alguns elementos traços. No que se refere aos elementos traços do grupo LILE, observa-se que os teores de Rb são moderadamente baixos nas amostras dos maciços ***Moinho e Pedra Branca***, com razões K/Rb em torno de 300. Nas amostras do ***Maciço Barro Branco,*** as concentrações são um pouco maiores, variando em torno de 150 ppm a 235 ppm, e razões K/Rb entre 115 e 230, com uma amostra apresentando um valor maior, de 282, aproximadamente. As concentrações de Ba e Sr são relativamente elevadas, com teores de Ba entre 1300 ppm e 2000 ppm e Sr em torno de 1000 ppm, com exceção de uma amostra do maciço Moinho que tem 570 ppm.

Os teores de Zr são moderadamente altos, variando entre 250 ppm e 400 ppm, aproximadamente, sem mostrar correspondência com o grau de diferenciação. Comparando com as outras unidades desta área, o ***Maciço Barro Branco*** mostra enriquecimento em Hf (média de 7,7 ppm), Th (variando entre 10 e 18 ppm, com média de 15,16 ppm, pouco maior que a média para a crosta superior pós-arqueana de 10,7 ppm, Taylor & McLennan 1985) e U (média de 2,31 ppm). Os teores de Y do ***Maciço Pedra Branca*** são levemente superiores aos das outras unidades (em torno de 23 ppm *versus* 6-16 ppm).

Em termos de distribuição dos ETR (Figura 3.11), as amostras do ***Maciço Barro Branco*** apresentaram padrão fortemente fracionado (La_n/Yb_n entre 40 e 190, aproximadamente) e conteúdo total de ETR moderadamente alto, com La até 270x condrito (média de 238,5 ppm), coerente com os teores maiores de SiO_2 quando

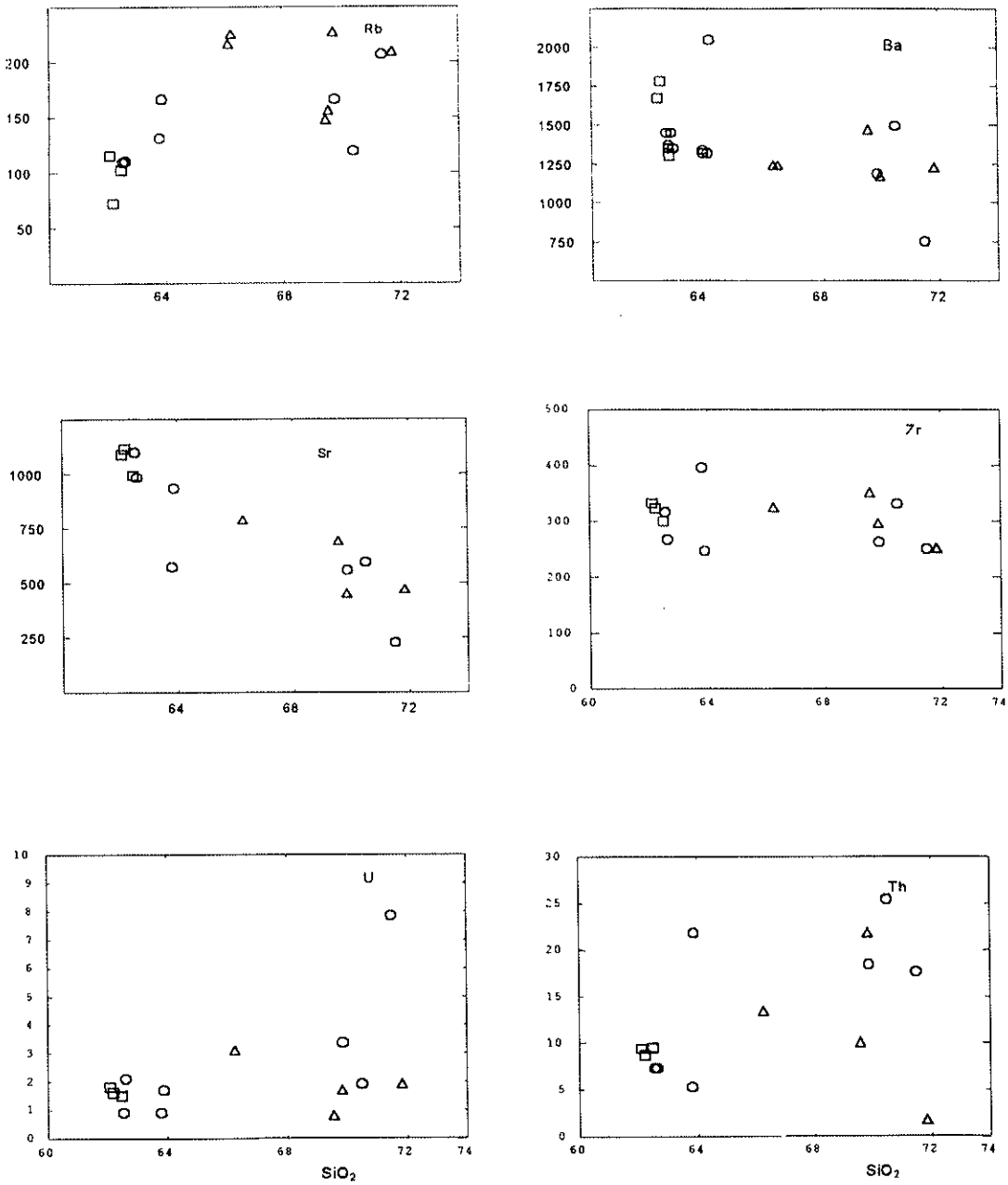


Figura 3.10: Diagramas de variação de elementos traços (ppm) *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do Subdomínio Serra do Itaberaba. (Os símbolos são os mesmos da figura 3.4).

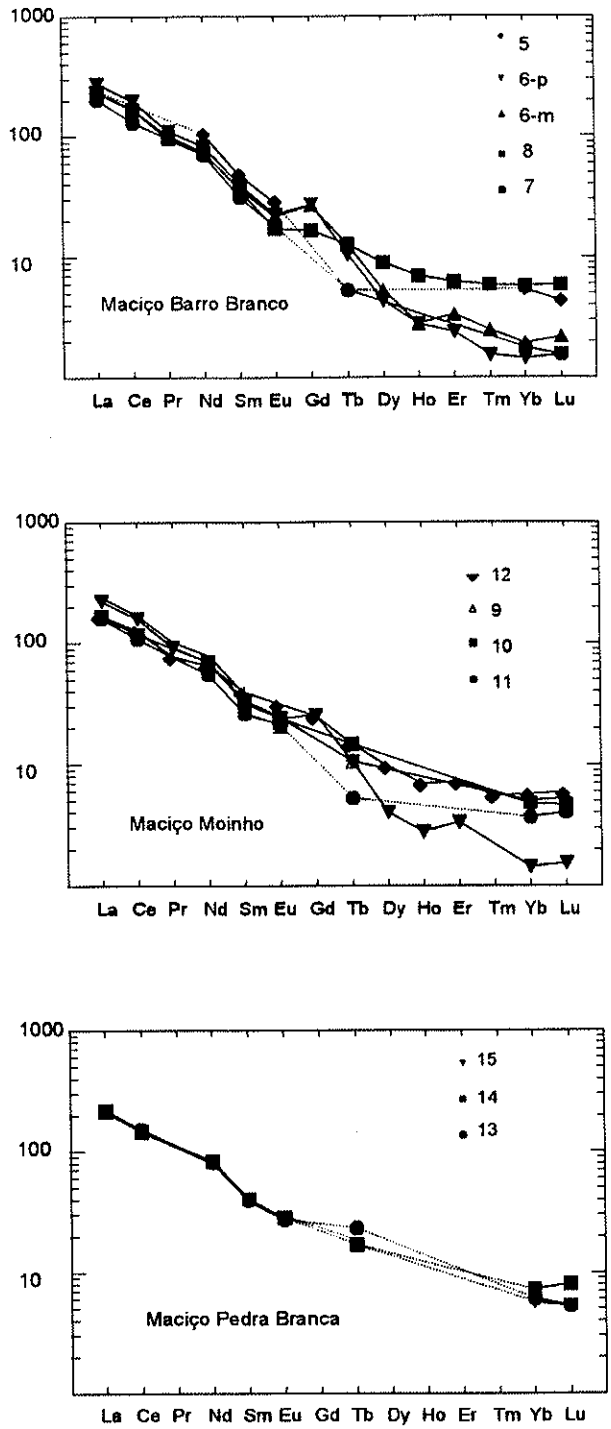


Figura 3.11: Padrões dos elementos terras raras normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para as rochas do subdomínio Serra do Itaberaba.

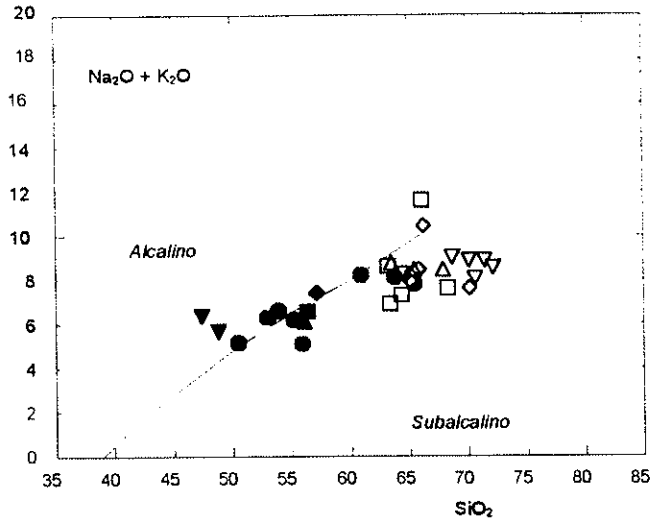
comparadas com as outras unidades. Nas amostras onde foi determinado Gd, as anomalias de Eu ficam entre 0,65 e 0,76, levemente inferiores à média para a crosta pós-arqueana (0,65, Taylor & McLennan 1985). Nos ***maciços Pedra Branca e Moinho*** o grau de fracionamento é menor (La_n/Yb_n entre 35 e 43, aproximadamente), com ETR@ em torno de 250 ppm volta de 200 ppm, respectivamente.

Granitóides intrusivos no subdomínio São Roque

Elementos maiores e menores

Os dados correspondentes aos elementos maiores, menores e alguns traços são apresentados no Anexo 4. Os diagramas álcalis *versus* SiO_2 e AFM mostram o caráter dominantemente subalcalino - cálcio-alcalino destas rochas, com algumas fácies do ***Maciço Morro do Pão*** e enclaves de outras unidades situando-se no campo alcalino (Figuras 3.12 e 3.13). A afinidade meta-aluminosa a fracamente peraluminosa está evidenciada no diagrama A/CNK versus A/NK (Figura 3.14). O diagrama K_2O *versus* SiO_2, com os campos composicionais definidos por Peccerillo & Taylor (1976), ressalta o caráter potássico do conjunto, com os pontos analíticos situando-se nos campos correspondentes às séries cálcio-alcalina de alto-K a shoshonítica (Figura 3.15).

Na Figura 3.17 são apresentados, de maneira gráfica, mediante diagramas de Harker, os dados analíticos correspondentes aos óxidos dos elementos maiores *versus* SiO_2. Os granitóides deste subdomínio geológico abarcam um amplo intervalo de SiO_2 definindo dois grupos de rochas: o primeiro com SiO_2 entre 47% e 58%, inclui as rochas dioríticas do ***Maciço Boa Vista,*** os enclaves máficos e algumas fácies do ***Maciço Morro do Pão***. Um segundo conjunto, com SiO_2 entre 62% e 78%, engloba os litotipos pertencentes ao resto das unidades e os termos mais diferenciados do ***Maciço Morro do Pão***. Os diagramas de Harker põem em evidência, a grosso modo, uma tendência caracterizada por comportamento compatível do Fe_2O_{3t}, TiO_2, CaO, MgO, MnO, P_2O_5 e Na_2O, de acordo com esperado para essas variações de SiO_2. Entretanto, quando se analisam os



▽ Maciço Boa Vista ◇ ◇ Maciço Imbiruçu/enclave ● Maciço Morro do Pão

▼ Diorito Boa Vista □ ■ Maciço Morro Azul/enclave △ ▲ Maciço Machado/enclave

Figura 3.12: Diagrama álcalis *versus* SiO_2 (% em peso) para as rochas granitóides do subdomínio São Roque, com a subdivisão dos campos de rochas alcalinas e sub-alcalinas segundo Irvine & Baragar (1971).

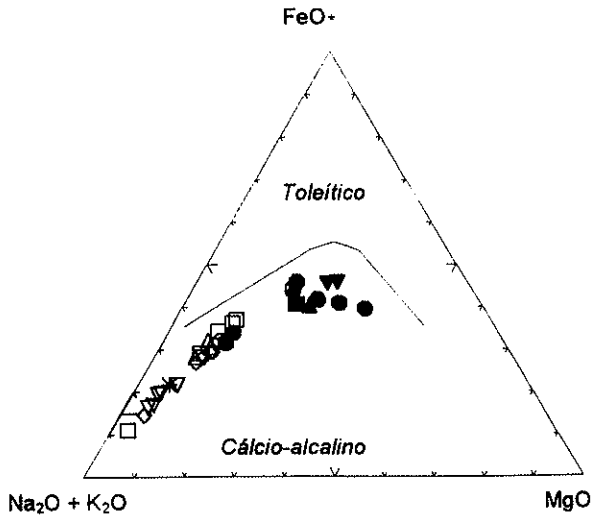


Figura 3.13: Diagrama AFM para os granitóides do subdomínio São Roque, com a delimitação dos campos toleítico e cálcio-alcalino (Símbolos como na figura acima)

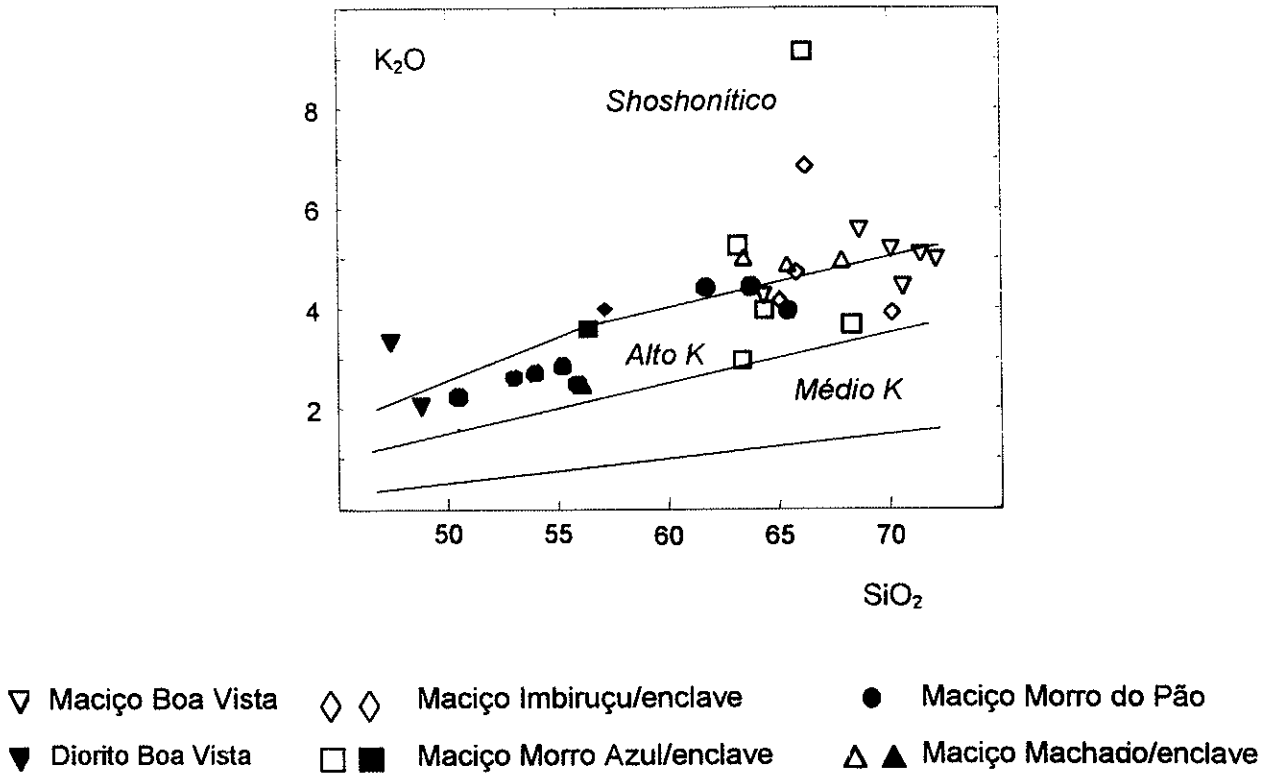
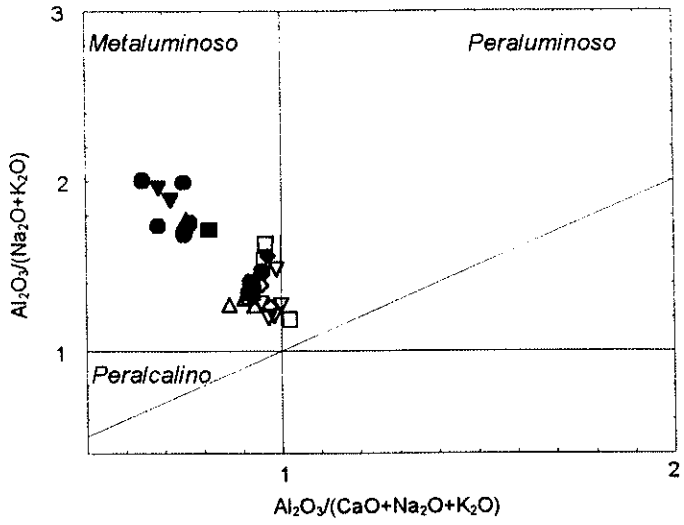


Figura 3.14: Diagrama K_2O versus SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio São Roque, com a delimitação dos campos composicionais segundo Peccerillo & Taylor (1976).

diagramas mais detalhadamente, observa-se que alguns desses óxidos, como TiO_2, P_2O e Al_2O_3 mostram diferentes teores para iguais concentrações de SiO_2, tanto no caso de diferentes maciços, como o ***Morro Azul e Machado*** e dentro da mesma unidade, como o ***Maciço Morro do Pão***, definindo grupos químicamente distintos. As amostras cumuláticas dos ***maciços Imbiruçu e Morro Azul*** mostram o mesmo teor de SiO_2 diferenciando-se, fundamentalmente, nas concentrações de álcalis, coerente com a composição modal determinada: a amostra do Maciço Morro Azul exibe altos teores de K e baixos Ca e Na, enquanto a rocha cumulática do Maciço Imbiruçu tem maiores concentrações de Na e Ca.

Elementos traços

Diagramas de variação de elementos traços escolhidos *versus* SiO_2 são apresentados na Figura 3.18. No que se refere aos elementos traços incompatíveis do grupo LILE, as rochas mais evoluídas do conjunto mostram teores de Rb em torno de 100 ppm a 250 ppm. Já as rochas mais primitivas,



▽ Maciço Boa Vista ◇ ◇ Maciço Imbiruçu/enclave ● Maciço Morro do Pão

▼ Diorito Boa Vista □ ■ Maciço Morro Azul/enclave △ ▲ Maciço Machado/enclave

Figura 3.15: Diagrama A/NK *versus* A/CNK (razões moleculares) baseado nos índices de Shand (*in*: Maniar & Piccoli 1989), para as rochas granitóides do subdomínio São Roque.

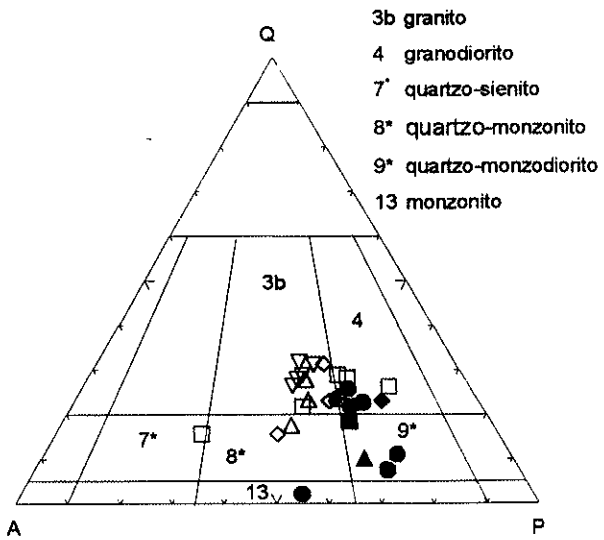


Figura 3.16: Classificação química das rochas granitóides do subdomínio São Roque no diagrama QAP normativo de LeMaitre (1989) (Símbolos como na figura acima).

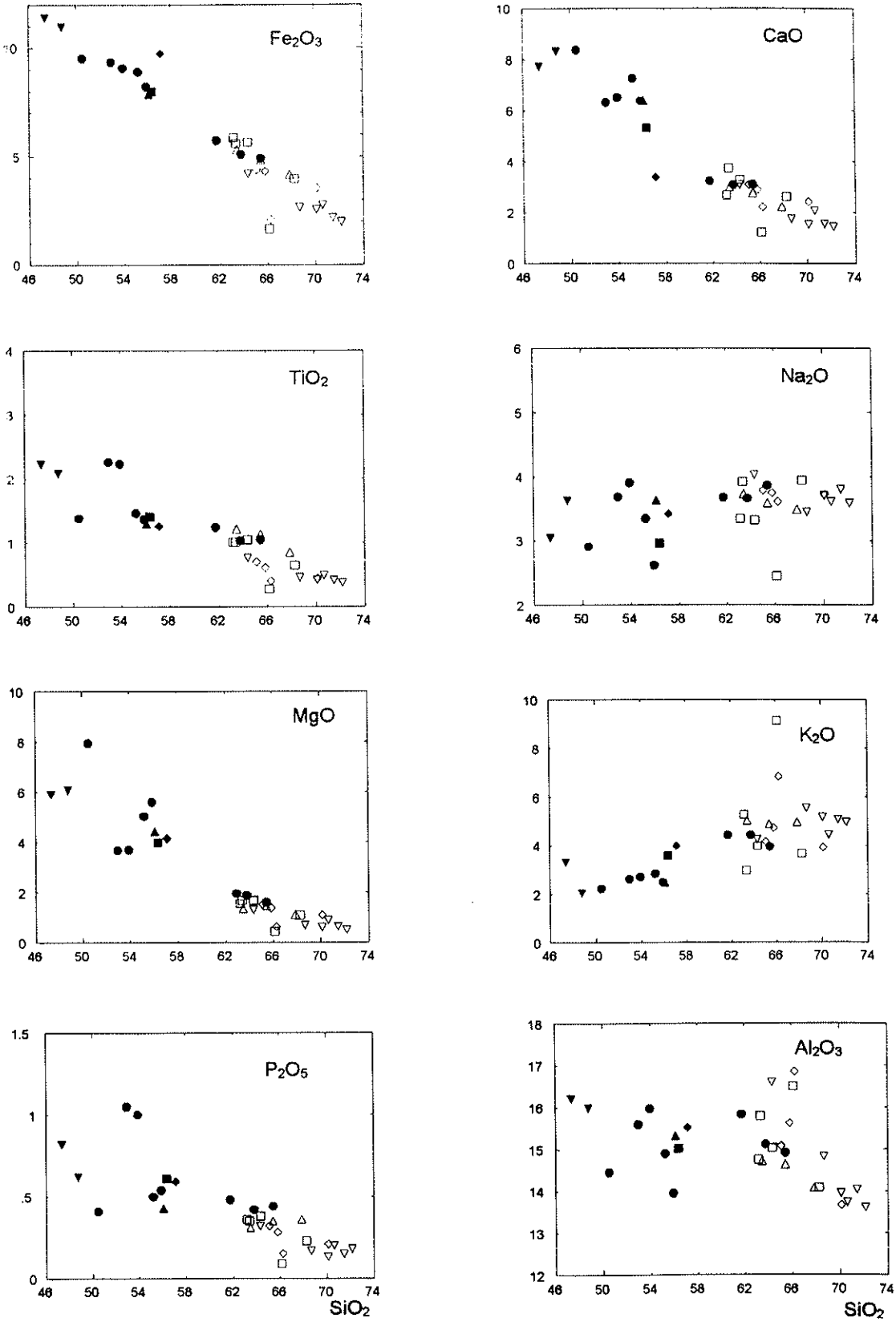


Figura 3.17: Diagramas de variação dos óxidos dos elementos maiores e menores *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio São Roque. (Os símbolos são os mesmos da figura 3.15)

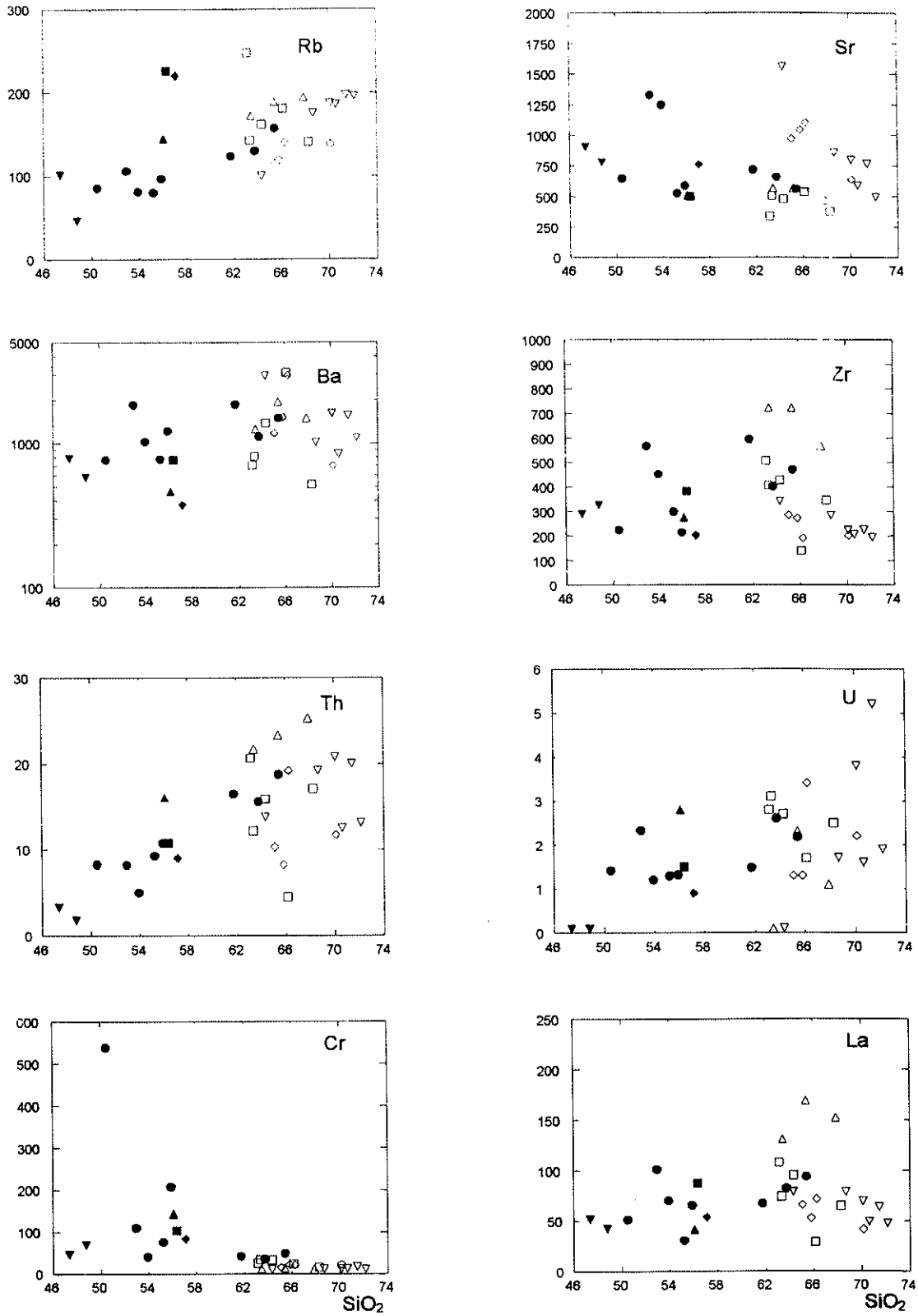


Figura 3.18: Diagramas de variação de elementos traços (ppm) *versus* SiO_2 (% em peso) para os granitóides do subdomínio São Roque. (Os simbolos são os mesmos da Figura 3.15)

representadas pelo ***Maciço Morro do Pão*** têm teores variando entre 80 ppm e 130 ppm. As concentrações de Ba e Sr são relativamente altas, variando, aproximadamente, entre 600 ppm e 3000 ppm e 300 ppm e 1500 ppm, respectivamente.

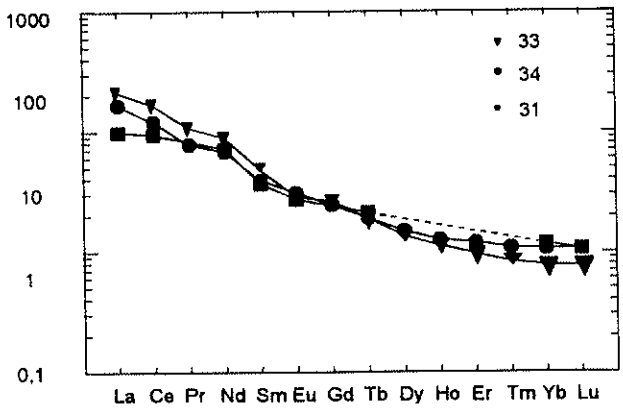
Quanto aos elementos HFSE, os teores de Zr são, em geral, moderadamente altos, chegando a 721 ppm no ***Maciço Machado***. Também são relativamente altas as concentrações deste elemento nas rochas menos evoluídas do ***Maciço Morro de Pão***, como evidenciado no diagrama de Harker correspondente, com valores entre 450 e 600 ppm, sendo coerentemente acompanhados pelas concentrações de Hf. Nos diagramas binários *versus* SiO_2, o Zr define grupos com teores muito diferentes para a mesma concentração desse óxido. Desde que as concentrações desse elemento estão em relação direta com as temperaturas alcançadas na fusão, os elevados teores refletem altas temperaturas de fusão.

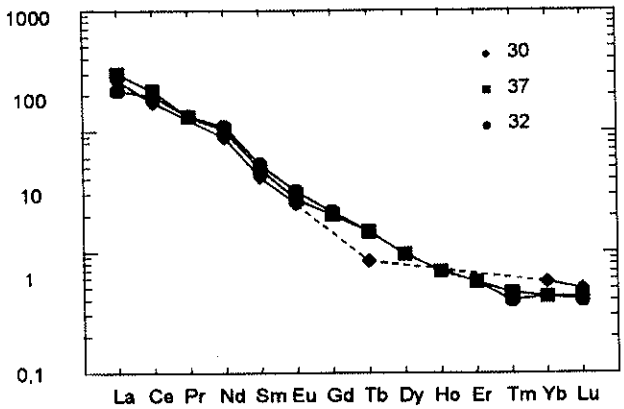
Os teores de Cr e Ni nestas rochas são variáveis, alcançando 500 ppm de Cr e 200 ppm de Ni na amostra 34 do ***Maciço Morro do Pão.*** V é outro elemento traço em concentrações moderadamente altas nestas rochas. Este elemento acompanha o Ti nos processos de fusão e cristalização e é bom indicador de fracionamento de óxidos de Fe e Ti (ilmenita ou titanomagnetita).

Os teores de Th variam entre 1 e 25 ppm, sendo que as maiores concentrações correspondem aos litotipos do granitóide Machado.

Elementos terras raras

Os teores dos ETR, normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984), são apresentados na Figura 3.19. Todos eles mostram, em maior ou menor grau, as mesmas características: padrões relativamente fracionados, com enriquecimento de ETRL, e padrões dos ETRP praticamente horizontais sem, que, entretanto, se observe alguma variação sistemática entre os teores totais dos ETR e o grau de diferenciação destas rochas.





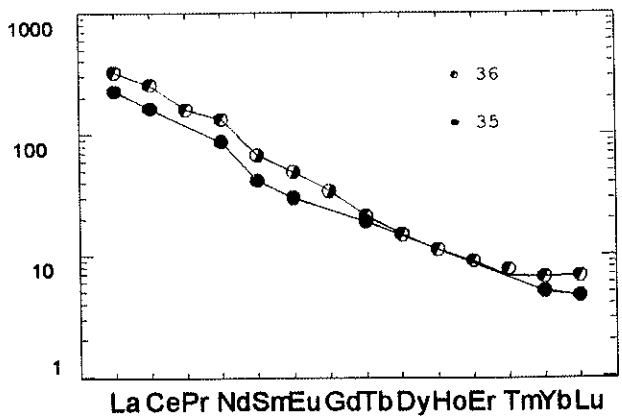


Figura 3.19: Padrões dos elementos terras raras normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para as rochas do Maciço Morro do Pão, subdomínio São Roque.

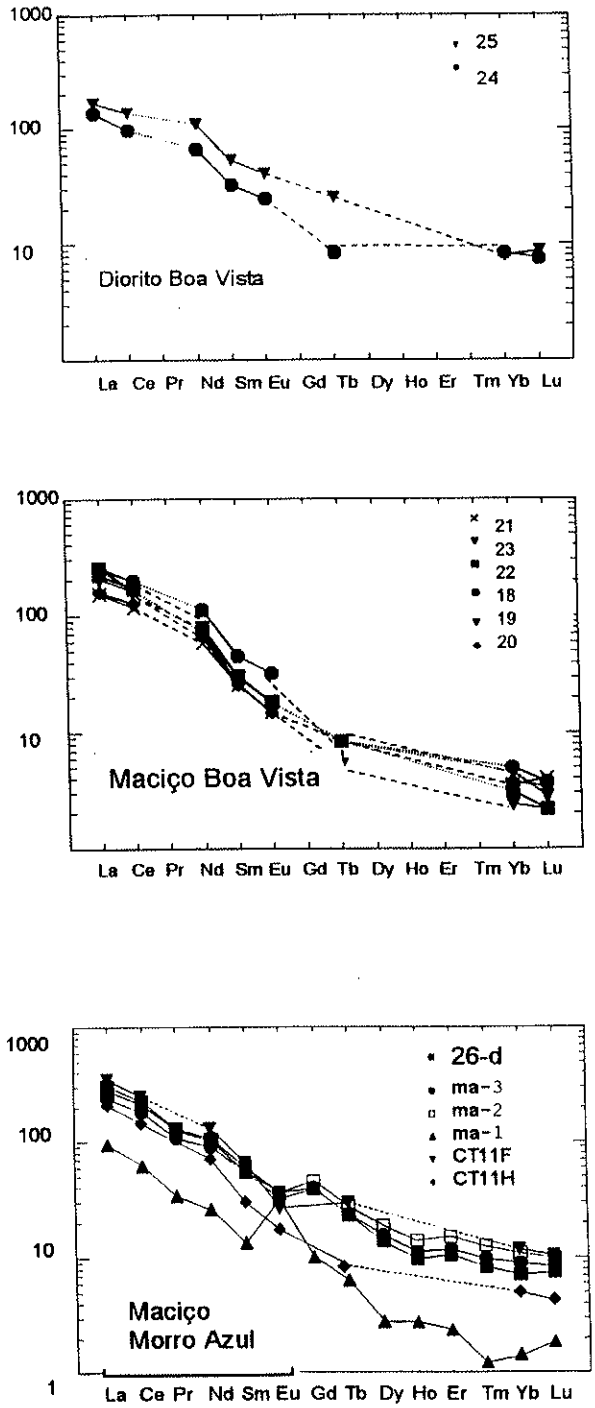
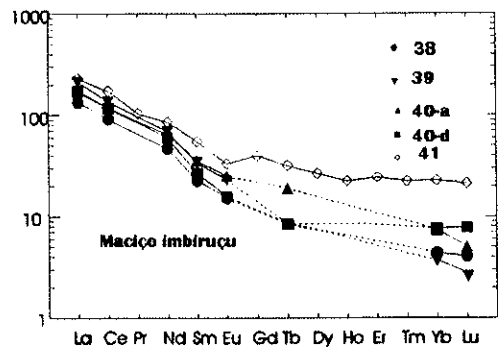


Figura 3.19: Padrões dos elementos terras raras normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para os granitóides do Subdomínio São Roque (continuação).



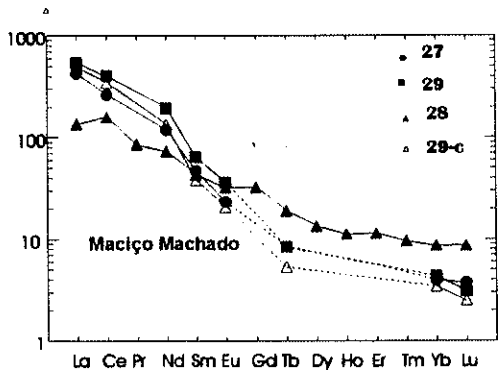


Figura 3.19: Padrões dos elementos terras raras normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para os granitóides do subdomínio São Roque (continuação).

Os ETR apresentam valores totais aproximados (comparadas as somatórias dos mesmos elementos, ETR$^{@}$), de 400-600 ppm no Maciço Machado, 230 ppm - 400 ppm no Maciço Morro Azul (com 100 ppm para a amostra cumulática), 180 pp-320 ppm no Maciço Boa Vista, 170 ppm -250 ppm para o diorito Boa Vista, 150-300 ppm no Maciço Imbiruçu (incluindo a rocha cumulática, com 280 ppm) e 150-400 ppm para as diversas fácies do Maciço Morro do Pão.

A razão La_n/Yb_n do **Maciço Morro Azul** varia entre 26 e 40, com exceção da rocha cumulática, que é de 65. A amostra cumulática tem baixo grau de fracionamento (La_n/Yb_n = 0,05) e leve anomalia negativa de Eu. Nas demais amostras os teores são menores (ETR$^{@}$ =150 a 220 ppm), e os padrões são, a grosso modo, subparalelos.

No que se refere à distribuição dos ETR para o ***Maciço Morro do Pão,*** observa-se que exibem padrões subparalelos, com baixo a alto grau de fracionamento (La_n/Yb_n entre ~ 8,5 e 28 a 44 a 70. Nas amostra onde se determinou Gd a anomalia negativa de Eu é pouco marcada (Eu_n/Eu_n^* = 0,97 a 0,80).

As amostras do ***Maciço Boa Vista*** mostram grau de fracionamento relativamente alto (La_n/Yb_n entre 42 e 106), com padrões dos ETRL fracionados e ETRP exibindo padrões praticamente horizontais. As concentrações dos **ETRT$^{@}$** variam entre 180 e 260 ppm, com exceção da amostra 18, na que atinge 320 ppm.

4.3.3. Geocronologia e Geologia Isotópica

No âmbito do Domínio São Roque os estudos geocronológicos foram prioritáriamente desenvolvidos nos granitóides intrusivos. Os dados analíticos das diversas metodologias radiométricas correspondentes às rochas deste domínio geológico encontram-se nas Tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. Os resultados geocronológicos e parâmetros isotópicos constam na Tabela 3.5.

N° Laboratório	N° de amostra	Unidade	Sr (ppm)	Rb (ppm)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$ (±erro)
12442	38	Maciço Imbiruçu	590	168	0,605	0,71495 (10)
13438	26	Maciço Morro Azul	524,98	135,44	0,75	0,71809 (7)
13405	26-a	Maciço Morro Azul	498,43	154,00	0,90	0,71785 (9)
13362	Dlg-MA-c	Maciço Morro Azul (enclave)	486**	209**	1,25	0,71932 (7)
13504	23	Maciço Boa Vista	838	189	0,65	0,71395 (9)
	18	Maciço Boa Vista	1560*	100*	0,185	0,70843 (7)
12534	24	Diorito Boa Vista	762,83	52,54	0,1973	0,70804 (11)
	29	Maciço Machado	506,48	187,02	1,56	0,71555 (7)
	12	Maciço Moinho	987	123	0,36	0,71264 (8)
	14	Maciço Pedra Branca	1088	1155	0,305	0,71209(19)
13361	8	Maciço Barro Branco	231,57	243,93	3,04	0,73562 (8)
13359	6-m	Maciço Barro Branco	464**	229**	1,41	0,72324 (7)
13360	6-p	Maciço Barro Branco	479**	208**	1,25	0,72186 (9)

* Análises químicas efetuadas nos Laboratorios *ACTLABS* (Canadá); ** Análises quantitativas efetuadas no DMP/IGc/USP

Tabela 3.1: Dados analíticos Rb/Sr para as rochas granitóides do Domínio São Roque.

Nº Laboratório	Nº de amostra	Unidade	Sr (ppm)	Rb (ppm)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$ (±erro)
13403	33	Maciço Morro do Pão	657	111	0,489	0,71253 (16)
13402	37	Maciço Morro do Pão	172,16	590,86	0,80	0,71505 (9)
13401	36	Maciço Morro do Pão	1142,04	83,01	0,21	0,70870 (7)
	17	Maciço Mato Mole	266	191	2,08	0,72955 (9)

Tabela 3.1 Dados analíticos Rb/Sr para as rochas granitóides do Domínio São Roque (continuação).

Fração magnética	Concentrações (ppm)		Razões calculadas (* isótopos radiogênicos)			Idades (Ma)		
	U	Pb	$^{206*}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb^{*}/^{235}U$	$^{207}Pb^{*}/^{206}Pb^{*}$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{35}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
M1	625.82	60.26	.088815	0.73293	0.59851	548	558	598.
M0	165.55	22.45	0.96345	0.8018	0.60357	592.96	597	616

Tabela 3.2 a: Dados analíticos U/Pb para zircões provenientes do Maciço Barro Branco.

Fração magnética	Concentrações (ppm)		Razões calculadas (* isótopos radiogênicos)			Idades (Ma)		
	U	Pb	$^{206*}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb^{*}/^{235}U$	$^{207}Pb^{*}/^{206}Pb^{*}$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{35}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
M (-2)	472.1	44.928	0.908087	0.779551	0.062261	560	585	683
M (-1)	273.67	30.314	0.91677	0.760039	0.601276	565	574	608
M (0)	280.93	32.81	0.909734	0.762574	0.60795	561.	575	631

Tabela 3.2 b: Dados analíticos U/Pb para zircões provenientes do Maciço Mato Mole

N° laboratório	N° de amostra	Unidade	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}Sm/^{144}Nd$ (±erro)	$^{143}Nd/^{144}Nd$ (±erro)	Sm/Nd	$f^{Sm/Nd}$
724	38	Maciço Imbiruçu	5,45	34,14	0,09722 (6)	0,51197 (2)	0,190	-0,50
726	26-a	Maciço Morro Azul	11.11	66.39	0,10182 (6)	0,51175 (2)	0,199	-0.48
604	26-c	Maciço Morro Azul (enclave)	10.44	65,84	0,09648 (6)	0,51176 (2)	0,189	-0,51
738	23	Maciço Boa Vista	5,91	40,19	0,08956 (5)	0,51175 (2)	0,158	-0,54
736	18	Maciço Boa Vista	9,25	61,16	0,09205 (5)	0,51185 (2)	0,15	-0,53
723	24	Maciço Boa Vista	8,23	44,99	0,11128 (6)	0,51201 (2)	0,28	-0,43
714	29	Maciço Machado	13,92	111,67	0,07585 (4)	0,51148 (3)	0,12	-0,61
725	12	Maciço Moinho	7,00	40,76	0,10450 (6)	0,51169 (3)	0,17	-0,47
604	8	Maciço Barro Branco	7,76	51,92	0,09094 (5)	0,51162 (3)	0,15	-0,53
727	6	Maciço Barro Branco	7,78	54,95	0,08725 (50)	0,51159 (2)	0,141	-0,556
728	14	Maciço Pedra Branca	9,8	55,75	0,10699 (7)	0,51163 (3)	0,17	-0,45
711	33	Maciço Morro do Pão	9,763	57,36	0,10359 (5)	0,51199 (5)	0,20	-0,47
712	37	Maciço Morro do Pão	10,403	73,28	0,08639 (5)	0,51181 (22)	0,17	-0,56
713	36	Maciço Morro do Pão	11,43	72,47	0,09595 (5)	0,51182 (3)	0,19	-0,51

Tabela 3.3 : Dados analíticos Sm/Nd para as rochas granitóides do Domínio São Roque.

	Maciço Pedra Branca		Maciço Moinho		Maciço Barro Branco			Maciço Mato Mole
	(1)	14	(1)	12	(2) NT	'8	6	17
Rb/Sr (isócrona rocha toal, Ma)	540 ±91		1300 ± 350		710 ± 30	769 ± 17		
Ri	0,715		0,70956		0,707	0,708		
MSWD					4,327	0,295		
U/Pb em zircão (Ma) (intercepto superior)						629 ± 11		623 ± 54
T_{DM} (Ga)		2,0	2,0	1,88	1,6	1,77	1,70	1,76
ε_{Nd} (0)		-19,49		-18,32	-21,07	-19,84	-20,33	-16,31
ε_{Nd} (t)		-13,79 (0,55)		-11,29 (0,6)		-11,77 (0,63)	-11,94 (0,63)	-9,40 (0,62)
Ri (t)		0,70973(0,55)		0,70956		0,71093(0,63)	0,71040(0,63)	0,71177(0,62)
ε_{Sr} (t)		83,81		81,81		82,5 (0,63)	94,36(0,63)	105,14
$R_{Sr}(0)$	0,71015	0,71209		0,71264		0,73562	0,72324	0,72955
Pb/Pb			1220 ± 350					
u_1			8,04					

(t) = idade de cristalização (calculada ou inferida); R_{Sr} = razão $^{87}Sr/^{86}Sr$; Ri = $^{87}Sr/^{86}Sr$ inicial ; $R_{Sr}(0)$ = $^{87}Sr/^{86}Sr$ hoje.
(1) = Dados Tassinari (1988) e nesta pesquisa; (2) Tassinari (1988).

Tabela 3.4: Parámetros isotópicos e dados geocronológicos para as rochas dos maciços Pedra Branca, Moinho, Barro Branco e Mato Mole, Domínio São Roque.

	Maciço Boa Vista		Diorito Boa Vista	Maciço Morro do Pão		
	18	23	24	36	33	37
Rb/Sr (isócrona rocha total, Ma)			515,5 ± 19,5			
Ri			0,70704			
MSWD			20,81			
T_{DM} (Ga)	1,5	1,58	1,50	1,55	1,44	1,45
ε_{Nd} (0)	-15,22	-17,19	-12,25	-15.84	-12.48	-15.98
ε_{Nd} (t)(Ga)	-7,23 (0,6)	-9,01(0,6)	-6,71(0,51)	-8,15 (0,6)	-5,38 (0,6)	-7,56 (0,6)
Ri (t) (Ga)	0,70977(0,6)	0,70839(0,6)	0,70678 (0,51)	0,70620 (0,6)	0,70808 (0,6)	0,70836 (0,6)
ε_{Sr} (t)	84,85(0,6)	65,17(0,6)	40,38 (0,51)	34,12(0,6)	60,81(0,6)	64,83 (0,6)
$R_{Sr}(0)$	0,71495	0,1395	0,70804	0,70800	0,71236	0,71551

(t) = idade de cristalização (calculada ou inferida); R_{Sr} = razão $^{87}Sr/^{86}Sr$; Ri = $^{87}Sr/^{86}Sr$ inicial ; $R_{sr}(0)$ $^{87}Sr/^{86}Sr$ hoje.

Tabela 3.4: Parámetro isotópicos e dados geocronológicos para as rochas dos maciços Boa Vista e Morro do Pão, Domínio São Roque.

	Maciço Morro Azul			Maciço Imbiruçu	Maciço Machado
	26-a	(1)	26-c (enclave)	38	29
Rb/Sr (isócrona rocha total, Ma)		532 ± 20		597 ± 20	615 ± 43
Ri		0,71088		0,70977	0,708
MSWD		0,1919		0,025	14,68
T_{DM} (Ga)	1,75	1,8	1,65	1,4	1,72
ε_{Nd} (0)	-17,22		-16,95	-13,03	-22,55
ε_{Nd} (t)	-11,20 (0,53)		-9,11 (0,61)	-5,56 (0,6)	-13,10 (0,6)
Ri (t)	0,71121(0,53)		0,70833 (0,61)	0,70871(0,6)	0,70653 (0,6)
ε_{Sr} (t)	103,5 (0,53)		56,35 (0,61)	69,71(0,6)	39,13 (0,6)
R_{Sr} (t) (3)	0,71121(0,52)		0,70860 (0,61)	0,70977(0,6)	
$R_{Sr}(0)$	0,71785		0,71930	0,71495 (0,6)	
Pb/Pb (Ma)		580			
u_1		8,09			

(t) = idade de cristalização (calculada ou inferida); R_{Sr} = razão $^{87}Sr/^{86}Sr$; Ri = $^{87}Sr/^{86}Sr$ inicial ; $R_{Sr}(0)$ = $^{87}Sr/^{86}Sr$ hoje.
(1) = Dados Tassinari (1988) e nesta pesquisa; (2) Tassinari (1988).

Tabela 3.5: Dados isotópicos e geocronológicos para as rochas dos maciços Morro Azul, Imbiruçu e Machado, Domínio São Roque.

Resultados Rb-Sr e U-Pb

Estudos geocronológicos dos granitóides da região em estudo são devidos, principalmente, a Tassinari (1988), que datou o gnaisse correspondente à fácies fina do ***Maciço do Barro Branco,*** considerado pelo autor acima como Gnaisse Igaratá, pela metodologia isocrónica Rb/Sr em rocha total. O mencionado autor obteve uma isócrona que forneceu idade de 710 ± 30 Ma, com Ri = 0,70744 e MSWD de 4,327. No curso desta pesquisa foi analisada pela mesma sistemática geocronológica a fácies porfiroclástica desta unidade, incluindo-se na amostragem uma amostra da fácies fina do mesmo afloramento. A isócrona obtida forneceu idade de 769 ± 17 Ma, com Ri de 0,70806 (MSWD = 0,295). Integrando todos os dados analíticos obtém - se uma reta correspondente à idade de 673 ± 28 Ma com Ri de 0,70799 e MSWD = 5,6170 (Figura 3.20).

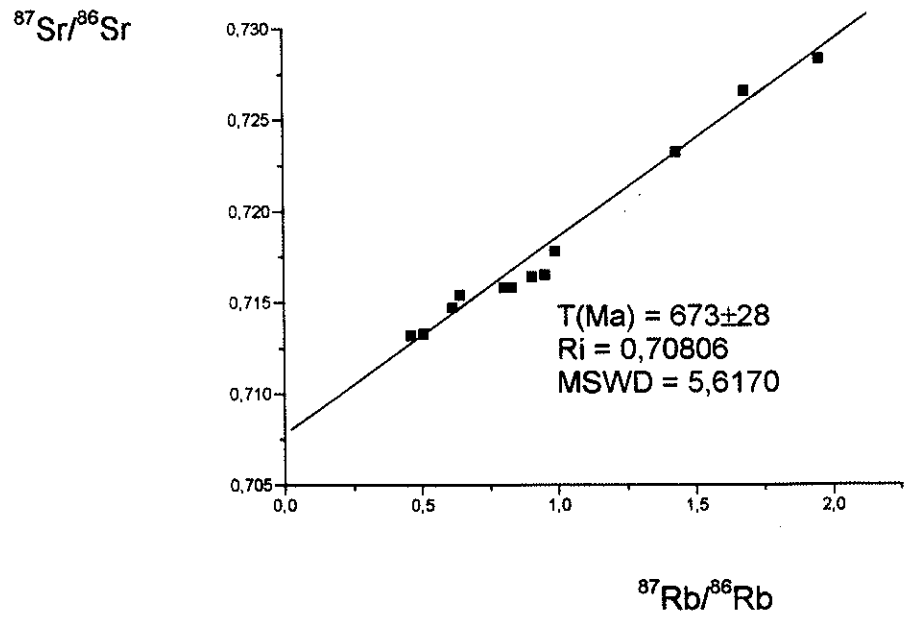


Figura 3.20: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para as rochas do Maciço Barro Branco.

O estudo pela sistemática U/Pb em zircões deste gnaisse envolveu a análises de 3 frações desse mineral. A amostra foi coletada no mesmo afloramento amostrado por Tassinari (1988) para análises através do método Rb/Sr.

Foram selecionadas três populações de zircões correspondentes às frações magnéticas M(0), M(-1) e M(-3). Nos três casos foram escolhidos zircões euédricos, límpidos, alguns com inclusões fluidas, sem evidências de arredondamento por reabsorção metamórfica. Apesar destas características, os zircões foram submetidos a um processo de abrasão. A fração M(-3) foi perdida durante o processamento da amostra. Os dados analíticos constam na Tabela 3.2. Os resultados foram tratados no diagrama Concórdia, obtendo-se uma Discórdia (Figura 3.21) com os dois pontos situados próximos ao intercepto superior, definindo uma idade de 629 ± 11 Ma. O intercepto inferior forneceu idade de 236 ± 62 Ma, carecendo de significação geológica.

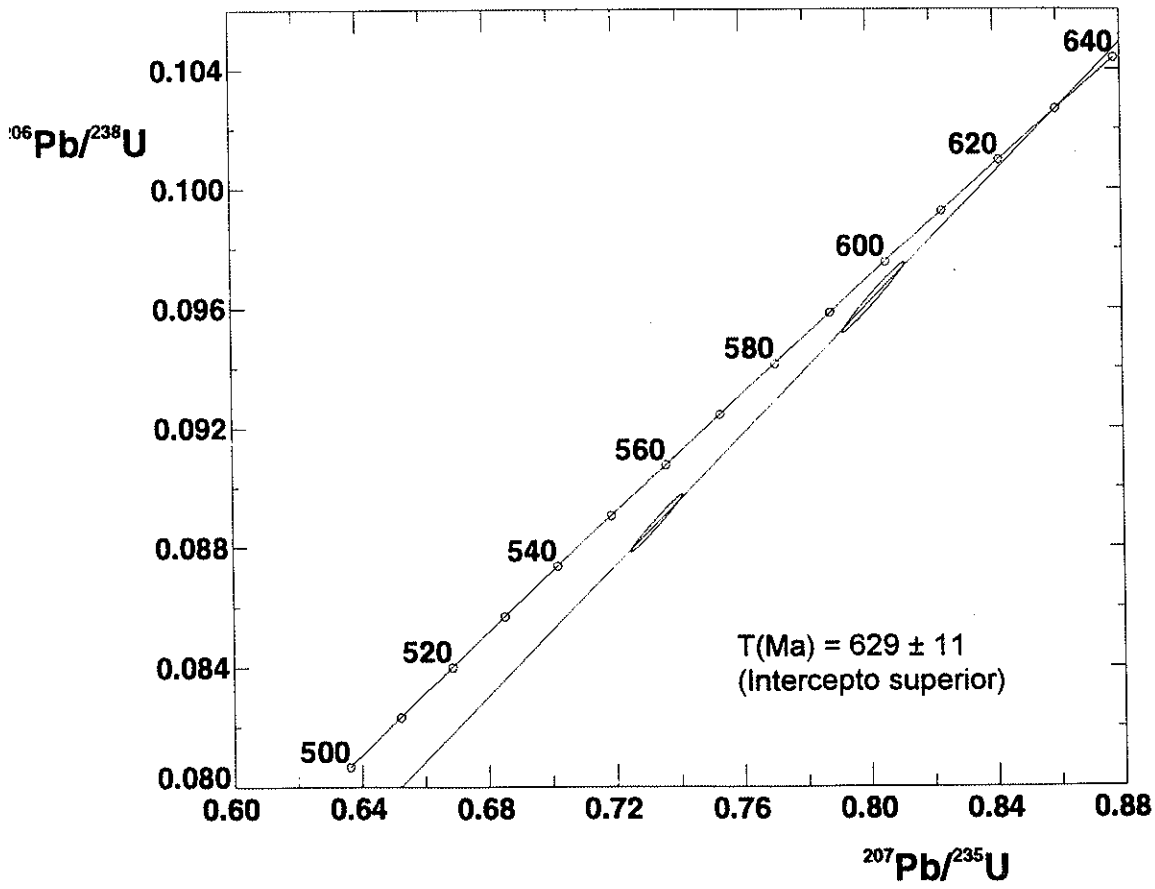


Figura 3.21: Diagrama Concórdia para o Maciço da Serra do Barro Branco.

A idade U/Pb obtida, interpretada como a época de cristalização deste granitóide é, dentro do erro analítico, concordante com a idade fornecida pela metodologia Rb/Sr isócrona em rocha total. Entretanto, essa idade deve ser considerada como preliminar até que seja incorporado ao menos um terceiro ponto na Discórdia.

Devido à grande homogeneidade nas razões Rb/Sr em rocha total das amostras do ***Maciço Moinho*** não foi possível obter idades isocrônicas por essa sistemática. Tassinari (1988) reportou uma idade Rb/Sr convencional de 1,3 ± 0,35 Ma utilizando um valor de Ri de 0,705. Adicionalmente, Tassinari (*op. cit.*) valeu-se da sistemática Pb/Pb em rocha total e em concentrados de feldspatos para datar este corpo, obtendo uma errócrona com idade de 1,22 ± 0,35 Ga. O elevado erro da idade deveu-se ao fato dos pontos analíticos não possuírem uma grande variação na composição $^{207}Pb/^{204}Pb$. Porém, como ressaltado no *ítem* correspondente às características gerais destas rochas (3.2.1), este granitóide apresenta feições que levaram a Campos Neto *et al.* (1988) a considera-lo tardi-D_1, ou seja, mais novo que o Maciço Barro Branco, o qual, como já visto, forneceu uma idade de 629 ± 11 Ma. Portanto, a definição da idade do Maciço Moinho permanece ainda indefinida,

A tentativa de datação, durante esta pesquisa, do ***Maciço Pedra Branca*** pelo método isocrônico Rb/Sr em rocha total foi infrutífera pois as razões Rb/Sr apresentaram valores muito homogêneos. Entretanto, este granitóide em sua porção sudoeste foi datado por essa metodologia pelo convênio IPT-PróMinério tendo sido obtida uma errócrona em rocha total de 540 ± 91 Ma, com Ri = 0,715 ± 0,005 (1984 *in:*Tassinari 1988). Essa idade, apesar do elevado erro analítico, posiciona a cristalização deste corpo ou, ao menos parte dele, no limite do Neoproterózoico com o Cambriano.

O ***Maciço do Mato Mole*** foi submetido apenas a análises radiométricas pela metodologia U/Pb em zircões. Foram escolhidas 4 frações de zircões euédricos, sem evidências de arredondamento por reabsorção metamórfica, límpidos, levemente amarelados. Os dados obtidos foram tratados no diagrama Concórdia (Figura 3.22). Três dos quatro pontos analíticos situaram-se próximos entre si e do intercepto superior da Concórdia, sendo que um deles não é colinear com os

demais. A idade foi obtida mediante construção de uma Discórdia constituída apenas por dois pontos próximos ao intercepto superior e um mais distante, com perda de Pb radiogênico mais acentuada. O intercepto superior da Discórdia indicou uma idade e indicou uma idade de 623 ± 54 Ma, com um MSWD extremamente elevado, da ordem de 130. O alto erro calculado para a idade e o valor obtido para o MSWD são conseqüências da não colinearidade dos pontos analíticos no diagrama.

Entretanto, ainda que em caráter preliminar, os dados acima sugerem uma época próxima de 600 Ma para a cristalização do granitóide do Mato Mole.

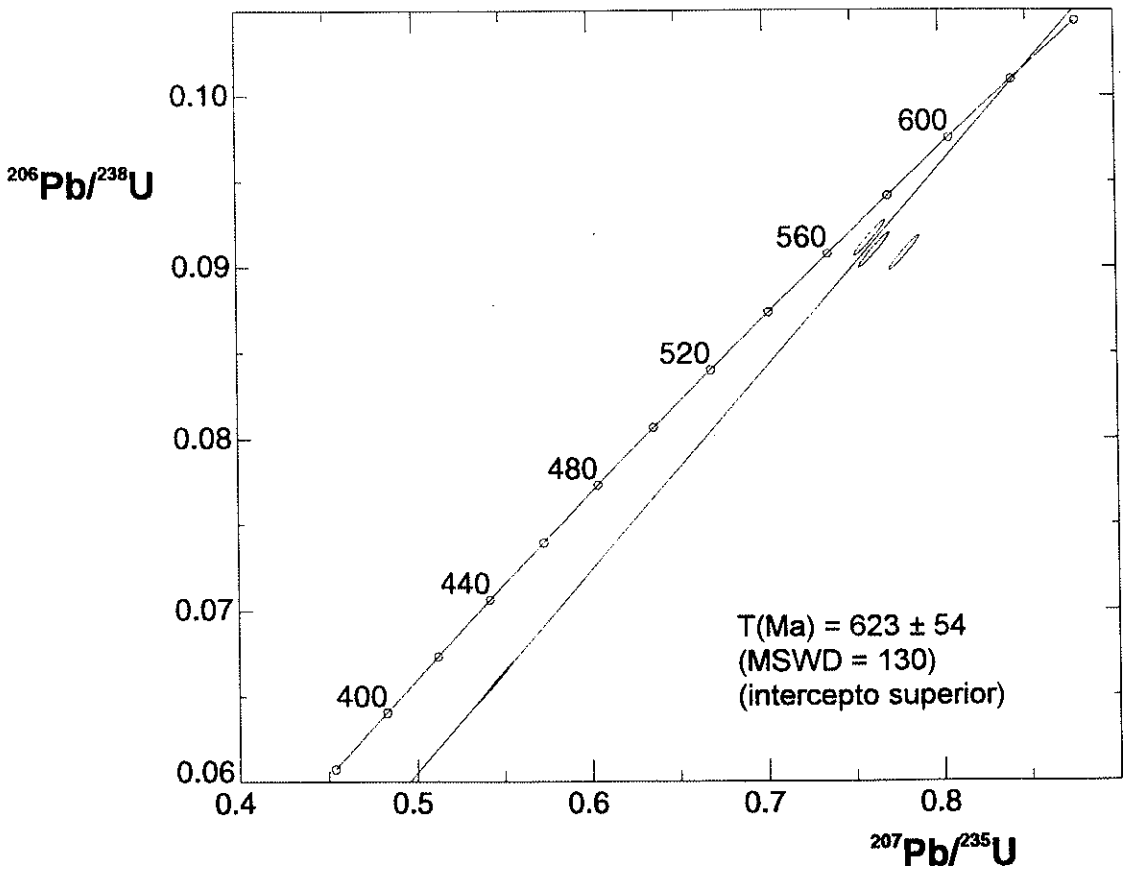


Figura 3.22: Diagrama Concórdia para o Maciço Mato Mole.

Das amostras do ***Maciço Machado*** analisadas por fluorescência de Rx foram escolhidas as quatro com maior variação nas razões Rb/Sr, as quais definiram uma errócrona com inclinação relativa à idade de 615 Ma, com Ri 0,708 (MSWD = 14,684) (Figura 3.23).

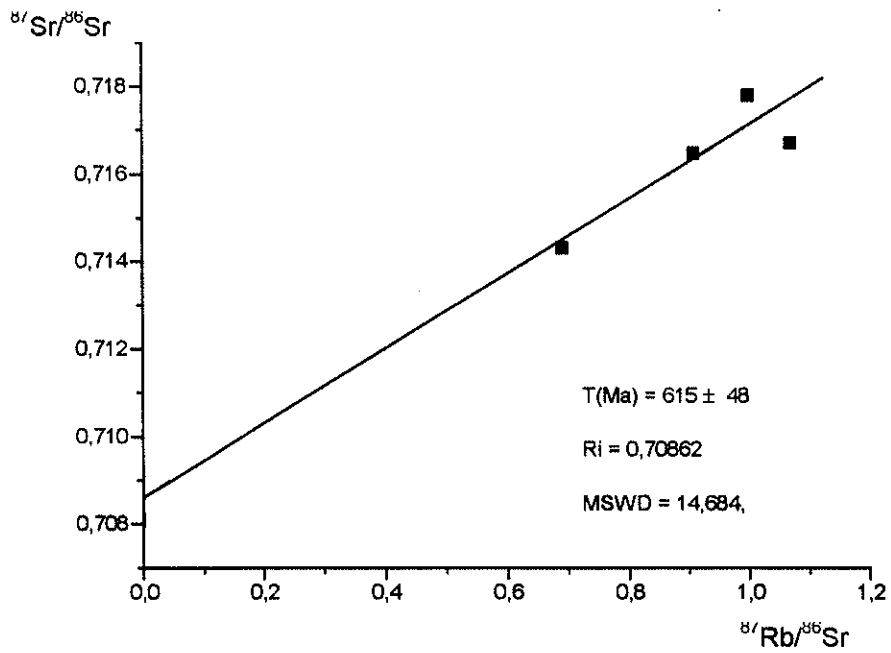


Figura 3.23: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para o Maciço Machado.

As amostras provenientes de ***Maciço Imbiruçu*** mostraram-se muito homogêneas no que diz respeito à razão Rb/Sr, portanto procedeu-se a uma segunda amostragem. Esta atingiu amostras de afloramentos próximos que mostraram rochas composicional e texturalmente semelhantes. Essas amostras, quando analisadas pela metodologia Rb-Sr em rocha total, definiram uma isócrona com a idade de 598 ± 20 Ma, Ri = 0,7086 ± 0,00017 e MSWD de 0,025 (Figura3.24).

O **Maciço Morro Azul** foi datado pelo método isocrônico Rb/Sr em rocha total por Tassinari (1988), que obteve uma isócrona com 4 pontos analíticos correspondente à idade de 523 ± 62 Ma, com Ri =0,7113 e MSWD = 0,1919. O elevado erro analítico da idade deve-se às concentrações muito parecidas da razão

Rb/Sr. Nesta isócrona o autor não considerou uma amostra com alta concentração de minerais máficos situada acima da reta isocrônica.

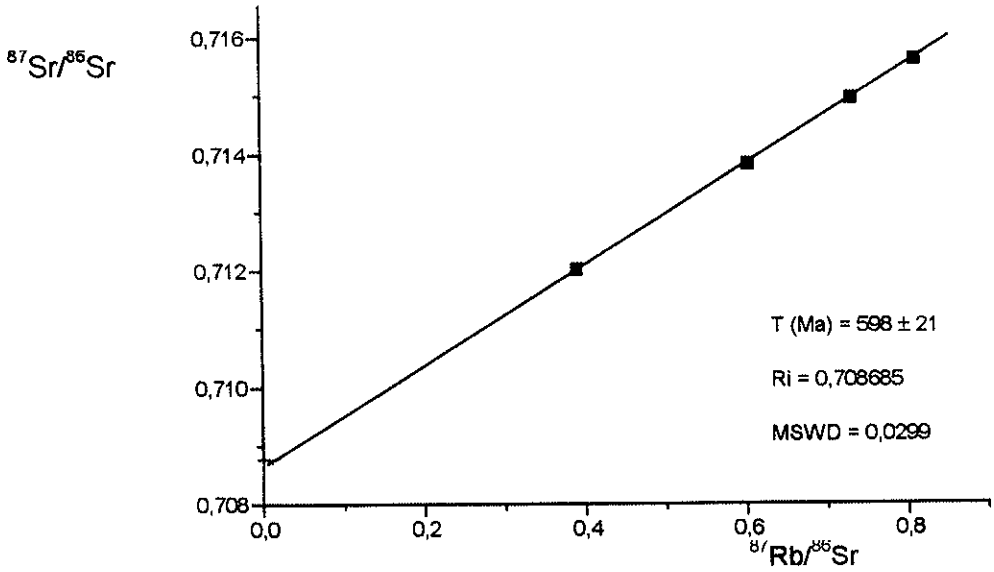


Figura 3.24: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para o Maciço Imbiruçu.

Durante o curso desta pesquisa foram analisadas outras duas amostras deste granitóide, correspondendo às variedades equigranular e porfirítica. Os pontos analíticos situaram - se praticamente no mesmo intervalo de razão Rb/Sr no diagrama isocrônico do conjunto dos dados anteriores, e quando calculados junto com estes indicaram a idade de 532 ± 20 Ma, com Ri de 0,71088 (MSWD = 3,5310) (Figura 3.25).

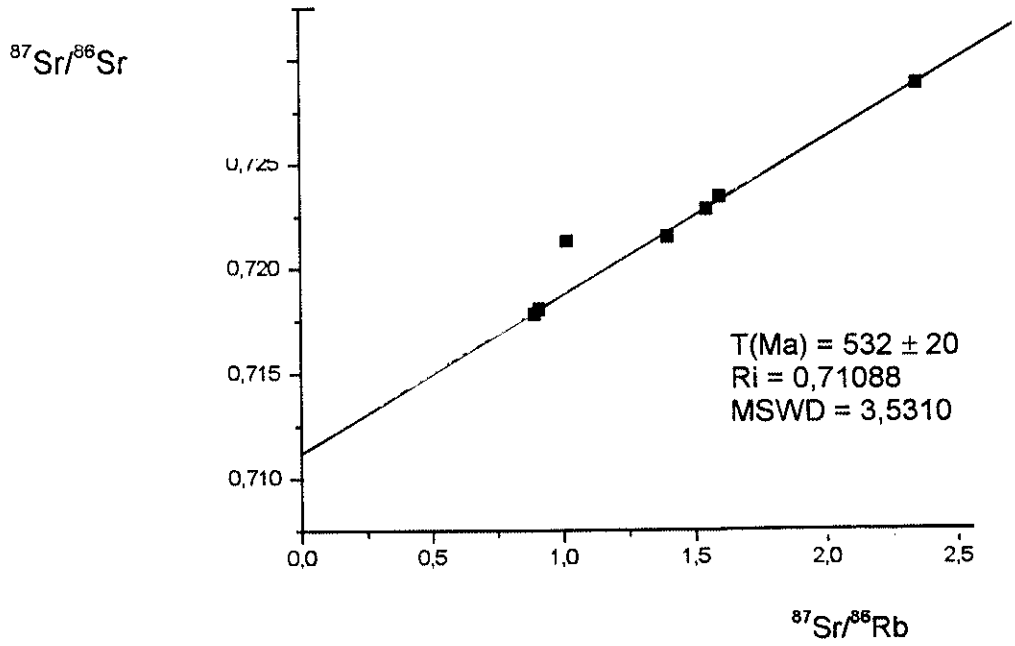


Figura 3.25: Diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total para as rochas do Maciço Morro Azul.

Idades Sm/Nd modelo manto empobrecido e características isotópicas das rochas do Domínio São Roque

Apesar deste trabalho enfatizar os estudos em rochas granitóides, foi também determinada a idade T_{DM} de um anfibolito pertencente ao Grupo Serra do Itaberaba, que forneceu uma idade próxima de 1,7 Ga, com $\varepsilon_{Nd}(o)$ de -13,03 e $\varepsilon_{Nd}(1,7)$ de 8,46. Uma vez que estes anfibolitos são considerados do tipo N-MORB, essa idade poderia ser assumida como a idade de ocorrência do vulcanismo básico que esta intercalado na seqüência, sugerindo que a sedimentação do Grupo Serra do Itaberaba teria se iniciado antes de 1,7 Ga e se prolongado até depois desta época.

As idades Sm/Nd (T_{DM}) calculadas para os granitóides Barro Branco, Moinho, Mato Mole, Pedra Branca, Boa Vista, Machado, Morro do Pão, Imbiruçu e Morro Azul variam entre 2,0 Ga e 1,4 Ga , como pode ser observado na Tabela 3.4.

Os valores situados dentro do intervalo de tempo 2,0 Ga - 1,8 Ga caracterizam o Paleoproterozóico como a época provável em que o precursores crustais destes granitóides diferenciaram - se do manto superior, indicando a existência de rochas transamazônicas no embasamento das sequências metavulcano-sedimentares do Domínio São Roque.

Já os resultados entre 1,6 Ga e 1,4 Ga poderiam significar uma época de acresção continental no Domínio São Roque durante o Mesoproterozóico, ou representar a média das idades de diferenciação mantélica dos protólitos das rochas estudadas. Neste segundo caso, as idades consideradas seriam uma mistura de materiais crustais diferenciados do manto em épocas mais antigas e mais jovens que o período de tempo considerado. Possívelmente estariam misturados materiais diferenciados do manto no Paleoproterozóico (2,0 Ga - 1,8 Ga) e final do Mesoproterozóico (1,1 Ga - 1,0 Ga) ou, ainda, ser considerada uma adição de magma juvenil na Orogênese Brasiliana, como sugerido pelos granitóides máficos presentes na área.

Os valores de ε_{Nd} obtidos para os granitóides intrusivos no Domínio São Roque calculados para a idade de cristalização das rochas variaram em termos gerais, entre -5 e -15. Os valores menos negativos, próximos a -5, correspondem às rochas com T_{DM} mais baixas, em torno de 1,5 Ga, que poderia indicar tanto que os seus respectivos protólitos tiveram um tempo de residência crustal menor, ou que fossem constituídos por uma crosta mais antiga paleoproterozóica que teria sofrido uma adição de magma juvenil durante o Meso ou Neoproterozóico. Por outro lado as amostras com valores de ε_{Nd} mais negativos, entre -9 a -15, estariam relacionadas rochas que apresentaram TDM vinculados ao Paleoproterozóico e, consequentemente, estes valores indicariam que os magmas parentais dos granitóides analisados teriam se originado por processos de fusão parcial de rochas com longa vida crustal.

Os valores de ε_{Sr} variam entre 34 e 113 correspondendo a valores de Ri entre 0,70620 e 0,71177. Como os granitóides estudados são, do ponto de vista geoquímico, do tipo I relacionados a ambientes de subducção (segundo a classificação de Chappell & White 1974) os valores altos de Ri e bastante negativos

do ε_{Nd} podem ser considerados como resultando de um longo tempo de residência crustal de seus protólitos ígneos (White1992) ou como conseqüência de processos de assimilação e/ou contaminação crustal.

Na figura 3.26 é apresentada a correlação existente entre as razões isotópicas iniciais do Nd e Sr em termos dos parâmetros ε_{Nd} *versus* ε_{Sr}. Para aquelas unidades cuja idade de colocação brasiliana é inferida principalmente por relações de campo, mas sem determinação por métodos geocronológicos, adotou-se a idade de 600 Ma para efetuar os cálculos correspondentes. Naquela figura todas as amostras situaram-se à direita da linha de correlação oceânica atual (COA, ou Mantle Array, DePaolo, 1988) e mostram relativamente pouca variabilidade no que se refere aos valores iniciais dos isótopos de Nd quando comparados com as variações da composição isotópica inicial do Sr.

No diagrama da Figura 3.26 podem ser definidos dois grupos: um deles situado pouco à direita do COA, mas ainda posicionado sobre essa linha, que mostram pouca variabilidade para o ε_{Sr} comparativamente a grandes variações obtidas para o ε_{Nd}. O segundo conjunto define uma correlação negativa que, para valores de ε_{Nd} por volta de -10 torna-se aproximadamente horizontal. Quando se consideram as T_{DM} e os valores de ε_{Nd} ficam definidos no diagrama três patamares caracterizados por uma grande variabilidade dos valores do Sr, por vezes superpostos, e uma estreita faixa para o Nd. O primeiro patamar envolveria rochas com T_{DM} entre 2,0 Ga e 1,7 Ga, o segundo incluiria as amostras com T_{DM} entre 1,65 Ga e 1,55 Ga e o terceiro aquelas com T_{DM} entre 1,55 Ga e 1,4 Ga. Esta distribuição mostra a coerência existente entre os valores de ε_{Nd} e as T_{DM} calculadas.

Na figura 3.27, extraída de DePaolo & Wasserburg (1979) são colocados os mesmos dados constantes da Figura 3.26. Neste diagrama define-se um *trend* que é explicado na literatura como sendo resultante da mistura de uma componente magmática mantélica com uma crustal, conforme exemplificado no caso do batólito de Sierra Nevada, na Califórnia (Mc Culloch & Chappell 1982), onde o membro final representando o material juvenil exibindo valores maiores que 0 (zero) para ε_{Nd} e negativos para ε_{Sr}. No caso específico das rochas do Domínio São Roque a

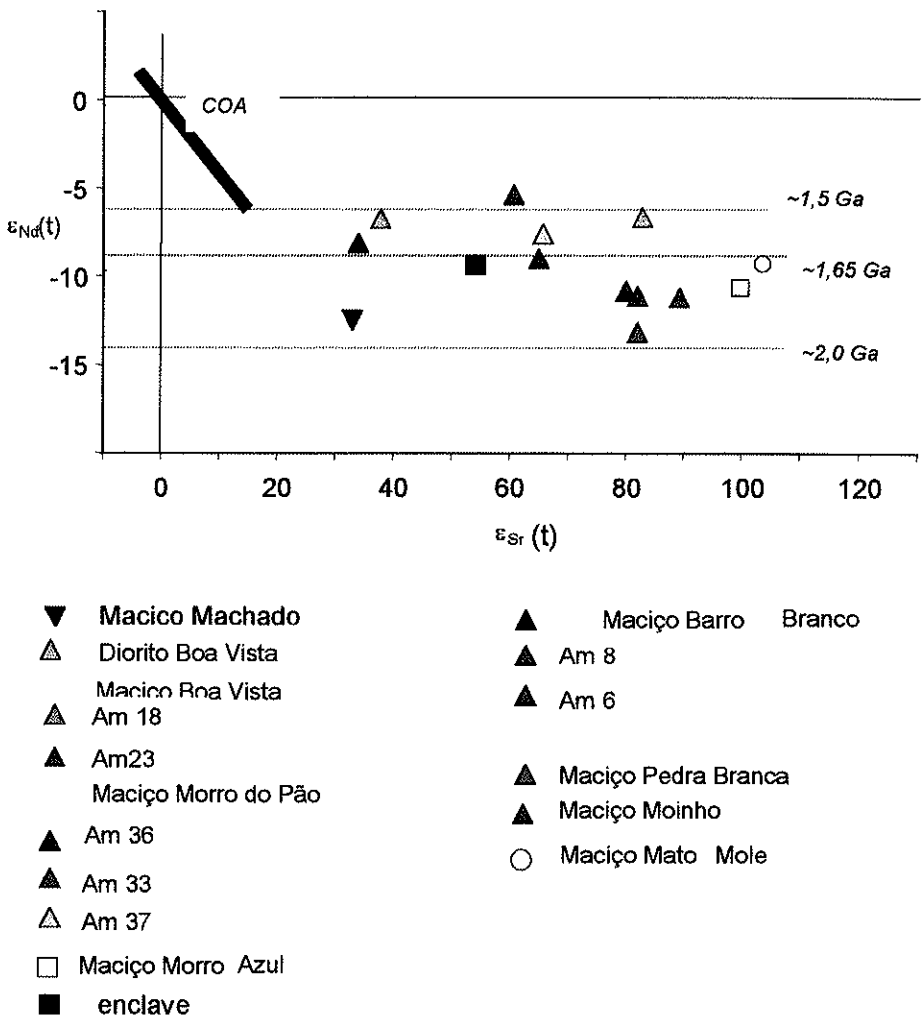


Figura 3.26: Diagrama ε_{Nd} versus ε_{Sr} para os granitóides do Domínio São Roque.

ausência de materiais com características juvenis poderia ser explicada pela ausência de magmas totalmente diferenciados do manto superior no Evento Brasiliano. Neste caso, o *trend* definido seria a conseqüência de um processo de fusão parcial, onde ocorreria uma mistura efetiva de rochas cujos protólitos diferenciaram-se do manto em épocas diferentes, como mencionado antes. Entretanto, a continuidade evidente entre o arranjo definido pelos basaltos oceânicos atuais e a disposição das rochas mais primitivas da área de estudo

confirmariam a participação de materiais juvenís em épocas pré-brasilianas, possivelmente em torno de 1,1 Ga e 1,0 Ga.

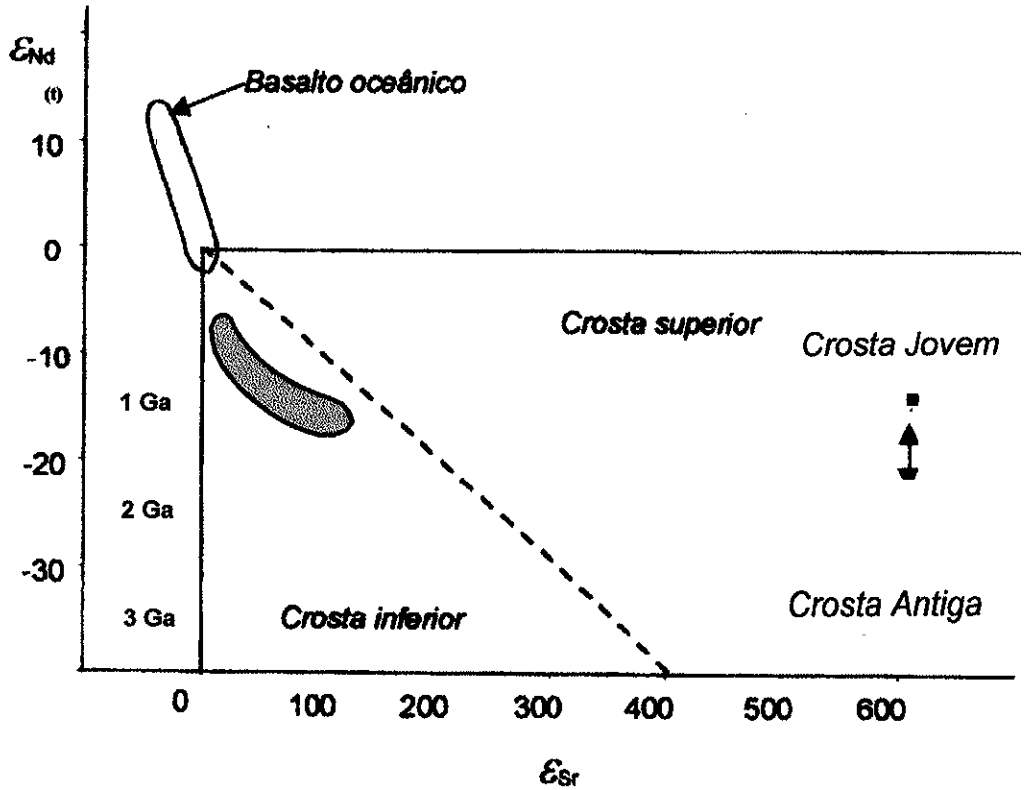


Figura 3.27: Diagrama ε_{Nd} *versus* ε_{Nd} com os campos delimitados por DePaolo & Wasserburg (1979) para os granitóides do Domínio São Roque. A porção cinza representa a localização das amostras desta pesquisa.

Na Figura 3.28 são representadas as curvas de evolução do Nd para as rochas do DSR, observando-se uma concentração de idades TDM no intervalo 1,4 Ga – 1,8 Ga.

3.3 Ambientação tectônica

Grande número de diagramas de discriminação de ambientes tectônicos de granitóides com base nas variações químicas de elementos maiores, menores e traços existem na literatura. Entre os que fazem uso dos elementos maiores e

menores distingue-se o de Batchelor & Bowden (1985) baseado no diagrama R_1-R_2 de De La Roche *et al.* (1980), onde as séries granitóides de Lameyre & Bowden (1982) são relacionadas aos diferentes ambientes tectônicos. Neste diagrama, as rochas do Domínio São Roque posicionam-se, predominantemente, nos campos dos granitóides pós-colisionais e tardiorogênicos (Figura 3.29 a, b). As rochas dos ***maciços Boa Vista, Moinho e Barro Branco*** **situaram-se** próximas ao campo dos granitóides sincolisionais, o ***Maciço Morro do Pão*** **exibe** termos situados no campo dos granitóides pré-colisionais e o ***Maciço Morro Azul*** mostra, grosseiramente, um *trend* paralelo à linha de saturação em sílica estendendo-se nos campos dos granitóides pós-colisionais a tardi-orogênicos.

No diagrama Rb *versus* Y de Pearce *et al.* (1984) (não apresentado), as rochas deste domínio geológico concentram-se no campo dos granitóides de arcos vulcânico, coerente com os teores uniformemente baixos de Y, fundamentalmente, e as rochas do Maciço Morro Azul deslocam-se para o campo dos granitóides intra-placa.

A ocorrência sob a forma de múltiples corpos isolados, a mineralogia, com predomínio de biotita sobre hornblenda, magnetita, titanita e illmenita, a presença de enclaves composicionalmente variados e as características dominantemente cálcio-alcalina, sugerem para estes granitóides uma afinidade com os granitóides tipo I-Caledonianos de Pitcher (1982).

As elevadas razões LILE (K, Rb, Ba, ETRL) / HFSE (Nb, Ta, Zr, Ti) caracterizam ambientes de subducção (Pearce 1983; Pearce *et al.* 1984; Brown *et al.* 1984). Entretanto, em termos dos diagramas multielementares de Pearce *et al.* (1984) mostram afinidade geoquímica com os granitóides de intraplaca, fundamentalmente por causa da ausência de anomalia negativa de Ba e o padrão aproximadamente horizontal do Hf ao Sm. Porém, uma vez que esses diagramas foram confecionados com base em granitos fanerozóicos com teores de SiO_2 próximos a 70%, essas observações devem ser tomadas com a devida cautela.

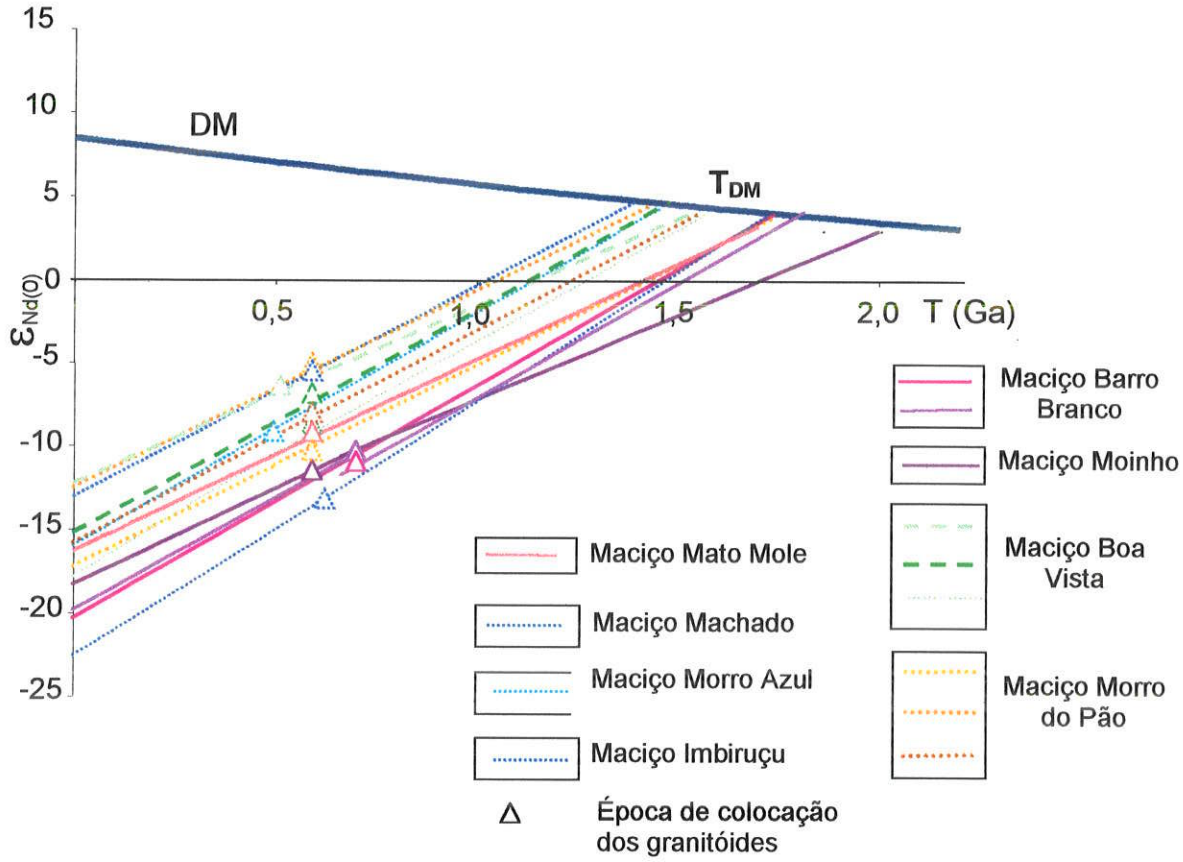
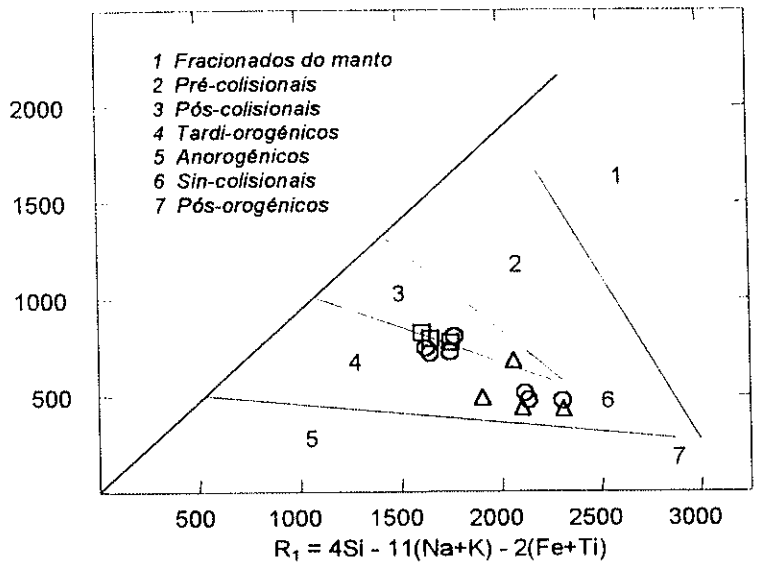


Figura 3.28: Diagrama de evolução do Nd *versus* Tempo geológico para as rochas do DSR.

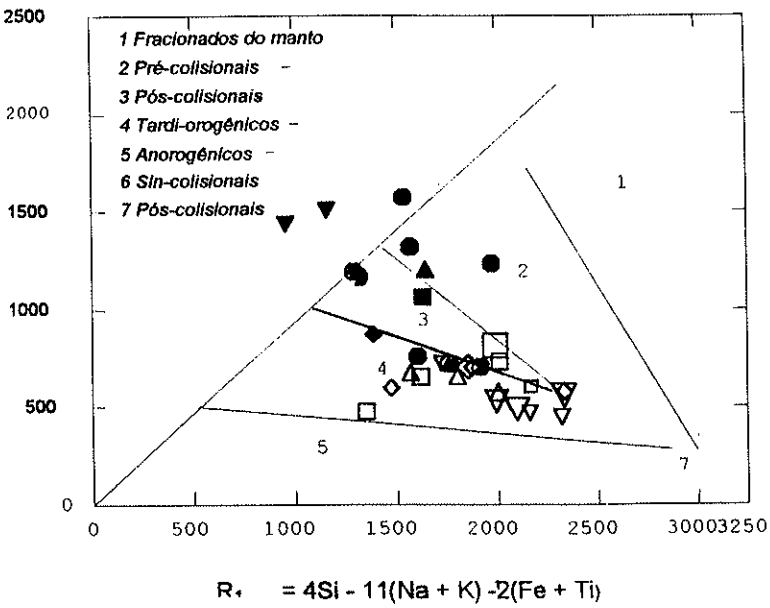
3.4 Considerações gerais.

Um modelo que possivelmente explicaria os dados obtidos, seria aquele proposto por Hildreth & Moorbath (1988) para explicar a origem dos magmas das



□ Maciço Pedra Branca Maciço Barro Branco Maciço Moinho

Figura 3.29: Diagrama de ambientação tectônica (Batchelor & Bowden 1985) para os granitóides do subdomínio Serra do Itaberaba.



△/▲ Maciço Machado/enclave
● Maciço Morro do Pão
▽ Maciço Boa Vista
▼ Diorito Boa Vista
◇/◆ Maciço Imbiruçu/enclave
□/■ Maciço Morro Azul/enclave

Figura 3.30: Diagrama de ambientação tectônica (Batchelor & Bowden 1985) para os granitóides do subdomínio São Roque.

Esse processo implica na existência de magmas básico-intermediários armazenados na base da crosta continental *(underplating)*, de um processo de fusão destas rochas e da crosta inferior sob a influência de novos pulsos de magmas basálticos e assimilação de crosta superior, em um ambiente constituído por pequenas cámaras magmáticas que possibilitariam a intrusão de magmas em níveis crustais mais elevados, explicando a grande variabilidade composicional dos granitóides e a ocorrência corpos relativamente pequenos. Cumpre assinalar que Tassinari *et. al.* (1987), com base nos isótopos de Pb, consideraram a participação de magmas produzidos por fusão parcial da crosta continental inferior nos processos de geração dos granitóides do domínio São Roque, corroborando o modelo acima descrito.

CAPITULO 4

DOMÍNIO DA NAPPE DE EMPURRÃO SOCORRO-GUAXUPÉ

No âmbito do domínio geológico da Nappe de Empurrão Socorro - Guaxupé (NESG) foi dada ênfase ao estudo do granitóide Nazaré Paulista e à seqüência metassedimentar encaixante (Complexo Piracaia), que ocorrem na área do presente estudo, bem como às suas correlações com as demais unidades geológicas presentes na região entre Igaratá e Nazaré Paulista.

4.1. Aspectos litoestratigráficos

Complexo Piracaia

Os terrenos supracrustais que ocorrem na porção meridional da NESG, atribuídos na literatura ao Grupo Itapira, foram incluídos no Complexo Piracaia por Campos Neto *et al.* (1983), que reconheceram neles quatro unidades litoestratigráficas, que da base para o topo, são as seguintes:

Unidade gnáissica facoidal: Inclui hornblenda-biotita gnaisses de composição tonalítica a granítica, com bandamento protomilonítico e blastomilonítico contendo pórfiroclastos de microclínio róseo

Unidade gnáissica intermediária: São gnaisses de coloração cinza escuro, de composição granodiorítica a tonalítica, e também com bandamentos protomiloníticos e blastomiloníticos. Biotita gnaisses graníticos cinza rosados podem predominar no topo.

Unidade dos gnaisses bandados: Esta unidade é constituída por hornblenda gnaisses bandados com intercalações de quartzo anfibolitos, gnaisses de composição granítica, granodiorítica e tonalítica, biotita xistos e localmente de quartzitos.

Unidade dos xistos superiores: Está em contato transicional com a unidade subjacente, sendo constituída por biotita xistos, biotita-quartzo xistos e quartzitos micáceos. Apresenta, ainda, intercalações de anfibolitos e, secundariamente, meta-hornblenda gabro e piroxênio-anfibólio gnaisse. Normalmente esta unidade apresenta-se bastante migmatizada.

Granito Nazaré Paulista

A fácies predominante no Granito Nazaré Paulista corresponde a um granito cinza, cor esta conferida pela presença de biotita. Bandamento ígneo conspícuo pode ser observado em alguns locais (Foto 4.1) e, menos freqüentemente, foliação secundária. A fácies branca, com maior quantidade de granada, ocorre paralela ou não ao bandamento do granito (Foto 4.1) e à foliação do gnaisse encaixante (Foto 4.2). A fácies rósea ocorre subordinadamente e apresenta menor quantidade de granada.

O Granito Nazaré Paulista é composto por rochas fracamente peraluminosas cuja composição varia de granodiorítica a sienogranítica (Wernick *et al.* 1987). Sua mineralogia compreende microclínio, plagioclásio, quartzo, biotita, granada, e, mais raramente, muscovita. Os minerais acessórios estão representados por apatita, zircão, monazita e opacos. *Clots* de granada e biotita verde, envolvidos por quartzo azulado são feições conspícuas que dão ao granito aspecto moteado característico (Foto 4.3). *Schlieren* de biotita e sillimanita são freqüentes e estão dispostos paralelamente à foliação da rocha, quando presente. O quartzo em volta da granada tem uma tonalidade azulada visível até mesmo a olho nu em amostras de mão e, ao microscópio, observa-se a presença de numerosas inclusões de rutilo acicular.

Foto 4.1: Aspecto bandado do Granito Nazaré Paulista (Ponto 1, Rodovia Dom Pedro I próximo à cidade de Nazaré Paulista). Observa-se a maior concentração de *clots* de granada e biotita na fácies hololeucocrática.

Foto 4.2:
Fácies hololeucocrática do Granito Nazaré Paulista cortando e englobando porções do paragnaisse do Complexo Piracaia (Ponto situado próximo ao da Foto 4.1)..

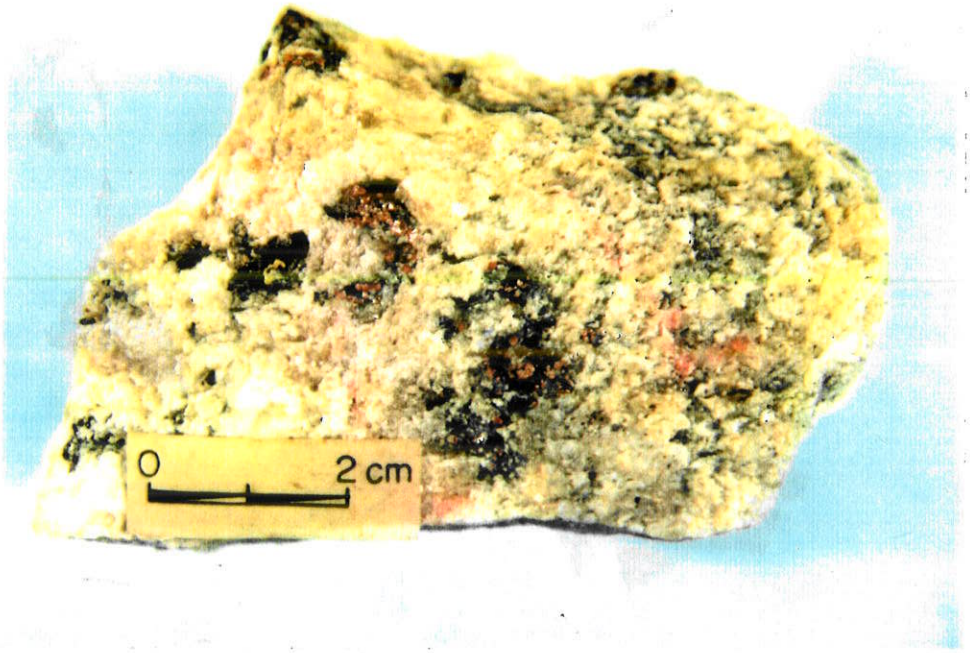


Foto 4.3: Fotografia de amostra de mão das fácies cinza e hololeucocrática do Granito Nazaré Paulista exibindo *clots* de granada, biotita e quartzo (Localização: igual da foto 4.1).

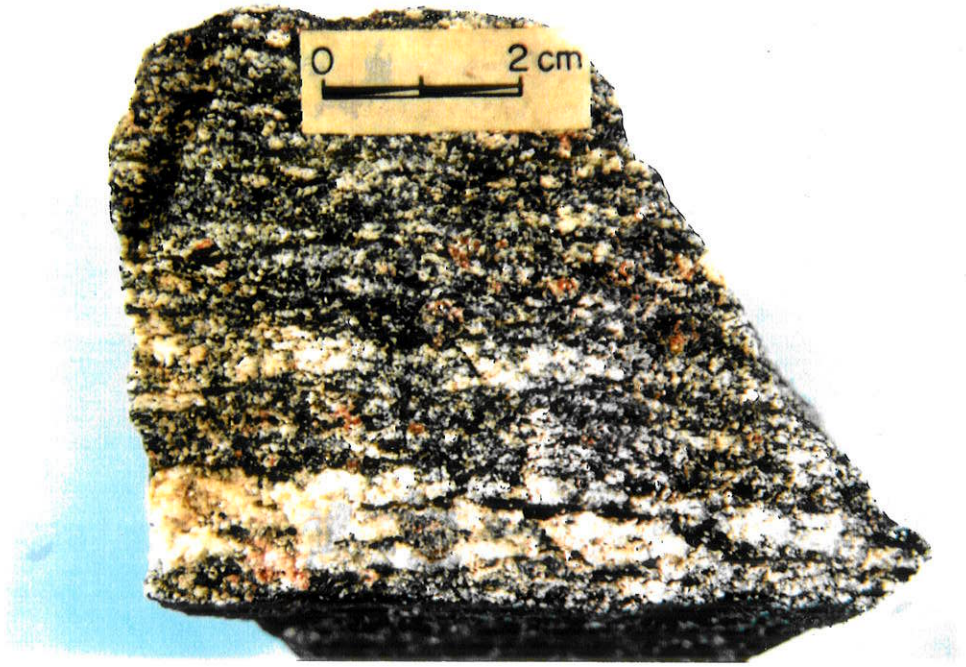


Foto 4.4: Amostra de mão do paragnaisse do Complexo Piracaia (amostra 1-c, mesma localização que as anteriores).

4.2 Aspectos estruturais

No âmbito da NESG, na área desta pesquisa, os estudos de caráter estrutural foram realizados, principalmente, por Campos Neto *et al.* (1983), Campos Neto & Basei (1983 a,b), Campos Neto *et al.* (1988) e, em local situado muito próximo, a oeste da área de estudo desta tese, por Ebert *et al.* (1995) e Toepfner (1996, 1997).

Os diferentes estudos confirmam o caráter polifásico da deformação como conseqüência de um regime compressivo na direção NE-SW responsável pelas estruturas D_1 e D_2, seguido de uma tectônica transpressional dextral com direção NE-SW. Como conseqüência desses eventos, tanto as rochas encaixantes quanto as intrusivas exibem bandamento metamórfico, foliação gnáissica e/ou milonítica e lineação de estiramento inicialmente na direção N-S a NW-SE, posteriormente rotacionada segundo a direção NE-SW (Ebert *et al.* 1995).

Campos Neto & Basei (1983 a,b) consideram a organização estrutural da área como sendo a resultante de um evento de colisão continental seguido por um evento intracontinental representado pelos falhamentos transcorrentes, ambos vinculados à Orogênia Brasiliana.

4.3 Características geoquímicas

Foram analisadas para determinação de elementos maiores, menores e traços, incluindo terras raras, amostras de rochas do Complexo Piracaia e do Granito Nazaré Paulista. Estas últimas correspondem às fácies cinza, hololeucocrática e rósea. Adicionalmente, foram também analisadas quimicamente as amostras utilizadas por Tassinari (1988) para a construção de isócrona Rb/Sr em rocha total. Os dados analíticos constam no Anexo 6.

Complexo Piracaia

Elementos maiores e menores

Das três amostras do Complexo Piracaia analisadas para litogeoquímica, duas delas correspondem a biotita - granada ± sillimanita gnaisse (Foto 4.4), e a terceira, a um gnaisse rico em plagioclásio e isento de granada e sillimanita, intercalado na seqüência metavulcano-sedimentar, amostrado em local situado poucos quilômetros a nordeste da cidade de Piracaia.

Das duas amostras consideradas paragnaisses pelas suas características mineralógicas e aspectos de campo, só uma delas, a 1-c, apresenta uma composição química típica de rochas metassedimentares (Figura 4.1), como por exemplo baixos teores de CaO e Na_2O (1,46% e 1,82%, respectivamente) e moderadamente alto de K_2O (4,48%), com a razão K/Na = 1,6. Também são moderadamente altos os teores de Fe_2O_3 e MgO (9% e 3,78%), coerente com a presença de granada, e de TiO_2 (1,33%), refletindo a presença de abundante quantidade de agulhas de rutilo como inclusões no quartzo.

A amostra 2, também correspondente a um biotita-granada gnaisse, exibe uma composição química menos coerente com rochas de natureza sedimentar, apresentando teores relativamente altos de CaO e Na_2O (3,83% e 2,19%, respectivamente) e relativamente baixo K_2O (2,11%), de tal maneira que a razão K/Na é consideravelmente menor que a da amostra acima comentada, sendo em torno de 0,6.

A amostra 3, pela sua vez, exibe altos teores de CaO e Na_2O (4,28% e 3,91%, respectivamente), moderadamente baixo K_2O (2,08%) e, conseqüentemente, baixa razão K/Na (0,3), talvez mais coerentes com características químicas de rochas ortoderivadas.

As razões A/CNK, entretanto, são maiores que 1 para as amostras do paragnaisse e pouco inferior à unidade para a amostra 3 (Anexo 6).

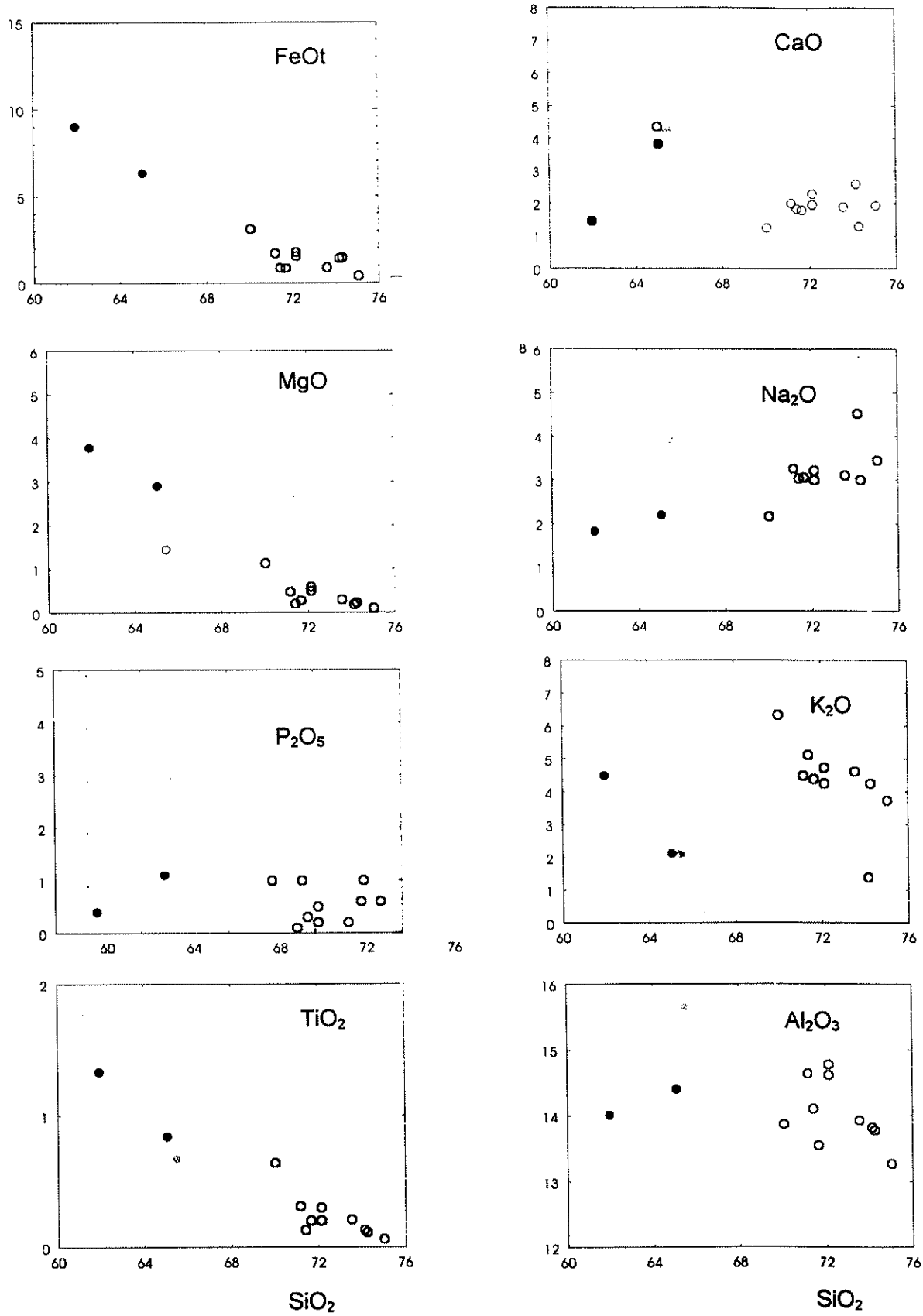


Figura 4.3: Diagramas de variação dos óxidos dos elementos maiores e menores *versus* SiO_2 (% em peso) para as rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro – Guaxupé (os símbolos são os mesmos da Figura 4.1).

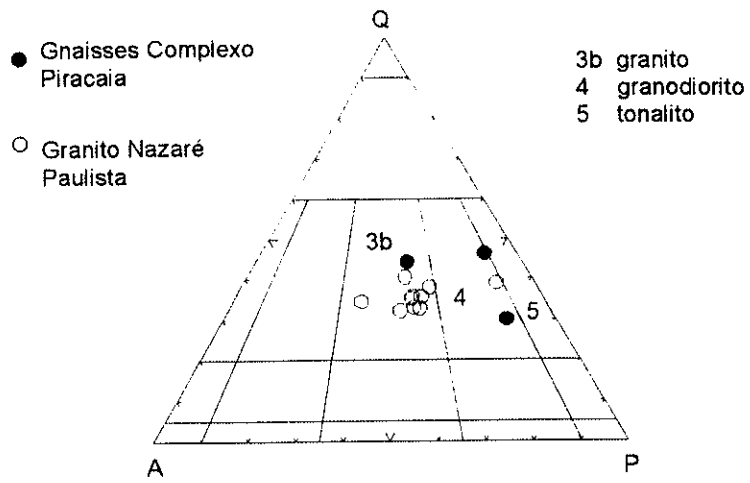


Figura 4.1: Classificação química das rochas granitóides e gnáissicas do domínio da NESG na região de pesquisa no diagrama QAP normativo de Le Maitre (1989).

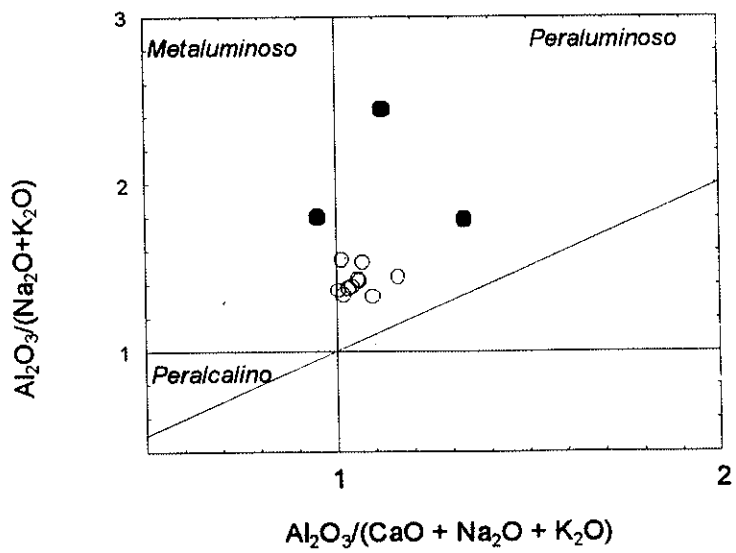


Figura 4.2: Diagrama A/CNK *versus* A/NK (proporções moleculares) baseado nos índices de Shand (*in*: Maniar & Píccoli 1989), para as rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé.

Elementos traços

Na Figura 4.4 são apresentados os diagramas de Harker para alguns elementos traços. Em termos dos elementos LILE, as duas amostras consideradas como paragnaisses apresentam, coerentemente, teores baixos de Sr (em torno de 150 ppm e 170 ppm), moderado Rb (por volta de 180 ppm-250 ppm) e Ba em torno de 400-600 ppm. Já a amostra 3 exibe baixo teor de Rb (112 ppm), e relativamente altas concentrações de Ba e Sr (511 e 436 ppm, respectivamente).

Com referência a elementos traços considerados com menor mobilidade, as duas amostras tidas como paragnaisses mostram teores relativamente altos de Cr e Ni, consistente com sua origem sedimentar (em torno de 100 ppm para o Cr e valores dispersos para o Ni, entre 25 e 106 ppm).

Elementos terras raras

Na figura 4.5 são apresentados os padrões dos ETR normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984).

As amostras correspondentes ao paragnaisse exibem padrões subparalelos, com baixo grau de fracionamento (La_n/Yb_n de 14,7 e 22,4) diferenciando-se, entretanto, na anomalia de Eu e nos teores totais: a amostra 1-c apresenta importante anomalia negativa de Eu (Eu_n/Eu^*_n =0,39) e concentração total de ETR próxima de 313 ppm, enquanto que a amostra 2 tem teor total de ETR de 88 ppm e apresenta fraca anomalia positiva de Eu, a que poderia ser resultado dos baixos teores dos outros elementos. A amostra 3 exibe o maior grau de fracionamento (La_n/Yb_n = 46,60) e moderada anomalia negativa de Eu (Eu_n/Eu^*_n = 0,73).

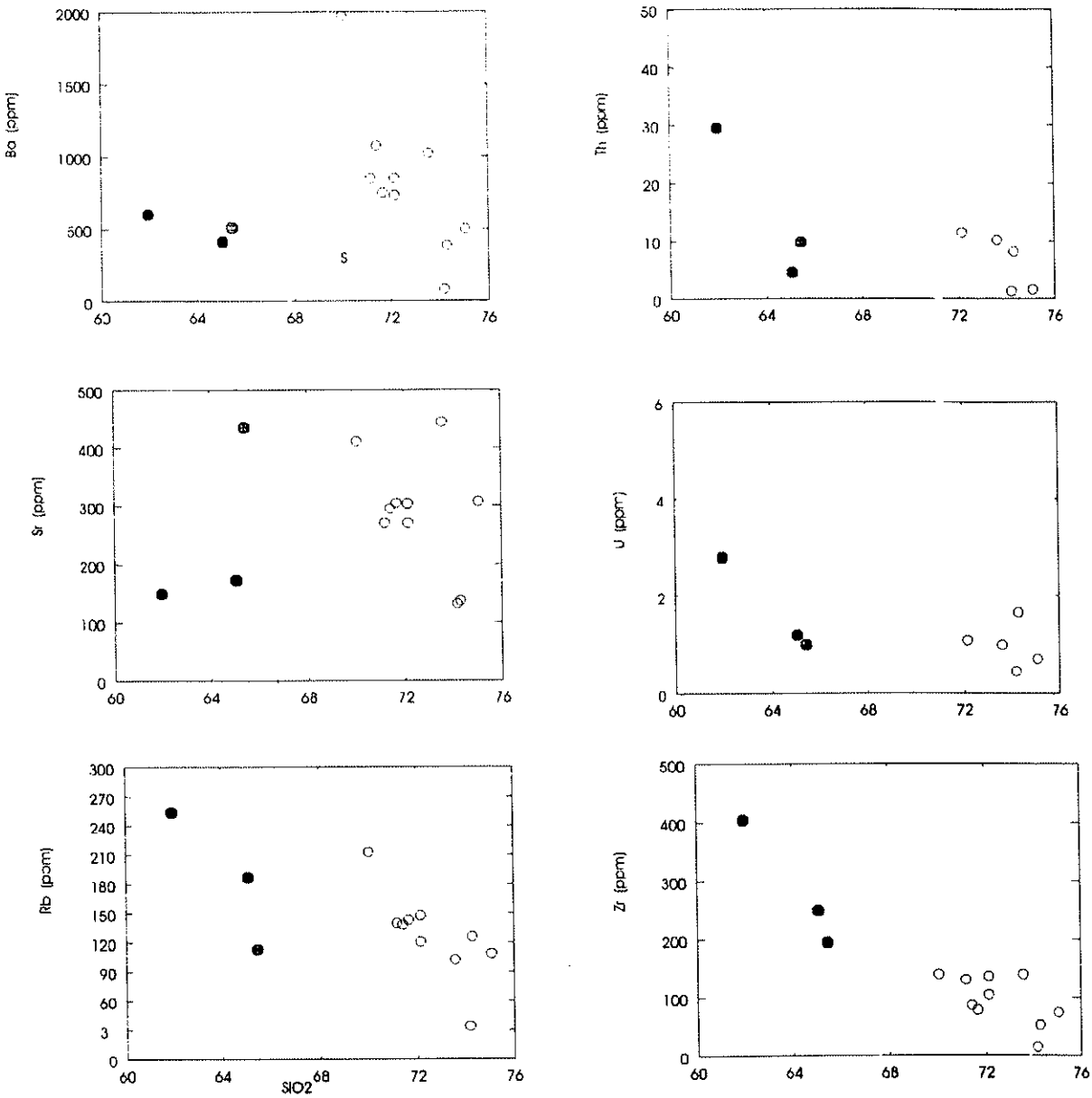


Figura 4.4: Diagramas de variação de elementos traços (ppm) *versus* SiO_2 (% em peso) para as rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (Os símbolos são os mesmos da Figura.4.1)

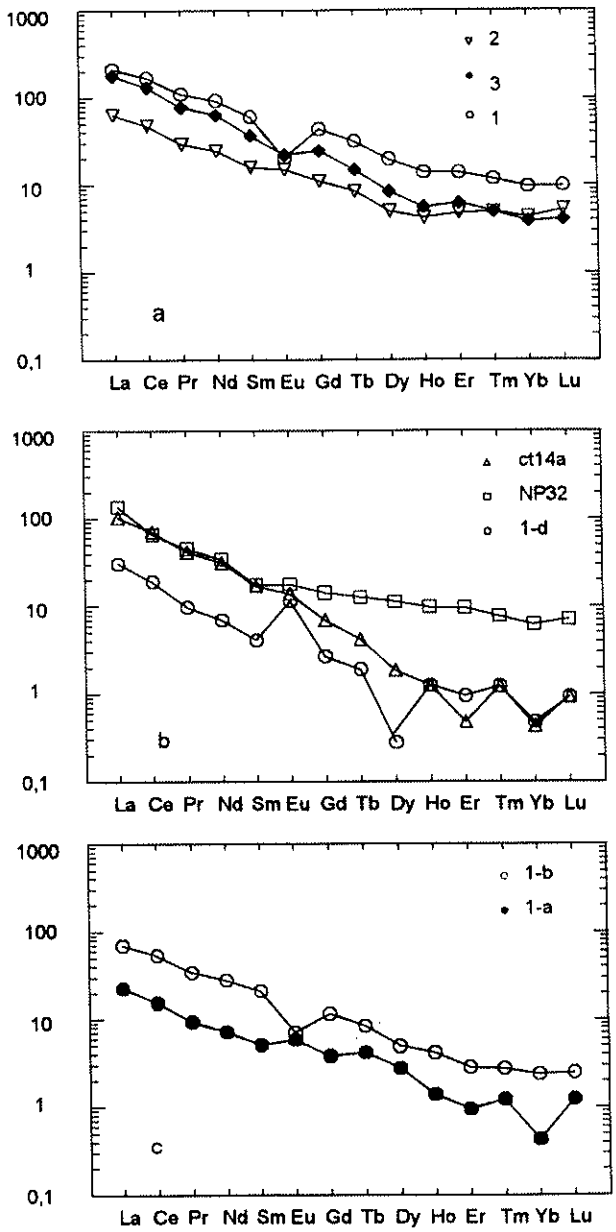


Figura 4.5: Padrões dos elementos terras raras normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984) para as rochas gnáissicas do Complexo Piracaia (a) e do Granito Nazaré Paulista (b, c), do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé.

Granito Nazaré Paulista

Elementos maiores

Do ponto de vista da composição química, o conjunto de amostras situa-se no campo dos granitos 3-b no diagrama normativo de LeMaitre (1989), com exceção da amostra 1-a que se posiciona no campo correspondente aos tonalitos (Figura 4.1).

Os teores de SiO_2 para as rochas analisadas variam entre 70% e 75%. As maiores concentrações de SiO_2 correspondem às três amostras coletadas nesta pesquisa, que representam as variedades cinza, branca e rósea do granito. Coerentemente, os valores de $mg^{\#}$ são menores para estas amostras, variando entre 0,20 e 0,32, ao passo que as demais amostras apresentam valores compreendidos entre 0,32 e 0,40. As razões A/CNK variam entre 0,99 e 1,09 (com exceção da amostra 1-b, onde é 1,15), denotando a natureza fracamente peraluminosa destas rochas, como pode ser observado no diagrama de Shand (*In*: Maniar & Píccoli 1989) (Figura 4.2).

Na Figura 4.3 são apresentados os diagramas binários de Harker para os elementos maiores e menores. Os teores de Ca e Na são relativamente altos: Ca varia entre 1,8% e 2,6% (com só uma amostra com 1,25%) e as concentrações de Na entre 3% e 4,5% (com a mesma amostra que tem baixo Ca, np-26b, apresentando também baixo teor de Na, 2,17%), de tal maneira que a razão K/Na possui valores baixos.

Elementos traços

Diagramas de Harker de elementos traços escolhidos constam na Figura 4.4. Em termos dos elementos incompatíveis de raio iônico grande (LILE), as amostras analisadas apresentam teores de Rb baixos, entre 100 ppm e 150 ppm, com exceção da amostra da variedade branca, onde o teor é curiosamente baixo (33,4 ppm) e da amostra np-26b, que possui teor de Rb maior, da ordem de 213 ppm. No que se refere ao Ba e Sr, as três amostras coletadas nesta pesquisa exibem valores

inferiores às demais amostras, conforme pode ser observado na tabela do Anexo 6 apresentando concentrações de 82,2 ppm de Ba e 131,7 ppm de Sr, para a variedade branca e teores próximos a 120 ppm e 450 ppm respectivamente, para as outras variedades analisadas (amostras 1-d e 1-b). Nas demais amostras os teores variam entre 700 e 2000 ppm de Ba e em torno de 350 ppm de Sr.

Os baixos teores de Zr, da ordem de 70 a 140 ppm, sugerem que as rochas do granitóide Nazaré Paulista cristalizaram-se a partir de magmas de relativamente baixas temperaturas. Janasi (1997) calculou as temperaturas de saturação do zircão e da monazita para esses teores, obtendo dados concordantes, na faixa de 730° C a 780°C para ambos minerais. Outros elementos, como U e Th, apresentam também teores baixos, especialmente nas amostras hololeucocrática e na rósea, nas quais não alcançam 1 e 2 ppm, respectivamente. Adicionalmente elementos considerados imóveis, como Cr e Ni, também possuem baixos teores, variando entre 12 ppm - 23 ppm e 6 ppm-18 ppm, respectivamente.

Elementos terras raras

Na Figura 4.5 são apresentados os diagramas dos ETR normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984).

As amostras hololeucocrática (1-a) e a rósea (1-d) caracterizam-se por possuírem teores totais de ETR muito baixos (em torno de 30 ppm), com uma moderada anomalia positiva de Eu na amostra 1-d (Eu_n/Eu^*_n = 1,2) e menos proeminente nas demais, enquanto só a amostra 1-b, fácies cinza, apresenta anomalia negativa de Eu. A variedade cinza, a branca e a NP-32 exibem padrões menos fracionados, com La_n/Yb_n variando entre 20 e 30. Os padrões de ETRL são subparalelos, com La_n/Sm_n entre 3,3 e 7,8. Com referência aos ETRP, os padrões são heterogêneos e os teores totais muito baixos (chegando a 1,34 ppm na variedade rósea, amostra 1-d), com alguns elementos, como Yb, apresentando valores abaixo do limite de detecção. Uma vez que, nestas rochas, o principal mineral que controla a concentração dos ETRP é a granada, essas heterogeneidades sugerem a diferente participação desse mineral na fusão e/ou cristalização da rocha.

4.3 Geocronologia e Geologia Isotópica

No âmbito do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro - Guaxupé foram enfatizados os estudos isotópicos nos gnaisses e anfibolitos do Complexo Piracaia e nas variedades do Granito Nazaré Paulista. Neste sentido foram efetuadas análises isotópicas pela metodologia Sm/Nd, que permitiram a obtenção de isócronas mineral-rocha total, de idade Sm/Nd modelo manto empobrecido (T_{DM}) e parâmetros para geoqúimica isotópica, como valores de ε_{Nd} e $f^{(Sm-Nd)}$. Adicionalmente, amostras do granitóide Nazaré Paulista foram também analisadas pelo método Rb/Sr objetivando complementar os dados existentes na literatura.

Os dados analíticos, os resultados geocronológicos e os parâmetros isotópicos correspondentes às diferentes metodologias radiométricas utilizadas neste item para as rochas da NESG encontram-se nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3.

Nº laboratório	Nº de campo	Rocha /unidade	Sr (ppm)	Rb (ppm)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$
30778	1-c	Gnaisse Piracaia	155	248	4,61	0,76676 (7)
31269	3	Gnaisse Piracaia gnaisse tonalítico	474,38	100,80		0,72167 (11)
30777	1-a	Maciço Nazaré Paulista/fácies branca	150,30	37,106	0,71	0,73084 (6)
30782	1-b	Maciço Nazaré Paulista/fácies cinza	147	146	2,87	0,74928 (6)

Tabela 4.1: Dados analíticos Rb/Sr para as rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro Guaxupé na região em estudo.

Nº Laboratório	Nº de campo	Unidade/rocha/mineral	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}Sm/^{144}Nd$ (±erro)	$^{143}Nd/^{144}Nd$ (±erro)	Sm/Nd	$f_{Sm/Nd}$
552	1-c	Complexo Piracaia (Paragnaisse)	10,80	57,70	0,11382(6)	0,51216(2)	0,18	-0,42
554	1-c	Complexo Piracaia (Paragnaisse/granada)	6,36	17,82	0,2172(6).	0,51257(2)	0,35	
603	2	Complexo Piracaia (Paragnaisse)	3,69	21,62	0,10407 (5)	0,51190(2)	0,17	-0,47
715	Pi-41	Maciço de Piracaia (Maciço)	10,03	63,97	0,09543(4)	0,51181(2)	0,15	-0,51
710	3	Complexo Piracaia (Gnaisse tonalítico)	6,61	40,36	0,09969(1)	0,51157(2)	0,16	-0,43
548	1-b	Maciço Nazaré Paulista	1,00	4,40	0,13817(9)	0,51117 (2)	0,22	-0,29
550	1-b	Granito NazaréPaulista (granada)	1,86	1,50	0,75422(5)	0,51417 (30	1,23	
551	1-a	Granito Nazaré Paulista	5,09	21,90	0,14145(9)	0,51180(2)	0,23	-0,29

Tabela 4.2 : Dados analíticos Sm/Nd para as rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro - Guaxupé na área de pesquisa.

	Maciço Nazaré Paulista			Complexo Piracaia				Maciço de Piracaia
	(1)	1-b	1-a	1-c	2	3	4	Pic-41
Rb/Sr Ri MSWD	790 ± 32 0,7135 0,7464							
Sm/Nd isócrona RTO-granada (Ma)		610 ± 7		605 ± 283				
T_{DM} (2) (Ga)		2,47	2,53	1,35	1,59	1,96	1,20	1,58
T_{DM} (3 (Ga)		2,05	2,16					
ε_{Nd} (0)		-16,31	-18,08	-9,32	-14,38	-20,70	-0,7	-16,02
ε_{Nd} (0,6)		-12,12	-13,65	-3	-7,31	-13,31	2,30	
Ri (0,6)		0,72469	0,72473	0,72714		0,71640		
ε_{Sr} (0,6)		296,81	297,40	331,72		179,14		

(1) Tassinari 1988 e neste trabalho; (2) T_{DM} estágio simples; (3) T_{DM} estágio duplo

Tabela 4.3: Dados geocronológicos e parámetros isotópicos das rochas do Domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé na região estudada.

Complexo Piracaia

Uma amostra de biotita-granada-sillimanita gnaisse do Complexo Piracaia, coletada próxima ao contato com o Granito Nazaré Paulista, em afloramento situado perto da cidade homônima, foi analisada pelo método Sm/Nd isócrona rocha total - mineral (granada), cujos pontos analíticos definiram uma reta com inclinação relativa à idade de 600 Ma (Figura 4.6).

Em rochas metamórficas de médio a alto grau as idades fornecidas por isócronas Sm/Nd rocha total - granada foram consideradas por Mezger *et al.* (1992) como indicativas do tempo de resfriamento do sistema logo após o pico metamórfico. A temperatura de fechamento para o sistema rocha total - granada foi estimada pelos mencionados autores em torno de 600°C. Apesar do alto erro obtido na isócrona em questão, a idade próxima de 600 Ma para a época de resfriamento regional seria coerente com as idades próximas de 650 Ma obtidas pela sistemática U/Pb em zircões por Basei *et al.* (1995) em rochas granulíticas da região e consideradas como a idade do metamorfismo que gerou essas rochas.

Para a mesma amostra datada pelo método isocrônico Sm/Nd foi determinada a T_{DM}, cujo valor obtido foi de 1,35 ± 0,03 Ga. As T_{DM} correspondentes a um gnaisse com as mesmas características deste, situado nas proximidades da cidade de Piracaia e de um gnaisse rico em plagioclásio e isento de granada e sillimanita (amostra 3) intercalado no Complexo em questão são de 1,59 ± 0,03 Ga e de 1,96 ± 0,025 Ga, respectivamente.

As idades T_{DM} obtidas para os paragnaisses, variando entre 1,6 Ga e 1,3 Ga, devem ser interpretadas levando-se em conta que as relações Sm/Nd não são modificadas significativamente durante os processos de transporte, deposição e diagênese (Mc Culloch & Wasseburg 1978). Portanto, idades modelo de rochas de origem sedimentar refletem idades médias de diferenciação mantélica dos protólitos crustais dos sedimentos originais, sendo uma média ponderada da contribuição das diferentes fontes e fornecendo, conseqüentemente, uma idade máxima de deposição, pelo menos para parte da seqüência do Complexo Piracaia.

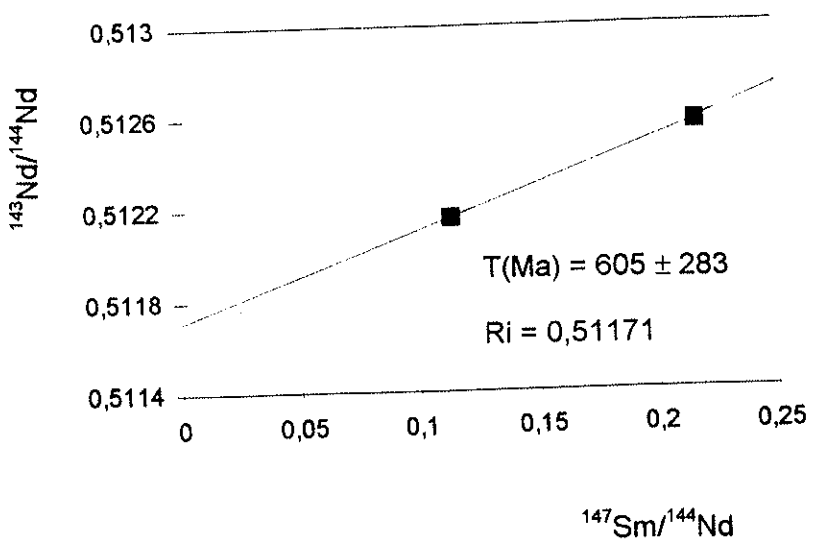


Figura 4.6: Diagrama isocrônico Sm/Nd rocha total - granada para o paragnaisse do Complexo Piracaia.

Por outro lado, a idade T_{DM} de 1,96 Ga obtida para o gnaisse tonalítico, uma vez que se trataria, possivelmente, de rocha ortoderivada, indica a época de diferenciação mantélica do protólito juvenil desta rocha, sugerindo a existência de um evento de acresção continental no Paleoproterozóico na região onde hoje ocorre o Complexo Piracaia.

Uma amostra de anfibolito intercalado na seqüência metassedimentar do Complexo em estudo forneceu uma idade T_{DM} de 1,18 Ga, que pode ser interpretada como a idade do vulcanismo básico.

Considerando-se os dados geocronológicos obtidos pelo método Sm-Nd nas rochas do Complexo Piracaia, podemos admitir que o início da sedimentação, na área em estudo, ocorreu próximo a 2,0 Ga, como indicado pela T_{DM} do gnaisse ortoderivado, e que durante a evolução desta bacia ocorreu uma adição de material juvenil diferenciado do manto superior entre 1,3 Ga e 0,6 Ga, provavelmente em torno de 1,2 Ga, valor este inferido a partir da idade de vulcanismo básico acima determinado. Esta ilação nos permite explicar, como idades de mistura, os valores

de T_{DM} entre 1,6 Ga e 1,3 Ga obtidos para os gnaisses paraderivados. Cabe ressaltar que para esta hipótese ser conclusiva é necessário a obtenção de um número maior de informações geológicas e geocronológicas, e por isto a hipótese destes valores de T_{DM} indicarem um evento de acresção continental no Mesoproterozóico, não deve ainda ser totalmente descartada.

Os valores de ε_{Nd} calculados para 600 Ma para as amostras do paragnaisse do Complexo Piracaia são de -3 e -7,31, e para o ortognaisse o valor calculado foi de -18, Os valores de ε_{Nd} dos paragnaisses são pouco negativos para rochas de origem sedimentar, e refletem a adição de material juvenil diferenciado do manto superior na fonte destas rochas, corroborando as hipóteses consideradas a partir das idades Sm-Nd modelo.

Granito Nazaré Paulista

Dados geocronológicos pré - existentes para o granito Nazaré Paulista são devidos a Tassinari (1988), que obteve uma isócrona Rb/Sr em rocha total que forneceu uma idade de 790 ± 32 Ma com Ri de 0,7135 ± 0,0005 (MSWD = 0,7464). Como parte do presente trabalho de doutoramento foram incorporados dois pontos analíticos que pouco variaram a idade obtida anteriormente. Entretanto, apesar dessa idade ter sido confirmada pela adição dos dois novos pontos na isócrona, ela é discordante do padrão geocronológico regional, que considera com base, principalmente, em estudos pela metodologia U/Pb em zircões, uma idade em torno de 630 - 600 Ma para o magmatismo granítico sin-orogênico no âmbito da NESG. Com o intuito de obter-se a idade de cristalização deste granitóide por outra metodologia geocronológica, foi realizada uma isócrona Sm/Nd rocha total - mineral (granada) da fácies cinzenta. A isócrona obtida proporcionou uma idade de 609 ± 7 Ma, (Figura 4.7), que é aqui interpretada como a época de resfriamento regional de acordo com as considerações realizadas com relação ao gnaisse do Complexo Piracaia. A idade isocrônica desse gnaisse, apesar do elevado erro, é concordante, e indicaria a homogeneização isotópica do sistema Sm/Nd ao tempo de intrusão do granito, sugerindo que o mesmo evento metamórfico que gerou o gnaisse deve ter produzido o Granito Nazaré Paulista através de processos de fusão parcial.

Por outro lado existe a idade isocrônica Rb/Sr em rocha total próxima a 800 Ma obtida para o granitóide, que a princípio não teria uma explicação muito clara. Pelo menos duas hipóteses podem ser formuladas para explicar esta diferença de idades obtidas por diferentes métodos geocronológicos: 1) A idade de 800 Ma representaria o climax do evento metamórfico regional que gerou tanto o granitóide Nazaré Paulista quanto as rochas gnáissicas do Complexo Piracaia e as idades Sm/Nd próximas a 600 Ma representar a época de resfriamento regional (Tassinari 1988, 1997, *com. verbal*). 2) Os resultados Rb/Sr poderiam estar influenciados por um aporte de ^{87}Sr mais antigo herdado, possivelmente, da área fonte. Roddick & Compston (1977) denominaram a esta feição de "isócronas herdadas", que seriam a conseqüência da não rehomogeneização isotópica durante o processo de fusão parcial que formou o magma. Adicionalmente, várias idades isocrônicas Rb/Sr maiores que as idades U/Pb em zircões dos mesmos corpos graníticos foram reportadas em áreas adjacentes (Tassinari 1988, Artur 1988, Campos Neto *et al.* 1988, Campos Neto 1991) e sua significação geológica ainda não está clara.

Para a amostra da fácies cinza datada pelo método isocrônico Sm/Nd foi também calculada a T_{DM}, que forneceu um valor de 2,47 Ga. Adicionalmente, foi obtida a T_{DM} para uma amostra da fácies hololeucocrática do granito, que indicou a idade de 2,53 Ga.

Embora as duas idades T_{DM} obtidas para o granito sejam próximas entre si, são exceções no âmbito da NESG. Uma vez que o granito Nazaré Paulista é derivado de um evento de fusão crustal provavelmente poderia ter ocorrido fracionamento da razão Sm/Nd, o que alteraria as T_{DM} obtidas. A presença de minerais que concentram ETR, como monazita e granada, aumenta as possibilidades de ter ocorrido este fracionamento da razão Sm/Nd durante a granitogênese, causando mudanças significativas nas idades T_{DM} obtidas, tornando-as, conseqüentemente, sem significação geológica.

Os valores do fator de fracionamento da razão Sm/Nd ($f^{(Sm/Nd)}$) calculados para as rochas deste domínio geológico constam na Tabela 4.13. Para as duas amostras do granito Nazaré Paulista os valores de $f^{(Sm/Nd)}$ são significativamente maiores que para as rochas encaixantes e para outros granitóides da área. DePaolo

(1988) e Sato (1997) estimam que rochas que possuem valores de $f^{(Sm/Nd)}$ situados fora do intervalo -0,54 a -0,39 tiveram um grau de fracionamento da razão Sm/Nd suficientemente grande como para tornar as idades modelo obtidas sem maiores significados geológicos. Como as amostras do granito Nazaré Paulista datadas apresentam valores de $f^{(Sm/Nd)}$ próximos de -28, podemos admitir que as idades calculadas não tenham significação geológica. Conhecendo-se a idade do evento de fusão parcial que gerou o granito e, conseqüentemente causou o fracionamento da razão Sm/Nd, pode-se calcular as T_{DM} considerando-se um estágio duplo de evolução isotópica para o Nd segundo ilustrado na Figura 4.8. O valor da razão $^{147}Sm/^{144}Nd$ usado no cálculo da idade modelo em estágio duplo foi 0,11, que corresponde ao valor médio estimado para a Plataforma Brasileira (Sato & Tassinari 1997).

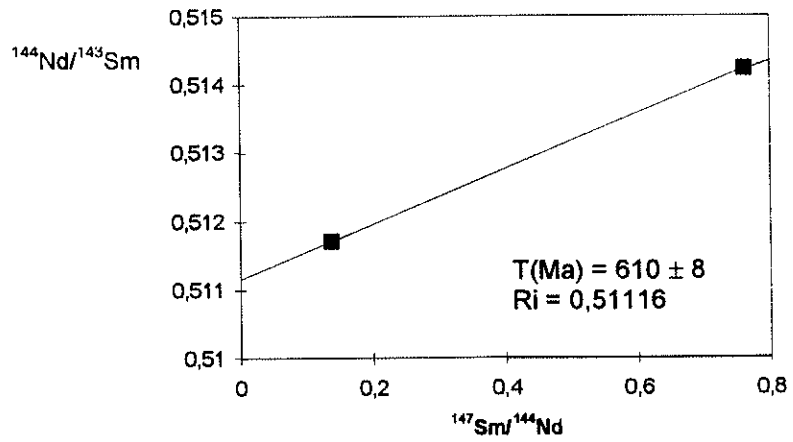


Figura 4.7: Diagrama isocrônico Sm/Nd rocha total - granada para o Granito Nazaré Paulista.

Neste sentido, recalculando-se as T_{DM}, agora segundo o modelo de estágio duplo, obtiveram-se as idades modelo de 2,05 Ga e 2,16 Ga para as variedades cinza e branca, respectivamente, valores estes bastante concordantes com o padrão de dados geocronológicos regionais.

Os valores de $\varepsilon_{Nd}(0)$ para o biotita-granada-sillimanita gnaisse do Complexo Piracaia são de -9,32 e -14,38 para as amostras 1-a e 2, respectivamente, e de -20,70 para o gnaisse tonalítico. Para a idade de cristalização do granito, os valores

de $\varepsilon_{Nd}(0,6)$ são de -3 e -7,31 para o paragnaisse e -13,31 para o gnaisse tonalítico.

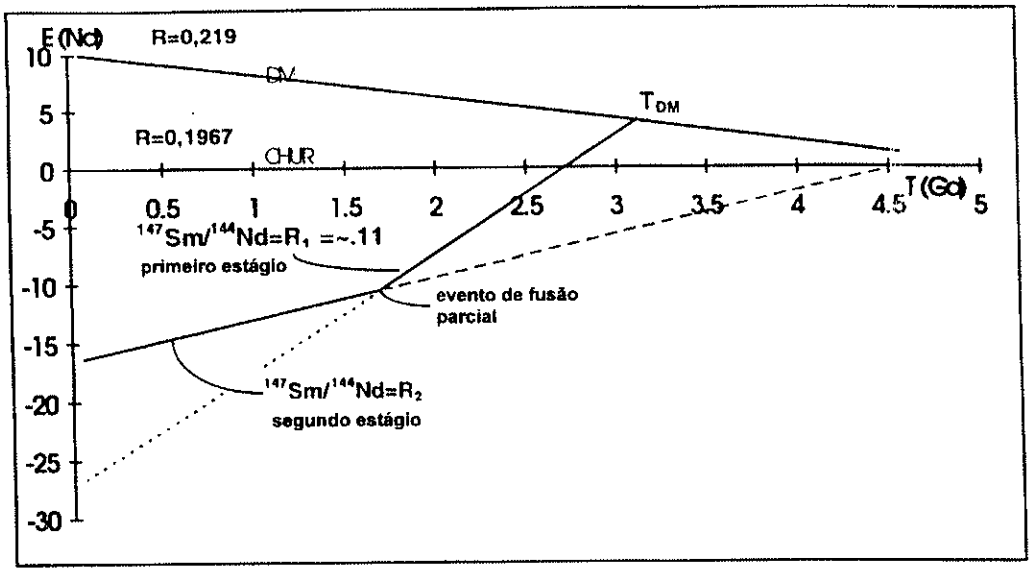


Figura 4.8: Diagrama ilustrando o fracionamento do Sm e Nd durante um processo de fusão crustal e as conseqüências sobre o valor de T_{DM} calculado (Adaptado de Nelson & DePaolo 1985 e Sato 1997).

Para o Granito Nazaré Paulista os valores de $\varepsilon_{Nd}(0)$ calculados foram de -18,08 e -16,31 para as variedades hololeucocrática e cinza, respectivamente. Foram também calculados os parámetros isotópicos de Nd e Sr para o granito e o gnaisse para 600 Ma, que seria a idade de cristalização do granito, tendo sido obtidos valores de ε_{Nd} em torno de -12 para as duas variedade do granito e de -3 para o gnaisse. Para o ε_{Sr}, os valores obtidos foram em torno de 297 para o granito e de 330 para o gnaisse. Os valores de ε_{Nd} para o granito são coincidentes dentro do erro analítico, e muito próximos do valor correspondente ao gnaisse tonalítico. A relação entre estes últimos fica melhor evidenciada no diagrama de evolução do Nd *versus* Tempo geológico (Figura 4.9), onde se observa que a curva de evolução do ortognaisse é intersectada pela curva da variedade branca do granito em um ponto

muito próximo de 600 Ma, enquanto a linha de evolução correspondente à facies cinza, embora não corte àquela em 600 Ma, segue uma trajetória muito próxima das outras duas.

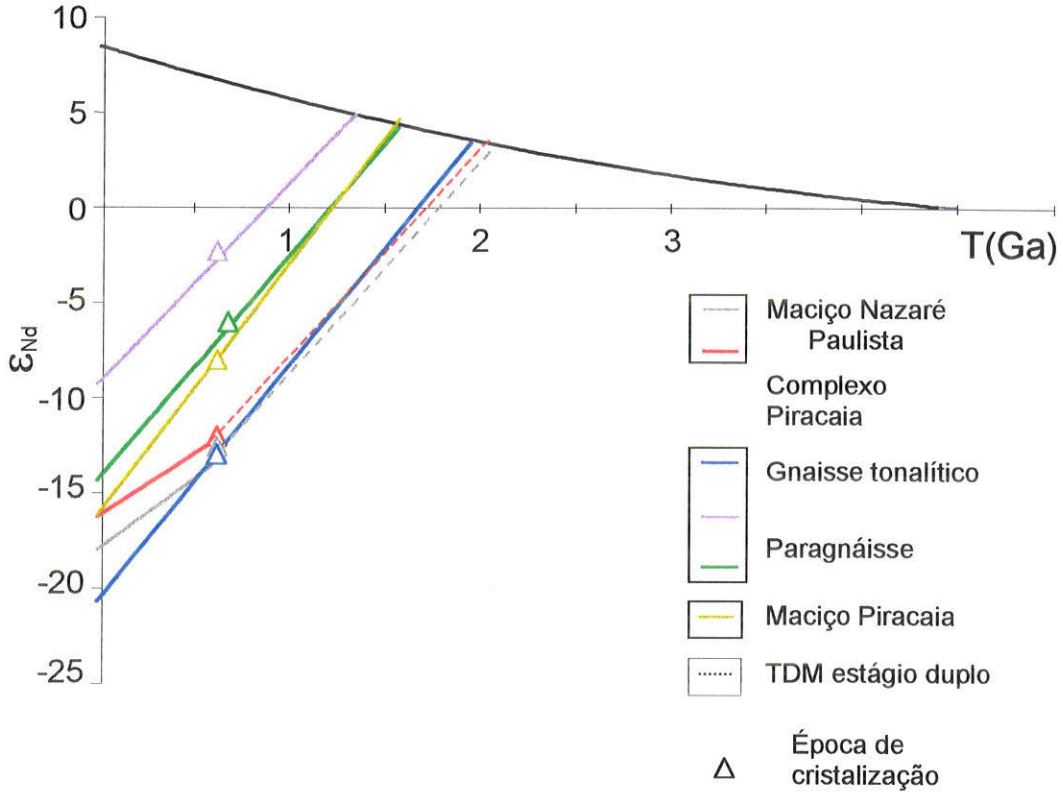


Figura 4.9: Diagrama ε_{Nd} *versus* Tempo geológico para as rochas granitóides e gnaisses do domínio da NESG.

4.4 Considerações gerais

Tem-se assumido correntemente, na literatura, que o granitóide Nazaré Paulista foi gerado a partir da fusão parcial dos paragnaisses encaixantes (Complexo Piracaia). Entretanto, os dados aqui obtidos sugerem uma origem diferente para estas rochas. Os valores de ε_{Nd} calculados para o gnaisse encaixante e para o granito na época de cristalização deste último, indicam valores

significativamente diferentes (próximo de -12 para as duas variedades do granito e de -3 para o paragnaisse), sugerindo fortemente que a rocha fonte do Granito Nazaré Paulista não foi o paragnaisse encaixante do Complexo Piracaia. A diferença das T_{DM} também indicam uma origem distinta.

Entretanto, quando as T_{DM} são calculadas segundo o modelo de estágio duplo, as idades obtidas estão em torno de 2,0 Ga, que é, aproximadamente, a T_{DM} do gnaisse tonalítico. Por outro lado, o valor do ε_{Nd} deste gnaisse, calculado para 600 Ma, é coincidente com o valor desse parâmetro para a fácies branca do granito, de tal maneira que o gráfico que ilustra o modelo de estágio duplo está, de fato, representando as relações entre estas rochas, sugerindo fortemente que o Granito Nazaré Paulista (ou, ao menos, alguma fácies deste), teria se formado a partir do gnaisse tonalítico. Cabe salientar ainda, que a amostra da fácies hololeucocrática do granito intercepta à linha de evolução isotópica do Nd deste ortognaisse no ponto correspondente à idade de 1300 Ma, que é uma idade obtida com relativa freqüência através desta metodologia nesta região do Estado de São Paulo e estados vizinhos (ver, entre outros, Tassinari 1988, Artur 1988), idade cuja significação geológica ainda não está clara.

A gênese do Granito Nazaré Paulista a partir da fusão do gnaisse tonalítico explicaria algumas feições químicas que não correspondem totalmente com o que é esperado para um granito típico do tipo-S. Segundo a concepção original de Chappell & White (1974), a gênese deste tipo de granitóide estaria relacionado a uma fonte sedimentar, em contraposição aos granitos de tipo-I, cuja fonte é, predominantemente, de natureza ígnea.

Químicamente, os granitos tipo-S são peraluminosos, caracterizados por baixos teores de Na_2O e CaO com relação à Al_2O_3 como conseqüência da atuação de um processo de meteorização sobre rochas ígneas tais como andesitos (White 1992). Adicionalmente, são empobrecidos em Sr devido a que este elemento segue o Ca em solução. No Lachlan Fold Belt (onde Chapell & White 1974, 1982 definiram ambos tipos de granitóides) os teores de Sr para os granitos tipo I são, em média, de 253 ppm, em contraste com os granitos tipo S, com 139 ppm (White *op. cit.)*. No Granito Nazaré Paulista os teores de Sr variam em torno de 130 ppm e e 444 ppm,

com média de 287,17 ppm, significativamente maior que a atribuída por White (*op.cit.*) para granitos tipo S.

Adicionalmente, elementos como Cr e Ni, que são facilmente afixados nos produtos de meteorização, tendem a ter maiores valores nos granitos tipo S (média de 46 ppm de Cr e 17 ppm de Ni *versus* 27 ppm e 9 ppm, respectivamente, nos granitos tipo I e S do Lachland Fold Belt). No Granito Nazaré Paulista os teores de Cr variam entre 12 e 23 ppm, com média de 15,5, e o de Ni entre <5 ppm e 18 ppm, média de 9 ppm, consideravelmente menores que os atribuídos por White (1992) para este tipo de rochas.

Concluindo, não se pode descartar para este granito uma origem a partir de fusão de rochas ígneas, apesar de sua mineralogia peraluminosa.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Síntese dos resultados

A região entre Igaratá e Piracaia é particularmente interessante para se caracterizar, através dos estudos geoquímicos e geocronológicos do magmatismo granítico e dos metassedimentos encaixantes, a evolução tectônica regional dos grupos São Roque/Serra do Itaberaba, uma vez que os granitóides da região estão relacionados com a evolução metamórfica das seqüências encaixantes, permitindo o posicionamento no tempo geológico das principais fases do evento orogênico brasiliano, bem como efetuar inferências sobre a história geológica pré-brasiliana da região.

No âmbito da NESG, as principais conclusões obtidas foram:

- No que se refere às seqüências metavulcano -sedimentares do Complexo Piracaia, as idades T_{DM} obtidas nesta pesquisa, variando entre 1,96 Ga para um provável ortognaisse intercalado, e variáveis entre 1,6 Ga e 1,3 Ga para os paragnaisses (estas últimas consideradas como idades máximas de deposição), são coerentes, em princípio, com a idade T_{DM} próxima de 1,2 Ga de um anfibolito intercalado na seqüência metassedimentar. Esses dados permitem inferir um intervalo de tempo para a evolução da bacia onde ocorreram a deposição de sedimentos e vulcanismo desde o Paleoproterozóico até o final do Mesoproterozóico.

- Os estudos realizados através da sistemática Sm/Nd isócrona rocha total – mineral permitiram caracterizar tanto a idade do magmatismo sin-colisional representado pelo granitóide Nazaré Paulista, como a idade do último evento metamórfico que afetou os gnaisses do Complexo Piracaia, como próxima a 600 Ma, e deduzir, pelas respectivas características químicas e isotópicas, uma gênese bastante complexa para o granitóide, não envolvendo como sua fonte principal a seqüência metassedimentar encaixante do Complexo Piracaia.

- Neste sentido o Complexo Piracaia pode ter evoluído a partir de um evento gerador de rochas em torno de 2,0 Ga, ocorrendo sedimentação, diâgenese e eventualmente um evento metamórfico até 1,3 Ga. Já por volta de 1,2 Ga a bacia estaria sofrendo um evento distensivo onde teria sido produzido vulcanismo de natureza básica. Em torno de 600 Ma teria ocorrido um novo evento de convergência metamorfisando as rochas pré-existentes, muitas delas sofrendo processos de fusão parcial, que poderiam gerar granitóides do tipo Nazaré Paulista, por exemplo.

- As idades T_{DM} do Granito Nazaré Paulista calculadas segundo o modelo de evolução do Nd em estágio duplo e do ortognaisse tonalítico intercalado no Complexo Piracaia, permitem inferir um evento de acresção crustal em torno de 2,0 Ga, no Domínio da NESG, o que implica em considerar pouco provável a presença de protólitos arqueanos para as rochas estudadas.

No âmbito do Domínio São Roque os trabalhos geológicos realizados permitiram atingir os seguintes resultados:

- A idade T_{DM} calculada para um anfibolito pertencente ao Grupo Serra do Itaberaba forneceu uma idade próxima de 1,7 Ga, com $\varepsilon_{Nd}(T)$ de 8,46. Esses anfibolitos são considerados do tipo N-MORB (Campos Neto *et al.* 1988, Juliani 1993) e, conseqüentemente, essa idade poderia ser assumida como a idade do vulcanismo básico intercalado na seqüência sedimentar, sugerindo que a sedimentação do Grupo Serra do Itaberaba teria se iniciado pouco antes de 1,7 Ga prolongando-se até depois desta época.

- A integração das características geológicas, geoquímicas e geocronológicas, permitiu considerar os maciços Barro Branco, Mato Mole, Morro do Pão e, possivelmente, o Maciço da Boa Vista como sin-tectônicos em relação à Orogênese Brasiliana, os granitóides Machado, Imbiruçu, Moinho e Pedra Branca como tardi-tectônicos e o corpo granítico do Morro Azul como pós-tectônico.

- O ***Maciço Barro Branco*** apresenta características geoquímicas de rochas geradas em ambiente sin-colisional, e os parâmetros isotópicos de Sr e Nd sugerem uma genêse a partir de processos de retrabalhamento crustal. A idade obtida para este magmatismo foi de 670 Ma pelo método Rb/Sr, isócrona em rocha total, e de 630 Ma pela sistemática U/Pb em zircões (intercepto superior). O ***Maciço Mato Mole*** apresenta idade U/Pb em zircões da ordem de 630 Ma, que é considerada a idade de cristalização do granito e, portanto, da movimentação do falhamento transcorrente à que se relacionaria sua colocação, conforme considerado por Garcia (1996). As características isotópicas ($\varepsilon_{Nd}t$= -9,40) também são coerentes com uma gênese a partir de retrabalhamento de rochas pré-existentes da crosta continental superior, da mesma maneira que o ***Maciço Boa Vista***

- Os ***granitóides do Machado e Imbiruçú*** representam o magmatismo tardi-tectônico. Os dois primeiros apresentam idades isocrônicas Rb-Sr em rocha total de, respectivamente, 597 ± 20 Ma e 615 ± 43 Ma, e caracterísitcas isotópicas de Sr e Nd de rochas geradas através de processos de fusão parcial da crosta continental, sendo que o granitóide Imbiruçu possui um valor de ε_{Nd} calculado para sua idade de cristalização de -5,39 ao passo que o Granito Machado possui um valor calculado bem mais negativo de -13,10, o que sugere que seu magma parental derivou-se de rochas com uma vida crustal mais longa, ou que os seus protólitos crustais eram rochas mais diferenciadas de níveis crustais mais elevados.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

- O ***Maciço Morro Azul*** e um corpo diorítico possivelmente intrusivo no Maciço da Boa Vista, apresentaram idades próximas a 525 Ma, indicando um período já no Cambro-ordoviciano para a formação destas rochas. As características geoquímicas e isotópicas indicam que o magmatismo originou-se, a exemplo dos anteriores, por processos de fusão parcial de rochas com longa vida crustal.

- As idades T_{DM} e os valores de ε_{Nd} dos granitóides estudados permitiram identificar um evento formador de rochas no Paleoproterózoico (entre 2,0 Ga e 1,7 Ga) e um possível evento de acresção crustal no Mesoproterozóico, entre 1,6 e 1,4 Ga. Alternativamente, estes últimos valores podem se explicados como representando idades de mistura de protólitos com diferentes idades de diferenciação mantélica, incluindo a possibilidade de adição de magma juvenil na Orogênese Brasiliana, como sugerido pelos granitóides máficos presentes na área.

- Os dados acima discutidos mostram que a seqüência sedimentar na área em estudo teve a sua evolução metamórfica entre, aproximadamente, 650 Ma e 520 Ma. Adicionalmente, a disposição espacial das idades sugere uma migração temporal do metamorfismo de NW para SE, como também a diminuição do grau metamórfico na mesma direção (Garcia 1996). Alternativamente, os metassedimentos de maior grau metamórfico que ocorrem na região entre as zonas de cisalhamento de Jundiuvira e Sertãozinho representariam níveis crustais mais profundos representados pelo Grupo Serra do Itaberaba, enquanto que, para o sudeste ocorrem níveis mais superficiais representados pelo sobrejacente Grupo São Roque.

- Os dados geocronológicos da presente pesquisa em conjunto com os dados das áreas adjacentes acima citados, diferem do padrão geocronológico encontrado por Tassinari (1988) para a região entre São Paulo e Sorocaba, que levou aquele autor a considerar uma evolução temporal e espacial do metamorfismo dos metassedimentos do Grupo São Roque entre 800 Ma e 660 Ma. Com base em idades isocrônicas Rb-Sr em rocha total da matriz dos metaconglomerados que ocorrem na região de Jaraguá e no Granito do Morro do Tico-Tico, o referido

autor sugeriu que o metamorfismo principal teria ocorrido entre 800 Ma e 700 Ma e a fase tardi a pós-tectônica em torno de 660 Ma, como indicado pelos dados U-Pb e Rb-Sr obtidos nos granitóides da Cantareira e Mairiporã. Este mesmo autor obteve idades K-Ar em biotitas provenientes destes metaconglomerados, em torno de 620 Ma, indicando a época de resfriamento regional da área.

- O metamorfismo associado ao desenvolvimento tectônico da Nappe Socorro-Guaxupé, que afetou a seqüência do Complexo Piracaia e possibilitou a colocação de magmatismo granítico, ocorreu em torno de 650 Ma - 630 Ma (magmatismo sin-colisional do Nazaré Paulista).

- Com relação às idades Sm-Nd modelo T_{DM} , âmbito do domínio da NESG, o Batólito Pinhal-Ipiúna, de características sin-orogênicas, de alto k, apresentou uma idade de 1,55 Ga. Já os sienitos potássicos tardi-orogênicos derivados de horizontes enriquecidos do manto litosférico e mangeritos derivados de granulitos empobrecidos, apresentaram T_{DM} variando entre 1,7 Ga e 1,4 Ga (Janasi & Vlach 1997).

- Na área do presente estudo predominam, tanto na NESG como no DSR, T_{DM} em torno de 2,0 Ga. Estes dados indicam a existência de uma crosta continental transamazônica no embasamento das seqüências supracrustais estudadas. Este evento de formação de rochas seria marcado, segundo Vlach (1993, 1997)), por um extenso processo de *underplating* básico-intermediário e pela individualização de vários segmentos geoquímicamente heterogêneos do manto litosférico, derivado através de mecanismos de enriquecimento em componentes de subducção.

- Já as T_{DM} relacionadas ao Mesoproterozóico, com valores entre 1,6 Ga e 1,4 Ga, são explicadas pelo fato do mesoproterozóico ter sido um importante evento formador de crosta, possivelmente associado a um ambiente de subdução no qual rochas cálcio-alcalinas podem ter-se gerado, ou representar idades de mistura. Nesta hipótese, implicaria em considerar uma adição de material juvenil em algum momento da história evolutiva da área, entre 1,3 Ga e 650 Ma.

Alternativamente, poderia indicar um evento de rifteamento no Mesoproterozóico.

- Os resultados T_{DM} obtidos para os metassedimentos do Complexo Piracaia seriam coerentes, em princípio, com a idade Pb/Pb em torno de 1,3 Ga (porém, com grande erro), obtida em zircões detríticos provenientes do Grupo Itapira (equivalente ao Complexo Piracaia) (Ebert *et al.* 1996), o que sugeriria a presença de rochas mesoproterozóicas na crosta continental desta região.

- Apesar de serem raras as ocorrências de rochas mesoproterozóicas no sudeste do Brasil, devido a forte atuação da orogenia brasiliana que práticamente retrabalhou todas as rochas pré-existente nos domínios da Faixa Ribeira, no lado africano correlato é comum encontrarem-se rochas graníticas com idades variando entre 1,8 Ga e 1,5 Ga (Carvalho e Tassinari 1992), que poderiam ser equivalentes aos protólitos crustais das rochas geradas no Ciclo Brasiliano, do lado brasileiro.

- As características geoquímicas e isotópicas de muitos granitóides dos domínios estudados tem demonstrado que uma parte significativa dos magmas parentais dos granitóides tem sido gerados por fusão parcial de crosta continental inferior corroborando as conclusões de Tassinari (1988) e Tassinari *et al.* (1988), que com base nos isótopos de Sr e Pb admitiram a crosta inferior como a fonte predominante dos granitóides intrusivos no Domínio São Roque. O modelo MASH (*melting,assimilation, storage and homogeneization*), envolvendo fusão da crosta inferior, a atuação de processos de assimilação e mistura de magmas associado a um processo de *underplating,* conforme descrito por Hildreth & Moorbath (1988), poderia explicar a geração de magmas com distintas proporções de mistura.

5.2 Integração dos resultados obtidos com os dados regionais

O acervo geocronológico da Faixa Ribeira em geral tem sido incrementado, principalmente, pelos recentes resultados obtidos pela metodologia U/Pb em zircões, e em outros minerais acessórios. Estes estudos abrangeram algumas unidades que ocorrem na área desta pesquisa, conforme mostrado pelos perfís que constam no Anexo 7. A integração entre esses dados e os obtidos neste estudo é realizada a seguir e sumarizada na Tabela 5.1.

- Na região a oeste-noroeste da área desta pesquisa, no âmbito da NESG, entre a Cidade de São Paulo e o sul de Minas Gerais, a época do metamorfismo principal que teria gerado as rochas granulíticas da base da nappe foi posicionado em 650 Ma (Basei *et al.* 1994). A idade do magmatismo granítico sin-orogênico desta área variou entre 629 Ma e 624 Ma para o principal evento intrusivo relacionado a processos de subducção, conforme mostrado pelos estudos realizados pela sistemática U/Pb em zircões de Tassinari (1988), Basei *et al.* (1994), Ebert *et al.* (1996) e Toepfner (1996, 1997). Durante esta atividade ígnea foi gerado um grande volume de magma cálcio-alcalino de alto K representado, no domínio da NESG pelos granitóides Itaquí, Socorro e Bragança Paulista, entre outros. A idade do magmatismo tardi a pós-orogênico é próxima a 610 Ma, conforme inferido a partir da datação do Maciço Sienítico de Pedra Branca (U/Pb em zircões, intercepto superior Toepfner 1996, 1997), e das idades isocrônicas Rb/Sr dos corpos graníticos de Morungaba (Vlach 1993) e o Maciço de Piracaia (Janasi 1986). O magmatismo sin-transcorrência, representado pelo Granito Serra de Lopo, tem idade de 595 Ma (U/Pb em zircões, intercepto superior, Ebert *et al.* 1996). O plutonismo anorogênico é representado pelo Maciço de Itú, que possui idade em torno de 580 Ma (Tassinari 1988, Topfner 1996, 1997).

- Na região ao sudeste do DSR, no âmbito do Domínio Embú (DE), o magmatismo sin-orogênico está representado pelo Ortognaisse do Complexo Embú e pelo Maciço de Piedade, situados a nordeste e sudoeste da Cidade de São Paulo, respectivamente. As idades de cristalização desta unidades são de 660 Ma para

DOMÍNIO DA NAPPE DE EMPURRÃO SOCORRO-GUAXUPÉ

T(Ma)	Unidade e/ou rocha	Caráter com relação à Orogênese Brasiliana	Método	Fonte	Observações
655 ± 2	Migmatito (Complexo Amparo)	Metamorfismo	▲ IS	7	
643 ± 12	Granulito (base da NESG)	Metamorfismo	▲ IS	6	
629 ± 3	Complexo Socorro (Suite Bragança Paulista)	Sin a tardi-cinemático	▲ IS	2	
625 ± 7	Suite mangerítica São José do Rio Pardo	Metamorfismo	▲ IS	6	Interpretado como magmatismo sinorogênico por Janasi (1997).
624 ± 11	Granito Itaquí	Sin a tardi-cinemático	▲ IS	2	
612 ± 2,5	Sienito Pedra Branca	Soerguimento pós-colisional	▲ IS	2	
610 ± 10	Complexo Socorro (Suite Bragança Paulista)	Sinorogênico	▲ IS	7	
610± 10	Maciço Morungaba	Tardi-orogênico	■	4	
590 ±20 595 ± 12	Complexo Socorro (Suite Serra do Lopo)	Sintranscorrência	▲ IS	7	
582 ± 6	Granito Itú	Pós-orogênico	▲ IS	2	

Referências: ▲ IS = : Metodologia U/Pb em zircões, intercepto superior. ■ = Metodologia Rb/Sr isócrona em rocha total.
Fonte:1Tassinari 1988;.2: Toepfner 1996, 1997;. 3: neste trabalho; 4: Vlach 1993; 5: Janasi 1986; 6 Basei *et al* 1995; 7 Ebert *et al.* 1996; 8 Leite 1997
Observação: A classificação dos corpos em relação à orogênese é mantida segundo o autor, salvo esclarecimento adicional.

Tabela 5.1: Síntese das idades de colocação e/ou metamorfismo de alguns granitóides relacionados à Orogênese Brasiliana na Faixa Ribeira.

DOMÍNIO SÃO ROQUE

T(Ma)	Unidade/ou rocha	Caráter com relação à Orogênese Brasiliana	Método	Fonte
669 ± 8	Granito Cantareira	Sintectônico	▲ IS	1
630 ± 8	Granito Cantareira	Sin a tardi-cinemático	▲ IS	
630 ± 11	Maciço Barro Branco	Sintectônico	▲ IS	3
625 ± 18	Granito peraluminoso Tico-Tico	Sin a tardi-cinemático	▲ IS	2
623 ± 54	Maciço Mato Mole	Sintectônico	▲ IS	3
615 ± 43	Maciço Machado	Tardi-tectônico	■	3
598 ± 21	Maciço Imbiruçu	Tardi-tectônico	■	3
532± 20	Maciço Morro Azul	Pós-tectônico	■	1,3

DOMÍNIO EMBÚ

T(Ma)	Unidade e/ou rocha	Caráter com relação à Orogênese Brasiliana	Método	Fonte
660 ± 13	Embú (ortognaisse)	Sinorogênico	▲ IS	1
654 ± 24	Granito Piedade	Sinorogênico	■	8
612 ± 88	Granito Embú-Guaçú	Pós-orogênico	■	1

Referências: ▲ IS = : Metodologia U/Pb em zircões, intercepto superior. ■ = Metodologia Rb/Sr isócrona em rocha total

Fonte:1Tassinari 1988;.2: Toepfner 1996, 1997;. 3: neste trabalho; 4: Vlach 1993; 5: Janasi 1986; 6 Basei *et al* 1995; 7 Ebert *et al.* 1996; 8 Leite 1997

Observação: A classificação dos corpos em relação à orogênese é mantida segundo o autor, salvo esclarecimento adicional.

Tabela 5.1: Síntese das idades de colocação e/ou metamorfismo de alguns granitóides relacionados à Orogênese Brasiliana na Faixa Ribeira (continuação).

a primeira (idade U/Pb em zircão, intercepto superior, Tassinari 1988) e 681 ± 21 Ma para o segundo (idade isocrônica Rb/Sr em rocha total, Leite 1997). O magmatismo pós-tectônico, representado pelo Maciço de Embú-Guaçu, apresenta uma idade de 612 ± 83 Ma (Tassinari 1988).

- Na porção central da Faixa Ribeira, entre as cidades de Juiz de Fora, a noroeste, e Mangaratiba, a sudeste, as unidades estudadas, principalmente, por Valladares (1996) e Machado *et al.* (1996) pertencem aos domínios Andrelândia (parcialmente equivalente ao Domínio da NESG), Juiz de Fora, Paraíba (equivalente ao Domínio Embú) e Domínio da Costa (Costeiro) (perfil B-B'). Estas mesmas unidades foram estudadas por Söllner *et al.* (1991) em perfil realizado entre a cidade de Barbacena (no âmbito do Cráton do São Francisco), a NW, e a cidade de Cachoeiro de Itapemirim, a SE (perfil C-C'). Em ambos os trabalhos as idades obtidas são concordantes, indicando um período de tempo entre 590 Ma - 570 Ma para o principal evento metamórfico que atuou nos Domínios Juiz de Fora e Paraíba e um segundo evento metamórfico no Domínio Paraíba, com magmatismo de natureza pós-tectônica entre 530 Ma e 510 Ma.

- As idades situadas no intervalo de tempo 590 Ma - 530 Ma da porção sudeste do Brasil foram relacionadas por Campos Neto & Figueiredo (1994, 1995) à Orogênese Rio Doce que ocorreu, principalmente, na Microplaca Serra do Mar, no limite Proterozóico-Cambriano. Esse evento incluiria um estágio de arco magmático entre 590 Ma – 570 Ma, e o evento colisional principal teria acontecido no Cambriano Inferior (560 Ma – 530 Ma), que seria o responsável do posicionamento da Microplaca Serra do Mar (equivalente ao Complexo Costeiro) sobre segmentos crustais da denominada "Orogênese Brasiliano I". Já a Microplaca Apiaí-Guaxupé, juntamente com o terreno acrescionado Embú, teriam sofrido entre 550 Ma e 515 Ma o principal episódio de soerguimento. O soerguimento final dos domínios da Orogênese Brasiliano I teria acontecido no limite do Cambro-Ordoviciano, enquanto que o magmatismo tardi a pós-orogênico da Orogênia Rio Doce desenvolveu-se no Ordoviciano Inferior, entre 520 Ma e 480 Ma.

- Os resultados obtidos nesta pesquisa em conjunto com os dados pré-existentes mostram que no âmbito do Domínio São Roque são registradas idades dentro do período de 680 Ma a 630 Ma para a atividade plutônica sin-tectônica brasiliana. Estas idades correspondem ao Maciço Cantareira (Tassinari 1988, Toepfner 1996, 1997) e Barro Branco e Mato Mole (nesta pesquisa). Para o período tardi-tectônico foi caracterizada uma idade próxima de 590 Ma (maciços Imbiruçu e Machado), enquanto que o magmatismo pós-tectônico representado pelo Maciço Morro Azul e, possivelmente, pelo Diorito Boa Vista, ficou em torno de 530 Ma. Esse amplo leque de idades responde, aparentemente, a um posicionamento geográfico definido, com as idades mais antigas encontradas nos maciços situados no limite norte do Domínio São Roque no contato com o domínio da NESG e as mais novas no limite sul, balizadas pela zona de cisalhamento de Jaguarí-Monteiro Lobato no contato com o Domínio Embú.

Com base nos dados acima descritos e sintetizados na Tabela 5.1, algumas hipóteses podem ser levadas em conta:

- Se for considerado que o domínio da NESG é alóctone sobre a Faixa Alto Rio Grande e que, na Orogênese Rio Doce, esse domínio e o São Roque constituiriam já uma microplaca (Microplaca Apiaí - Guaxupé, Campos Neto & Figueiredo 1994, 1995), as idades mais antigas, em torno de 650 Ma - 630 Ma poderiam representar a colisão entre o Domínio São Roque e a NESG. Uma alternativa implicaria em admitir que os metassedimentos do Domínio São Roque teriam continuidade física com os do Complexo Piracaia e, neste caso, já existiria como microplaca em épocas anteriores ao Evento Brasiliano.

- Na porção sudeste da Faixa Ribeira as idades registradas para o magmatismo sin-tectônico da Orogênese Brasiliana no Complexo Embú (em torno de 660 Ma), são significativamente mais antigas que as obtidas na porção central da Faixa Ribeira, as quais variam entre 580 Ma e 570 Ma. Este fato poderia indicar que o começo da colisão entre a Microplaca Apiaí-Guaxupé e o terreno Embú iniciou-se no sul e, posteriormente, deslocou-se para nordeste, possivelmente como conseqüência da geometria das placas, entre outros fatores, constituindo, então,

uma microplaca junto com o Domínio Embú e a NESG na época da Orogenia Rio Doce.

-

- Várias idades U/Pb em zircões de rochas metamórficas e granitóides indicam, para a porção central da Faixa Ribeira, idades relativas ao Ciclo Transamazônico variando entre 2,2 Ga e 2,1 Ga. Tanto no âmbito da NESG como do DSR são freqüentes idades Sm/Nd T_{DM} entre 2,1 Ga e 1,8 Ga. Estes fatos sugerem fortemente que o embasamento que foi retrabalhado no Neoproterozóico pelo Evento Brasiliano foi formado no Paleoproterozóico, inexistindo evidências de crosta continental arqueana no embasamento dos domínios estudados.

- Com base no exposto acima podemos considerar que na Faixa de Dobramentos Ribeira a Orogênia Brasiliana não foi sincrônica em todos os locais. Entretanto, os dados obtidos nesta pesquisa pela sistemática Rb/Sr em rocha total devem ser considerados como preliminares, a serem confirmados ou não preferencialmente por datações pela metodologia U/Pb em zircões e/ou outros minerais acessórios. O zoneamento geográfico observado em relação às idades poderia ser mantido como hipótese de trabalho visando elucidar se esse zoneamento corresponde ao registro de um evento único ou se, alternativamente, ficaram registrados diferentes momentos de dois eventos colisionais.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F. F. M.; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. (1973). The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazon River. *In*: Nairn, E. M. & Stheli, F. G. The ocean basins and margins. New York, Plenun., v. 1, cap. 11, p. 411-446.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. (1976). The Upper Precambrian of South America. Boletim Instituto de Geociências, Universidade De São Paulo, N° 7, 45-80.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R.A (1981). Brazilian structural provinces: an introduction. Earth and Planetary. Science . Letters, 17: 1-29.

ARTUR, A.C. (1988) Evolução policíclica da infraestrutura da porção sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes do Estado de São Paulo. Tese de doutoramento. Iinstituto de Geociências, Universidade de São Paulo 231 p.

ARTUR, A. C. & WERNICK, E. (1984). Terrenos policíclicos e evolução crustal. In: Anais... 33 ° Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, SBG. v. 7, p. 3081-3090.

ARTUR, A. C. & WERNICK, E. (1986). Interpretação geotectônica de alguns aspectos do embasamento cristalino do Estado de São Paulo e áreas adjacentes do Estado de Minas Gerais..*In*: Anais... 34° Congresso Brasileiro de Geologia,. Goiânia, SBG. v. 3, p. 1285-1295.

ARTUR, A. C. & WERNICK, E. (1993). Relações temporais entre tectônica e magmatismo no Complexo granitóide Socorro (Estado de São Paulo e Minas Gerais, Brasil). Primer Simpósio Internacional del Neo-Proterozóico-Cámbrico de la Cuenca del Plata. Resúmenes extensos. Tomo I p. 18.

ARTUR, A.C.; EBERT, H.D.; WERNICK, E. (1991) Magmatismo e tectônica do Complexo Socorro (SP/MG). In: Anais... 2° Simpósio de Geologia do Sudeste, São Paulo, SBG-NSP/RJ. Atas, 105-112.

AUGUSTTITHIS, S.S. (1973) - Atlas of the textural patterns of granites and associated rock types. Amsterdan. Elsevier. 1° Ed. 378p.

BASEI, M.A.S.;SIGA JUNIOR, O; SATO, K.;SPROESSER, M. (1995). A metodologia Urânio – Chumbo na Universidade de São Paulo. Princípios metodológicos, aplicações e resultados obtidos. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 67(2):221-237.

BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. (1985). Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. Chemical . Geology. 48: 43-55.

BEST, M.G (1982). Igneous and Metamorphic Petrology. Freemann and Company. N. York. 1ª Ed. 630p.

BOUSEILY, A.M. & SOKKARY, A.A. (1975). The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. Chemical Geology, 16: 207-219.

BOYNTON, W. V. (1984). Cosmochemistry of the rare elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P. (Ed.). Rare earth element geochemistry. (Developments in geochemistry, 2). Netherlands, Elsevier, p. 63-114.

BRITO NEVES, B. B.,TEIXEIRA, W., TASSINARI, C. C. G.; KAWASHITA, K. (1990). A contribution to the subdivision of the Precambrian in South America. Revista Brasileira de Geociências, 20 (1-4): 267-276.

BRITO NEVES, B. B. & CORDANI, U. (1991). Tectonic evolution of South America during the Late Proterorozoic. Precambrian Research, 53: 23-40.

BRITO NEVES, B. B.; SÁ, J.M.DE; NILSON, A.A. E BOTELHO, N. F. (1995). A tafrogênese estateriana nos blocos paleoproterozóicos da América do Sul e processos subsequentes. Geonomos, 3(2):1-21.

BROWN, C.G.; THORPE, R. S.; WEBB, P. C. (1984). The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and continents on margin sources. Journal. Geological . Society of. London. V. 141: 413-426.

BROWN, C.G. (1982). Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. In: Thorpe, RS. (ed.). Andesites. John Willey and Sons, p. 437-460.

CAMPOS NETO, M. C. 1985. Evolução do Pré-Cambriano paulista e regiões adjacentes. In: 5º Simposio Regional de Geologia. São Paulo, SBG. 1985. Atas...São Paulo, SBG.. p 561 -571 (Mesa redonda e debates

CAMPOS NETO, M. C. (1991). A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande. Ensaio de evolução tectônica. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 210 p.

CAMPOS NETO, M. C. & ARTUR, A. C. (1983a). A suite quartzo-monzonítica de Piracia (SP). In: 4º Simposio Regional de Geologia. SBG-SP, v. 2: 561-571.

CAMPOS NETO, M. & BASEI, M. A. S. (1983b). A importância dos falhamentos transcorrentes na configuração do Pré-Cambriano entre São José dos Campos e Amparo (SP). In: Anais... 4º Simposio Regional de Geologia. São Paulo, SBG).

CAMPOS NETO, M. & BASEI, M. A. S. (1983). Evolução estrutural brasiliana do nordeste de São Paulo: dobramentos superpostos e esboço estratigráfico e tectônico. In: Anais... 4º Simposio Regional de Geologia. São Paulo, SBG. p. 61-78.

CAMPOS NETO, M. & FIGUEIREDO M. C.. H. (1992). A orogênese Rio Doce. In: Anais... 37º Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo. SBG. v. 1 p. 276-277.

CAMPOS NETO, M.C. & FIGUEIREDO, M.C.H. (1995) The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. Journal of South American Earth Sciences, 8 (2): 143-162.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; ARTUR, A. C.; MACHADO, R.; DIAS NETO, C. M.; FRAGOSO CESAR, R.; SOUZA, A. (1983). Geologia das folhas Piracaia e Igaratá. *In*: 1º Jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, SP, Pró-Minério. IPT: 61-78.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; ALVES, F. R.; VASCONCELLOS, A. C. B. C. (1984). A nappe de cavalgamento Socorro (SP-MG) In: Anais... 33 º Congresso Brasileiro Geologia. Rio de Janeiro, SBG, v. 4: 1809-1822.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; BERGMANN, M. (1988). Geologia da folha Riberão do Engenho, 1:25.000. Relatório final, convênio IG/USP-PRÓ-MINÉRIO, v. 1, 71 p.

CAMPOS NETO, M. C.; FIGUEREIDO, M. C. H.; BASEI, M. A. S.; ALVES, F. R. (1984). Os

granitóides da região de Bragança Paulista, SP. In: Anais... 33 º Congresso Brasileiro Geologia, Rio de Janeiro, SBG-SP, v.6 : 2854-2868.

CAMPOS NETO, M. ; FIGUEIREDO M. C. H; JANASI, V. A.;BASEI, M.A.S.; FRYER,B.J. 1988 The São José do Rio Pardo mangeritic-granitic suite, Southeastern Brazil. Geochimica . Brasiliensis., 2(2): 185-199.

CARVALHO, H. DE & TASSINARI, C.C.G. (1992). Idades do magmatismo gran'tico da região de Caraculo-Bibala (SW de Angola) e suas implicações na correlação geológica com o Cinturão Ribeira no sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 22(1):73-81. São Paulo.

CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R. (1974) Two Contrasting granite types. Pacific Geology, 8: 173-174.

CHAPPELL, B. W. & WHITE, A. J. R. (1991) Restite enclaves and the restite model. In: Didier, J. & Barbarin, B. (Eds.), Enclaves and Granite Petrology. pp. 375-381. Elsevier Publis. Amsterdan.

CLARKE, D. (1990). NEWPET. A petrological program. Department of Earth Science. Memorial University of Newfoundland, Canadá.

COBBING, E.J. & MALLICK, D.I.J. (1983) - A new approach to mapping granites. Episodes, 3: 10-14.

COUTINHO, J. M. V. (1950). Petrologia da região de São Roque, São Paulo. Tese de doutoramento. Fculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. 151 p.

COUTINHO, J. M. V. (1980). Carta geológica da região metropolitana da Grande São Paulo, 1:100.000, São Paulo.

COUTINHO, J. M. V.; RODRIGUES, E. P.; SUEMITSU, A.; JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; PEROSA, P. T. Y. (1982). Geologia e petrologia da sequência vulcano-sedimentar do Grupo São Roque na Serra do Itaberaba, SP. In: Anais... 32º Congresso Brasileiro Geologia. Salvador, SBG, v. 2: 624-640.

DANTAS, A.S.L. (1990) Geologia da faixa São Roque e intrusivas ácidas associadas na região entre São Paulo e Mairiporã, norte de São Paulo-SP. São Paulo. Dissertação de Mestrado. IG/USP, 199p.

DAVINO, A.; CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; FIGUEIREDO, M. C. H. (1986). Gravimetria da região sudeste do Estado de São Paulo e considerações sobre os limites entre os cinturões móveis Paraiba e Ribeira. In: Anais... 34º Congresso Brasileiro Geologia. Goiânia, SBG. v. 5: 2673-2683.

DEBON, F.& LEFORT, P. (1983) A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Transactions of the Royal Society of Edinburg (Earth Sciences), 73 (3): 135-149.

DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major elements analyses -its relationships with current nomenclature. Chemical Geology 29(3/4): 183-210.

DE PAOLO, D. J. (1988). Neodymium isotope geochemistry. An introduction. Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 187 p.

DE PAOLO, D. J.(1988). Age dependence of the composition of continental crust: evidence from Nd isotopic variations in granitic rocks. Earth Planetary Science Letter, 90:263-271.

DE PAOLO, D.J. & WASSERBURG, G.J. (1979) Petrogenetic mixing models and Nd-Sr isotopic patterns. Geochimica et. Cosmochimica. Acta, 43: 615-627.

DIDIER, J. (1987). Contribution of enclaves studies to understanding of origin and evolution of granitic magmas. Geological. Rundshau., 76: 41-50.

DICKIN, A. P. (1995). Radiogenic isotope geology. Cambridge University press. 452 p.

EBERT, H. (1968) Ocorrência de fácies ganulítica no sul de Minas e áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre a sua origem. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 40: 215-229.

EBERT, H. (1971) Os Paraibídes entre São João del Rei, Minas Gerais e Itapira, São Paulo e a bifurcação entre Paraibídes e Araxaídes. In: Anais... 25° Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, SBG. Boletim de Resumos, 1: 177-178.

EBERT, H.D.; CHEMALE Jr. F.; BABINSKI, M.; ARTUR, A.C.; VAN SCHMUS, W.R.; (1996).Tectonic setting and U/Pb zircon dating of the plutonic Socorro Complex in the Transpressive Rio PARAIBA DO Sul Shear Belt, SE Brazil. Tectonics, vol.15 (2): 688-699.

EMMERMANN, R. (1975) Petrologic significance of rare earths distribution in granites. Contributions. Mineralogy and. Petrology., 52: 267-283.

FAURE, G. (1987) Principles of Isotope Geology. John Wiley & Sons., New York, 589 p..

FIGUEIREDO, M.C.H. (1985) Introdução à geoquímica dos elementos Terras Raras. Boletim. IG/USP, Série Científica., 16: 15-31.

FIGUEIREDO, M.C.H.; BERGMANN, M.; PENALVA, F.; TASSINARI, C.C.G. (1982). Ocorrência de pillow-lavas no Grupo São Roque, Estado de São Paulo. Revista Ciências da Terra (2): 6-8.

FIGUEIREDO, M.C.H. & CAMPOS M. (1994) O arco magmático cálcio-alcalino de alto K da microplaca Apiaí-Guaxupé. 38° Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú - SC, SBG. v. 1, p. 620- 621.

FOURCADE, S. & ALLEGRE, C.J. (1981) Trace element behaviour in granite genesis: a case study. The calc-alkaline plutonic association from Querigut Complex (Pyrennes, France). Contributions. Mineralogy and. Petrology. 76: 177-195.

FYFE, W.S.(1992). Magma underplating of continental crust. J. Volcan. Geoth. Res., 50: 33-40.

GARCIA, M. Da G. (1996). Análise cinemática do setor de junção entre as zonas de cisalhamento direcionais São Bento do Sapucaí, Sertaõzinho e Jundiuvira, nas imediações de Piracaia, SP. Dissertação de Mestrado. IG - USP. 104 p. São Paulo. Inédito.

GODOY, A.M.; OLIVEIRA, M.A.F.DE ; HACKSPACHER, P.C. (1996). Geoquímica das

rochas granitóides da Folha São Roque - SP. Geociências. São Paulo, 15 (número. especial):67-88.

GROMET, L.P. & SILVER, L.T. (1983) Rare earth element distribution among minerals in granitoid and their petrogenetic implications. Geochimica et . Cosmochimica. Acta., 47: 925-939.

GROMET, L. P. (1991). Direct dating of deformational fabrics. *In*: HEAMAN, L..; LUDEN, J.N. (Eds.). Short course handbook on applications of radiogenic isotope systems to problems in geology. Toronto. Mineralogical association of Canada. (Mac short course on radiogenic isotope systems, vol. 19). p. 167-189.

HALL, A. (1997). Igneous Petrology. Longman Publish. 1ª Ed. Singapore. 573p.

HANSON, G.N. (1978). The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic compositions. Earth Planetary. Science Letters., 38: 26-43.

HASUI, Y. (1973). Tectônica da área das folhas São Roque e Pilar do Sul. São Paulo. Tese de livre docência. Instituto de Geociências - USP.414 p.

HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. (1984). Província Mantiqueira. Setor Central. *In*: Almeida, F.F.M & Hasui, Y. : O Pré-Cambriano do Brasil. Ed. Edgard Blucher. p. 308- 344. São Paulo.

HASUI, Y. & SADOWSKI, G. R. (1976). Evolução do Pré-Cambriano da região sudeste do Estado de São Paulo. Revista Brasilera de Geociências, 6 (3): 182-200.

HASUi, Y.; PENALVA, F.; HENNIES, W.T. (1969). Geologia do Grupo São Roque. In: Anais... 23° Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, SBG, p.101-134..

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. R.; COIMBRA, A. M.; (1975). The Ribeira folded belt. Revista Brasilera de Geociências, 5(4): 257-266.

HASUI, Y.; SADOWSKI, G.R.; CARNEIRO, C.D.R. (1976). Considerações sobre a estratigrafia do pré-Cambriano na região de São Paulo, São Paulo, USP, Boletim. IG (7): 107-112.

HASUI, Y., LOPES PONÇANO, W., BISTRICHI, C. A., PAGOTTO STEIN, D., COUTINHO DE FARIA GALVÃO, C. A., GIMENEZ, A.F., ALVES DE ALMEIDA, M., DE MELO, M. S., GONÇALVES PIRES NETO, A. (1977). As grandes falhas do leste paulista. In: Anais... 1° Simpósio de Geologia Regional. São Paulo, SBG. p. 369-380.

HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F. M.; BRITO NEVES, B. B. (1978). As estruturas brasilianas. In: Anais... 30° Congresso Brasileiro Geologia. Recife SBG. v. 6, p. 2423-2437.

HASUI, Y.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. (1981). O embasamento Pré-Cambriano e Eo-Paleozóico de São Paulo. *In*: Almeida, F. F. M., de; Hasui, Y; Ponçano, W. L..; Dantas, A. S. L.; Carneiro, C. D. R.; Melo, M. S. de; Bistrichi, C. A. (1981.b). Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000., p. 12-45.

HARRIS, N.B.W.; PEARCE, J.A.; TINDLE, A.G. (1983) - Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: Royal Society of London - Meeting of Collision Tectonic, London. p: 67-81.

HENNIES, W. T., HASUI, Y. e PENALVA, F. (1967). O falhamento transcorrente de

Taxaquara. Anais... 21° Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba. SBG. p.159-168.

MACHADO, N.; VALLADARES,C.; HEILBRON, M.; VALERIANO, C.(1996). U-Pb geocronology of the central Ribeira belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian orogeny. Precambrian Research 79. P 347 –361.

HIBBARD, M.J. (1965). Origin of some alkali-feldspar phenocrysts and their bearing on petrogenesis. American. Journal of. Sciences., 263: 245-261.

HILDRETH, W. & MOORBATH, S. (1988). Crustal contributions to arc magmatisma in the Andes of Central Chile. Contributions. Mineralogy and. Petrology.,98: 455-489.

IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R. (1971) - A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian. Journal of Earth Sciences., 8: 523-548.

JANASI, V. A. (1997). Crustal anatexis and granite genesis in the Socorro-Guaxupé thrust nappe, southeastern Brazil: some constraints from elemental geochemistry. Revista Brasileira de Geociências, 27 (1): 139-150.

JANASI, V. A. (1986). Geologia e petrologia do maciço monzodiorítico-monzonítico de Piracaia, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 281 p. Inédito.

JANASI, V. DE A. & ULBRICH, H. H. G. J. (1987). Petrogenesis of the monzonitic-monzodioritic Piracaia Massif, State of São Paulo, southern Brazil: field and petrographic aspects. Revista Brasileira de Geociências, 17 (4): 524-534.

JANASI, V. DE A. & ULBRICH, H. H. G. J.(1985). Avaliação das informações disponíveis para os granitóides do Estado de São Paulo.In: Anais... 5° Simpósio Regional de Geologia. São Paulo.SBG. v.1 p. 133-146.

JANASI, V. DE A. & ULBRICH, H. H. G. J. (1991). Late Proterozoic granitoid magmatism in the State of São Paulo, southern Brazil. Precambrian Research, 51: 351-374.

JANASI, V. DE A. & ULBRICH, H. H. G. J. (1992). Inventário bibliográfico dos granitos de São Paulo. Boletim Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Publicação especial N°11. 253 p.

JANASI, V.A. & VLACH, S. (1997). Sr and Nd isotope systematics of the Capituva and Pedra Branca syenitic massifs (SW Minas Gerais, Brazil): petrogenesis and inferences on Neoproterozoic lithospheric mantle reservoirs. South American Symposium on Isotope Geology. Extended abstracts. P 143-146.

JULIANI, C. (1993). Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque na região das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo, SP. Tese de Doutoramento Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2 vol. 803 p. Inédito

JULIANI, C. & BELJAVSKIS, P. (1983). Geologia e evolução geológico-estrutural preliminar do Grupo São Roque na região da Serra de Itaberaba (SP). *In*: Anais... 4° Simpósio Regional de Geologia. São Paulo, SBG. v4. p. 113-126.

JULIANI, C. & BELJAVSKIS, P. (1995). Revisão da litoestratigrafia da faixa São Roque/Serra do Itaberaba (SP). Revista. IG 16(1/2):33-58.

JULIANI, C., BELJAVSKIS, P.; SCHORCHER, H. D. (1986). Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra de Itaberaba na região de São

Roque - SP. In: Anais... 34º Congresso Brasileiro de Geologia. Goiânia, SBG. v. 2, p. 730-747.

KAWASHITA, K. (1972). O método Rb-Sr em rochas sedimentares, aplicação para as bacias do Paraná e Amazonas. São Paulo. Tese de Doutoramento. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 111 p.

KAWASHITA, K.; SONOKI, I.; SATO, K.; SONOKI, H. (1990). Regressões lineares em geocronologia: isócronas, errócronas e pseudo-isócronas. Boletim. IG - USP. Série científica, 21: 53-72.

LAMEYRE, J & BOWDEN, P. 1982. Plutonic rock type series; discrimination of various granitoid series and related rocks. J. Volcan. Geoth. Res. ,14: 108-118.

LeMAITRE, R.W. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological sciences. subcommission on the Systematics of igneous Rocks. Blackwell, Oxford (UK) 193 p.

La ROCHE, M.; LETERRIER, J. GRANDCLAUDE, P. & MARCHAL, M. (1980). A classification of volcanic rocks using R1 R2 diagram and major element analyses - its relationships with current nomenclature. Chemical Geology, 29: 183-250

LEAKE, B.E. (1990) - Granite magmas: their sources, initiation and consequences of emplacement. Journal of. Geological. Society of. London, 147: 579-589.

LEITE, R. J. (1997).Geologia, petrografia e geoquímica dos granitóides da região de Piedade, SP. Dissertação de mestrado. IG/USP. 138 p.

MACHADO, N.; VALLADARES,C.; HEILBRON, M.; VALERIANO, C.(1996). U-Pb geocronology of the central Ribeira belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian orogeny. Precambrian Research 79. P 347 –361.

MANIAR, P.D. & PICCOLI, P.M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. Geol. Soc. Amer. Bull., 101: 635-643.

McCARTHY, T.S. & HASTY, R.A. (1976). Trace element distribution patterns and their relationship to the crystallization of granitic melts. Geochim. Cosmochim. Acta., 40: 1351-1358.

McCARTHY, T.S. & KABLE, E.J.D. (1978). On the behavior of rare earth elements during partial melting of granitic rock. Chemical Geology, 22: 21-29.

McCULLOCH, M.T. & CHAPPELL, B. W. 1982. Nd isotopic characteristics of S and Ii-type granites. Earth Planet. Sci Lett., 102: 358-374.

McCULLOCH, M.T. & WASERBURG, G.J. (1978). Sm/Nd and Rb/Sr chronology of continental crust formation. Science, 1003-1011.

MESZGER, K.; ESSENE, E.K.; HALLIDEY, A.N.; (1992).Closure temperature of the Sm/Nd system in metamorphic garnets. Earth Plan. Sci. Let. 113: 397-410.

MIDDLEMOST, E.A.K. (1985). Magmas and magmatic rocks. An Introduction to igneous petrology. Longman Group Ltda. Singapore. 1st Ed. 266p.

NELSON, B.K. & dePAOLO (1989). Rapid production of continental crust 1.7 to 1.9 By ago. Nd isotopic evidence from the basement of the North America mid-continent.

Geol. Soc. Amer. Bull, 96: 746-754.

OLIVEIRA, M. A. F.; MORALES, N.; FÚLFARO, V. J.; CAMPOS, E. G. (1985) Geologia da folha Atibaia, escala 1:50.000. Relatório final, convênio IGCE-UNESP/PRÓ-MINÉRIO, v. 1, 177 p. (inédito).

PASSCHIER, C. W., MYERS, J. S. and KRONER, A. (1990). Field geology of high-grade gneiss terrains. ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 150 p.

PATERSON, S.R.; VERNON, R.H.; TOBISCH, O.T. (1989). A review of critera for the identification of magmatic and tectonic foliation in granitoids. J. Struct. Geol., 11: 349-363.

PEARCE, J.A. (1983). Role of the subcontinental lithosphere in magma genesis at active continental margins. *In*: C.I. Hawkesworth & M.J. Norry (Eds): Continental basalts and mantle xenoliths. Shiva, Nantwich, p.230-240.

PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. (1984). Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. J. Petrol., 25 (4): 956-983.

PECCERILLO, A. & TAYLOR, S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanics rocks from the Kastamoru area, Northern Turkey. Contributions. Mineralogy and. Petrology., 58: 63-81.

PETRO, W.L.; VOGEL, T.A. ; WILBAND, J.T. (1984). Major-element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. Chemical Geology, 26: 217-235.

PHILLIPS, E.R. (1974). Myrmequite - one hundred years later. Lithos, 7: 181-194.

PHILLIPS, E.R. (1980). On poligenetic myrmequite. Geol. Mag., 117: 29-36.

PICANÇO, J. de LIMA (1994). Aplicação das sistemáticas Sm/Nd e Rb/Sr no Maciço Itatins (SP). Dissertação de Mestrado IG - USP. 76 p. São Paulo. Inédito.

PITCHER, W.S. (1979). Comments on the geological environments of granites. *In*: Atherton, MP. & Taylor, J. (Eds.). Origin of granite batholiths. Geochemical Evidence. Shiva Publish., Nantwich, p: 1-18.

PITCHER, W.S. (1982). Granite type and tectonic environment. *In*: Hsu, KJ. (Ed.) Moutain Building Processes. Acad. Press, London, p: 19-40.

PITCHER, W.S. (1983). Granite: typology, geological environment and melting relationships. In Atherton, MP. & Gribble, CD. (Eds.). Migmatites, Melting and Metamorphism. Shiva Publish., Nantwich, p: 277- 287.

PORADA, H. (1979). The Damara-Ribeira Orogen of the Pan-african - Brasiliano Cycle (Southwest Africa) and Brazil as interpreted in terms of continental collision. Tectonophysics, 57: 237-265.

RAGATKY, D.;TUPINAMBÁ, M.; TASSINARI, C. (1997). Sm/Nd and Rb/Sr isotopic studies from a garnet bearing peraluminous granite (Nazaré Paulista) from the Ribeira belt, southeastern Brazil. South American Symposium on Isotope Geology. Extended abstracts. P 286-288.

RODDICK, J.C. & COMPSTON, W. (1977). Strontium isotopic equilibration: a solution a

paradox. Earth Plan. Sci. Let ,34: 238 - 246.

SARTORI, P.L.P.(1978) Petrologia do Complexo Granítico de São Sepé, RS: modelo evolucional para granitos do sul do Brasil. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências - USP.196 p.

SATO, K. & CAMPOS NETO, M.C. (1996). Dados dos principais eventos de acresção manto-crosta continental no sudeste brasileiro, baseado em idades modelo Sm-Nd. In: Anais... 39º Congresso Brasileiro Geologia, Salvador, v., p. 528-530.

SATO, K.; CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W. (1996). Principais eventos de acreção manto-crosta continental do craton de São Francisco, com base em idade modelo Sm-Nd. Anais... 39º Congresso Brasileiro Geologia, Salvador, v., p. 525-527.

SATO, K.(1997). The double stage Sm-Nd model age and aplications to Brazilian platform rocks. South American Symposium on Isotope Geology. Extended abstracts. P 286-288.

SATO, K & TASSINARI, C. (1997). *In:*Contribuições à geologia da Amazônia (Eds Marcondes Lima da Costa & Rómulo Simões Angélica). In press.

SATO, K.; TASSINARI, C.C.G.; KAWASHITA, K.; PETRONILHO, L. (1995). O método geocronológico Sm/Nd no Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo e suas aplicações. Anais Academia Brasileira. de Ciências 67(3):313-336.

STRECKEISEN, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. Earth Science Rev. 12; 1-33..

STEIGER, R. H. & JAËGER,E. (1977). Subcomission on geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. Contributions to the geologic time scale. Studies in geology. Micgigan, USA, (6): 67-72.

TASSINARI, C. C. G. (1988). As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do Estado de São Paulo e sua evolução crustal. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 236 p. (Inédito).

TASSINARI, C. C. G. & CAMPOS NETO, M. (1988). Precambrian continental crust evolution of southeastern São Paulo State - Brazil: based on isotopic evidences. Geochimica Brasiliensis, 2 (2): 175-183.

TASSINARI, C. C. G., KAWASHITA, K., VAN SCHMUSS, R.; TAYLOR, P. N. (1988). As idades das rochas e dos eventos metamórficos da região sudeste de São Paulo. In: Anais... 35º Congresso Brasileiro de Geologia. Belém, SBG. v. 6, p. 2840-2853.

THEODOROVICZ, A., YAMATO, A. A., VASCONCELOS, C. S., SANTARÉM, P. C., SILVA, L. C. DA,; SILVA, V. A. DA. (1991) Características lito-estruturais do cinturão de cisalhamento transcorrente São Paulo - Região leste da Grande São Paulo. In: Anais... 2º Simpósio de Geologia do Sudeste.São Paulo, SBG/SP-RJ. p. 473-480.

VALLADARES, C.S.: 1996. Evolução geológica do Complexo Paraíba do Sul, no segmento central da Faixa Ribeira, com base em estudos de geoquímica e geocronologia U/Pb. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 147 p.

VAUCHEZ, A.; TOMMASI, A.; EGYDIO-SILVA, M.; TROMPETTE, R. (1992) Tectônica de escape na terminação de um cráton: a Faixa Ribeira. In: Anais... 37º Congresso

Brasileiro de Geologia, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos, 2: 373-374.

VAN SCHMUS, W. R., TASSINARI, C. C. G. ; CORDANI, U. G. (1986). Estudo geocronológico da parte inferior do Grupo São Roque. In: Anais... 34º Congresso Brasileiro de Geologia. Goiânia, SBG. v. 3, p.1399-1406.

VERNON, R.H. (1986). K-feldspars megacrysts in granites - phenocrysts, not porphiroblasts. Earth Sci. Rev., 23: 1-63.

VIEIRA, S. R. S. S. (1991). Complexo Embu: uma revisão crítica. In: Anais... 2º Simpósio De Geología do Sudeste. São Paulo, SBG. p. 469-471.

VLACH, S.R.F.1990. ISOJOB: um programa para manipulação e cálculos isotópicos Rb/Sr, Sm/Nd e Lu/Hf em microcomputadores. In: 6º Congresso Brasileiro Geologia. Natal SBG. Resumos, p.74-75.

VLACH, S. R.F. (1993). Geologia e petrologia dos granitóides de Morungaba, SP. Tese de doutoramento. Instituto de GeociênciasUniversidade de São Paulo.414 p.

VLACH, S.R.F. & CORDANI, U.G. (1986). A sistemática Rb/Sr em rochas granitóides: considerações interpretativas, limitações e exemplos brasileiros. Revista Brasileira de Geociências 16(1): 38-53.

WERNICK, E. (1990). Zoneamento magmático regional de granitóides brasilianos no sudeste/sul do Brasil: implicações geotectônicas. Anais... 36º Congresso Brasileiro Geologia. Natal SBG. v. 4, p. 1668-1683.

WERNICK, E. (1987). Idade da tectônica de colocação do magmatismo granitóide brasiliano no Estado de São Paulo e áreas adjacentes de Minas Gerais, SE Brasil. In: Vi Simposio Nacional de Estudos Tectonicos. Rio Claro, São Paulo. p. 104-106.

WERNICK, E. (1978). Contribuição à estratigrafia do Pré-Cambriano do leste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas. Revista Brasileira de Geociências (8): 206-216.

WERNICK, E. (1979). O magmatismo granitóide das regiões nordeste e sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 9(2): 122-139. .

WERNICK, E.; HORAMNN, P.; ARTUR, A.C.; EULERT, H. (1984). Aspectos petrológicos do Complexo Granítico de Socorro (SP/MG): dados analíticos e discussão preliminar. Revista Brasileira de Geociências, 114: 23-29.

WERNICK, E. & GALEMBECK, T. M. B. (1987). Evolução geotectônica durante o Proterozóico superior no Estado de São Paulo: uma contribuição através da análise do magmatismo granitóide. In: Anais... 6º Simpôsio Regional De Geologia. Rio Claro, SBG. v. 1, p. 191-200.

WERNICK, E.; WEBER-DIEFENBACH, K.; CORREIA, P.R. (1987).O granitóide Nazaré Paulista: dados petrográficos, químicos e de tipologia de zircão. In: Anais... 6º Simpôsio Regional De Geologia. Rio Claro, SBG. v. 1, p. 123 -134.

WHITE, AªJ.R. 1992.Granite handbook. Description, genesis, some associated ore deposits. 37º Congresso Brasileiro Geologia. São Paulo, SBG. (Curso) 85 p..

WILLIAMSOM, J. H. (1968). Least-squares fitting of a straigth line. Canadian Journal of Physics, 46, p.1845-1847.

ZIMBRES, E.; MOTOKI, A.; KAWASHITA, K. (1990). História do soerguimento regional da Faixa Ribeira com base em datações K-Ar. In: Anais... 36º Congresso Brasileiro Geologia. Natal, SBG. v 6, p. 315-316.

ANEXOS

Unidade e/ou fácies Classificação IUGS	Características gerais	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Maciço Barro Branco Fácies porfiroclástica grossa Granitos 3b predominante granodioritos e tonalitos	Pórfiroclástica. Protomilonítica. Passagem gradacional entre as fácies porfiroclásticas grossas às finas ou bandamento gnáissico	*Kf:* porfiroclastos de mic com geminação em grade e/ou Carlsbad. *Pg:* alguns cristais subédricos, placóides. Predominam os anédricos gradando desde porfiroclastoas até matriz. *Matriz* fina; qzo recristalizado ± pg ±Kf.	*Bio:* placóide a anédrica, marrom esverdeado escuro predominante, subordinadamente marrom avermelhado.	*Tit* euédrica a anédrica abundante, granular junto com bio define a foliação. *Zr:* abundantes cristais euédricos e arredondados. *All* cristais euédricos, alguns zonados.. *Ap:* cristais prismáticos. *Op*	*Mus* (palhetas) *Ep.Ser.*
Fácies fina Granitos a granodioritos	Ortognaisse de coloração cinza claro, de granulação fina a média. Esparsos porficlastos de mic com mantos de recristalização. Dominantemente miloníticos.	*Pg:* recristalizado na matriz. Esparsos porfiroclastos (até 1cm de diámetro). *Mic:* esparsos cristais com geminação em grade, anédricos. Qzo: em ribbons ou textura poligonal. Matriz: muito fina	*Bio* avermelhada a marrom escuro chocolate, cristais isolados, não forma níveis contínuos..	*Ap:* abundante, euédrica, com núcleo amarronado. *Zr:* cristais prismáticos, neoformados, e arredondados. *All*: esparsa, anédrica, eventualmente euédrica e zonada. *Op*: anédricos, poucos hexagonais. *Tit:* só localmente, muito rara.	*Musc. Ep. Ser. Ep.*

*kf:*feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: ti*tanita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *ser*: sericita *carb*: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita; mus: muscovita..

Anexo 1: Características petrográficas dos granitóides intrusivos nos metassedimentos do Grupo Serra do Itaberaba.

Unidade e/ou fácies Classificação IUGS	Características gerais	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Maciço Mato Mole	*Augen* gnaisse cinza escuro a rosado, com matriz biotítica fina a média. Porfiroclastos de kf e pg. Localmente milonítico. Cominuição de graõs em volta dos megacristais. Sombras de pressão assimétricas.	*kf:* porfiroclastos pertíticos e/ou geminação em grade, euédricos a anédricos, até 5 cm eixo maior, predominam 1-2 cm. *Pg:* cristais euédricos (1-2cm) e anédricos *Qtzo:* em *ribbons*, recristalizado na matriz e inclusões em gota nos feld. *Matriz* qtzo+pg+ bio verde ±kf±hda±tit.	*bio:* verde, placóide a anédrica (--cm)e pequenos cristais anédricos na matriz. *Hda :* verde e verde azulado, traços, inclusa em kf e pg, por vezes, na matriz.	*Ap:* cristais euédricos. *All:* cristais euédricos ou anédricos, às vezes zonados, sobresobrecrescem epídoto. ou não. *Zr. Tit*: granular, na matriz. *Op: ill*: manteada por tit. *Mag. euédricas*	*Clor. Ser. Saus. Ep.*
Maciço Pedra Branca (porção norte)	Textura porfirítica, localmente foliado	*Kf*: mic, kf pertítico. *Pg* cristais anédricos , geminados*Qzo:* é intersticial e inclui tit euédrica. *Matriz:* granulação média, qtzo + pg (textura poligonal)+ bio.	*Bio* marrom escuro chocolate a francamente verde. *Hda* verde; hda azulada: traços.	*All*: abundante.cristais euédricos, alguns zonados. *Ep*: cristais pseudomórficos? em bio. *Tit*: cristais euédricos e anédricos, granular, associada à bio paralela à foliação. *Op*: hexagonais, e manteados por tit: *mag* e *ill*?.	*Clor. Carb. Sal. Ser.*

kf:feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: ti*tanita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *ser*: sericita *carb*: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita; mus: muscovita..

Anexo 1.-: Características petrográficas dos granitóides intrusivos nos metassedimentos do Grupo Serra do Itaberaba (continuação).

Unidade e/ou fácies Classificação IUGS	Características gerais	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Maciço Mato Mole	*Augen* gnaisse cinza escuro a rosado, com matriz biotítica fina a média. Porfiroclastos de kf e pg. Localmente milonítico. Cominuição de graõs em volta dos megacristais. Sombras de pressão assimétricas.	*kf:* porfiroclastos pertíticos e/ou geminação em grade, euédricos a anédricos, até 5 cm eixo maior, predominam 1-2 cm. *Pg:* cristais euédricos (1-2cm) e anédricos *Qtzo:* em *ribbons*, recristalizado na matriz e inclusões em gota nos feld. *Matriz* qtzo+pg+ bio verde ±kf±hda±tit.	*bio:* verde, placóide a anédrica (--cm)e pequenos cristais anédricos na matriz. *Hda :* verde e verde azulado, traços, inclusa em kf e pg, por vezes, na matriz.	*Ap*: cristais euédricos. *All*: cristais euédricos ou anédricos, às vezes zonados, sobresobrecrescem epídoto. ou não. *Zr*. *Tit*: granular, na matriz. *Op: ill*: manteada por tit. *Mag. euédricas*	*Clor. Ser. Saus. Ep.*
Maciço Pedra Branca (porção norte)	Textura porfirítica, localmente foliado	*Kf.* mic, kf pertítico. *Pg* cristais anédricos , geminados*Qzo:* é intersticial e inclui tit euédrica. *Matriz:* granulação média, qtzo + pg (textura poligonal)+ bio.	*Bio* marrom escuro chocolate a francamente verde. *Hda* verde; hda azulada: traços.	*All*: abundante.cristais euédricos, alguns zonados. *Ep*: cristais pseudomórficos? em bio. *Tit*: cristais euédricos e anédricos, granular, associada à bio paralela à foliação. *Op*: hexagonais, e manteados por tit: *mag* e *ill*?.	*Clor. Carb. Sal. Ser.*

kf:feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: tit*anita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *ser*: sericita *carb*: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita; mus: muscovita..

Anexo 1.-: Características petrográficas dos granitóides intrusivos nos metassedimentos do Grupo Serra do Itaberaba (continuação).

Unidade/fácies Classificação IUGS	Texturas e estruturas	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Maciço Morro do Pão Tonalito a granodiorito	.Predominantemente foliada, por vezes isótropa. Localmente, protomilonítica.	*Pg:* cristais anédricos, equidimensionais, alguns com hábito tabular, zonados e geminação polisintética complexa. *Fk*: com geminação em grade, cristais anédricos, localmente recristalizados nas bordas.	*Bio* esverdeada; marrom quando desenvolvida na foliação *Hda:* verde, muito abundante a traços Localmente, hda verde azulado	*Tit:* grandes cristais euédricos a anédricos. Hábito granular associada à biotita no plano da foliacão. *Ap* euédrica abundante, como inclusões nos feldspatos e na matriz. *Ep*: cristais idiomórficos a subidiomórficos predominantemente com núcleo de allanita. *All.* grandes cristais idiomorfos a subidiomórficos, frequentemente zonados.	*Ser, ep, carb, clor*
Maciço Machado Granito 3b a monzonito	Textura porfirítica a porfiróide (megacristais de pg, kf e bio) em matriz seriada média a fina Foliação na borda sudeste do corpo.	*FK* cristais anédricos, com geminação em grade, pertíticos. *Pg* anédrico, com geminação polisintética, alguns indivíduos placóides. Mirmequitas lobadas. *Qzo* recristalizado com textura poligonal.Matriz: Qzo±pg±KF	*Bio* cristais anédricos a placóides, de cor verde, isolados ou em grupos distribuídos irregularmente.	*Ap cristais* euédricos abundantes, como inclusões nas outras fases minerais ou na matriz. *Tit* anédrica por vezes manteando opacos. Cristais euédricos dispostos paralelos à foliação. *All* cristais grandes, anédricos, por vezes zonados. *Zr:* abundantes cristais prismáticos, bem terminados..	
Enclave no Maciço Machado monzodiorito	Foliação definida por agregados de hda.	*Pg*: cristais anédricos, com escassas palhetas de bordas irregulares. *Qz* em agregados *Matriz* recristalizada: pg ± kf ± Qzo	*Hda* verde em glomérulos alongados, intercrescidos com bio. *Bio*: cristais anédricos, esparsos.	*Tit* subédrica a anédrica, Ap abundante, *Zr*	*Ser, ep, carb, clor*

kf:feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: tit*anita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *ser*: sericita *carb*: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita. *mus*: muscovita.

Anexo 2: Características petrográficas dos granitóides dos maciços Morro do Pão e Machado, Domínio São Roque.

Unidade/fácies Classificação IUGS	Texturas e estruturas	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Maciço Imbiruçu granodiorito	Textura porfirítica a seriada.	*Pg;* megacristais zonados, geminados, alguns com hábito tabular; com bordas irregulares. *Mic*: cristais anédricos, geminados. Qz*:* recristalizado Matriz: Qzo,Pg,KF,bio.	*Bio:* verde escuro, cristais anédricos em agregados ou cristais esparsos.	*All:* zonada e anédrica, às vezes recoberta por epídoto.*Ti:* anédrica e granular, associada à biotita. Zr; *Op*	*Ser; clo ep*
Maciço Morro Azul Monzonito, qtzo-monzonito, granodiorito e tonalito	Foliação ígnea definida pela orientação dos megacristais	*Pg* anédrico a subédrico, com geminação polisintética, como porfiroclastos (com anéis de inclusões) e na matriz. *Mic* anédrico, localmente recristalizado. *Kf pertítico* *Qz* recristalizado na matriz	*Bio* castanho esverdeada a verde escuro, placóide a anédrica, intersticial ao pg. Também como palhetas subidiomórficas. Exsolução de opacos nas clivagens.	*Ap* cristais euédricos, abundante *Tit* euédrica a granular, associada à biotita *All:* grandes cristais, alguns euédricos, zonados.*Zr*: escasso	*Car, Clor*
Enclave no Maciço Morro Azu Tonalito	Foliada No enclave, cristais de turmalina zonada e muscovita	*Pg*: cristais anédricos, geminados; *Qzo*:recristalizado, om textura poligonal.	*Bio* verde, placóide ou marrom	*Tit:* cristais anédricos, textura granular. *Ap*, abundante, cristais prismáticos inclusos nas fases minerais principais maiores e na matriz. *Ep* verde azulado	*Clor, ser*

kf:feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: ti*tanita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *ser*: sericita
carb: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita.

Anexo 2: Principais características petrográficas dos maciços Imbiruçu e Morro Azul, Domínio São Roque.

Unidade/fácie sClassificação IUGS	Texturas e estruturas	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Maciço da Serra da Boa Vista Monzogranito a tonalito	Textura seriada a porfiróide, com megacristais de pg em matriz inequigranular fina, localmente foliada.	*Kf: mic:* cristais anédricos, geminados, com extinção ondulante ou recristalizados. Kf pertítico *Pg*: cristais anédricos, localmente recristalizados ou com a geminação curvada *Qzo*: recristalizado ou em subgraõs, e na matriz ± Fk ± Pg	*Bio* castanho amarronada ou verde. Cristais anédricos, esparsos, localmente agrupados.	*Zr:* abundante. *Tit*: cristais anédricos, alguns geminados. *All;* cristais euédricos. *Ap* abundante cristais prismáticos.	*Ser Carb Clor Musc, ep*
Diorito Boa Vista	Textura granular ígnea com granulação grossa a fina	*Pg;* cristais euédricos, placóides, geminados e zonados. Qzo: escasso,	*Px* transformando-se em hda verde nas bordas. *Bio* junto com hda em *clots*. com exolução op nas clivagens.	*Zr*: escassos cristais *Ap:* abundantes cristais prismáticos; *All* e *Tit* cristais esparso. Op: abundantes	*Ser, Carb, Clor, Mus, Ep*

*kf:*feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: ti*tanita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *ser*: sericita *carb*: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita., px: piroxênio.

Anexo 2: Principais características petrográficas do Maciço Boa Vista, Domínio São Roque (continuação).

	Maciço Pedra Branca			Maciço Moinho						Maciço Barro Branco					
	13-b	14-b	15	m7-c	9	10	11	12	12-1	5	6-m	6-p	8-a	8-b	7
SiO_2	62.21	62.11	62.49	69,89	62.56	63.63	63.81	63.89	70,52	66.26	69.86	71.85	65.79	71.51	69.58
TiO_2	0.82	0.85	0.8	0,52	0.74	0.71	0.92	0.65	0,54	1.02	0.45	0.35	0.89	0.31	0.56
Al_2O_3	15.74	16.06	15.27	14,92	16.17	15.42	15.46	16.4	14,58	14.76	14.59	14.2	15.84	13.86	14.68
Fe_2O_3	6.03	6	5.72	2,82	5.26	5.21	5.61	4.34	2,45	4.44	2.51	1.87	4.36	2.43	2.82
MnO	0.09	0.1	0.09	0,03	0.09	0.09	0.07	0.07	0,03	0.06	0.03	0.02	0.06	0.04	0.04
MgO	1.82	1.97	1.81	0,67	1.8	1.67	1.74	1.42	0,49	1.62	0.54	0.4	1.36	0.39	0.59
CaO	3.71	3.85	3.63	1,77	3.75	3.36	3.15	3.06	1,57	2.92	1.58	1.44	2.7	1.66	1.63
Na_2O	3.81	3.84	3.86	4,23	3.97	3.96	3.44	3.84	3,93	4.19	3.38	3.25	4.11	3.52	3.96
K_2O	4.15	4.26	3.77	4,07	3.59	4.25	4.79	4.8	4,67	3.11	5.35	5.55	3.67	4.82	5.3
P_2O_5	0.42	0.45	0.43	0,22	0.38	0.36	0.38	0.31	0,17	0.43	0.19	0.14	0.37	0.14	0.19
LOI	0.69	0.38	0.35	0,24	0.73	0.74	0.55	0.55	0,32	1.14	0.32	0.38	0.45	0.5	0.44
total	99.48	99.86	98.22	99,14	99.04	99.4	99.91	99.32	98,95	99.96	98.79	99.45	99.61	99.16	99.78
$mg^{\#}$	0.376	0.396	0.388	0,32	0.406	0.391	0.383	0.396	0,28	0.422	0.301	0.300	0.384	0.243	0.295
Rb	72	115	102	175	109	110	131	127.9	128	225	235.7	217.9	133.5	215.1	156
Ba	1820	1710	1300	1186	1450	1350	1320	2087	1495	1242	1194	1228	1287.1	752.3	1470
Sr	1114	1088	991	558	1098	983	573	982.5	594	788	446.1	471.3	774.7	226.2	691
Rb/Ba	0.040	0.067	0.078	0,147	0.075	0.081	0.099	0.06128	0,085	0.18	0.20	0.17	0.1	0.29	0.10
Sr/Ba	0.612	0.636	0.762	0,47	0.757	0.728	0.434	0.47	0,39	0.63	0.37	0.38	0.6	0.3	0.35
K/Rb	478.5	307.5	306.8	193	273.4	320.7	303.5	311.5	302,86	114.74	188.4	211.4	228.21	186.02	282.03
K/Ba	18.93	20.68	24.07	28,48	20.55	26.13	30.12	19.09	25,93	20.79	37.20	37.52	23.67	53.19	29.9
Nb				11,1				16	13		14	11	16	20.6	
Zr	323	332	299	263	316	267	396	235	331	325	296	252	304.9	250.6	351
Y	26	23	22	10	17	17	14	16	6	16	7	6	16	16	7
Hf	5.6	5.7	5	6,7	5.3	5	6.8	7.7	9,9	7.8	9.2	8.4	7.3	7	6.5
Cs										6.9	5.2	4.2	6.6	6.3	62.2
Ta	0.4	0.4	0.4	1,06	0.4	0.7	1.2	3.66	4,01	3.3	4.12	2.97	0.95	2.01	0.4
Th	8.7	9.4	9.5	18,44	7.3	7.3	5.3	8.8	25,40	13.4	21.8	2.54	16.99	17.67	<0.5
U	1.6	1.8	1.5	3,36	0.9	2.1	0.9	1.9	1,9	3.1	1.7	1.9	2.19	7.85	0.8

Anexo 3: Dados geoquímicos para as rochas dos maciços Pedra Branca, Moinho e Barro Branco.

	Maciço Pedra Branca			Maciço Moinho						Maciço da Serra do Barro Branco					
	13-b	14-b	15	m7c	9	10	11	12	12-1	5	6-m	6-p	8-a	8-b	7
La	68.2	66.8	67.9	74,30	52.1	52.2	50.1	52	69,40	74.7	72	85.7	76.2	72.9	63
Ce	123	118	118	137,70	95	95	88	102.6	129,60	150	136.7	159.6	142.8	135.1	106
Pr				12,36				9.47	11,25		11.77	13.55	13.22	12.24	
Nd	49	50	48	47,70	42	42	33	39.1	42,20	63	44.1	49.8	52.2	45	42
Sm	7.79	7.91	7.64	7,50	6.65	6.3	5.11	7.7	6,60	9.38	7.3	7.8	9.2	7.1	6.11
Eu	2.01	2.09	1.98	1,34	1.83	1.77	1.57	2.31	1,76	2.1	1.6	1.64	1.97	1.27	1.33
Gd				4,90				6.5	6,60		7	7.1	5.9	4.3	
Tb	1.1	0.8	0.8	0,50	0.5	0.7	0.4	0.7	0,50	<0.5	0.6	0.5	0.8	0.6	<0.5
Dy				2,0				3.1	1,30		1.7	1.4	3.6	2.9	
Ho				0,30				0.5	0,20		0.2	0.2	0.5	0.5	
Er				0,80				1.5	0,70		0.7	0.5	1.3	1.3	
Tm				0,09				0.18	0,03		0.08	0.05	0.15	0.19	
Yb	1.27	1.51	1.19	0,50	1.05	1	0.77	1.2	0,30	1.12	0.4	0.3	0.7	1.2	0.37
Lu	0.17	0.26	0.17	0,09	0.17	0.15	0.13	0.19	0,05	0.14	0.07	0.05	0.12	0.19	0.05
ETR@	252.54	247.37	245.68	269,93	199.3	199.12	179.08	205.8	250,41	300.84	262.77	305.39	283.99	263.36	219.26
ETRT				290,08				210.87	270,49		284.22	328.19	308.66	284.79	219.26
La_n/Yb_n	36.205	29.825	38.469	100,3	33.453	35.193	43.866	29.215	156,5	44.966	121.355	192.595	73.391	40.957	114.795
Eu_n/Eu^*_n				0,63				0.973	0,80		0.675	0.662	0.766	0.652	

Anexo 3: Dados geoquímicos para as rochas dos maciços Pedra Branca, Moinho e Barro Branco (continuação).

	Maciço Morro do Pão							
	34	31	33	36	35	32-e	37	30
SiO_2	50,5	55,23	55,9	52,96	53,93	61,72	65,43	63,73
TiO_2	1,38	1,46	1,37	2,26	2,23	1,24	1,05	1,03
Al_2O_3	14,41	14,89	13,95	15,59	15,97	15,83	14,91	15,11
Fe_2O_3	9,51	8,89	8,23	9,35	9,07	5,73	4,9	5,09
MnO	0,14	0,15	0,12	0,11	0,12	0,06	0,06	0,07
MgO	7,94	5,04	5,6	3,68	3,7	2,01	1,62	1,87
CaO	8,36	7,24	6,36	6,31	6,5	3,24	3,1	3,08
Na_2O	2,91	3,34	2,62	3,68	3,9	3,67	3,86	3,66
K_2O	2,23	2,48	2,4	2,61	2,7	4,41	3,95	4,43
P_2O_5	0,41	0,5	0,54	1,05	1	0,48	0,44	0,42
LOI	1,22	0,7	1,05	0,64	0,59	0,64	0,79	1,18
total	99,05	99,91	98,21	98,23	99,7	99,01	100,1	99,68
mg#	0,63	0,53	0,58	0,44	0,45	0,41	0,40	0,42
A/CNK	0,65	0,70	0,76	0,77	0,76	0,95	0,92	0,92
Rb	86	80	96,9	106,2	81	124,4	157,1	130
Ba	765,7	776	1218	1849	1524	1864	1579	1634
Sr	644,1	525	587,1	1327	1247	716,2	586	658
K/Rb	215	295	211	204	278	294	209	283
K/Ba	24,17	30,38	16,77	11,71	14,70	19,64	20,76	22,50
K/Ba	24,18	30,38	16,77	11,72	14,71	19,64	20,77	22,51
Sr/Ba	0,84	0,67	0,48	0,71	0,81	0,38	0,37	0,40

Anexo 4: Dados geoquímicos para as rochas do Maciço Morro do Pão, subdomínio São Roque.

	Maciço Morro do Pão							
	34	31	33	36	35	32-a	37	30
Ni	200	19	89	209	30	15	30	19
Cr	538	75,6	208	110	41,4	43	49	35,4
V	223	119	129	209	116	80	67	54
Cu	32	15	21	2,5	55	7	5	31
Pb	9	14	10	12	11	20	17	18
Mo	4,7	<1	2,5	4,2		2,5	2,1	
Nb	27,2		19,6	37,6		25,4	22,8	
Zr	223,6	298	214,5	565,3	451	594	493	402
Y	26	26	22	24	19	15	15	21
Hf	5,6	6,7	5	12,4	7,3	13,7	10,9	6,4
Ta	1,65	2	1,07	2,04	1,3	1,36	1,43	0,25
Th	8,27	9,3	10,77	8,23	5	16,53	18,75	15,6
U	1,42	1,3	1,32	2,33	1,2	1,48	2,18	2,6
La	51,6	30,7	65,7	101,2	70,2	67,1	93,7	82,3
Ce	97,7	76	134,2	206,8	133	158,5	174,8	140
Pr	9,54		13,07	19,59		16,34	16,22	
Nd	40,6	43	53,2	79,6	52	65,5	61,8	53
Sm	7,6	7,15	9,4	13,2	8,13	10,3	9,5	8,08
Eu	2,27	2	2,1	3,6	2,21	2,34	2,04	1,83
Gd	6,3		6,8	8,8		5,6	5,3	
Tb	0,9	1	0,9	1	0,9	0,7	0,7	0,25
Dy	4,8		4,3	4,8		3,1	3,1	
Ho	0,9		0,8	0,8		0,5	0,5	
Er	2,5		2	1,9		1,2	1,2	
Tm	0,35		0,27	0,22		0,13	0,15	
Yb	2,2	2,43	1,6	1,4	1,07	0,9	0,9	1,19
Lu	0,34	0,34	0,25	0,22	0,15	0,13	0,14	0,16
ETRT	227,6	162,6	294,6	443,1	267,7	332,3	370,1	286,8
ETRT@	227	162	294	443	267	332	370	287
La_n/Yb_n	15,81	8,52	27,68	48,73	44,23	50,26	70,191	46,62
Eu_n/Eu^*_n	0,97	1,48	0,76	0,96	1,44	0,85	0,80	1,20

Anexo 4: Dados geoquímicos para as rochas do Maciço Morro do Pão, subdomínio São Roque (continuação).

	Maciço Morro Azul						Maciço Imbiruçu				
	ct-11h	ct-11f	26-a	26-b	26-c	26-d	38	39	40-a	40-b	40-c
SiO_2	68,27	63,16	64,34	63,65	66,13	56,38	70,14	65,09	65,81	57,15	66,26
TiO_2	0,65	1,01	1,05	1,01	0,28	1,41	0,44	0,7	0,61	1,26	0,4
Al_2O_3	14,08	14,75	15,02	15,79	16,49	15,02	13,66	15,06	15,61	15,52	16,84
Fe_2O_3	3,96	5,85	5,65	5,59	1,66	7,99	3,55	4,37	4,28	9,74	2,09
MnO	0,06	0,08	0,07	0,07	0,03	0,13	0,06	0,06	0,06	0,15	0,03
MgO	1,09	1,55	1,68	1,68	0,44	3,99	1,1	1,51	1,38	4,15	0,63
CaO	2,62	2,68	3,29	3,74	1,23	5,32	2,43	3,08	2,88	3,38	2,21
Na_2O	3,94	3,34	3,32	3,92	2,45	2,96	3,72	3,78	3,74	3,42	3,61
K_2O	3,67	5,26	3,97	2,97	9,14	3,59	3,91	4,15	4,71	3,98	6,38
P_2O_5	0,23	0,36	0,38	0,35	0,09	0,61	0,21	0,32	0,28	0,59	0,15
LOI	1,29	0,73	0,64	0,62	0,56	1,93	0,44	0,74	0,55	0,01	0,47
total	99,86	98,77	99,4	99,08	98,5	99,34	99,67	98,86	99,9	99,33	99,07
mg#	36	35	37	38	35	50	38	41	39	46	38
A/CNK	0,93	0,92	0,96	0,96	1,02	0,82	0,05	0,93	0,95	0,97	1,00
Rb	141	248	161,8	142,7	180,6	226,4	138	119	119	220	140,3
Ba	683	930	1375	813	3096	767	695	1170	1510	374	3039
Sr	378	337	470	501	550	499	637	968	1042	762	1095
Rb/Ba	0,21	0,27	0,12	0,18	0,06	0,3	0,20	0,10	0,08	0,59	0,05
Sr/Ba	0,55	0,36	0,34	0,62	0,18	0,65	0,92	0,83	0,69	2,04	0,36
K/Rb	216	176	204	173	420	132	235	289	328,	150	404
K/Ba	44,61	46,95	23,97	30,34	24,51	38,86	46,70	29,44	25,89	88,34	18,66

Anexo 4: Dados geoquímicos para as rochas dos granitóides Morro Azul e Imbiruçu, subdomínio São Roque.

	Maciço Morro Azul						Maciço Imbiruçu				
	ct-11h	ct-11f	26-a	26-b	26-c	26-d	38	39	40	40-a	40-b
Nb			27	26	12	31					14
Zr	346	506	427,2	405,5	140	383	202	284	271	203	189,8
Y	15	39	12	11	4,8	10,7	20	15	25	25	47
Hf	6,9	10,4	12	14	4,8	10,7	4,3	5	4,8	3,7	6,1
Ta	3,9	3,5	4,24	5,04	4,1	3,01	1	0,25	1,4	0,7	4,39
Th	17,1	20,7	15,9	12,2	4,5	10,8	11,7	10,3	8,2	9	19,2
U	2,5	2,8	2,7	3,1	1,7	1,5	2,2	1,3	1,3	0,9	3,4
La	64,8	108	95,2	74,3	29,1	87,6	41,4	65,7	52,7	53,7	71,3
Ce	117	201	183	145,9	50	171,7	74	110	95	95	139,9
Pr			16,1	13,26	4,16	15,62					12,67
Nd	42	79	64	53,8	15,5	62,5	28	41	39	36	51,1
Sm	5,87	13	11,9	10,7	2,6	10,8	4,4	6,65	6,96	5,25	10,7
Eu	1,27	1,96	2,61	2,36	2,28	2,64	1,12	1,69	1,84	1,16	2,43
Gd			11,7	10	2,6	10,1					10,3
Tb	0,4	1,4	1,3	1,1	0,3	1,1	0,25	0,25	0,9	0,25	1,5
Dy			6	5	0,9	4,4					8,5
Ho			1	0,8	0,2	0,7					1,6
Er			3,2	2,5	0,5	2,2					5,1
Tm			0,41	0,32	0,04	0,27					0,72
Yb	1,05	2,46	2,3	1,9	0,3	1,5	0,91	0,76	1,53	1,59	4,7
Lu	0,14	0,34	0,32	0,27	0,06	0,24	0,13	0,09	0,16	0,25	0,68
ETRT@	232,5	407,2	360,6	290,3	100,14	338,08	150,21	226,14	198,09	282,2	
ETRT			399	322,2	108,54	371,37				321,2	
La_n/yb_n	41,61	29,6	27,91	26,36	65,39	39,379	0,16	0,30	0,12	0,12	0,05
Eu_n/Eu^*_n			0,33	0,34	1,33	0,38					0,35

Anexo 4: Dados geoquímicos para as rochas dos granitóides Morro Azul e Imbiruçu, subdomínio São Roque (continuação)..

	Maciço Machado				Maciço Boa Vista						Diorito Boa Vista	
	29	28	27-a	27-b	18	19	20	21	22	23-a	24	25
SiO_2	65,42	67,88	63,45	56,12	64,34	68,68	70,63	72,15	70,11	71,45	48,79	47,38
TiO_2	1,13	0,85	1,21	1,30	0,76	0,46	0,49	0,37	0,42	0,41	2,08	2,22
Al_2O_3	14,62	14,07	14,71	15,32	16,59	14,81	13,72	13,6	13,94	14,03	15,98	16,21
Fe_2O_3	4,83	4,16	5,29	7,87	4,18	2,64	2,74	1,96	2,54	2,15	10,96	11,38
MnO	0,04	0,05	0,06	0,12	0,05	0,04	0,06	0,03	0,08	0,03	0,16	0,15
MgO	1,47	1,11	1,34	4,44	1,3	0,68	0,9	0,51	0,6	0,63	6,07	5,9
CaO	2,76	2,23	2,99	6,38	3,09	1,74	2,07	1,44	1,52	1,54	8,31	7,71
Na_2O	3,58	3,49	3,73	3,63	4,02	3,45	3,61	3,58	3,7	3,8	3,62	3,04
K_2O	4,87	4,95	5,01	2,46	4,23	5,54	4,42	4,95	5,16	5,06	2,03	3,32
P_2O_5	0,35	0,36	0,31	0,43	0,32	0,17	0,2	0,18	0,13	0,15	0,62	0,82
LOI	0,9	0,85	0,73	0,56	1,1	1,13	1,15	0,4	0,75	0,7	0,78	0,24
total	99,97	99,99	98,83	98,62	99,99	99,32	99,98	99,19	98,95	99,95	99,39	98,37
mg#	0,38	0,35	0,34		0,38	0,34	0,40	0,34	0,32	0,37	0,68	0,71
A/CNK	0,91	0,93	0,87		0,99	1,00	0,95	0,98	0,97	0,97	0,69	0,72
Rb	189	194	172	144,6	100	175	185	195	187	197	46	101
Ba	1942	1482	1250	465	2915	1010	840	1085	1604	1552	579	783
Sr	562	467	568	506,4	1560	858	590	494	798	767	775	902
Rb/Ba	0,10	0,13	0,14	0,31	0,03	0,17	0,22	0,18	0,12	0,13	0,05	0,08
Sr/Ba	0,29	0,32	0,45	1,08	15,6	0,85	0,70	0,46	0,50	0,49	1,339	1,152
K/Rb	214	212	242	141	351	263	198	211	238	2138	0,05	0,08
K/Ba	20,82	27,73	33,27	43,91	12,05	45,53	43,68	37,90	27,74	27,07	29,11	35,20

Anexo 4: Dados geoquímicos para as rochas dos maciços Machado e Boa Vista, subdomínio São Roque.

	Maciço Machado				Maciço Boa Vista						Diorito Boa Vista	
	29	28	27-a	27-b	18	19	20	21	22	23	24	25
Ni	9	6	31	11		6	8	7	3	6	55	31
Cr	13,5	11	46,5	143	10,5	11,7	12,4	11,4	12,1	17	68,1	46,5
V	40	31	52	140	44	17	29	14	16	16	134	178
Zr	721	565	721	275,1	340	283	207	194	224	226	325	287
Y	12	7	23	21	16	7	8	11	7	10	31	31
Hf	15,1	11,3	10,8	8,4	8,4	5,6	5,7	5,8	6,3	6,5	5,4	5,4
Ta	1,4	4,5	2	2,81	3,5	0,5	5,2	3,6	4,2	2,7	1,100	0,400
Th	23,3	25,3	21,7	16,1	13,8	19,2	12,5	13,1	20,8	20	1,80	3,300
U	2,3	1,1	0,09	2,8	0,2	1,7	1,6	1,9	3,8	5,2	0,100	0,100
La	169	152	131	41,9	78,9	78,9	49,1	47,5	69,3	63,7	42,6	52,3
Ce	328	280	213	128,3	160	133	102	95	137	130	79	111
Pr				10,36								
Nd	117	80	71	43,5	68	44	40	35	44	48	40	66
Sm	12,6	7,42	9,12	8,4	8,96	5,18	5,11	5,01	6,01	6	6,35	10,4
Eu	2,65	1,52	1,71	2,37	2,4	1,1	1,1	1,1	1,35	1,36	1,81	2,99
Gd				8,4								
Tb	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	0,5	1,2
Dy				4,3								
Ho				0,8								
Er				2,4								
Tm				0,31								
Yb	0,9	0,71	0,82	1,8	1,04	0,5	0,78	0,73	0,64	0,95	1,75	1,64
Lu	0,1	0,08	0,12	0,28	0,12	0,07	0,11	0,13	0,07	0,09	0,24	0,28
ETRT@	630,5	521,98	427,17	225,37	319,67	263	198,45	184,97	258,62	250,35	172,25	245,81
ETRT				254								
Eu_n/Eu^*_n				0,85								
La_n/Yb_n	126,78	144,96	107,52	15,71	51,21	106,48	42,46	43,9	73,05	45,26	16,41	21,51

Anexo 4: Dados geoquímicos para as rochas dos maciços Machado e Boa Vista, subdomínio São Roque (continuação).

Unidade e/ou fácies Classificação IUGS	Características gerais	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Maciço Nazaré Paulista Fácies hololeucocrática granodiorito	Granito hololeucocrático, granulação média a grossa, textura heterogranular, com abundantes *clots* de granada com quartzo azulado em volta	*Pg*: cristais anédricos, geminados, gradando entre megacristais e matriz *Mic* cristais anédricos, geminação em grade *Qtzo* intersticial e em volta da granada, com abundantes inclusões de rutilo	*Bio:* marrom avermelhado,: escassos cristais isolados *Gr*: cristais poiquilíticos, anédricos, abundantes,	*Ap , Zr , Mon*	*Ser, Sau, bio* verde *clor*
Maciço Nazaré Paulista Fácies cinza Granito 3-b	Granito cinza, textura granular,granulação média, por vezes foliado, *clots* de granada com quartzo azulado em volta	*Mic:* cristais anédricos, com geminação em grade, megacristais matriz. *Pg* cristais anédricos, geminados, megacristais e matriz *Qtzo* em subgraõs e em volta da gr, com inclusões de rutilo. *Sil* predominantemente em *schlierens*	*Bio* marrom avermelhado: pequenas palhetas definem a foliação. *Gr*: Cristais anédricos, poiquilíticos, com qutzo em volta	*Ap , Zr , Mon*	*Ser, Sau, bio* verde *clor*

kf:feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: ti*tanita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *carb*: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita. *mus*: muscovita.

Anexo 5: Características petrográficas das rochas do domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé na região em estudo (continuação).

Unidade e/ou fácies	Características gerais	Minerais félsicos	Minerais máficos	Minerais acessórios	Minerais de alteração
Complexo Piracaia Bio-gr±sill gnaisse	Gnaisse dominantemente melanocrático, localmente com bandas leucocráticas. Grandes Gr concentram-se nos níveis máficos	*Mic* cristais anédricos, geminados *KF* pertítico, geminado *Pg* escasso *Qtzo* com extinção ondulante, recristalizado com textura poligonal ou *ribbon* ou graõs com contatos irregulares, inclui agulhas de rutilo	*Bio* cristais anédricos, esparsos de cor castanho, nos níveis . *Gr* grandes cristais poiqulíticos envolvidos por qtzo	*Ap* , *Zr* , *Mo*, *Opn*	*Ser, bio* verde, *clor*
Granito Nazaré Paulista Fácies rósea Granito 3-b	Rocha coloração rósea a cinza, heterogranular, granulação fina a média, com *clots* de granada com quartzo azulado em volta, esparsos..	*Mic:* cristais anédricos, com geminação em grade *Pg:*.cristais anédricos, geminados, escassos *Qtzo:* intersticial, recristalizado.	*Bio* marrom castanho pequenas palhetas esparsas. *Gr*: Cristais anédricos, poiquilíticos, com quartzo azulado em volta	*Ap* , *Zr* , *Mon*, *Op*	*Ser, Sau, bio* verde *clor*

*kf:*feldspato potássico, *pg*: plagioclásio; *qzo*: quartzo; *bio*: biotita; *hda*: hornblenda; *tit: ti*tanita;*all:* allanita; *zr:* zircão; *ep*: epídoto; *carb*: carbonato; *clor:* clorita; *ser:* sericita. *mus*: muscovita; *op*: opacos.

Anexo 5: Características petrográficas das rochas do domínio da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé na região em estudo

	Maciço Nazaré Paulista										Complexo Piracaia		
	1-a	1-b	1-d	ct-14a	np-32	ct-14ar	ct-15a	ct-15b	np-26b	np-26d	1-c	3	2
SiO_2	74.16	74.28	75.06	72.14	73.57	71.66	71.18	72.14	70.05	71.42	61.95	65.44	65.07
Al_2O_3	13.81	13.77	13.26	14.61	13.92	13.54	14.63	14.77	13.86	14.1	14.01	15.65	14.4
Fe_2O_3	1.42	1.47	0.42	1.55	0.89	0.85	1.72	1.77	3.11	0.86	9	4.34	6.31
MgO	0.18	0.23	0.1	0.59	0.3	0.28	0.48	0.5	1.13	0.21	3.78	1.44	2.9
CaO	2.59	1.29	1.93	2.29	1.88	1.8	2.01	1.96	1.25	1.84	1.46	4.28	3.83
Na_2O	4.52	3	3.45	3.76	3.11	3.06	3.26	3.22	2.17	3.04	1.82	3.91	2.19
K_2O	1.38	4.25	3.73	3.44	4.61	4.38	4.49	4.72	6.33	5.12	4.48	2.08	2.11
TiO_2	0.13	0.11	0.06	0.2	0.21	0.2	0.31	0.3	0.64	0.13	1.33	0.67	0.84
P_2O_5	0.06	0.1	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.1	0.1	0.04	0.29	0.11
MnO	0.02	0.02	0.005	0.02	0	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.11	0.07	0.1
PF	0.53	0.34	0.68	0	98.52	0	0	0	0	0	0.87	0.69	0.96
Total			98.74	98.89	98.52	95.81	98.11	99.45	98.65	96.84	98.84	98.86	98.81
Rb	33.4	125.8	108.1	120.5	102.1		139.9	147.7	212.9	137.9	253.8	112.5	186.9
Ba	82.2	384.2	307.2	729.2	1019	749	846	846	1972	1071	603	511	414
Sr	131.7	137.1	302	304	444	305	271	271	411	295	149.8	435.8	172.8
mg#	20	24	32	43	40	36	36	42	33	43	47	40	48
A/CNK	1.00	1.15	0.99	1.03	1.02	1.03	1.05	1.05	1.09	1.01	1.33	0.94	1.11
A/NK	1.53	1.43	1.35	1.46	1.36	1.37	1.42	1.41	1.32	1.33	1.77	1.78	2.42
K/N	0.20	0.92	0.70	0.59	0.96	0.93	0.89	0.95	1.90	1.09	1.60	0.34	0.62
Rb/Ba	0.40	0.33	0.35	0.16	0.10	0.000	0.16	0.17	0.11	0.13	0.42	0.22	0.45
Sr/Ba	1.60	0.38	0.98	0.42	0.44	0.41	0.32	0.32	0.21	0.27	0.25	0.85	0.48
K/Rb	343	280	286		375.		266	265	247	308	146	153	94
K/Ba	139	92	101		37	48	44	46.	26	40	62	34	42

Anexo 6: Análises químicas correspondentes ao Maciço Nazaré Paulista e aos gnaisses do Complexo Piracaia.

	Maciço Nazaré Paulista					Complexo Piracaia		
	1-a	1-b	1-d	ct-14a	np-32	1-c	3	2
La	7	21.6	9.5	31.8	42.3	66.6	55.3	19.7
Ce	12.5	43.1	15.5	57	53.9	138	107.2	39
Pr	1.14	4.17	1.19	5.07	5.51	13.41	9.42	3.57
Nd	4.3	16.8	4.2	18.8	20.6	55.5	37.8	14.7
Sm	1	4.1	0.8	3.3	3.4	11.8	7.1	3.1
Eu	0.43	0.52	0.85	1.02	1.31	1.5	1.62	1.11
Gd	1	3	0.7	1.8	3.7	11.4	6.4	2.9
Tb	0.2	0.4	0.09	0.2	0.6	1.5	0.7	0.4
Dy	0.9	1.6	0.09	0.6	3.6	6.3	2.7	1.6
Ho	0.1	0.3	0.09	0.09	0.7	1	0.4	0.3
Er	0.2	0.6	0.2	0.1	2	2.9	1.3	1
Tm	0.04	0.09	0.04	0.04	0.25	0.38	0.16	0.16
Yb	0.09	0.5	0.1	0.09	1.3	2	0.8	0.9
Lu	0.03	0.08	0.03	0.03	0.23	0.32	0.13	0.17
ETRT	28.93	96.86	33.38	119.94	139.4	312.61	231.03	88.61
ETRL	25.94	89.77	31.19	115.97	125.71	285.31	216.82	80.07
ETRP	2.56	6.57	1.34	2.95	12.38	25.8	12.59	7.43
La_n/Yb_n	52	29	64	238	22	22	46	15
La_n/Sm_n	4.4	3.3	7.4	6.0	7.8	3.5	4.8	3.9
Gd_n/Yb_n	8.9	4.8	5.6	16.1	2,3	4.6	6.6	62,6
Eu_n/Eu^*_n	1,30	0,43	3,40	1,16	1,12	0,39	0,72	1,11

Anexo 6: Análises químicas as rochas do Complexo Piracaia e Maciço Nazaré Paulista (continuação).

	Maciço Nazaré Paulista					Complexo Piracaia		
	1-a	1-b	1-d	ct-14a	np-32	1-c	3	2
La	7	21.6	9.5	31.8	42.3	66.6	55.3	19.7
Ce	12.5	43.1	15.5	57	53.9	138	107.2	39
Pr	1.14	4.17	1.19	5.07	5.51	13.41	9.42	3.57
Nd	4.3	16.8	4.2	18.8	20.6	55.5	37.8	14.7
Sm	1	4.1	0.8	3.3	3.4	11.8	7.1	3.1
Eu	0.43	0.52	0.85	1.02	1.31	1.5	1.62	1.11
Gd	1	3	0.7	1.8	3.7	11.4	6.4	2.9
Tb	0.2	0.4	0.09	0.2	0.6	1.5	0.7	0.4
Dy	0.9	1.6	0.09	0.6	3.6	6.3	2.7	1.6
Ho	0.1	0.3	0.09	0.09	0.7	1	0.4	0.3
Er	0.2	0.6	0.2	0.1	2	2.9	1.3	1
Tm	0.04	0.09	0.04	0.04	0.25	0.38	0.16	0.16
Yb	0.09	0.5	0.1	0.09	1.3	2	0.8	0.9
Lu	0.03	0.08	0.03	0.03	0.23	0.32	0.13	0.17
ETRT	28.93	96.86	33.38	119.94	139.4	312.61	231.03	88.61
ETRL	25.94	89.77	31.19	115.97	125.71	285.31	216.82	80.07
ETRP	2.56	6.57	1.34	2.95	12.38	25.8	12.59	7.43
La_n/Yb_n	52	29	64	238	22	22	46	15
La_n/Sm_n	4.4	3.3	7.4	6.0	7.8	3.5	4.8	3.9
Gd_n/Yb_n	8.9	4.8	5.6	16.1	2,3	4.6	6.6	62,6
Eu_n/Eu^*_n								

Anexo 6: Análises químicas as rochas do Complexo Piracaia e Maciço Nazaré Paulista (continuação).

T2533
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

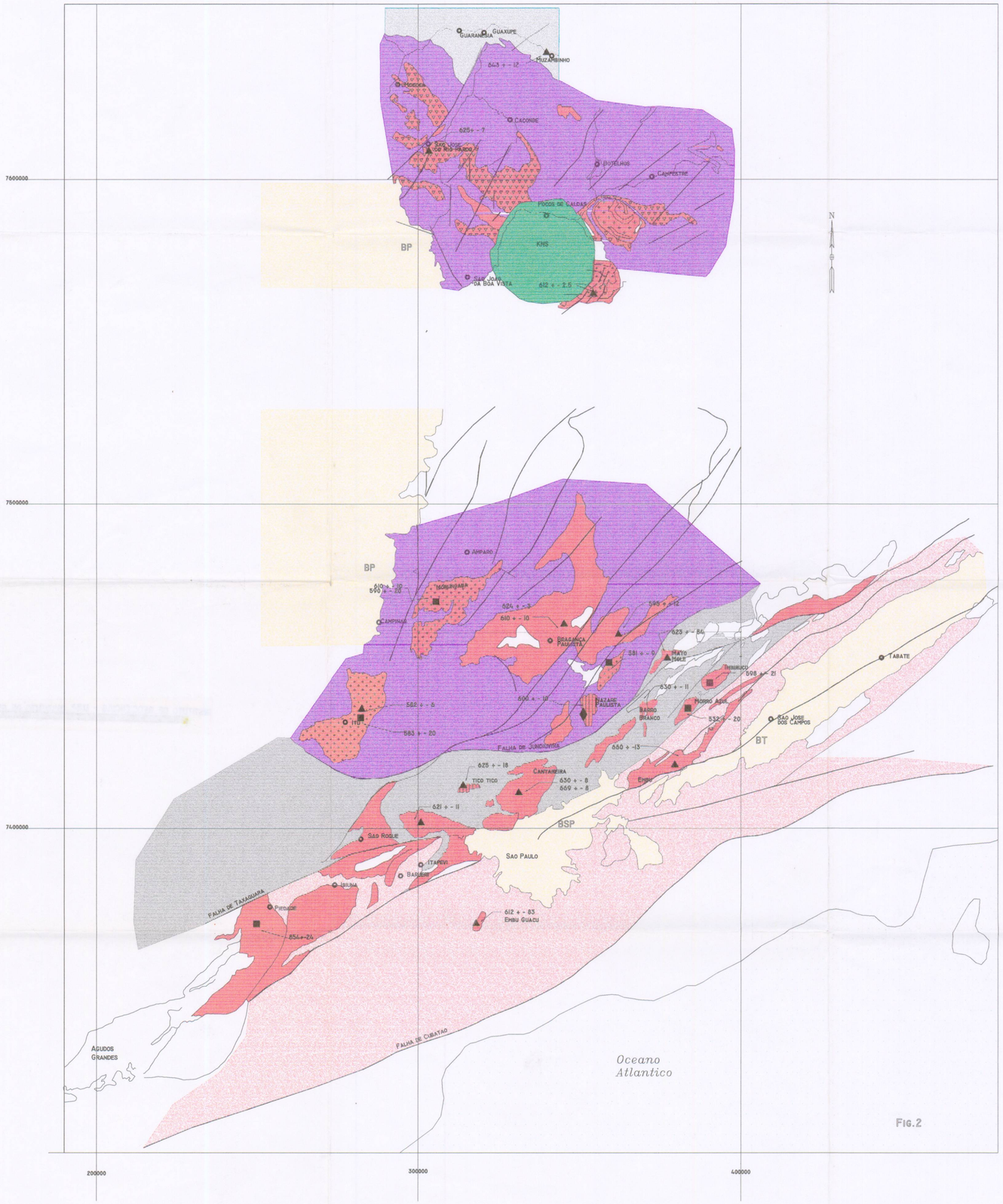
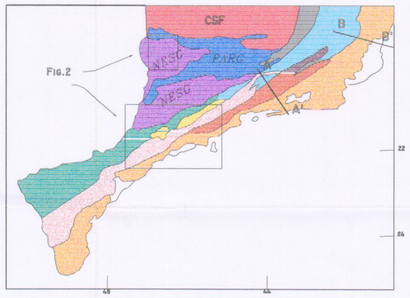


FIG.2



A) PRINCIPAIS UNIDADES GEOTECTONICAS DA PORCAO SUL DA FAIXA RIBEIRA COM LOCALIZACAO DAS AREAS CONSIDERADAS EM DETALHE E CITADAS NO TEXTO (MODIFICADO DE CAMPOS NETO & FIGUEIREDO, 1995 E MACHADO ET AL 1996)

- BACIAS FANEROZOICAS — BP - BACIA DO PARANA; BSP - BACIA DE SAO PAULO; BT - BACIA DE TAUBATE
- DOMINIO COSTEIRO
- DOMINIO PARAIBA DO SUL
- DOMINIO JUIZ DE FORA
- DOMINIO EMBU
- DOMINIO SAO ROQUE
- DOMINIO DA NAPPE DE EMPURRAO SOCORRO - GUAXUPE
- FAIXA ALTO RIO GRANDE
- CRATON DO SAO FRANCISCO
- GRANULITOS
- GRANITOIDES SIN-OROGENICOS
  - GRANITOIDES PER-ALUMINOSOS
  - GRANITOIDES CALCIO-ALCALINOS
  - MANGERITOS - CHARNOQUITOS
- GRANITOIDES TARDI A POS OROGENICO
- FALHAS
- CIDADES
- U/PB
- SM/ND ISOCRONA ROCHA TOTAL/GRANADA
- RB/SR: ISOCRONA ROCHA TOTAL

(U/Pb, Sm/Nd e Rb/Sr: T EM MILHOES DE ANOS)

ESCALA: 1:750.000

0 5 10 15 20 25
Escala Gráfica (km)

ANEXO 7: MAPA DE DISTRIBUICAO DE IDADES RB/SR E U/PB DAS ROCHAS DA PORCAO SUL DA FAIXA RIBEIRA

FIG. 1 E FIG.2 ADAPTADO DE JANASI & ULBRICH (1992) E JANASI (1993)

DGG-IGc-USP	DEZEMBRO DE 1997	DIANA RAGATKY