

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**OS MINERAIS MÁFICOS E OPACOS COMO INDICADORES
DAS CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO MAGMÁTICA E
RECRISTALIZAÇÕES POSTERIORES: O EXEMPLO DE
ALGUNS GRANITÓIDES CÁLCIO-ALCALINOS DO
EMBASAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO.**

TF Nº 98/10

Lucelene Martins

Orientador: Prof. Dr. Horstpeter H. G. J. Ulbrich

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
Departamento de Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO

1998

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

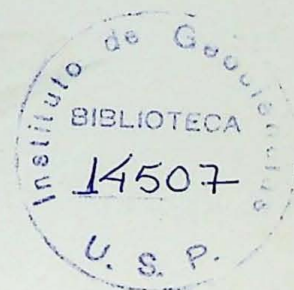
**OS MINERAIS MÁFICOS E OPACOS COMO INDICADORES
DAS CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO MAGMÁTICA E
RECRISTALIZAÇÕES POSTERIORES: O EXEMPLO DE
ALGUNS GRANITÓIDES CÁLCIO-ALCALINOS DO
EMBASAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO.**

TF Nº 98/10

Lucelene Martins

Orientador: Prof. Dr. Horstpeter H. G. J. Ulbrich

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
Departamento de Mineralogia e Petrologia



DEDALUS - Acervo - IGC



30900002768

SÃO PAULO

1998

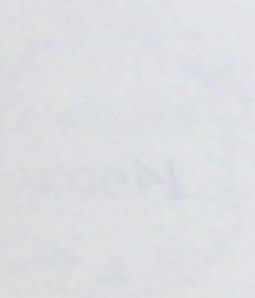
M386
L.m

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

OS MINERAIS MÁFICOS E GRANOS COMO INDICADORES
DAS CONDIÇÕES DE CRYSTALLIZATION MAGMÁTICA E
A COMPLEXIDADE POSTERIORES: O EXEMPLO DE
ALGUNS GRANITOS DO ESTADO DE SÃO PAULO
TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Luciana Martins

Orientador: Prof. Dr. Horstmann G. J. Junior



MONOGRAFIA DE TRABALHOS DE GRADUAÇÃO
- Departamento de Geologia e Petrologia

SÃO PAULO
1984

Resumo	15
Abstract	16
Introdução	17
1. INTRODUÇÃO	21
1.1. Objetivos	22
1.2. Metodologia	22
1.2.1. Amostragem	23
1.2.2. Análise estatística	23
1.2.3. Procedimentos estatísticos adotados	23
1.2.4. Questões éticas	24
1.3. Limitações e vantagens	25
1.4. Importância prática da investigação de interesse	26
2. REVISÃO DE LITERATURA	29
2.1. Aspectos epidemiológicos	29
2.2. Fatores relacionados com o desenvolvimento da doença	31
2.3. Tratamento da doença de S. Paulo	32
2.3.1. Revisão das doenças priónicas	33
3. REVISÃO DA DOENÇA DE S. PAULO NAS REGIÕES NOROCCIDENTAIS DO PARANÁ	35
3.1. O Dr. Leão dos médicos Pinheiro e Silva (Doutor Leão)	36
3.2. O Dr. Silva dos médicos Carneiro e Tavares (Doutor S. Paulo)	37
4. MATERIAIS E MÉTODOS	40
5. RESULTADOS	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	45
Agradecimentos aos colaboradores	46

ÍNDICE DE TEMAS

RESUMO	VI
ABSTRACT	VIII
AGRADECIMENTOS	IX
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Objetivos.....	02
1.2. Metodologia	02
1.2.1. <i>Abordagem inicial</i>	03
1.2.2. <i>Análises petrográficas</i>	03
1.2.3. <i>Medidas de susceptibilidade magnética</i>	03
1.2.4. <i>Química mineral</i>	04
1.3. Localização e acessos	05
1.4. Mapas geológicos e de localização de amostras	05
2. GEOLOGIA REGIONAL	09
2.1. Aspectos geotectônicos regionais	09
2.2. Pacotes metamórficos nos Domínios Embú e São Roque	11
2.3. Granitóides no estado de São Paulo.....	12
2.3.1. <i>Resumo dos trabalhos prévios</i>	12
3. PETROGRAFIA: RESUMO DAS FEIÇÕES MINERALÓGICAS E TEXTURAIS	17
3.1. Granitóides dos maciços Piedade e Ibiúna (Domínio Embú).....	18
3.2. Granitóides dos maciços Cantareira e Taipas (Domínio S. Roque).....	37
4. SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA	49
5. QUÍMICA MINERAL	52
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização e vias de acesso da área estudada por Leite (1997), compreendida entre as cidades de Piedade e Ibiúna	07
Figura 2. Localização e vias de acesso da área estudada por Azevedo (1997).....	08
Figura 3. Dados modais no triângulo FA-Qtz-Plg para os granitóides dos maciços Piedade e Ibiúna.	25
Figura 4. Dados modais no triângulo FA-Qtz-Plg para os granitóides Taipas e Cantareira.....	42
Figura 5. Diagrama de classificação do anfibólio cálcico, amostra PD 01.....	54
Figura 6. Diagrama catiônico Mg-Ti-Na da muscovita, amostra PD 410.....	54
Figura 7. Composição das biotitas no diagrama com Al^{IV} e $Fe/(Fe+Mg)$	55
Figura 8. Relação entre as proporções catiônicas de Ti^{VI} e Si^{IV} para as biotitas	55
Figura 9. Relações entre proporções catiônicas de Mg e Fe(total) das biotitas	56
Figura 10. Diagrama das proporções catiônicas entre Ti, Fe^{2+} e Fe^{3+} de ilmenitas, hematitas	56
Figura 11. Relação da susceptibilidade magnética com o de magnetita para os granitóides Piedade-Ibiúna.....	66

ÍNDICE DE FOTOS E FOTOMICROGRAFIAS

Foto 1. Granito porfirítico, com hornblenda e biotita, do maciço Ibiúna.....	26
Foto 2. Granito porfirítico, com hornblenda e biotita, do maciço Ibiúna.....	26
Foto 3. Granito porfirítico com biotita e titanita, do maciço Piedade.....	26
Foto 4. Granito porfirítico com biotita, do maciço Piedade	27
Foto 5. Granito porfirítico com muscovita e biotita, do maciço Piedade	27
Foto 6. Granito inequigranular a porfirítico com muscovita e biotita, do maciço Piedade.....	27
Fotomicrografia 1. Aspectos texturais em granito porfirítico com hornblenda e biotita, maciço Ibiúna.....	28
Fotomicrografia 2. Aspectos texturais em granito porfirítico com biotita e titanita, maciço Piedade.....	28
Fotomicrografia 3. Aspectos texturais em granito porfirítico com biotita, maciço Piedade.....	28
Fotomicrografia 4. Granito porfirítico com biotita e muscovita, maciço Piedade.....	29
Fotomicrografia 5. Granito porfirítico com hornblenda e biotita, maciço Ibiúna. Titanita, idiomórfica, com inclusões arredondadas a alongadas de hematita.....	29
Fotomicrografia 6. Granito porfirítico com hornblenda e biotita, maciço Ibiúna. Titanita com inclusões de hematita e lamelas de ilmenita.....	29
Fotomicrografia 7. Granito com hornblenda e biotita. Magnetita com lamelas de hematita em planos octaédricos	30
Fotomicrografia 8. Granito porfirítico com biotita e titanita, maciço Piedade. Titanita idiomórficas com inclusões de hematita.....	30

Fotomicrografia 9. Granito porfirítico com biotita e titanita. Hematita como inclusões em titanita	30
Fotomicrografia 10. Aspectos texturais em granito porfirítico com biotita, maciço Piedade	31
Fotomicrografia 11. Granito porfirítico com biotita. Ilmenita com lamelas de hematita, grão de magnetita	31
Fotomicrografia 12. Granito porfirítico com muscovita e biotita, maciço Piedade. Grão isolado de hematita, com lamelas de ilmenita.....	31
Foto 7. Granito porfirítico com biotita, maciço Taipas.....	43
Foto 8. Veio aplítico em granito porfirítico com biotita, maciço Piedade.....	43
Foto 9. Veio aplítico, em contato com granito porfirítico a inequigranular com biotita, maciço Cantareira	43
Fotomicrografia 13. Aspectos texturais em granito porfirítico com biotita, maciço Taipas.....	44
Fotomicrografia 14. Aspectos texturais em granito inequigranular a porfirítico com biotita, maciço Cantareira	44
Fotomicrografia 15. Aspectos texturais em granito porfirítico com biotita, maciço Taipas.....	44
Fotomicrografia 16. Granito porfirítico com biotita, maciço Taipas. Titanita idiomórfica com inclusões de hematita e ilmenita	45
Fotomicrografia 17. Aspectos texturais em granito inequigranular-porfirítico com biotita, maciço Cantareira	45
Fotomicrografia 18. Granito com biotita, maciço Cantareira. Ilmenita em contato com grão idiomórfico de magnetita	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Os domínios geológicos no embasamento paulista.....	15
Tabela 2. Granitóides no estado de São Paulo: características e idades.....	16
Tabela 3. Indicação dos padrões de deformação e recristalização dos granitóides dos maciços Piedade e Ibiúna.....	32
Tabela 4. Características petrográficas e mineralógicas dos granitóides dos maciços Piedade e Ibiúna.....	36
Tabela 5. Indicação dos padrões de deformação e recristalização dos granitóides dos maciços Taipas e Cantareira	46
Tabela 6. Características petrográficas e mineralógicas dos granitóides dos maciços Taipas e Cantareira	48
Tabela 7. Dados de susceptibilidade magnética e quantidade de grãos de minerais opacos.	51
Tabela 8. Composições químicas e proporções catiônicas para hornblenda	57
Tabela 9. Composições químicas e proporções catiônicas para muscovita	57
Tabela 10. Composições químicas e proporções catiônicas para biotitas.....	58
Tabela 11. Composições química e proporções catiônicas para magnetitas	60
Tabela 12. Composições químicas e proporções catiônicas para ilmenitas.....	62
Tabela 13. Composições químicas e proporções catiônicas para hematitas	64

ANEXOS

Anexo 1. Mapa geológico regional, região de Pilar do Sul até a cidade de São Paulo
Anexo 2. Mapa geológico dos granitóides da região de Piedade
Anexo 3. Mapa geológico regional, folhas Santana do Parnaíba e Guarulhos
Anexo 4. Mapa geológico de detalhe, região de Perus

RESUMO

Trabalhos de campo e de laboratório (geoquímica de rochas, mineralogia, química mineral) sugerem a atuação de processos de contaminação crustal na gênese dos granitos cálcio-alcálicos sin-orogênicos brasileiros da Faixa Ribeira. No intuito de contribuir para a caracterização desses processos, foram feitos trabalhos combinando estudos mineralógico-petrográficos e texturais com determinações da química mineral, principalmente dos minerais máficos e acessórios opacos (especialmente os óxidos de Fe e Ti), e medidas de susceptibilidade magnética aparente desses granitos. Os exemplos escolhidos para este estudo foram os granitóides do batólito cálcio-alcálico Agudos Grandes, aflorantes na região do Domínio Embu, SP (Janasi & Ulbrich, 1992; Janasi et al., 1990), entre as cidades de Ibiúna, Piedade e Tapiraí (SP); para contrastar, foram obtidos dados dos maciços Taipas e Cantareira, igualmente cálcio-alcálicos, aflorantes no Domínio São Roque, SP.

Foram identificadas quatro tipos principais, representativos das variações encontradas nos maciços de Piedade e Ibiúna: hornblenda-biotita granitos (cálcio-alcálicos, meta-aluminosos), biotita granitos (dois tipos: com e sem titanita, meta-aluminosos) e muscovita-biotita granitos (peraluminosos), em geral sempre porfiríticos e deformados. Para os maciços Taipas e Cantareira, também foram resumidas as características petrográficas dos biotita granitóides porfiríticos com titanita e dos aplitos subordinados.

Os estudos petrográficos indicaram uma diminuição dos teores de magnetita nas fácies mais peraluminosas de Piedade, que pode estar diretamente relacionada a um decréscimo na fugacidade de oxigênio, associada aos processos de contaminação por metapelitos redutores. Os valores de susceptibilidade magnética nos tipos Piedade-Ibiúna, sempre altos, mostram relação direta com os tipos petrográficos: fácies com hornblenda-biotita, titanita + magnetita $\pm$ ilmenita, k de $\sim 9,9$ ($\times 10^{-3}$ SI); biotita-titanita, k em torno de $8,4$ ($\times 10^{-3}$ SI) e biotita (sem titanita), k por volta de $4,8$ ($\times 10^{-3}$ SI), ambos com magnetita $\approx$ ilmenita; muscovita-biotita (ilmenita $\pm$ magnetita), k em torno de $4,7$ ($\times 10^{-3}$ SI). As rochas dos maciços Taipas e Cantareira apresentam valores de k algo mais elevados que os dos granitóides de Piedade com mineralogia equivalente.

Os dados de química mineral dos minerais opacos (magnetita, ilmenita e hematita), tanto de Piedade-Ibiúna como de Taipas e Cantareira, mostram enriquecimento em seus componentes ideais, indicando recristalização parcial, provavelmente sob condições pós-magmáticas; magnetita está presente em todas as rochas, mesmo que em proporções menores nos granitos peraluminosos de Piedade. As biotitas dos granitóides Taipas e Cantareira são muito semelhantes entre si, parecidas às encontradas nas rochas equivalentes de Piedade. As biotitas dos maciços Piedade e Ibiúna mostram uma

gradação, com enriquecimento em Fe, Al e Ti, partindo dos termos mais cálcio-alcálicos e menos diferenciados (menos "contaminados") com homblenda e biotita, para os termos peraluminosos e mais "diferenciados" (provavelmente, mais "contaminados"). Uma comparação com dados na literatura sugere que estas rochas são similares aos granitóides "contaminados" (mas pouco ou nada reduzidos) encontrados no batólito da Serra Nevada, Califórnia (Ague & Brimhall, 1988).

ABSTRACT

Field and laboratory studies (based on mineralogy and rock and mineral chemistry) suggest that contamination with crustal materials is an important process in the genesis of the synorogenic calc-alkaline Brasiliano granites of the Ribeira belt. Mineralogical and petrographic-textural studies, together with susceptibility measurements and chemistry of the mafic minerals (silicates and oxides) are here presented to further characterize this process. The studied examples were the calc-alkaline granitoids of the Agudos Grandes batholith, cropping out near the localities of Ibiúna, Piedade and Tapirai (SP) in the metamorphic Embu Domain (Janasi & Ulbrich, 1992; Janasi et al., 1990); for comparative purposes, some calc-alkaline granitoids and associated aplites from the Taipas and Cantareira massifs, located within the São Roque Domain, were also studied.

Four granitoid types represent the main petrographic variations found in the Piedade-Ibiúna rocks: calc-alkaline metaluminous hornblende-biotite granites, calc-alkaline metaluminous biotite granites (of two types, with and without sphene) and peraluminous muscovite-biotite granites; all types are mainly porphyritic and always deformed.

The peraluminous varieties show lesser amounts of magnetite, interpreted as a consequence of the lowering of oxygen fugacity during crystallization, as a result of the incorporation of reducing crustal metapelitic rocks. Magnetic susceptibility values, always high, are correlated with the main petrographic Ibiúna-Piedade types: with hornblende-biotite and with sphene + magnetite $\pm$ ilmenite, k around 9.9×10^{-3} SI; types with biotite-sphene, k around 8.4×10^{-3} SI and biotite, about 4.8×10^{-3} SI, both with magnetite $\sim$ ilmenite; muscovite-biotite rocks (with ilmenite $\pm$ magnetite), k around 4.7×10^{-3} SI. The Taipas and Cantareira samples have k values somewhat higher than the mineralogically similar biotite($\pm$ sphene) Piedade rocks.

The opaque phases (magnetite, ilmenite, hematite) in both the Piedade-Ibiúna and Taipas-Cantareira rocks are usually enriched in end-member components, thus indicating post-magmatic recrystallization-exsolution. Magnetite is present in all rocks, although in lesser amounts in the peraluminous Piedade granites. The biotites from Taipas and Cantareira are chemically very similar, akin also to the biotites from the equivalent Piedade rocks. The biotites from the Piedade-Ibiúna granite sequence show a gradation, with gradual enrichment in Fe, Ti and Al, from the hornblende-biotite calc-alkaline (less "contaminated") types to the peraluminous and more "differentiated" (probably, more "contaminated") granites. A comparison with data from the literature shows that these Piedade-Ibiúna rocks are similar to the (weakly to strongly) contaminated granites of the Serra Nevada, California, batholith, although types equivalent to the "reduced" California granites seem to be missing (Ague & Brimhall, 1988).

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer às pessoas que colaboram de diferentes maneiras para a conclusão deste trabalho.

- Prof. Dr. Horstpeter H.G.J. Ulbrich, pela orientação, dedicação, apoio, discussões, conselhos e paciência;
- Prof. Dr. Valdecir Janasi, pelo tema proposto, e que mesmo distante me incentivou e aconselhou;
- Prof. Dr. Silvio Vlach, por sua colaboração e incentivo;
- Prof. Dr. Gergely A. J. Szabó por ser tão prestativo e paciente;
- Profa. Dra. Mabel N. C. Ulbrich, pelas diversas sugestões.
- aos amigos Guilherme A. R. Gualda, Rosely K. Teruya, Márcia M. Saito, Gilson B. Guimarães e Gaston E. E. Rojas, que mesmo atarefados, contribuíram para este trabalho;
- aos colegas Renato J. Leite e Dionísio T. Azevedo, que através de seus trabalhos, foram fonte permanente de dados;
- aos funcionários Marcos (Microsonda), Rita e Márcia (Lab. Informática), Angélica (Óptica-DMP), Aninha e Claudio (Laminação), Denise e Tadeu (Secretária-DMP), pelos trabalhos realizados;
- aos colegas, professores e funcionários do Igc, pelo apoio;
- e finalmente à FAPESP Processo Nº 96/0783-8 (coordenador Horstpeter H.G.J. Ulbrich) que financiou os trabalhos de campo aos maciços Cantareira e Taipas e trabalhos de laboratório (microsonda eletrônica); Processo Nº 97/0420-0 que financiou minha bolsa de incentivo à pesquisa, tomando viável minha dedicação ao projeto.

1. INTRODUÇÃO

Processos de contaminação de magmas graníticos por interação com rochas da crosta é fenômeno comum, porém de difícil caracterização e quantificação, principalmente devido a diversidade de materiais crustais que podem ser assimilados, e também do contraste químico por vezes pouco acentuado entre os contaminantes e os magmas graníticos.

Entre os vários exemplos citados neste contexto, destacam-se aqueles observados em magmas cálcio-alcálinos associados a arcos magmáticos continentais (Ishihara, 1977, 1981; Ague & Brimhall, 1987, 1988a, 1988b). Nesses casos, diversas transformações mineralógicas têm sido observadas, afetando principalmente a mineralogia dos silicatos máficos (e.g., presença ou ausência de hornblenda), a composição química desses minerais (e.g., razões F/OH e Mg/Fe em biotitas e hornblendas) e a mineralogia das fases acessórias. Entre esses últimos, destaque especial é dado aos minerais de Fe e Ti (magnetita e ilmenita, entre os óxidos, e particularmente titanita, entre os silicatos), cujas relações refletem diretamente a fugacidade de oxigênio do sistema, muitas vezes afetada pela interação dos magmas cálcio-alcálinos, em geral relativamente oxidados, com as rochas encaixantes que são potenciais portadoras de minerais redutores ("grafite" ou matéria carbonosa), portanto tipicamente metapelíticas. Em estudos de vocação metalogenética, o enfoque na mineralogia das fases opacas é particularmente informativo, dada a relação entre as condições redox de cristalização dos magmas graníticos e o tipo de mineralização associada (e.g., Ishihara, 1981).

A importância de processos de contaminação crustal na gênese dos granitos cálcio-alcálinos sin-orogênicos brasileiros da Faixa Ribeira tem sido evocada por vários autores, a partir de evidências as mais diversas. Ferreira *et al.* (1991) propõem que a resposta aeromagnetométrica sensivelmente mais fraca das fácies isentas de hornblenda e enclaves microgranulares máficos de alguns maciços graníticos cálcio-alcálinos dos Domínios São Roque e Embu deve refletir a diminuição dos teores de magnetita das rochas, como reflexo da diminuição da fugacidade de oxigênio associada aos processos de contaminação por metapelitos redutores. Wernick *et al.* (1989), estudando a porção leste do "batólito Ibiúna", concluíram que a passagem de granitos ricos em hornblenda, a sul, para tipos isentos deste mineral e, finalmente, para tipos à muscovita, a norte, refletiria também um processo de contaminação.

1.1. Objetivos

No sentido de contribuir para a caracterização dos processos de contaminação crustal atuantes na região foram realizados trabalhos combinando os estudos sobre os minerais máficos e acessórios (especialmente os minerais de Fe e Ti) com medidas de susceptibilidade magnética aparente de rochas de fácies mineralogicamente contrastadas do batólito Agudos Grandes na região balizada pelas cidades de Ibiúna, Piedade e Tapiraí (SP) (Domínio Embu). A amostragem foi ampliada para também incluir algumas rochas graníticas, igualmente cálcio-alcálinas, aflorantes no Domínio São Roque (maciços Taipas e Cantareira).

1.2. Metodologia

Os dados já existentes estabelecem uma boa base para identificar as características gerais dos tipos litológicos presentes na região de Piedade-Ibiúna e definir as relações geoquímicas. Faltam, entretanto, dados mais apurados sobre os tipos de minerais máficos e acessórios opacos presentes nestas rochas, pouco estudados, que permitiriam caracterizar as condições *redox* de cristalização, responsáveis em primeira análise pela estabilidade do par magnetita-ilmenita e eventualmente, também, do mineral titanita (e.g., Buddington & Lindsley, 1964; Ague & Brimhall, 1987, 1988a, 1988b; Vlach, 1993). O estudo dos minerais opacos pode ser realizado apelando para três feições ou características diferentes:

- a) Reconhecimento óptico dos minerais opacos, por meio de estudos de microscopia via luz refletida, identificando as proporções relativas (principalmente da ilmenita e da magnetita), a sequência de cristalização, as relações mútuas magnetita-ilmenita, a homogeneidade ou heterogeneidade internas para definição de exsoluções e de possíveis recristalizações derradeiras, etc.
- b) Identificação da química mineral desses óxidos opacos (magnetita e ilmenita), através de determinações por microsonda eletrônica.
- c) Determinação da resposta magnética desses minerais na própria rocha, por meio da medição de susceptibilidades magnéticas (em amostras de maior volume, no laboratório).

Dentro deste contexto, são apresentados os resultados de estudos em amostras de granitos do Domínio Embu (tipo Piedade e os “sin-orogênicos” cálcio-alcálinos, tipos Tapiraí e Ibiúna), comparados aos obtidos em algumas amostras colhidas em ambiente geológico diferente (Domínio São Roque; granitos cálcio-alcálinos dos maciços Cantareira e Taipas).

1.2.1. Abordagem inicial

Como primeira etapa do trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica buscando compor o quadro geológico da área estudada. Trabalhos existentes sobre a área foram analisados permitindo a compilação de mapas geológicos e de localização de amostras (Anexos 1: mapa geológico regional, região de Pilar do Sul até a cidade de São Paulo; 3: mapa geológico dos granitóides da região de Piedade; 2: mapa geológico regional, folhas Santana do Parnaíba e Guarulhos; 4: mapa geológico de detalhe, região de Perus). Os dados referentes aos Anexos 1 e 3, desenhados em mesa digitalizadora, estavam estocados em disquetes (compilação e mapeamento por Leite, 1997) e foram retrabalhados para reapresentação. Os Anexos 2 e 4 são cópias obtidas da compilação realizada por D.Azevedo e apresentada na sua dissertação de mestrado (Azevedo, 1997).

1.2.2. Análises petrográficas

Foram separadas um total de 16 amostras obtidas através de mapeamento geológico realizado por Janasi *et al* (1990) e Leite (1997); 9 amostras dos maciços Taipas e Cantareira foram coletadas com o auxílio do mapa geológico feito por Azevedo (1997). Foram feitas seções delgadas simples e delgadas polidas das amostras escolhidas, visando a caracterização petrográfico-microscópica e análises de microsonda. Foram escolhidas para análises mais detalhadas sempre as amostras mais “frescas” e representativas.

As observações efetuadas se referem ao reconhecimento dos minerais transparentes e opacos, os aspectos texturais da rocha e os de cada fase mineral particular, e estimativas modais, através de observações em um microscópio da marca Olympus do tipo BXP-50. As fotomicrografias foram obtidas através dos fotomicroscópios petrográficos Zeiss Axioplan e Olympus BXP-50, e do estereomicroscópio Olympus, de luz polarizada, da marca SZH10.

1.2.3. Medidas de susceptibilidade magnética

A susceptibilidade magnética k mede a relação entre J , o momento magnético dipolar por volume unitário, e H , a intensidade do campo magnético aplicado, tal que $k = J/H$. A susceptibilidade, uma unidade sem dimensões, é geralmente expressa convencionalmente como emu/cm^3 ; uma segunda susceptibilidade expressa a relação por unidade de massa (emu/g), mas é menos utilizada. A tendência, hoje, é a de utilizar as unidades do Sistema Internacional.

As medidas de k foram obtidas em um medidor de susceptibilidade magnética portátil da marca Exploranium do tipo KT-9, que fornece leituras em unidades $\text{SI} \times 10^{-3}$ (Sistema Internacional). Este aparelho é designado para levantamentos de campo, tanto em afloramentos naturais como nas amostras de mão coletadas que tenham tamanho suficientemente grande para se obter valores médios representativos. As amostras analisadas (fatias ou volumes irregulares de rochas) foram divididas através de uma malha de 1 por 1 cm para efetuar as medições. O aparelho acima citado apresenta 3 modos de medições: *no-pin*, *pin* e *scan*. O modo adotado para este trabalho foi o *pin*, que é recomendado para amostras volumétricas com superfícies irregulares, e que consiste em apertar fortemente o pino (fabricado em borracha) contra a amostra, e a seguir retirado até 30 cm da amostra; a operação, para cada medida, demora apenas 2 a 3 segundos. O valor registrado, haja visto as grandes variações de k que normalmente ocorrem, foi uma média de um número mínimo de 18 medições para cada amostra e são expressos em unidades SI. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Os principais minerais com propriedades magnéticas são alguns óxidos (magnetita e titanomagnetita, hematita, ilmenita), alguns sulfetos (pirita, pirrotita) e hidróxidos formados pelo intemperismo (goethita, lepidocrocita).

Os valores de k são muito variáveis para um mesmo mineral, e dependem ainda da história prévia (presença e intensidade de magnetização remanescente), do tamanho e forma dos grãos, e evidentemente também da mineralogia da rocha e de seu grau de alteração (por ex., óxidos e sulfetos com conversão, apenas inicial ou mais intensa, para goethita, etc) e do campo magnético sob o qual são medidas as susceptibilidades.

1.2.4. Química mineral

Análises químicas quantitativas dos minerais máficos e opacos estudados foram efetuadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da USP. O equipamento utilizado para tal procedimento foi um JEOL-JXA8600, provido de cinco espectrômetros WD, tendo cada qual dois cristais analisadores, com automação de fabricação NORAN, e sistema Voyager 3.6.1.

As determinações quantitativas dos elementos foram feitas sob condições de 15 KV de voltagem de aceleração e 20 nA de corrente do feixe eletrônico, com diâmetro de feixe $\leq 5\mu\text{m}$. Os tempos de integração de contagens estiveram entre 10 e 30 segundos. Os erros máximos estimados variam entre 1 e 2% para os elementos maiores, são da ordem de 5% para os menores (1-3% em peso de elemento) e estão em torno de 10% para os elementos traços (<1% em peso do elemento).

Para tratamento dos dados e apresentação dos diagramas de composição química foi utilizado o software Minpet 2.02 (de autoria de Linda R. Richard, 1995, com algumas modificações para o cálculo de Fe^{2+}/Fe^{3+} em minerais opacos, realizadas por G. Szabó).

Foram selecionadas, com base em detalhado estudo petrográfico, 6 seções delgadas polidas de amostras representativas dos diferentes maciços estudados: quatro para os tipos de Ibiúna-Piedade (com hornblenda-biotita, biotita-titanita, biotita, e muscovita-biotita) e uma para cada um dos granitóides Taipas e Cantareira.

O objetivo desta etapa foi o de caracterizar quimicamente os minerais máficos e opacos mais importantes, bem como identificar possíveis zoneamentos químicos; portanto foi escolhido pelo menos 1 cristal de cada mineral máfico e opaco por amostra, e em cada um deles foram selecionados 3 pontos, representativos de núcleo, porção intermediária e borda. Quando presentes com dimensões apropriadas, foram analisadas, além dos hospedeiros, as lamelas de exsolução de hematita em magnetita e ilmenita, e lamelas de ilmenita em hematita.

1.3. Localização e acessos

As áreas em estudo envolvem a região da cidade de Piedade e Ibiúna e a localidade de Vila Perus. As cidades de Piedade e Ibiúna encontram-se cerca de 100 Km a W da cidade de São Paulo e estão compreendidas entre os paralelos 23° 30' e 24° 00' de latitude sul e os meridianos 47° 00' e 47° 30' de longitude oeste (Figura 1; ver Leite, 1997). O acesso dá-se, a partir de São Paulo, pela rodovia Raposo Tavares (SP-270) até Vargem Grande seguindo-se, então, pela SP-250 que passa por Ibiúna e, por fim, Piedade. A localidade de Vila Perus está aproximadamente a 25 Km na direção N-NW do centro da cidade de São Paulo. As vias de acesso principais são a rodovia Anhanguera, a estrada de Perus e também a avenida Raimundo Pereira de Magalhães (Figura 2; ver Azevedo, 1997).

1.4. Mapas geológicos e de localização de amostras

Uma parte da pesquisa foi dedicada a definir a localização das amostras, mostrando ao mesmo tempo o contexto geológico: a região de Piedade, com presença de rochas do maciço homônimo e a de Perus, com afloramentos dos maciços Taipas e Cantareira. Para tal, foram utilizados os mapas apresentados em Leite (1997: Piedade) e Azevedo (1997: Perus).

Cada uma destas regiões aparece representada em dois mapas, o primeiro de natureza mais regional (*Anexo 1*: mapa regional com os granitóides presentes em Piedade

e vizinhanças; *Anexo 2*: mapa regional compilado das folhas Guarulhos e Santana do Parnaíba, englobando a região de Perus). O segundo jogo de mapas é local, mostrando a geologia em mapeamento mais detalhado (*Anexo 3*: detalhe dos afloramentos dos granitóides Piedade, perto da cidade de Piedade; *Anexo 4*: posicionamento dos granitóides de Perus e Taipas, e da parte oeste-meridional do maciço Cantareira).

As amostras PD 17, 71, 140, 235, 410, 414, 438, 462, 498, 505 e 506 estão localizadas no *Anexo 3* (mapa de detalhe). As amostras PD 01, 39, 95 e 526, mais afastadas da cidade de Piedade, são encontradas no mapa regional (*Anexo 1*). As amostras dos granitóides Taipas e Cantareira estão situadas no mapa de detalhe (*Anexo 4*), onde os números 6, 7, 8 e 9 representam o local de coleta dos respectivos granitóides (Taipas: pedreiras Construcap, 6, e Riuma, 7; Cantareira: pedreiras Panorama, 8, e Embu, 9). Foram coletadas um total de 15 amostras dos granitóides Taipas e Cantareira, entre as quais foram escolhidas um total de 8.

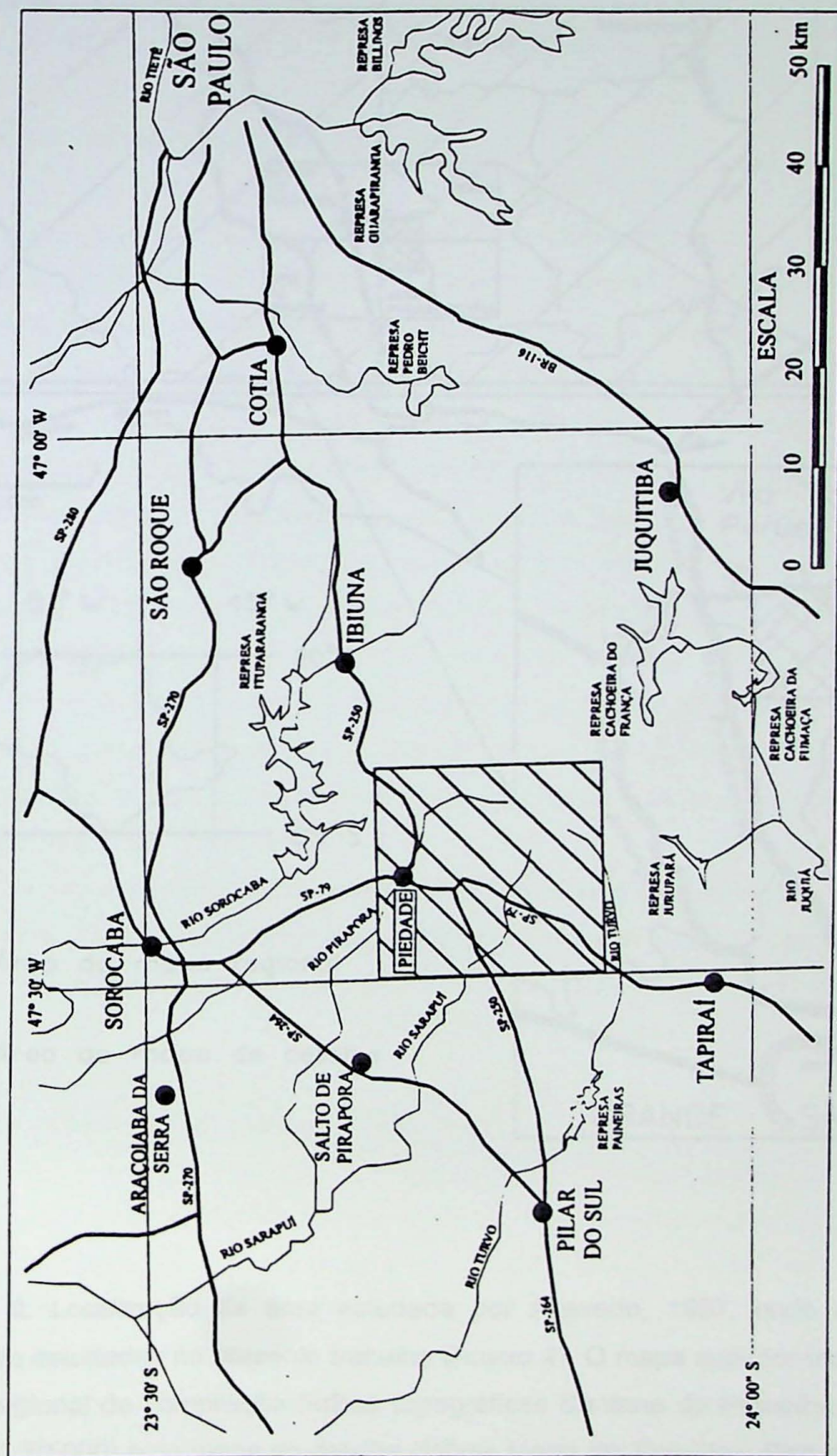


Figura 1. Localização da área compreendida entre as cidades de Piedade e Ibiúna e suas vias de acesso (ver Leite, 1997; Anexo 3)

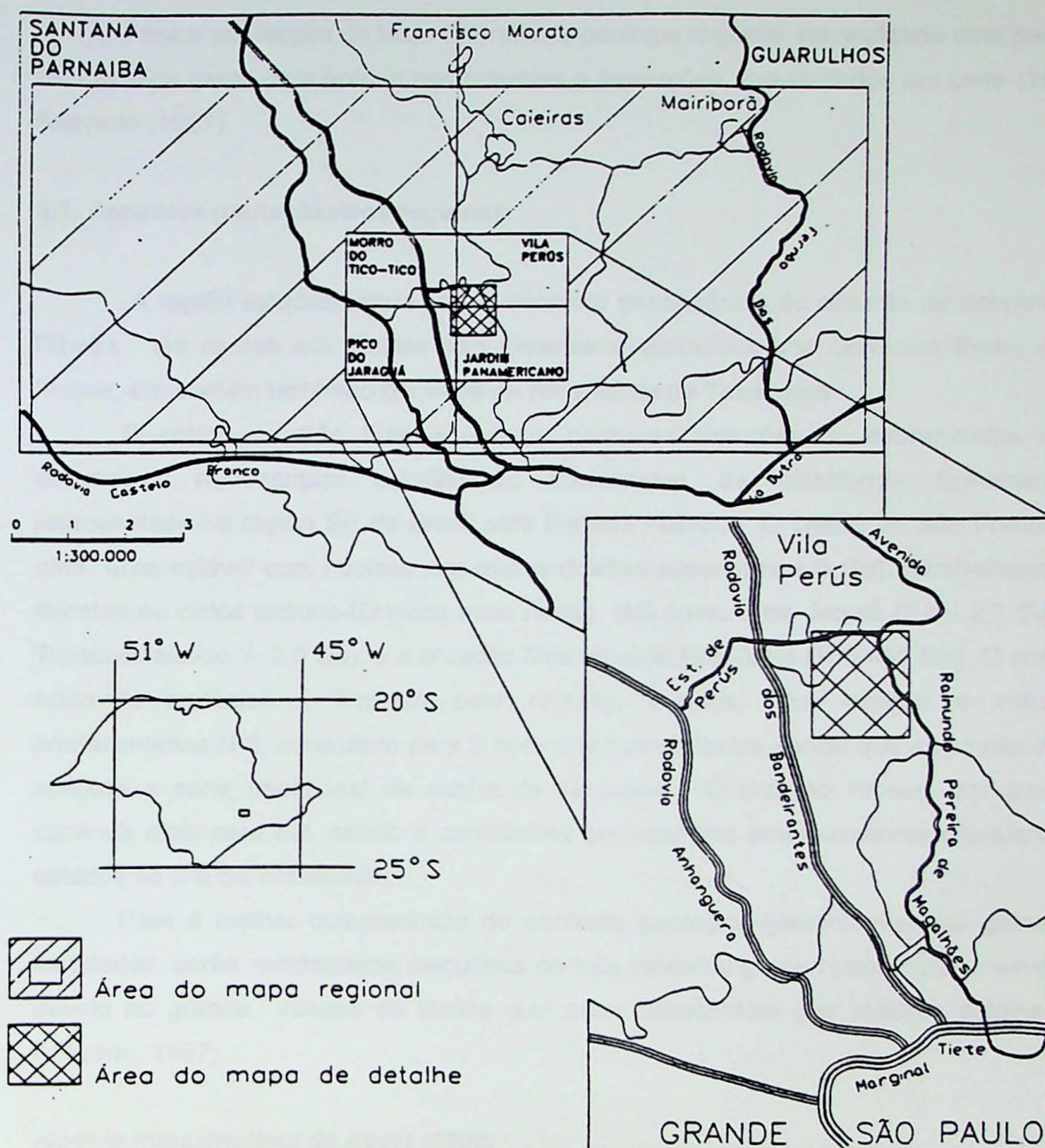


Figura 2. Localização da área estudada por Azevedo, 1997, onde estão localizadas amostras estudadas no presente trabalho (Anexo 4). O mapa superior mostra os limites do mapa regional de compilação (folhas topográficas Santana do Parnaíba e Guarulhos, em escala 1:50.000) e do mapa de detalhe (folhas Morro do Tico-Tico, Pico do Jaraguá, Perus e Jardim Panamericano, escala 1:10.000), este último aparece em destaque inferior juntamente com vias de acesso.

2. GEOLOGIA REGIONAL

Para a confecção do texto referente a geologia regional, foi realizada uma pesquisa bibliográfica geral, com ênfase nos resumos e avaliações apresentados em Leite (1997) e Azevedo (1997).

2.1. Aspectos geotectônicos regionais

A região estudada situa-se no contexto geotectônico do cinturão de dobramentos Ribeira. As rochas em análise são localmente atribuídas aos Domínios Embu e São Roque, em contato tectônico por meio do falhamento de Taxaquara.

O cráton do São Francisco, bem como os cinturões de dobramentos que o circundam, representam constituintes importantes da plataforma Sul-americana, representada na região SE do Brasil pelo Escudo Atlântico. O cráton do São Francisco é uma área estável com núcleos arqueanos (idades superiores a 3 Ga), retrabalhados por eventos ou ciclos tectono-térmicos mais novos, tais como o de Jequié (2,6 - 2,7 Ga) e o Transamazônico (~2,0 Ga), e a atuação final do ciclo Brasileiro (700-450 Ma). O contorno ocidental cratônico é limitado pelo cinturão Brasília, com direção e estruturas predominantes N-S, conectado para S com o cinturão Ribeira, sendo que na junção destes aparece a parte meridional da cunha de Guaxupé. O cinturão Ribeira, por sua vez, continua mais para sul, sendo o constituinte principal dos embasamentos cristalinos dos estados do S e SE brasileiros.

Para a melhor compreensão do contexto geológico-geotectônico dos granitóides estudados, serão rapidamente discutidos os três modelos geotectônicos mais relevantes, devido ao grande volume de dados que estes apresentam (ver maiores detalhes em Azevedo, 1997).

Modelo geossinclinal de Ebert (1968)

A proposta apresentada pelo autor baseia-se em modelos geológico-geotectônicos utilizados naquela época por pesquisadores europeus, particularmente os propostos por Hans Stille (ver revisão histórica em Loczy & Ladeira, 1980). O modelo de deformação identificado seria o "alpinotipo", com a aparição, entre as duas áreas estáveis, de faixas dobradas duplas. A faixa adjacente ao antepaís, chamada de "externides", era identificada pela ausência de sedimentos imaturos e de atividade intrusiva, bem como por um metamorfismo fraco (fácies xisto verde). A faixa mais afastada do antepaís, paralela à faixa "externides", foi chamada de "internides", sendo reconhecida pela sedimentação de

materiais mais imaturos (grauvacas, etc.) e pela presença de vulcanismo acompanhado de intrusões graníticas, com atuação de metamorfismo mais intenso. Ebert utilizou as faixas dobradas de São Paulo e Minas Gerais para a interpretação de seu modelo, onde o antepais ("foreland") estaria representado pela Bacia do Rio São Francisco.

Modelo de Almeida, Hasui e coautores (1966-1981): as grandes estruturas brasileiras no SE brasileiro

O modelo apresentado por estes autores vem sendo desenvolvido desde 1966 e é caracterizado pelo estudo da compartimentação tectônica e evolução da Plataforma Sulamericana (Almeida, 1966, 1967, 1969, 1977; Hasui *et al.*, 1978; Hasui *et al.*, 1975).

O quadro geológico-geotectônico no SE brasileiro se inicia com a definição de uma unidade cratônica antiga, a do cráton de São Francisco, envolvido por complexa faixa de dobramento, a "Região de dobramento" do SE brasileiro (ou "cinturão dobrado Ribeira"), que em termos geotectônicos é equivalente, no NE do território nacional, à "Região de Dobramentos NE" (e.g., Hasui *et al.*, 1978; Wernick *et al.*, 1978). As regiões de dobramento no SE brasileiro possuem estruturas orientadas no sentido NE-SW.

Durante a atuação do evento Brasiliano, com início por volta de 1,0 a 0,7 Ga, aparecem bacias controladas por falhamento profundo, com sedimentação e alguma atividade vulcânica básica. Em uma etapa intermediária (0,7 - 0,6 Ga) ocorre metamorfismo regional, deformação polifásica, magmatismo ácido e migmatização nas regiões mais profundas. Na etapa final (600-450 Ma) predomina o soerguimento, a intrusão de corpos graníticos pós-tectônicos, a ativação ou reativação de falhas transcorrentes e a geração de "antefossas" e "intrafossas" com sedimentação molássica. As partes altas da região teriam sido afetadas por mais metamorfismo, migmatização, intrusões graníticas, e registros adicionais de sedimentação (e.g., Wernick, 1979; Wernick *et al.*, 1978).

Várias fases de magmatismo são reconhecidas, sendo que o magmatismo sin-tectônico é o mais importante, com intrusão de corpos de dimensões até batolíticas. Os corpos intrusivos possuem características cálcio-alcálinas, com predomínio de rochas granitóides. Em uma fase tardi-tectônica, ocorre a intrusão de corpos de dimensões menores, mais circunscritos, e características petrográfico-estruturais similares as dos corpos sin-tectônicos. A fase pós-tectônica é caracterizada pela presença de diversos granitóides, cuja localização é determinada em parte por falhamentos.

A Faixa Alto Rio Grande e as nappes de empurrão: a contribuição de Campos Neto, Basei e outros (1984-1991)

O modelo sugerido por estes autores é baseado em trabalhos de mapeamento em escala 1:50.000 ou de maior detalhe, aos quais foram acrescidos dados geoquímico-mineralógicos e isotópico-geocronológicos.

A Faixa Alto Rio Grande, inicialmente proposta por Hasui em 1982, é reconhecida como uma faixa de dobramentos alongada, que engloba rochas deformadas atribuídas aos Grupos Andrelândia e São João del Rei, localizadas na margem meridional do cráton do São Francisco. Ela aparece exposta no embasamento cristalino de São Paulo, com direção geral N-S, e em Minas Gerais com direção E-W a ENE-WSW. Aparece integrada por rochas altamente deformadas do Arqueano-Paleoproterozóico. A Faixa Alto Rio Grande foi recoberta, devido a tectônica brasileira, pela extensa Nappe de empurrão Socorro-Guaxupé, colocada por volta de 600-500 Ma.

A Nappe de empurrão Socorro-Guaxupé constitui uma das maiores unidades geotectônicas do embasamento de São Paulo, colocando-se em ambos os lados da Faixa Alto Rio Grande. Na base da nappe ocorrem granada granulitos enderbítico-charnoquíticos (idades superiores a 2,0 Ga), em parte migmatizados. No topo aparecem rochas parametamórficas, tais como migmatitos com intercalações de gnaisses cálcio-silicáticos e quartzosos, e ainda anfibolitos e quartzitos. Estas rochas são invadidas por vários conjuntos de intrusões graníticas (Campos Neto, 1983; Campos Neto & Basei, 1983; Campos Neto *et al*, 1983, 1990; para um resumo, ver Azevedo, 1997).

2.2. Pacotes metamórficos nos Domínios Embu e São Roque

As rochas pertencentes aos Domínios Embu e São Roque são separadas pelo Falhamento de Taxaquara (e.g., Hasui, 1973, 1975; Janasi & Ulbrich, 1992). Para alguns autores, as unidades basais do Domínio São Roque estão diretamente depositadas, aparentemente em discordância erosiva, por sobre as rochas do Domínio Embu, que constituiria seu embasamento.

O Domínio Migmatítico Embu é constituído por xistos e gnaisses migmatíticos, com elevada porcentagem de leucossomas, que afloram próximos à cidade de Piedade, com grau metamórfico gradativamente diminuído à medida que se avança para W. Ocorre um decréscimo do grau de migmatização em direção às porções centrais de estruturas sinformais, enquanto que em estruturas antiformais ocorre o inverso (Leite, 1997).

A faixa de rochas meta-sedimentares encontradas no Domínio São Roque, representado por rochas claramente supracrustais, foi em estudos recentes subdividida em

dois grupos diferentes. A unidade basal é denominada de Grupo Serra do Itaberaba, mostrando padrão próprio de deformação, metamorfismo regional mais intenso e contribuição significativa de metabasitos. A unidade superior passaria a ser então o Grupo São Roque, redefinido, com metamorfismo mais baixo da fácies xisto verde e litologias predominantemente metarenosas e metapelíticas, com frequência rítmicas (Juliani & Beljavskis, 1995, apud Azevedo, 1997).

2.3. Granitóides no estado de São Paulo

Os granitóides do estado de São Paulo foram catalogados por Janasi & Ulbrich (1992), onde são destacadas as feições gerais de 212 ocorrências. Por motivos geológicos, o embasamento do estado é dividido em vários domínios, cada um caracterizado por grupos particulares de rochas metamórficas encaixantes e, em geral, separado dos vizinhos por falhas e faixas miloníticas de direção geral NE-SW. Uma listagem desses domínios, com as suas características, aparece citada na Tabela 1.

Aparentemente não existe região preferencial para a localização das intrusões graníticas, que estão presentes em todos os domínios ou “blocos” geológico-estruturais.

Composicionalmente, ocorre um predomínio de monzogranitos, sienogranitos, granodioritos e por vezes quartzo monzonitos. São mais raros os tonalitos (ou trondhjemitos), quartzo dioritos, monzonitos e dioritos. Não são muito frequentes as ocorrências de séries petrográficas expandidas e, quando presentes, mostram a passagem de quartzo-monzodioritos ou quartzo-monzonitos para quartzo sienitos ou granitos. Rochas mais básicas são encontradas tipicamente como enclaves mais ou menos transformados. A biotita é o mineral máfico predominante, com participação menos importante de anfibólios, frequentemente convertidos em biotita. Menos frequentes ainda são os clinopiroxênios; ortopiroxênios, junto com clinopiroxênios, são fases máficas significativas apenas em algumas ocorrências de charnockitos. Em quantidade menor, porém espalhados pela maioria dos domínios citados, ocorrem granitóides identificados pela presença de muscovita primária e de granadas.

2.3.1. Resumo dos trabalhos prévios

Hasui (1973) estudou a tectônica das folhas de Pilar do Sul e São Roque na escala 1:100.000, nessa oportunidade caracterizando as principais unidades litoestratigráficas e estruturas presentes. Descreve uma “enorme estrutura sinclinal” desenhada pelos metamorfitos, adaptados à borda do maciço Piedade. Reconhece ainda a presença de 3 *stocks* graníticos pós-tectônicos que denominou Pilar do Sul, Serra dos Lopes e Turvo.

Hasui (1975) discute a evolução polifásica do Pré-Cambriano a oeste da cidade de São Paulo, readmitindo o Grupo São Roque como unidade diferente do Grupo Açungui, estendendo-se ao norte do falhamento de Taxaquara. Define ainda a evolução estrutural e as feições litológicas, geocronológicas, metamórficas e magmáticas da área sob estudo.

Wernick e Penalva (1978) discutem características gerais dos granitóides presentes em três regiões do embasamento cristalino de São Paulo: Faixa dobrada Apiaí (domínios São Roque e Embu), a Zona Cristalina (domínios Amparo, Jundiaí e Guaxupé) e o Maciço Mediano de Joinville (domínios Iguape e Ubatuba).

Wernick (1979) divide as ocorrências granitóides do estado de São Paulo em três "suítes". A "suíte" sin-tectônica (650 ± 30 Ma), presente principalmente em maciços medianos e núcleos de geanticlínios, é representada por anatexitos e granitos porfiróides, sendo composta por associações autóctones e parautóctones-alóctones. A "suíte" tardi-tectônica (540 ± 25 Ma) é constituída pelas associações tonalito-granito, monzonito-adamellito e álcali granito-sienito. As ocorrências pós-tectônicas são marcadas por manifestações circunscritas mais recentes e de dimensões menores, constituindo em parte uma fase vulcânica molássica.

Stein (1984), a partir de mapeamento geológico em escala 1:50.000 da Folha Pilar do Sul, relacionou as rochas metamórficas abaixo do Falhamento de Taxaquara em um "Complexo pré-Açungui", desvinculando ele do contexto mantido por Hasui (1975), que coloca estas rochas como pertencentes às porções inferiores do Grupo Açungui.

Janasi *et al* (1990) fizeram o reconhecimento de granitóides da porção oriental do batólito Agudos Grandes localizado a W da cidade de São Paulo, onde foram descritos diversos "tipos" graníticos, agrupando-os segundo corpos intrusivos que invadem os Complexos Pilar do Sul e Embu. Os autores reconheceram os tipo Pilar do Sul e Serra da Batéia, de caráter tardi a pós-tectônico, intrusivos no Complexo Pilar do Sul, e os tipos Itapevi, Tapiraí, Ibiúna e Turvo, de caráter sin-orogênico ao ciclo Brasileiro. Reconheceram ainda um tipo com significativa variedade faciológica e de caráter tardi-orogênico, designado de Piedade (ver mapa geológico do Anexo 1).

Janasi e Ulbrich (1992) catalogaram um total de 212 ocorrências granitóides no estado de São Paulo. A compartimentação do embasamento adotada neste trabalho corresponde a uma modificação daquela apresentada no mapa geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), com a subdivisão de alguns domínios e a redefinição de alguns limites. Os domínios identificados neste trabalho são os de Ubatuba, Iguape, Embu, São Roque, Açungui, Jundiaí, Amparo e Guaxupé (Tabela 1). A partir de características geológicas, petrográfico-mineralógicas e estruturais-texturais e geocronológicas são identificadas as seguintes associações granitóides: uma antiga de ortognaisses de embasamento, tonalíticos a graníticos, de provável idade paleoproterozóica a pré-

paleoproterozóica; uma suíte mangerítica a charnoquítica deformada, de idade incerta (mesoproterozóica?), representando uma associação anorogênica; o conjunto dos grandes “batólitos” de biotita e hornblenda-biotita granitóides (e augen-gnaisses) pré-orogênicos; a associação de granitóides migmatíticos; os muscovita-biotita granitóides peraluminosos sin- a tardi-orogênicos; os biotita granitos a granodioritos cálcio-alcalinos sin- a tardi-orogênicos; finalmente, as ocorrências pós-orogênicas. Os autores deixam claro que o volume de dados disponível nessa época era ainda insuficiente para a identificação mais precisa de suítes de granitóides. Cabe ressaltar que o trabalho em questão envolve dados coletados até 1988.

Janasi *et al* (1995) apresentam dados químicos e petrográficos dos granitóides presentes na região de Piedade, considerados tardi-orogênicos, apresentando aspectos que os distinguem dos demais maciços que constituem o cinturão granítico Itu (Vlach *et al.*, 1990; ver Anexo 1). O caráter peraluminoso, feição incomum do magmatismo tardi-brasileiro no estado de São Paulo, é tido como indicativo de contaminação e/ou da origem ao estilo dos granitóides S da literatura internacional.

Leite (1997) apresenta no seu trabalho um mapa mais detalhado da região do maciço Piedade (Anexo 3), descrevendo ao mesmo tempo as suas características petrográficas, mineralógicas e geoquímicas. Identifica nessa ocorrência a presença de duas associações petrográficas características, a peraluminosa (muscovita-biotita granodioritos a monzogranitos com monazita) e a metaluminosa (biotita monzogranitos com titanita e allanita).

Azevedo (1997) faz uma avaliação crítica da bibliografia sobre o embasamento do estado de São Paulo, apresentando ainda um mapa de compilação (folhas Santana do Parnaíba e Guarulhos; ver Anexo 2, neste relatório) e algumas tabelas com dados de interesse sobre os domínios e os granitóides presentes na região. Representa em mapa a distribuição dos granitóides expostos na região de Perus, estudando em especial os turmalina granitos, com descrições dos granitóides Taipas e alguns do maciço Cantareira (Anexo 4).

Tabela 1. Os domínios geológicos no embasamento paulista

Domínio	Características das rochas metamórficas predominantes
Iguape	Embasamento de rochas arqueanas a paleoproterozóicas (migmatitos, ortognaisses e granulitos do Complexo Costeiro) e faixa de xistos supracrustais mesoproterozóicos de grau baixo a médio (Complexo Paraibuna).
Ubatuba	Ortognaisses (paleoproterozóicos?; arqueanos?) de alto grau (Complexo Costeiro).
Embu	Complexo Embu (para NE: granada-sillimanita xistos e paragnaisses de alto grau) e Complexo Pilar (para SW: xistos e filitos mesoproterozóicos de grau baixo a médio).
Açungui	De NW para SE: faixa setentrional, sequência meta-vulcano-sedimentar de baixo grau (grupo Itaiacoca); faixas central e meridional, meta-supracrustais de baixo grau (grupos Açungui e Lajeado).
São Roque	Grupo São Roque, superior, metassedimentos brasileiros (ou pré-brasileiros?), de baixo grau; Grupo Serra do Itaberaba (meso- a paleoproterozóicos), inferior, com rochas metabásicas, mármore, metassedimentos, de grau baixo a médio.
Jundiaí	Complexo Piracaia: predominam rochas supracrustais de alto grau, parcialmente migmatizadas (biotita gnaisses e xistos, em parte com granada e sillimanita; quartzitos).
Amparo	Grupos Andrelândia e Itapira: rochas supracrustais mesoproterozóicas de grau baixo a médio.
Guaxupé	Rochas supracrustais de alto grau do Complexo Pinhal.

Fonte: Janasi e Ulbrich (1991; 1992), apud Azevedo (1997).

Geocronologia

Algumas das datações de maior interesse para o presente trabalho aparecem resumidas na Tabela 2 (fonte: Azevedo, 1997). As datações U-Pb, em particular, mostram que parecem existir dois episódios principais de intrusões de rochas granitóides, ambas no Brasileiro. A primeira destas idades estaria por volta de 630 Ma, representando possivelmente o “emplacment” das manifestações sintectônicas, enquanto que a segunda delas, com idades em torno de 570 Ma, caracterizaria a aparição das ocorrências tarditectônicas (ver Tabela 2; também Azevedo, 1997; Leite, 1997, e bibliografias ali citadas).

Tabela 2. Granitóides no estado de São Paulo: características e idades

Associação	Maciços	Feições gerais	Idades, Ma (até 1991)	Determinações pós-1991
Mangeritos e charnockitos	S.J. do Rio Pardo	Foliados, transicionais para granitos	Rb(i) 933(16) a 650(40)	U(zir) 624(7) BA
	Ubatuba	Foliados, maciços, assoc. a granitos róseos	Rb(i) 558(3)	
Batólitos cálcio-alcalinos alongados	Socorro	A) Gnaisses e granitos porfíricos c/ hornblenda B) granitos a granodioritos equigranulares tardios	A) U(zir) 650(5); B) Rb(i) 880(62)	U(zir) 629(3) T2; Rb(i) 625(71) T2; A) U(zir) ~650 EB; B) U(zir) ~595 EB
	Pinhal-Ipuiúna	A) Granitos porfíricos iniciais; B) porfíricos; c) tardios róseos porfíricos		
	Butantã-Santa Isabel	Gnaisses	U(zir) 699(13); Rb(i) 645(38)	
Migmatítica	Pinhal	Nebulitos com biotita	Rb(i) 570(6); 833(9)	
	Nazaré	Granitos nebulíticos com granada e biotita	Rb(i) 790(32)	
Sin-, tardi-tectônicos	Cantareira	Porfíricos, em parte foliados	U(zir) 669(8); Rb(i) 625(85)	U(zir) 572(9) T1; U(zir) 630(8) T2; Rb(i) 625(84) T2
	Itaqui	Granitos a granodioritos variados, equigranulares /porfíricos		U(zir) 624 (11) T2; Rb(i) 626(19)T2
	São Roque	Variados		
	Tico-Tico	Granito c/ muscovita-granada-biotita	Rb(i) 700(20); K/Ar(bi) 580(20)	U(zir) 626 (21), T1; U(zir) 625(18,T2); Rb(i) 600(54,T2)
	Perus	Turmalina granito com granada	K(lap) 650(20)	U(mo) 566(6,T1)
	Natividade	Porfíricos, com biotita, em parte com muscovita	Rb(i) 570(50)	
Tardi- a pós-tectônicos	Morungaba	A) C/ muscovita, iniciais; B) granito a granodioritos porfírico; C) meridional, equigranular; D) grano-fírico, tardio	B) Rb(i) 612(18); C) Rb(i) 590(10); D) K/Ar RT 523(26)	
	Sorocaba	Biotita granito a granodiorito porfírico predominantes	K(bi) 573(25)	
Pós-tectônicos	Itu	Variados, granito a granodiorito com biotita, em parte rapakivi	Rb(i) 586(10)	U(zir) 583 (6,T2); Rb(i) 583(20,72)
	São Francisco	Granito a granodiorito porfírico a equigranular, em parte rapakivi	K/Ar(bi) 540(25)	

Fonte: Janasi e Ulbrich (1991); Basei *et al.* (1995); Ebert *et al.* (1996); Teuppenhayn (1994); Töpfer (1996), apud Azevedo (1997). zir, mo, bi: zircão, monazita e biotita. Rb(i): isócrona Rb/Sr; K/Ar (bi, RT): idade K/Ar em biotita ou rocha total; U(zir,mo): idade U/Pb em zircão e monazita; 540(25): erros da idade entre parêntesis. Fonte (até 1991): compilação de Janasi & Ulbrich (1991). Datações posteriores: BA: Basei *et al.* (1995); EB: Ebert *et al.* (1996); T1: Teuppenhayn (1994); T2: Töpfer (1996). Fonte da Tabela: Azevedo (1997).

3. PETROGRAFIA: RESUMO DAS FEIÇÕES MINERALÓGICAS E TEXTURAIS

Neste tópico é apresentado um resumo das características petrográficas, mineralógicas e texturais dos tipos litológicos estudados. Foram analisadas um total de 16 lâminas de granitóides da região de Piedade-Ibiúna e 9 lâminas dos granitóides dos maciços Cantareira e Taipas; as descrições detalhadas encontram-se no anexo A (não incluído). Descrições destas rochas foram também apresentadas por Leite (1997) e Azevedo (1997), cujo ênfase maior foi o do mapeamento, em parte de detalhe, com apurada descrição das várias fácies petrográficas encontradas. No presente trabalho, realiza-se uma nova descrição petrográfica, focalizando especialmente a mineralogia dos minerais máficos e a dos opacos e tentando, ao mesmo tempo, identificar o grau de deformação a que estas rochas foram submetidas. Estes aspectos serão de utilidade para avaliar corretamente a química mineral, se primária ou resultado de recristalizações totais ou parciais.

Foram realizadas também, durante a etapa de descrição, contagens modais. Estas foram de dois tipos. A primeira é uma contagem aproximada em amostra de mão, identificando-se então apenas quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e o conjunto dos minerais máficos, acessórios e opacos. A contagem em amostra de mão é necessária quando a rocha é porfírica, e deveria ser realizada em fatia de rocha, cobrindo superfícies proporcionais ao tamanho dos megacristais. Estes cuidados não foram obedecidos neste trabalho, por falta de tempo e, em parte, também por falta de quantidade adequada de amostras. Os resultados obtidos são, portanto, apenas estimativas gerais, algumas vezes não coincidindo com as modas apresentadas nos trabalhos de Leite (1997) e Azevedo (1997). A segunda contagem foi realizada em lâmina, na qual em geral os megacristais estão subrepresentados; estas modas de lâminas são portanto mais representativas da matriz da rocha. Para efeito de comparação foram construídos digramas triangulares Qtz-FA-Plg (Figuras 3 e 4), com os dados do presente trabalho e os obtidos na bibliografia já citada, onde podem ser vistas as modas e suas classificações.

3.1. Granitóides dos maciços Piedade e Ibiúna (Domínio Embú)

Os granitos citados podem ser facilmente subdivididos em função da presença de seus minerais máficos e acessórios: hornblenda, biotita, titanita e muscovita. Assim, foi possível identificar, entre estes granitóides, os seguintes tipos:

- a) hornblenda biotita granitóides com titanita (Ibiúna);**
- b) biotita granitóides com titanita (Piedade);**
- c) biotita granitóides, sem titanita (Piedade);**
- d) biotita muscovita granitóides (Piedade).**

Esta subdivisão é ao mesmo tempo genética, já que permite definir os tipos cálcio-alcalinos (com hornblenda e titanita, ou apenas com biotita e titanita), separando eles dos biotita granitos, marginalmente peraluminosos, e das variedades francamente peraluminosas, com biotita e muscovita (ou com biotita e granada, etc.).

A Tabela 3 apresenta as características de deformação e recristalização encontradas nos quatro tipos de granitóides de Piedade Ibiúna; na Tabela 4 são mostradas resumidamente as principais feições encontradas nessas mesmas amostras.

a. Hornblenda - biotita granitóides com titanita (Ibiúna)

São rochas porfiríticas de coloração cinza-rosada, com megacristais tabulares a irregulares de feldspato potássico róseo com tamanhos que variam de 0,5 a 5 cm. Algumas amostras apresentam uma leve foliação dada pela orientação dos feldspatos. O plagioclásio esbranquiçado apresenta-se alongado ou com contornos irregulares podendo alcançar até 1 cm. A matriz de granulação variável, fina a grossa, mostra plagioclásio esbranquiçado, quartzo cinzento e minerais máficos, principalmente hornblenda e biotita formando uma rede irregular de glomérulos alongados. O índice de cor é variável entre 8 e 15. É frequente a presença de quartzo estirado, podendo simular uma textura protomilonítica. As características estruturais-texturais podem ser visualizadas nas Fotos 1 e 2. A moda, variável, é indicada na Tabela 4. Esse conjunto de rochas com hornblenda e biotita foi definido por Janasi *et al* (1990) como do "tipo Ibiúna".

Ao **microscópio** apresentam textura porfirítica a inequigranular, com megacristais seriados de plagioclásio e de feldspato potássico tabulares a irregulares. Os minerais máficos (hornblenda, biotita, opacos e titanita) aparecem em conjuntos alongados,

dispersos ou formando redes difusas. A matriz, seriada gradacional para os megacristais, aparece constituída por mosaicos de quartzo irregular, feldspatos tabulares a alongados e os minerais máficos (ver Fotomicrografia 1). A presença frequente de mosaicos de quartzo com extinção ondulante, curvaturas nas clivagens da biotita e hornblenda e ondulações nas lamelas de geminação do plagioclásio são claros sinais de deformação (ver Tabela 3). Em amostras como a PD 01 e PD 95, os máficos mostram poucos sinais de alteração, sendo que o mesmo não ocorre com os feldspatos, mais fortemente alterados.

O **feldspato potássico** mostra dimensões que variam de 5,5 mm a 2 cm e são em sua maioria irregulares. Apresentam geminação em grade de desenvolvimento irregular e desenvolvem pertitas filiformes ou em veios. Ocorre alteração rara para sericita, e inclusões de plagioclásios com bordas albiticas, apatita, quartzo, biotita e opacos. É frequente a formação de micromosaicos envolvendo os feldspatos e o quartzo, bem como mirmequitas que são encontradas contornando os grãos maiores ou, mais raramente, inclusos nestes.

O **plagioclásio** aparece com tamanhos que variam de 0,8 mm a 1,1 cm e formas irregulares a tabulares. A geminação fina é da lei da albita e albita-periclínio. Apresentam borda albitica e teores de An, nos núcleos, que variam de 21 a 26 (oligoclásio). Alguns grãos apresentam extinção ondulante. Forma mosaicos poliminerálicos juntamente com o quartzo e o feldspato potássico. Aparece constantemente com alteração manifesta para sericita e epidoto. Suas inclusões mais frequentes são biotita, apatita e opacos.

O **quartzo** apresenta dimensões que variam de 0,1 mm a 4,0 mm. Mostra-se xenomórfico e com constante extinção ondulante. Forma subgrãos de mosaicos de grãos maiores.

Os **minerais máficos** em porções maiores são hornblenda e biotita. A presença destes dois minerais é bastante variável, com a predominância da biotita. A **hornblenda** pode mostrar-se bastante fresca e subidiomórfica (e.g., amostras PD 01 e PD 95) ou como relicto em biotita como na amostra PD 505. Seu pleocroísmo pode variar de bege (x') a verde (z') ou de verde claro (x') a verde médio-escuro (z'). Alguns grãos podem apresentar curvatura nas clivagens (amostra PD 01). É bastante frequente a presença de geminação simples, alteração para biotita e clorita e inclusões de titanita, apatita e opacos.

A **biotita** mostra-se quase sempre como palhetas subidiomórficas com pleocroísmo variando de bege claro (x') a marrom esverdeado (z'). Possui inclusões frequentes de titanita, apatita, opacos e zircão, este com seus característicos halos pleocróicos. Em algumas amostras as biotitas estão pouco deformadas (e.g., amostras PD 01 e PD 95), enquanto em outras a deformação é maior, com aparição de *kink bands* (e.g., amostras PD 39 e PD 506).

Entre os **minerais acessórios**, titanita é o principal, com dimensões de até 1,5 mm. É idiomórfica, com geminação polissintética e frequente inclusões de opacos

(Fotomicrografia 5); na amostra PD 505, aparece como grãos fortemente zonados, com núcleos arredondados (corroidos?) e bordas idiomórficas. A apatita é idiomórfica a subidiomórfica com formas alongadas a arredondadas; acompanha quase sempre os outros minerais máficos e é presença constante como inclusão em outros grãos. O zircão, circundado por seu halo pleocróico, é frequente como inclusões na biotita. A allanita, subidiomórfica e complexamente zonada, é mais rara; por vezes apresenta-se como núcleo circundado por epidoto (amostra PD 526).

Como **minerais de alteração**, principalmente do plagioclásio, foram detectados principalmente a sericita e o epidoto.

Os **minerais opacos** aparecem normalmente associados aos máficos. Apresentam grãos de contornos irregulares a idiomórficos de magnetita; na amostra PD 01, ocorrem grãos idiomórficos de titanita com intercrescimento e/ou inclusões de minerais opacos (ilmenita e hematita; Fotomicrografias 5 e 6). Ocorrem alguns grãos compostos, parte ilmenita com lamelas de exsolução de hematita e parte hematita com lamelas de exsolução de ilmenita. Alguns grãos de magnetita, de cores tipicamente aczentadas, apresentam hematita como lamelas nos planos octaédricos (Fotomicrografia 7); menos frequente é a presença de magnetita rosada (por ex., amostra PD 506). Ocorre uma predominância dos grãos de magnetita sobre a ilmenita e hematita. Aparece ainda pirita, que pode apresentar alteração para goethita. Mais rara é a calcopirita.

b. Biotita granitóides com titanita (Piedade)

São rochas de coloração cinza-rosada que apresentam uma textura porfirítica a seriada, com uma foliação pouco marcada. Os megacristais são de feldspato potássico róseo, com tamanhos entre 0,5 e 2,5 cm, alongado a irregular, e alguns menores de plagioclásio esbranquiçado tabular a irregular. A matriz seriada de granulação média a grossa mostra plagioclásio esbranquiçado, irregular a subidiomórfico, feldspato potássico róseo, quartzo acinzentado em manchas com minerais máficos (biotita). O índice de cor varia entre 5 e 10. Algumas das características estruturais-texturais principais podem ser vistas na Foto 3. A moda mostra uma predominância do plagioclásio sobre o feldspato potássico (Tabela 4).

Ao **microscópio** apresenta uma textura porfirítica gradacional mostrando regiões ocupadas por agregados de minerais félsicos separados por finas faixas de agregados máficos (Fotomicrografia 2). Os minerais máficos constituídos por biotita, titanita, apatita e opacos aparecem distribuídos regularmente por toda a lâmina. É comum a formação de mosaicos de quartzo, grãos individuais de feldspato potássico, plagioclásio e lâminas de

biotita. A formação de subgrãos de quartzo com extinção ondulante e lâminas de biotita dobradas são indicativos de deformação (Tabela 3).

O **plagioclásio** apresenta grãos de tamanhos de até 6 mm, com formas irregulares a idiomórficas. Desenvolve geminação fina de albita, albita-periclínio e mais raramente Carlsbad. Alguns grãos mostram borda albitica e zonalidade difusa. Apresenta subgrãos, com orientações levemente diferentes e alteração para sericita. Os grãos maiores aparecem frequentemente circundados por mosaicos poliminerálicos. Seus teores de An, nos núcleos, variam de 22 a 25. Possuem inclusões de biotita, microclínio e titanita.

O **feldspato potássico** mostra grãos irregulares e dimensões variadas, até 1,5 cm. Apresenta geminação em grade e mais raramente Carlsbad. Ocorrem pertitas finas e filiformes. Mostra inclusões de plagioclásio, subidiomórfico a idiomórfico, com borda albitica, biotita, titanita, opaco e zircão. Apresenta alteração para sericita. São frequentes a formação de mirmequitas marginais e mais raramente interiores, com tamanhos variados. Ocorre ainda a formação de micromosaicos poliminerálicos com feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita e mirmequitas que circundam os grãos maiores de feldspato potássico e plagioclásio.

O **quartzo** mostra grãos xenomórficos, com dimensões variadas. Apresentam extinção ondulante e a formação de mosaicos e subgrãos de mosaicos maiores.

A **biotita**, o mineral máfico de maior frequência, apresenta palhetas xenomórficas a subidiomórficas, com tamanhos de até 2,5 mm. O pleocroísmo varia de bege claro (x') a bege esverdeado (z'). Ocorre como agregados ou como palhetas muito finas, com inclusões de titanita, apatita e opacos. Alguns grãos apresentam intenso processo de alteração para leucoxênio (por ex., amostra PD 438). Algumas palhetas apresentam clivagem dobrada e extinção ondulante.

O **mineral acessório** mais frequente é titanita, irregular a idiomórfica, com dimensões variadas, até 2,3 mm. Apresenta pleocroísmo suave, geminação múltipla e inclusões de opacos e zircão. As formas irregulares a alongadas aparecem como produto de recristalização de biotita (por ex., amostra PD 438). Encontra-se ainda o zircão, em geral idiomórfico, zonado e com halos pleocróicos, a apatita, subidiomórfica a idiomórfica, e rara allanita, metamítica e zonada.

Os **minerais de alteração** mais frequentes são a sericita, como alteração em plagioclásio e, mais rara, a clorita, que aparece como produto da alteração da biotita.

Os **minerais opacos** aparecem quase sempre associados aos minerais máficos ou como inclusões nestes (ver fotomicrografias 8 e 9). O mineral opaco predominante é a magnetita, que ocorre como grãos subidiomórficos a idiomórficos. Estão presentes grãos compostos, parte ilmenita com lamelas de exsolução de hematita e parte hematita com lamelas de exsolução de ilmenita. Menos frequente é a presença de grãos subidiomórficos

a idiomórficos de pirita com inclusões de calcopirita.

c. *Biotita granitóides (Piedade)*

As rochas apresentam coloração cinza-rosada e mostram textura porfírica a inequigranular seriada, com megacristais de feldspato potássico róseo, tabulares a irregulares, com tamanhos variando até 3 cm. A matriz é de granulação média a grossa, onde se destacam plagioclásio esbranquiçado irregular a equidimensional, grãos menores de feldspato potássico róseo, quartzo cinzento e agregados de biotita e opacos (Foto 4). Apresentam uma leve foliação caracterizada pela orientação dos feldspatos. O índice de cor é variável entre 7 e 9. A moda apresenta uma equivalência entre a quantidade de feldspato potássico e plagioclásio (Tabela 4).

Ao **microscópio** apresentam um textura porfírica gradacional, com regiões alongadas-irregulares ocupadas pelos minerais félsicos (ora megacristais de feldspato potássico ou plagioclásio, ora mosaicos de vários grãos), bordejados por agregados alongados intersticiais, descontínuos, com biotita e minerais opacos e acessórios (ver Foto 9). São claros os sinais de deformação (Tabela 3; Fotomicrografia 3).

O **feldspato potássico** mostra grãos com dimensões variando de alguns milímetros a 1,8 cm, com contornos irregulares a grãos subidiomórficos. Apresenta frequentes inclusões de plagioclásio equidimensional, em parte reabsorvido e bastante alterado, com bordas albíticas e em parte também com bordas de mirmequitas; são frequentes também as inclusões de lâminas de biotita, gotas de quartzo e raras inclusões de opacos. Apresenta geminação em grade e de Carlsbad. As pertitas são filamentosas e se concentram em algumas áreas. São frequentes mirmequitas bordejando os grãos maiores, ou inclusas nestes.

O **plagioclásio** aparece com dimensões variadas, até 6 mm, subidiomórfico a irregular, que em parte também formam mosaicos de grãos menores com outros minerais félsicos. Os teores de An, nos núcleos, variam entre 23 e 25. A geminação é fina de albita e albita-periclínio, em parte com lâminas curvadas. Muitos grãos maiores mostram zonalidade difusa, em parte com núcleos fortemente sericitizados. Ocorre a aparição, rara, de veios irregulares a retos, em parte alinhados com a clivagem do grão hospedeiro; esses veios são constituídos por grãos minúsculos de mirmequita e feldspato potássico (por ex., amostra PD 71). As inclusões são de feldspato potássico (antipertitas), quartzo e biotita.

O **quartzo** apresenta dimensões variadas, até 5 mm, com formas muito irregulares e extinção quase sempre ondulante. Forma subgrãos de cristais maiores, que aparecem em parte alongados e fortemente orientados (por ex., amostra PD 71) e mosaicos de grãos

muito pequenos.

A **biotita** aparece em agregados como palhetas subidiomórficas a xenomórficas, lamínulas e filamentos. Apresentam dimensões variáveis, de até 3,5 mm. O pleocroísmo varia de bege amarelado (x') a marrom esverdeado (z'). Mostra inclusões de quartzo, minerais opacos, apatita e zircão com halos pleocróicos. Algumas palhetas mostram clivagem dobrada (ver Fotomicrografia 3), bem como finas lâminas de muscovita secundária em suas clivagens.

Os **acessórios**, quase sempre associados aos agregados de biotita, são apatita subidiomórfica a idiomórfica, presente como inclusões na biotita, feldspato alcalino e plagioclásio; zircão, com halo pleocróico, como inclusão na biotita; alguns cristais idiomórficos de monazita de tamanhos até 0.5 mm; allanita como grãos idiomórficos maiores, e apenas um grão de turmalina.

Como **minerais de alteração** estão presentes a clorita (em biotita), e a sericita e o carbonato (em plagioclásios).

Os **minerais opacos** aparecem associados aos agregados de biotita (Fotomicrografia 10), e em parte também como inclusões de feldspato potássico. Estão presentes grãos subidiomórficos a idiomórficos de magnetita, com lamelas de hematita nos planos octaédricos, e grãos xenomórficos de ilmenita com lamelas de hematita (Fotomicrografia 11). Alguns grãos de ilmenita apresentam em seus núcleos alteração supérgena (?) para hematita. Aparecem ainda raros grãos subidiomórficos de pirita e calcopirita. A goethita aparece como borda de alteração supérgena em alguns grãos de pirita.

d. Muscovita - biotita granitóides (Piedade)

São rochas porfíricas, levemente foliadas, com variação na cor dos fenocristais de feldspato potássico, que podem ser esbranquiçados (amostra PD 17) ou róseos (amostras PD 410 e 462). Os fenocristais de feldspato potássico são tabulares a irregulares, com dimensões entre 1,0 e 3,0 cm. Aparecem ainda grãos de plagioclásio esbranquiçado com até 0,8 cm. A matriz é de granulação média a grossa, seriada, ora com os dois feldspatos esbranquiçados e indistintos (amostra PD 17; Foto 5), ora com feldspato potássico róseo, plagioclásio esbranquiçado, quartzo cinzento e agregados de minerais máficos, com predomínio de biotita e alguma muscovita (amostras PD 410 e 462; Foto 6). A moda (Tabela 4) mostra um predomínio do plagioclásio sobre o feldspato potássico e índice de cor variável entre 8 e 9.

Ao **microscópio** a rocha mostra textura porfírica-gradacional, com megacristais de

feldspato potássico. A matriz é formada por mosaicos monominerálicos de quartzo, grãos individuais de feldspato potássico e plagioclásio, bem como micromosaicos formados pelos anteriores e mirmequitas. Os máficos (principalmente biotita e muscovita) formam um rede irregular, com agregados ou feixes à maneira de uma retículo em parte incompleto (Fotomicrografia 4). A formação de mosaicos, subgrãos de minerais félsicos e biotita com clivagens dobradas são os sinais mais claros de deformação da rocha. A textura em lâmina, com claros sinais de deformação, pode ser vista na fotomicrografia 4 (ver também Tabela 3).

O **plagioclásio** mostra grãos subidiomórficos a irregulares, com dimensões variadas, até 5,5 mm. Apresentam geminação fina na lei da albita e albita-periclínio; são raras as de Carlsbad. Os teores de An, em núcleos, variam entre 25 e 27. As inclusões são de grãos menores de microclínio, finas palhetas de biotita e quartzo em gotas ou irregular. A alteração mais frequente é para sericita, com concentração desse mineral nas fraturas, clivagens e núcleo; aparecem ainda alterações para epidoto e carbonato. Alguns grãos encontram-se rodeados por mosaicos microgranulares de feldspato potássico e de quartzo e agregados de pequenas lâminas de biotita e muscovita. Alguns grãos formam mosaicos com subgrãos e apresentam extinção levemente ondulante.

O **feldspato potássico** aparece com dimensões bastante variadas, podendo formar megacristais alongados a irregulares de até 2,0 cm. Os grãos menores são irregulares a equidimensionais. Apresentam geminação em grade e a formação de pertitas filamentosas e irregulares. As inclusões mais frequentes são de biotita, apatita, quartzo e plagioclásio. Grãos menores formam mosaicos com grãos de quartzo, plagioclásio e mirmequitas. Menos comum é a alteração localizada desse mineral para sericita, com concentração em algumas fraturas ou veios.

O **quartzo** mostra grãos de dimensões muito variadas, com contornos ameboidais a irregulares e extinções ondulantes. Formam mosaicos e subgrãos em parte mostrando formas alongadas e orientação paralela.

A **biotita** forma palhetas xenomórficas a subidiomórficas, com dimensões variadas, até 3,5 mm, frequentemente também filamentos muito pequenos e finos. Aparecem em parte com intercrescimento de muscovita de menor tamanho, aparentemente secundária. Apresenta pleocroísmo variando de bege (x') a marrom acastanhado (z'). As inclusões mais comuns são de apatita, zircão, monazita e opacos. Algumas palhetas mostram *kink bands* e clivagem dobrada.

A **muscovita** aparece como palhetas xenomórficas a subidiomórficas, com dimensões variadas, até 1,2 mm. Finas palhetas são encontradas junto com micromosaicos de mirmequitas e em volta dos plagioclásios. Algumas lâminas mostram biotita marginal indicando relações de reação (pós-magmática) entre as duas micas. Algumas palhetas

apresentam sinais de deformação (clivagem dobrada).

Os **acessórios** são zircão, epidoto, apatita e monazita. O zircão, constantemente idiomórfico, é zonado e com halo pleocróico. O epidoto, raro, aparece como grãos idiomórficos com hábito prismático; alguns, secundários, apresentam-se como inclusões alongadas a irregulares em biotita e, em parte, também em plagioclásio. A apatita, subidiomórfica a idiomórfica, está presente como inclusões na biotita e no feldspato potássico. A monazita, subarredondada, é fase rara.

Como **minerais de alteração** temos epidoto e carbonato, que aparecem como produto de alteração do plagioclásio, e clorita, como raro produto da alteração da biotita.

Os **minerais opacos** aparecem associados aos agregados de biotita e muscovita. Ocorre uma predominância dos grãos de ilmenita sobre a magnetita. Aparece alguns grãos compostos, parte ilmenita com lamelas de exsolução de hematita e parte hematita com lamelas de exsolução de ilmenita (Fotomicrografia 12). Alguns grãos apresentam uma igual quantidade entre as fases ilmenita-hematita, podendo representar uma provável alteração (supérgena?) da ilmenita para hematita, onde são encontrados restos de uma fase na outra. Apresenta raros grãos subidiomórficos de pirita e calcopirita. Na amostra PD 17, falta a magnetita.

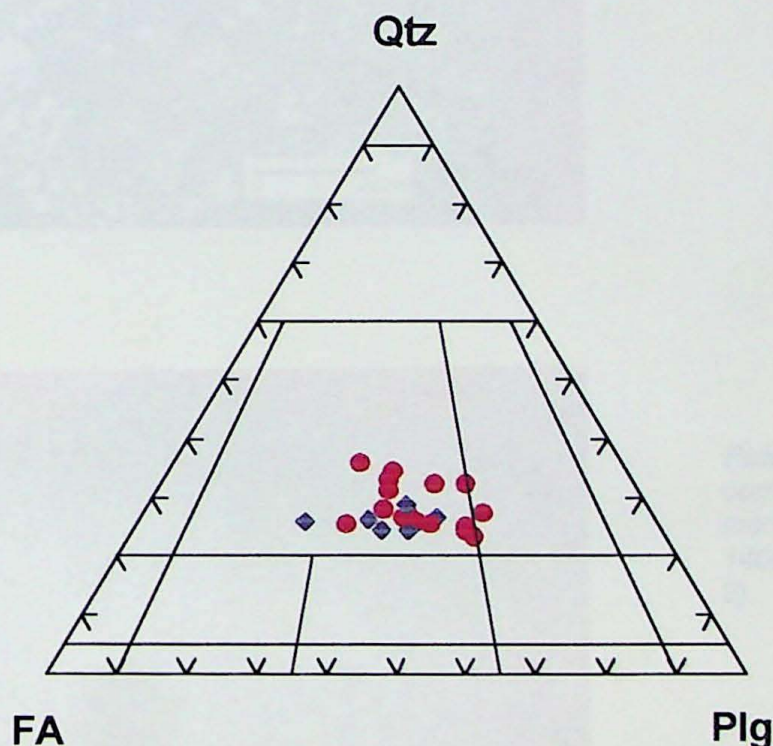


Figura 3 - Dados modais no triângulo FA-Qtz-Plg (losangos, em azul, correspondentes às modas realizadas por Leite, 1997 e círculos, em vermelho, correspondentes aos dados obtidos no presente trabalho; ver Tabela 4).



Foto 1. Granito porfirítico, com hornblenda e biotita, do maciço Ibiúna. Amostra PD 01 (ver localização no anexo 1).

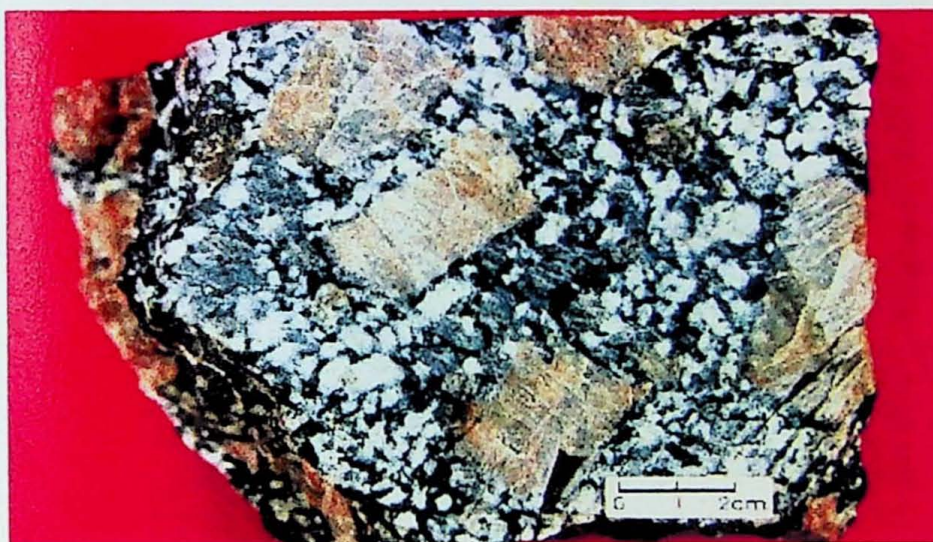


Foto 2. Granito porfirítico, com hornblenda e biotita, do maciço Ibiúna. Amostra PD 526 (localização no Anexo 1).



Foto 3. Granito porfirítico com biotita e titanita, do maciço Piedade. Amostra PD 140c (localização no Anexo 2).

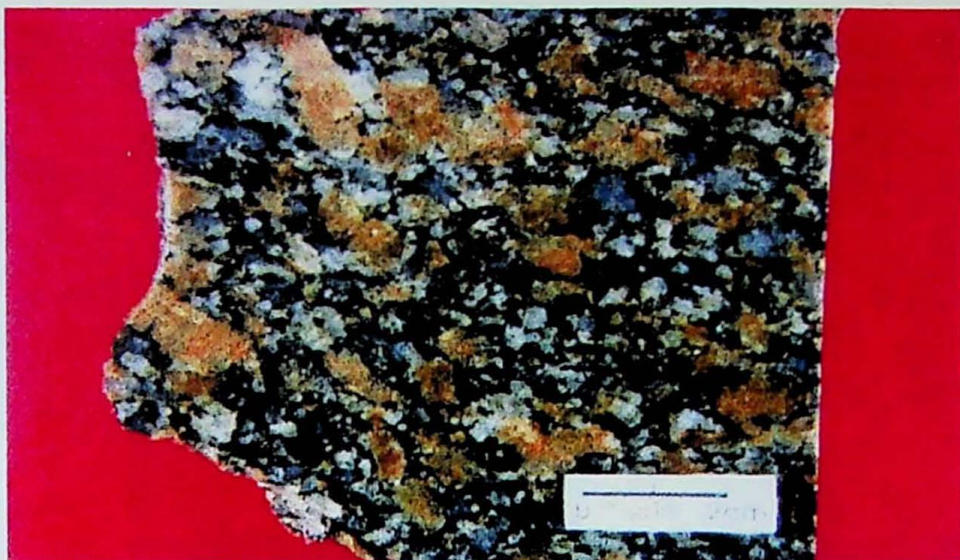


Foto 4. Granito porfíritico com biotita, do maciço Piedade. Amostra PD 498 (localização no Anexo 2).



Foto 5. Granito porfíritico com muscovita e biotita, do maciço Piedade. Amostra PD 17 (localização no Anexo 2).

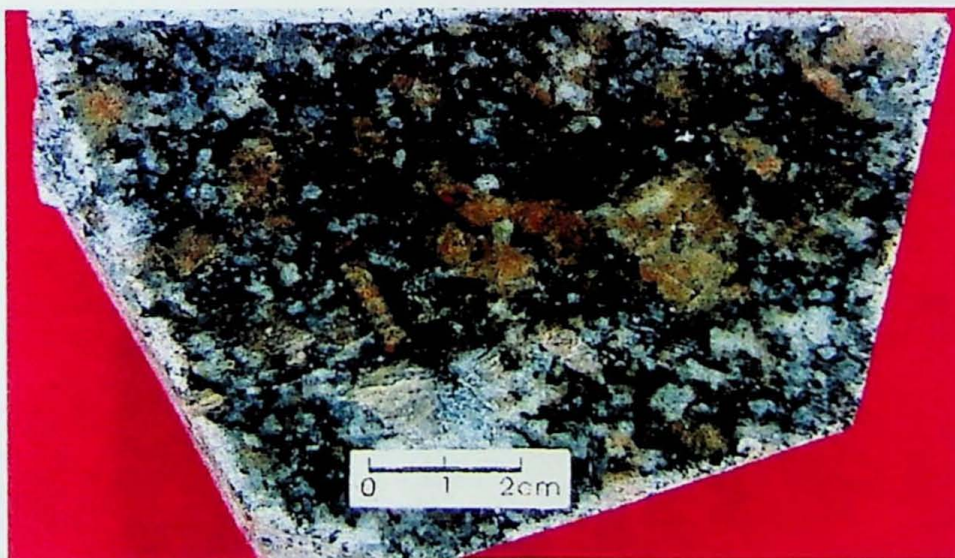


Foto 6. Granito inequigranular a porfíritico com muscovita e biotita, do maciço Piedade. Amostra PD 410 (localização no Anexo 2).



Fotomicrografia 1.
Aspectos texturais em granito porfírico com hornblenda e biotita, maciço Ibuína. Amostra PD 526, luz transmitida, polarizadores cruzados.



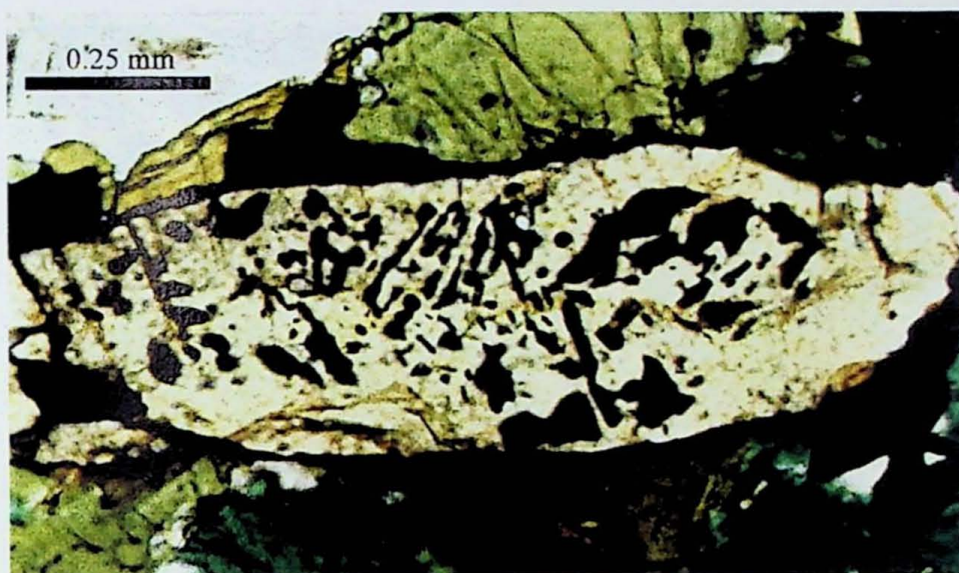
Fotomicrografia 2.
Aspectos texturais em granito porfírico com biotita e titanita, maciço Piedade. Amostra PD 140, luz transmitida, polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 3.
Aspectos texturais em granito porfírico com biotita, maciço Piedade. Amostra PD 71, luz transmitida, polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 4. Granito porfirítico com biotita e muscovita, maciço Piedade. Amostra PD 410, luz transmitida, polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 5. Granito porfirítico com hornblenda e biotita, maciço Ibiúna. Amostra PD 01, luz transmitida, polarizadores não cruzados. Titanita, idiomórfica, com inclusões arredondadas a alongadas de hematita (ver Fotomicrografia 6).



Fotomicrografia 6. Granito porfirítico com hornblenda e biotita, maciço Ibiúna (mesma amostra da Fotomicrografia anterior). Luz refletida, observando-se a titanita com inclusões de hematita e lamelas de ilmenita (rosadas).



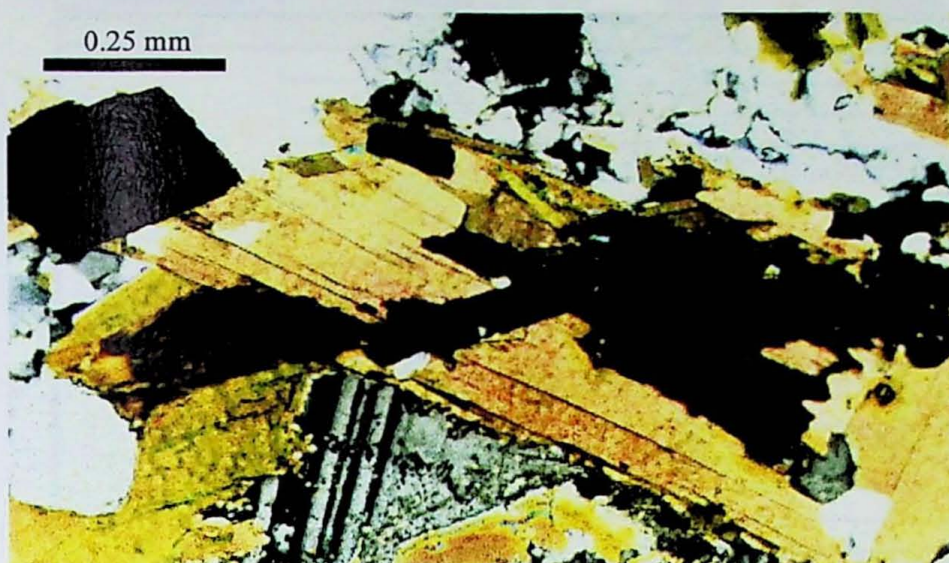
Fotomicrografia 7. Granito com hornblenda e biotita (mesma amostra da Fotomicrografia 5). Luz refletida. Magnetita (cinza claro) com lamelas de hematita em planos octaédricos do hospedeiro.



Fotomicrografia 8. Granito porfirítico com biotita e titanita, maciço Piedade. Amostra PD 438. Luz transmitida, polarizadores não cruzados. Titanitas idiomórficas com inclusões de hematita.



Fotomicrografia 9. Granito porfirítico com biotita e titanita (mesma amostra da Fotomicrografia anterior). Luz refletida. Hematita (cinza claro) como inclusões em titanita.



Fotomicrografia 10. Aspectos texturais em granito porfírico com biotita, maciço Piedade. Amostra PD 71. Luz transmitida, polarizadores cruzados. Agregado de biotita, com minerais opacos associados.



Fotomicrografia 11. Granito porfírico com biotita (mesma amostra do Microfotografia anterior). Luz refletida. No centro, ilmenita (rosada) com lamelas de hematita (cinza claro); no extremo superior esquerdo, grão de magnetita.



Fotomicrografia 12. Granito porfírico com muscovita e biotita, maciço Piedade. Amostra PD 462. Luz refletida. Grão isolado de hematita, com lamelas de ilmenita.

Tabela 3. Indicação dos padrões de deformação e recristalização

	Amostras	PD 01	PD 17	PD 39	PD 71
Localização	Maciço	Ibiúna	Piedade	Ibiúna	Piedade
ineral	Tipo	Hb-bi c/ ti	Mu-bi	Hb-bi c/ ti	bi
1. FK	Mimerquita ¹	x	rara	comum	comum
	Pertita ¹	rara	rara	comum	rara
	<i>zonada</i>	-	-	-	-
	<i>tipo</i>	filamentosa	filamentosa	filamentosa	filamentosa
	Gemininação grade	x	x	x	x
	Dobras ¹				
	Mosalco ²	x	x	x	x
	Alteração ¹	fraca	fraca	fraca	fraca
	<i>zonada</i>	-	-	-	-
2. PI	Subgrãos ²	x	x	x	x
	Gemininação Carlsbad	rara	x	rara	rara
	Gemininação albíta	x	x	x	x
	<i>tipo</i> ²	finá	finá	finá	finá
	Borda albíta ¹	x	x	x	x
	Dobras ²	-	x	-	raras
	Subgrãos ²	-	x	x	x
	Alteração ¹	incipiente	incipiente	incipiente	incipiente
	<i>zonada</i>	-	em parte	-	em parte
3. Qtzo	Extinção ondulante ¹	x	x	x	x
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	<i>limites</i>	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
	Inclusões fluidas	x	x	x	x
	<i>em fraturas</i>	x	x	-	x
	Mosaicos ²	x	x	x	x
	<i>limites</i>	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
4. Hbl	Inclusões	bi, ti, op		ti, op, ap	
	Zonalidade	x		-	
	Dobras ²	-		-	
	Fraturas ²	-		-	
	Alteração ¹	-		-	
	<i>zonada</i>				
5. Blo	Zonalidade	-	-	-	-
	Secundária ¹	?	?	?	?
	Inclusões	ti, ap, op	ap, op, zi	ti, ap, op, zi	ap, op, zi
	Dobras ²	-	fracas	x	x
	<i>tipo</i>	-	-	-	-
	Fratura ²	-	-	-	-
	Alteração ¹	-	fraca	-	-
6. Acess.	Titanita primária	x	x	x	x
	Titanita secundária ¹	-	?	-	?
	<i>em:</i>				
	Granada	-	-	-	-
	Muscovita primária	-	x	-	-
	<i>dobrada</i> ²	-	-	-	-
	Allanita	x	-	x	-
	Epidoto	-	-	x	-
7. Opacos	Monazita	-	x	-	-
	Primários	x ?	x ?	x ?	x ?
	<i>isolados</i>	x	x	x	x
	<i>inclusões em:</i>	hb, bi, ti	princ. bi	hb, bi, ti	bi, pl
	Secundários ¹	?	?	?	?
	<i>tamanhos</i>	variados	variados	variados	variados
Pontos	<i>orientação</i>	-	-	-	-
	1.Recristal.- alteração	6	8	6	7
	2.Deformação	5	8	6	8

Obs.: x: indica presença da feição. **Recristalização-alteração**: recristalização com alteração passiva (*sobrescrito 1*); **deformação**: deformação, com ou sem sinais de recristalização (*sobrescrito 2*). **Subgrãos**: presença de áreas de orientação óptica diferente, com preservação do contorno do grão maior original. As palavras em *itálico* são subítens da feição mencionada (e.g., no FK, *tipo* e *zonada* refere-se à *Pertita*, etc.). **Pontos**: indicação qualitativa do grau de recristalização-alteração e deformação). **bi, mu, op, zi, ti, ap, hb, pl e ep**: respectivamente, biotita, muscovita, opacos, zircão, titanita, apatita, hornblenda, plagioclásio e epidoto.

Tabela 3. Indicação dos padrões de deformação e recristalização (continuação)

Localização	Amostras	PD 95	PD 140c	PD 235	PD 410
Mineral	Maciço	Ibiúna	Piedade	Ibiúna	Piedade
	Tipo	Hb-bi c/ ti	Bi c/ ti	Hb-bi c/ ti	mu-bi
1. FK	Mimerquita ¹	x	x	x	x
	Pertita ¹	rara	x	x	x
	<i>zonada</i>				
	<i>tipo</i>	filamentosa	fil. a veios	fil. a veios	filamentosa
	Gemininação grade	rara	x	x	x
	Dobras ¹				
	Mosalco ²	x	x	x	x
	Alteração ¹	fraca	fraca	fraca	fraca
	<i>zonada</i>	-	-	-	-
2. Pl	Subgrãos ²	x	x	x	x
	Gemininação Carlsbad	x	x	x	x
	Gemininação albíta	x	x	x	x
	<i>tipo</i> ²	finas	finas	finas	finas
	Borda albíta ¹	x	x	x	x
	Dobras ²	-	raras	-	-
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	Alteração ¹	incipiente	incipiente	incipiente	incipiente
	<i>zonada</i>	-	em parte	-	-
3. Qtzo	Extinção ondulante ¹	x	x	x	x
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	<i>limites</i>	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
	Inclusões fluidas	x	x	x	x
	<i>em fraturas</i>		x		
	Mosalcos ²	x	x	x	x
	<i>limites</i>	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
4. Hbl	Inclusões	ap, bi, ti, op		ap, op, zi, ti	
	Zonalidade	-		-	
	Dobras ²	-		-	
	Fraturas ²	-		-	
	Alteração ¹	-		x	
	<i>zonada</i>	-		-	
5. Bio	Zonalidade	-	-	-	-
	Secundária ¹	?	?	?	?
	Inclusões	op, zi, ap, ti	zi, op	ap, ti, zi	ap, zi, op
	Dobras ²	-	fracas	fracas	x
	<i>tipo</i>	-	-	-	-
	Fratura ²	-	-	-	-
	Alteração ¹	-	-	-	-
6. Acess.	Titanita primária	x	x	x	
	Titanita secundária ¹	?	x?	?	
	<i>em:</i>				
	Granada				
	Muscovita primária	-	-	-	x
	<i>dobrada</i> ²	-	-	-	x
	Allanita	-	-	-	
	Epidoto	x	-	x	raro
	Monazita	-	-	-	-
7. Opacos	Primários	x?	x	?	?
	Isolados		x		
	Inclusões em:	bi, ti, hb	bi	bi, ti, hb	bi
	Secundários ¹	?	x	?	?
	<i>tamanhos</i>	variados	variados	variados	variados
	<i>orientação</i>	-	-	-	-
Pontos	1.Recrystal.-alteração	6	7	7	6
	2.Deformação	6	8	7	8

Obs.: x: indica presença da feição. Recristalização-alteração: recristalização com alteração passiva (*sobrescrito 1*); deformação: deformação, com ou sem sinais de recristalização (*sobrescrito 2*). Subgrãos: presença de áreas de orientação óptica diferente, com preservação do contorno do grão maior original. As palavras em *italico* são subítens da feição mencionada (e.g., no FK, *tipo* e *zonada* refere-se à *Pertita*, etc.). Pontos: indicação qualitativa do grau de recristalização-alteração e deformação. bi, mu, op, zi, ti, ap, hb, pl e ep: respectivamente, biotita, muscovita, opacos, zircão, titanita, apatita, hornblenda, plagioclásio e epidoto.

Tabela 3. Indicação dos padrões de deformação e recristalização (continuação)

	Amostras	PD 414	PD 438	PD 462	PD 474
Localização	Maciço	Piedade	Piedade	Piedade	Piedade
Mineral	Tipo	Bi	Bi c/ ti	Mu-bi	Bi c/ ti
1. FK	Mimerquita ¹	comum	comum	x	x
	Pertita ¹	rara	x	x	rara
	zonada	x	-	-	-
	tipo	filamentosa	veios-fil.	filamentosa	veios-fil.
	Gemininação grade	x	x	x	x
	Dobras ¹				
	Mosalco ²	x	x	x	x
	Alteração ¹	fraca	fraca	fraca	fraca
	zonada	-	-	-	-
	Subgrãos ²	x	x	x	x
2. Pl	Gemininação Carlsbad	rara	rara	-	rara
	Gemininação albíta	x	x	x	x
	tipo ²	finá	finá	finá	finá
	Borda albíta ¹	x	x	x	x
	Dobras ²	-	-	x	-
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	Alteração ¹	x	incipiente	incipiente	incipiente
	zonada	irregular	-	-	irregular
3. Qtzo	Extinção ondulante ¹	x	x	x	x
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	limites	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
	Inclusões fluidas	x	x	x	x
	em fraturas	x	-	-	x
	Mosalcos ²	x	x	x	x
	limites	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
4. Hbl	Inclusões				
	Zonalidade				
	Dobras ²				
	Fraturas ²				
	Alteração ¹				
	zonada				
5. Bio	Zonalidade	-	-	-	-
	Secundária ¹	?	?	?	?
	Inclusões	raras, zi, op	ti, op, ap	zi	zi, op, ti, ap
	Dobras ²	-	x	x	x
	tipo				
	Fratura ²				
	Alteração ¹	-	x	x	-
6. Acess.	Titanita primária	rara	x		x
	Titanita secundária ¹	?	x		x
	em:				bi
	Granada	-	-		-
	Muscovita primária	-	-	?	-
	dobrada ²				
	Allanita	x	-	-	rara
	Epidoto	-	-	x	-
7. Opacos	Monazita		-	x	
	Primários	x ?	x	x	x ?
	Isolados	x	-	-	x
	Inclusões em:	bi, pl(raras)	bi	bi,	bi
	Secundários ¹	?	?	?	?
	tamanhos	variados	variados	variados	variados
Pontos	orientação	-	-	-	-
	1.Recrystal.- alteração	8	8	7	8
	2.Deformação	5	7	8	6

Obs.: x: indica presença da feição. **Recristalização-alteração**: recristalização com alteração passiva (*sobrescrito 1*); **deformação**: deformação, com ou sem sinais de recristalização (*sobrescrito 2*). **Subgrãos**: presença de áreas de orientação óptica diferente, com preservação do contorno do grão maior original. As palavras em *itálico* são subitens da feição mencionada (e.g., no FK, *tipo* e *zonada* refere-se à *Pertita*, etc.). **Pontos**: indicação qualitativa do grau de recristalização-alteração e deformação. **bi**, **mu**, **op**, **zi**, **ti**, **ap**, **hb**, **pl** e **ep**: respectivamente, biotita, muscovita, opacos, zircão, titanita, apatita, hornblenda, plagioclásio e epidoto.

Tabela 3. Indicação dos padrões de deformação e recristalização (continuação)

Localização	Amostras	PD 498	PD 505	PD 506	PD 526
Mineral	Maciço	Piedade	Ibiúna	Ibiúna	Ibiúna
	Tipo	Bi	Hb-bi c/ ti	Hb-bi c/ ti	Hb-bi c/ ti
1. FK	Mimerquita ¹	x	x	x	x
	Pertita ¹	x	x	x	x
	zonada	-	-	-	-
	tipo	fil. a veios	fil. a veios	fil. a veios	filamentosa
	Gemininação grade	x	x	x	x
	Dobras ²				
	Mosalco ²	x	x	x	x
	Alteração ¹	fraca	fraca	-	fraca
	zonada	-	-	-	-
2. PI	Subgrãos ²	x	x	x	x
	Gemininação Carlsbad	x	x	x	x
	Gemininação albíta	x	x	x	x
	tipo ²	finá	finá	finá	finá
	Borda albíta ¹	x	x	x	x
	Dobras ²	-	x	x	-
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	Alteração ¹	incipiente	incipiente	incipiente	incipiente
	zonada	irregular	-	-	-
3. Qtzo	Extinção ondulante ¹	x	x	x	x
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	limites	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
	Inclusões fluidas	x	x	x	x
	em fraturas	x	-	-	-
	Mosalcos ²	x	x	x	x
	limites	irregulares	irregulares	irregulares	irregulares
4. Hbl	Inclusões		-	bi, ap, ti, op,	op, ap, ti, bi, ep
	Zonalidade		-	-	-
	Dobras ²		-	-	-
	Fraturas ²		-	-	-
	Alteração ¹		x	x	x
	zonada		-	-	-
5. Bio	Zonalidade	-	-	-	-
	Secundária ¹	?	x?	x	x
	Inclusões	zi, ap, op	zi, ap, ti, op	ap, ep, op, zi	ap, op, ti, zi
	Dobras ²	-	x	x	x
	tipo		-	-	-
	Fratura ²		-	-	-
	Alteração ¹	-	-	-	-
6. Acess.	Titanita primária	-	x	x	x
	Titanita secundária ¹	-	rara	?	?
	em:				
	Granada	-	-	-	-
	Muscovita primária	-	-	-	-
	dobrada ²				
	Allanita	-	x	-	x
	Epidoto	-	x	x	x
7. Opacos	Monazita	x	-	-	-
	Primários	x ?	x?	x?	x?
	Isolados	x	-	-	-
	Inclusões em:	bi	bi, ti	bi, ti, hb	bi, ti, hb
	Secundários ¹	x	?	?	?
	tamanhos	variados	variados	variados	variados
	orientação	-	-	-	-
Pontos	1.Recristal.- alteração	7	9	7	8
	2.Deformação	5	7	7	6

Obs.: x: indica presença da feição. **Recristalização-alteração**: recristalização com alteração passiva (*sobrescrito 1*); **deformação**: deformação, com ou sem sinais de recristalização (*sobrescrito 2*). **Subgrãos**: presença de áreas de orientação óptica diferente, com preservação do contorno do grão maior original. As palavras em *itálico* são subitens da feição mencionada (e.g., no FK, *tipo* e *zonada* refere-se à *Pertita*, etc.). **Pontos**: indicação qualitativa do grau de recristalização-alteração e deformação). **bi, mu, op, zi, tl, ap, hb, pl, ep**: respectivamente, biotita, muscovita, opacos, zircão, titanita, apatita, hornblenda, plagioclásio e epidoto.

Tabela 4. Características petrográficas e mineralógicas dos granitóides dos maciços Piedade e Ibiúna, SP

Classificação		Hornblenda-biotita granitóides com titanita (Ibiúna)								Biotita granitóides com titanita (Piedade)				Biotita granitóides (Piedade)			Muscovita-biotita granitóides (Piedade)			
Amostras		PD 01	PD 39	PD 95	PD 235	PD 505	PD 506	PD 526	PD 140	PD 438	PD 474	PD 71	PD 414	PD 498	PD 17	PD 410	PD 462			
Moda	Feldspato potássico	33	23	20	38	23	25	23	33	29	32	32	32	35	30	25	22			
	Plagioclásio	24	42	41	26	38	43	20	35	30	35	30	30	32	35	35	40			
	Quartzo	28	20	23	22	23	23	39	25	28	25	28	31	26	23	29	30			
	Máficos	15	15	16	14	10	9	18	7	13	8	10	7	7	12	11	8			
Proporção de minerais félsicos	Feldspato potássico	39.0	27.0	23.8	44.2	32.2	27.5	28	35.6	33.3	34.8	35.5	34.4	37.6	34	28.1	23.9			
	Plagioclásio	28.2	49.5	48.8	30.2	42.2	47.2	47.6	37.6	32.2	38	33.3	32.3	34.4	39.9	39.3	43.5			
Teor médio	Quartzo	32.8	23.5	27.4	25.6	25.6	25.3	24.4	26.8	34.5	27.2	31.2	33.3	28	26.1	32.6	32.6			
		25	26	23	23	21	21	21	25	22	24	25	23	23	27	26	25			
Minerais máficos e acessórios	Hornblenda	8	7	13	4	X	4	8												
	Biotita	6	11	6	7	11	7	12	7	12	8	10	5	7	10	8	8			
	Muscovita*									?			?		2	3	x			
	Zircão	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr			
	Apatita	tr	x	x	x	x	x	tr	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	Titanita	X	x	X	x	X	X	X	x	X	x									
	Allanita	tr	tr			tr					tr	tr	tr							
	Monazita													tr	tr		tr			
	Epidoto*			tr	tr	tr	tr	tr								tr	tr			
	Tumalina											tr								
Minerais opacos	Magnetita	x ^(H)	x	x	x	tr	x ^(H)	x	x	x	tr	x	x ^(H)	tr	tr	x	x			
	Ilmenita	tr	x ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	x ^(H)	tr ^(H)		x ^(H)	x ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	x ^(H)	x ^(H)			
	Hematita*	tr ^(H)	tr	tr	tr ^(H)		tr ^(H)	tr ^(H)	tr	tr ^(H)		tr	tr	tr	tr ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)			
	Pirita		tr	tr	tr	tr				tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr			
	Calcopirita			tr		tr				tr		tr	tr				tr			
Minerais de alteração	Sericita	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	Clorita									x		x		x	x	x				
	Carbonato													x			x			
	Epidoto**		x	x	x	x	x	x								x	x			
	Hematita**		x													x				
	Goethita				x	x										x				

Observação: * mineral possivelmente primário, ** mineral secundário ou de alteração, X: mineral acessório com frequência ~1-2%, x: mineral acessório ou opaco com frequência < ou próxima a 1% e presença de minerais de alteração, tr: traços, mineralogia acessória ou opaca pouco frequente, M: moda contada em lâmina, (H): presença de lamelas de hematita, (H): presença de lamelas de ilmenita.

3.2. Granitóides dos maciços Cantareira e Taipas (Domínio S. Roque)

Os granitóides porfiríticos dos maciços Cantareira e Taipas apresentam características texturais algo diferentes, sendo que as rochas do maciço Taipas mostram-se mais claramente porfiríticas e com teores menores de feldspato potássico na matriz, enquanto que as da fácies porfirítica situadas na borda meridional do batólito Cantareira aparecem com uma textura porfirítica mais seriada e densidade algo menor de fenocristais. As amostras destes dois tipos de granitóides possuem características mineralógicas parecidas com as dos biotita granitóides com titanita do maciço Piedade, porém encontram-se mais alterados e deformados que estes.

São apresentadas as características gerais dos granitóides estudados, como indicado:

a) biotita monzogranito porfirítico com titanita (maciço Taipas);

a.1) tonalito (veio aplítico do maciço Taipas);

b) biotita monzogranito inequigranular com titanita (batólito Cantareira);

b.1) monzogranito (veio aplítico, batólito Cantareira).

Na Tabela 5 são mostradas as características de deformação e recristalização encontradas nos quatro tipos de granitóides acima citados, e na Tabela 6 é apresentado um resumo de suas feições petrográficas.

a. Biotita monzogranito porfirítico com titanita (maciço Taipas)

As rochas são de coloração acinzentada e apresentam textura porfirítica a parcialmente inequigranular. Os megacristais são de feldspato potássico rosados, tabulares a irregulares, com tamanhos variando entre 1,0 e 2,0 cm. A matriz é inequigranular média a grossa, onde estão presentes plagioclásio esbranquiçado, quartzo acinzentado, raro feldspato potássico intersticial e glomérulos de minerais máficos regularmente distribuídos. Entre os minerais máficos ocorre o predomínio da biotita, e menos frequente é o aparecimento de grãos idiomórficos de turmalina, tardia, em fraturas (amostra Ca 01). O índice de cor é variável entre 10 e 12. As características estruturais e texturais podem ser vistas na Foto 7, e a moda na Tabela 6.

Ao **microscópio** apresenta textura porfirítica a inequigranular média, com megacristais de feldspato potássico de até 1cm. Os máficos, com predomínio da biotita, formam glomérulos. A matriz é constituída principalmente por quartzo xenomórfico,

plagioclásio intensamente sericitizado, palhetas subidiomórficas a idiomórficas de biotita e escasso feldspato potássico xenomórfico a tabular (Fotomicrografia 13). A deformação é marcada pela presença de mosaicos e subgrãos de quartzo, frequente extinção ondulante dos diversos grãos e clivagem dobrada da biotita (Tabela 5). A alteração é principalmente notada pela sericitização do plagioclásio.

O **plagioclásio** mostra grãos tabulares a irregulares, e dimensões variadas, até 5 mm. Apresenta geminação fina da lei da albita, albita-Carlsbad e albita-periclínio, e alteração para epidoto e sericita. Os teores de An, nos núcleos, variam de 20 a 23. A maioria dos grãos apresenta zoneamento, com borda albitica, extinção ondulante, e inclusões de biotita, apatita, opaco e titanita.

O **quartzo** apresenta grãos xenomórficos, com extinção fortemente ondulante e dimensões variadas, até 3,0 mm. Forma frequentemente mosaicos e subgrãos em grãos maiores.

O **feldspato potássico** mostra grãos xenomórficos a tabulares, intersticiais, com dimensões bastante variáveis, de 1mm a 1 cm. Apresenta geminação em grade, pertitas filiformes, alteração ocasional para sericita e alguma extinção ondulante. Possui inclusões de plagioclásio, titanita, biotita e opaco. Desenvolve mirmequitas nos contatos entre os grãos de feldspato potássico e plagioclásio

A **biotita** aparece como palhetas xenomórficas a subidiomórficas, com dimensões variáveis de até 2,5 mm, e distribuição irregular, geralmente formando agregados. O pleocroísmo varia de bege claro (x') a marrom esverdeado e marrom acastanhado (z'). Mostra alteração para clorita e opaco, e inclusões de apatita, titanita, epidoto, opaco e zircão. Apresenta clivagens dobradas, fraturas e extinção ondulante (Fotomicrografia 15) .

O **mineral acessório** mais frequente é a titanita idiomórfica, com pleocroísmo suave, geminação polissintética, algumas com fraturas transversais e deslocamento, e inclusões de opacos; as dimensões são variadas, até 3 mm. Ocorrem ainda restos de hornblenda associados a biotita (amostra Ca 01). O zircão, idiomórfico, aparece zonado e com halos pleocróicos, e a apatita, subidiomórfica a idiomórfica, está presente como inclusão na maioria dos outros grãos, principalmente a biotita. A turmalina aparece, em apenas uma amostra, como grãos idiomórficos, tardios, de até 1,5 mm, localizados em fraturas (amostra Ca 01). A allanita, rara, ocorre como cristais euédricos de coloração alaranjada, complexamente zonados.

Os **minerais de alteração** mais frequentes são o epidoto, xenomórfico a idiomórfico, como produto da alteração do plagioclásio ou associado a biotita, a clorita como alteração da biotita e a sericita, alterando o plagioclásio.

Os **minerais opacos** ocorrem como grãos subidiomórficos a idiomórficos de magnetita, com até 1,0 mm, e de ilmenita como inclusões irregulares a arredondadas em

titanita, com lamelas de hematita (Fotomicrografia 16), e alguns raros e pequenos grãos de pirita. A magnetita predomina sobre a ilmenita e hematita. Os opacos ocorrem preferencialmente associados aos minerais máficos.

a.1. Tonalito (veio aplítico, maciço Taipas)

A rocha constitui um veio aplítico, centimétrico, que corta os biotita monzogranitos porfíricos. Mostra textura equigranular fina de coloração marrom rosada (Foto 8). É composta por plagioclásio, quartzo, pequena quantidade de feldspato potássico e alguns raros minerais máficos e opacos (ver a moda na Tabela 6).

Ao **microscópio** mostra textura equigranular, formada por grãos irregulares a tabulares de plagioclásio, quartzo xenomórfico, e escasso feldspato potássico. Ocorre ainda a formação de um microveio formado por mosaico de grãos de quartzo e feldspatos, pirita e carbonato, e finas bandas constituídas por sericita ("filonito"). Os principais sinais de deformação e alteração da rocha podem ser vistos na Tabela 5.

O **plagioclásio** apresenta grãos com dimensões de até 2,0 mm, tabulares a irregulares. As geminações são albita e albita-periclínio. Apresenta teores de An em torno de 21. Mostra alteração para sericita e extinção ondulante.

O **quartzo** mostra grãos xenomórficos, com dimensões de até 1,8 mm, e frequente extinção ondulante.

O **feldspato potássico** apresenta grãos xenomórficos, com dimensões variando até 1,5 mm. Desenvolve pertitas filamentosas e raras mirmequitas, estas últimas localizadas nos contatos com plagioclásio.

Aparecem ainda, como **minerais acessórios**, raras palhetas xenomórficas e intersticiais de biotita e minerais opacos, com grãos irregulares de pirita, preenchendo fraturas, e alguns raros grãos de magnetita e ilmenita com finas lamelas de hematita.

b. Biotita monzogranito porfírico a inequigranular com titanita (batólito Cantareira)

A rocha possui textura inequigranular a parcialmente porfírica, onde os megacristais de feldspato potássico róseo, tabulares, mostram tamanhos de até 4,0 cm. Apresenta granulação média a grossa, com quartzo acinzentado, plagioclásio esbranquiçado, feldspato potássico róseo e minerais máficos agregados e ramificados, com predomínio da biotita (Foto 9). O índice de cor varia entre 6 e 8. Apresenta uma certa foliação caracterizada pela orientação dos minerais máficos (amostra Ca 09). A moda estimada pode ser vista na Tabela 6.

Ao **microscópio** mostra textura inequigranular a porfirítica, onde os minerais máficos formam agregados ou uma rede incompleta, com concentrações ao redor dos minerais félsicos (quartzo, feldspato potássico e plagioclásio; Fotomicrografia 14). Os principais sinais de deformação são a formação de subgrãos e mosaicos de quartzo, biotita com clivagens dobradas e frequentes extinções ondulantes (Tabela 5). A amostra Ca 09a mostra contrastes texturais, que podem representar conjuntos recristalizados de enclaves microgranulares e rocha granítica hospedeira.

O **plagioclásio** apresenta grãos xenomórficos a tabulares, com dimensões variadas, até 5,5 mm. Desenvolve geminação, fina, segundo a lei da albita, albita-Carlsbad e albita-periclínio. O teor de An é variável entre 20 e 22. Mostra marcada sericitização, com alteração também para epidoto. As inclusões mais frequentes são de titanita, biotita e apatita. Alguns grãos apresentam zoneamento distinto, com borda albitica, e extinções ondulantes.

O **quartzo** mostra grãos xenomórficos a irregulares de dimensões variadas, até 4 mm. Apresenta subgrãos, mosaicos, extinção fortemente ondulante e raras inclusões de titanita idiomórfica.

O **feldspato potássico** apresenta grãos xenomórficos a irregulares, com dimensões variadas, até 8,0 mm. Desenvolve geminação em grade e pertitas finas filamentosas a veios mais largos. Possui inclusões de biotita, titanita, feldspato potássico, plagioclásio, opacos, apatita e mais raramente de quartzo. Ocorre a formação de mirmequitas marginais e extinção levemente ondulante.

A **biotita** desenvolve palhetas xenomórficas a idiomórficas, com dimensões bastante variáveis, onde pode ocorrer a formação de finas palhetas de dimensões inferiores a 0,1 mm (amostra Ca 09a) ou palhetas bem desenvolvidas, com até 2,7 mm (por ex., amostra Ca 05). Apresenta pleocroísmo variando de castanho ou bege (x') a marrom esverdeado (z'). Possui inclusões de apatita, titanita, opacos, e zircão. Mostra alteração para clorita, muscovita e opacos. Algumas palhetas encontram-se com a clivagem dobrada, fraturas e extinção ondulante (Fotomicrografia 17).

Entre os **minerais acessórios**, a titanita é o principal, com tamanhos bastante variáveis, até 3,0 mm, em parte mostrando intercrescimento irregular com minerais opacos (amostra Ca 09a). O zircão, idiomórfico e zonado, está presente como inclusões em biotita. A apatita, idiomórfica a subidiomórfica, ocorre frequentemente inclusa em biotita; pode atingir até 0,5 mm. O epidoto aparece associado à biotita, ou ainda como produto da alteração do plagioclásio; raramente, apresenta núcleo de allanita (amostra Ca 13); allanita pode aparecer também como grão isolado, de até 0,3 mm.

Outros **minerais de alteração** são a clorita como alteração da biotita, e a sericita

que aparece como produto da alteração do plagioclásio.

Os **minerais opacos** são a magnetita, xenomórfica a idiomórfica, e a ilmenita, xenomórfica, como grão isolado ou inclusa em titanita, sempre com lamelas de hematita (Fotomicrografia 18). Ocorrem frequentemente associados à biotita, preenchendo clivagens e fraturas. Aparecem ainda grãos idiomórficos a subidiomórficos de pirita.

b.1. Monzogranito (veio aplítico, batólito Cantareira)

A rocha está presente como veio irregular centimétrico, cortando os biotita monzogranitos inequigranulares (Foto 9). Mostra textura equigranular fina, com coloração esbranquiçada, composta por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e raros minerais opacos (destaque para a pirita).

Ao **microscópio** apresenta textura equigranular, fina, formada por grãos de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico. Os maiores grãos encontrados são os de quartzo, que podem alcançar no máximo 1 mm. A principal marca da deformação é a extinção ondulante do quartzo. A alteração manifesta-se através da sericitização do plagioclásio e do feldspato potássico. A moda estimada e os principais sinais de alteração e deformação estão registrados respectivamente nas Tabelas 6 e 5.

O **quartzo** apresenta grãos xenomórficos e extinção ondulante.

O **feldspato potássico** ocorre como grãos de contornos irregulares, com dimensões de até 0,8 mm. Apresenta geminação em grade e a formação de pertitas filamentosas e em veios.

O **plagioclásio** mostra grãos irregulares-tabulares a equidimensionais, com tamanhos de até 0,5 mm. Possui geminação na lei da albita e teores de An que variam em torno de 22 e 23. Apresenta, com frequência, forte sericitização.

Aparecem ainda como **minerais acessórios** a biotita, rara, como pequenas lâminas irregulares, em processo de alteração, em parte para sericita. O epidoto, raro, irregular, encontra-se associado aos minerais opacos. A muscovita laminar, também rara, aparece com dimensões de até 0,5 mm, e extinção ondulante; em parte, aparecem microlamelas de sericita margeando os minerais opacos.

Os **minerais opacos** mostram-se como grãos de pirita, subidiomórficos a idiomórficos, com dimensões de até 0,7 mm, magnetita idiomórfica, ilmenita xenomórfica com finas lamelas de hematita, e raros grãos de calcopirita.

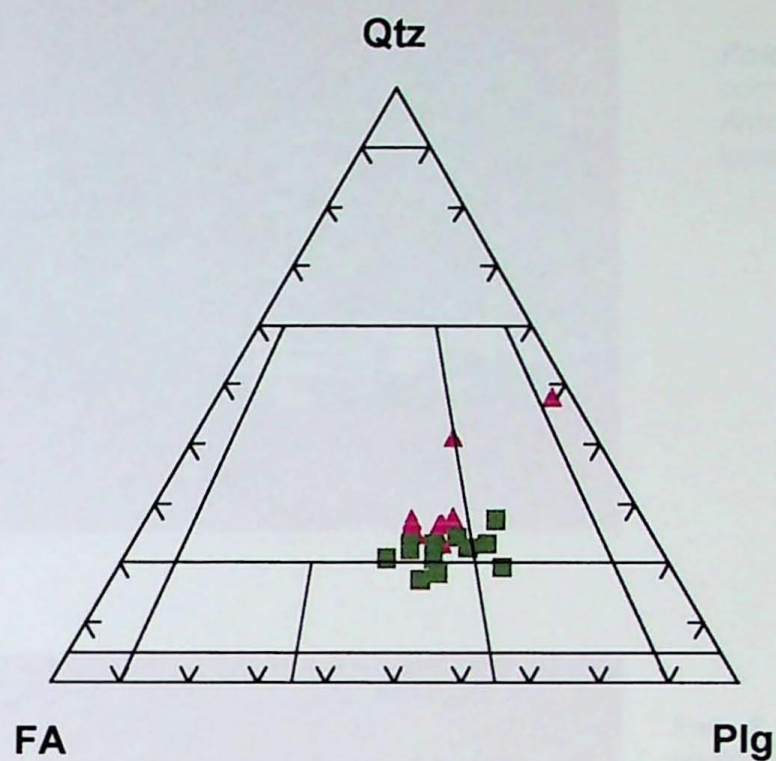


Figura 4 - Dados modais no triângulo FA-Qtz-Plg para os granitóides Taipas e Cantareira (quadrados, em verde, correspondentes às modas realizadas por Azevedo, 1997, e triângulos, em rosa, correspondentes aos dados obtidos no presente trabalho; ver Tabela 6).

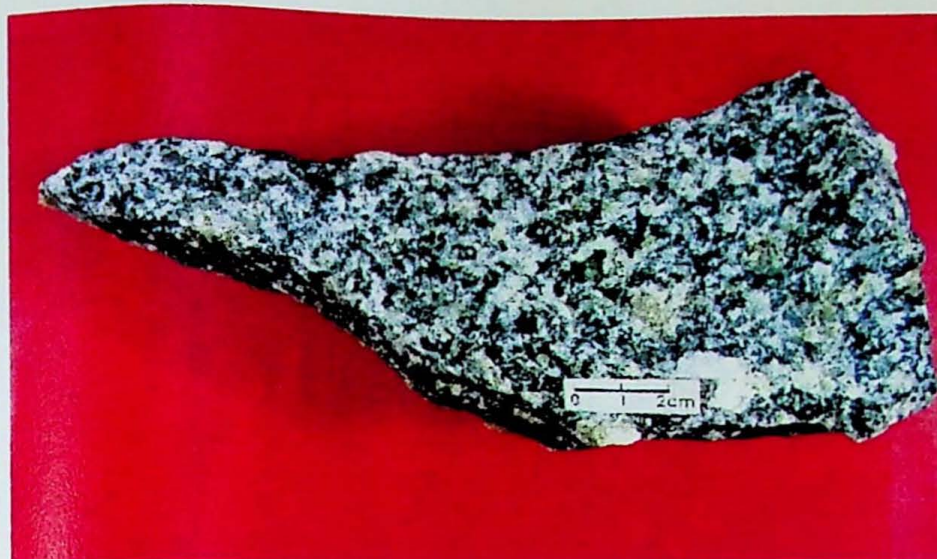


Foto 7. Granito porfíritico com biotita, maciço Taipas. Amostra Ca 01 (ver localização no Anexo 4).

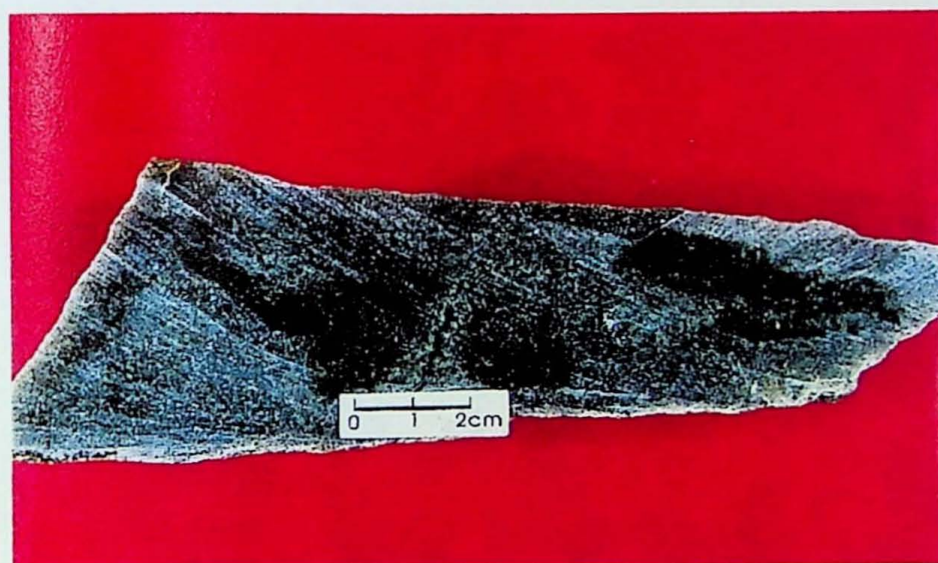
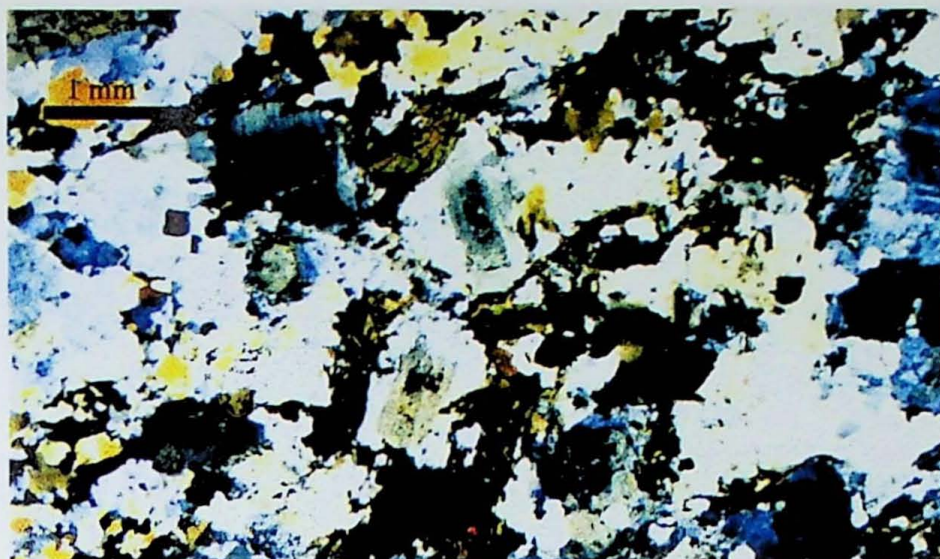


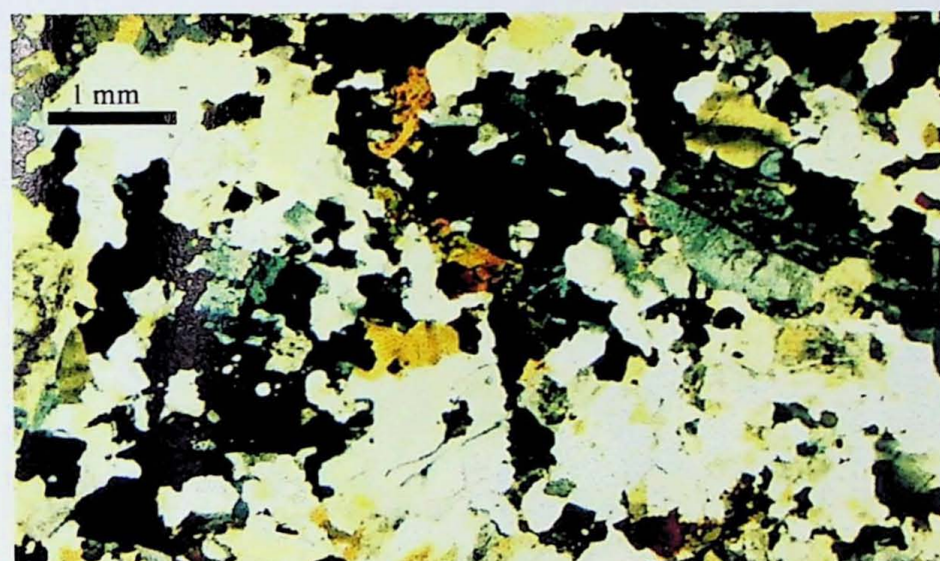
Foto 8. Veio aplítico em granito porfíritico com biotita, maciço Piedade. Amostra Ca 04. (ver localização no Anexo 4).



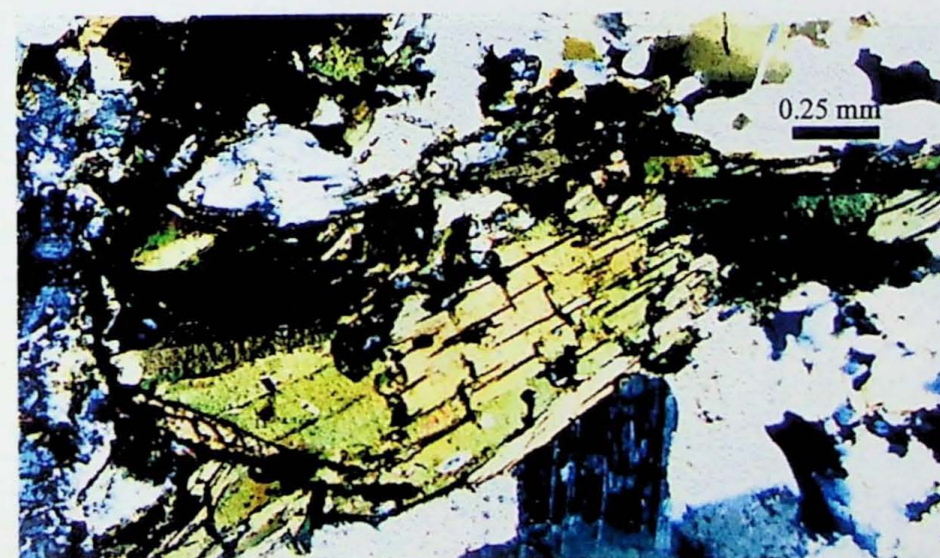
Foto 9. Veio aplítico, em contato com granito porfíritico a inequigranular com biotita, maciço Cantareira. Amostra Ca 09 (ver localização no Anexo 4).



Fotomicrografia 13. Aspectos texturais em granito porfíritico com biotita, maciço Taipas. Amostra Ca 02. Luz transmitida, polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 14. Aspectos texturais em granito inequigranular a porfíritico com biotita, maciço Cantareira. Amostra Ca 13. Luz transmitida, polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 15. Aspectos texturais em granito porfíritico com biotita, maciço Taipas. Amostra Ca 02. Luz transmitida, polarizadores cruzados. Observar deformação e fraturas em biotitas.



Fotomicrografia 16. Granito porfírico com biotita, maciço Taipas (mesma amostra da Fotomicrografia anterior). Luz refletida. Titanita idiomórfica com inclusões de hematita e ilmenita.



Fotomicrografia 17. Aspectos texturais em granito inequigranular-porfírico com biotita, maciço Cantareira. Amostra Ca 13. Luz transmitida, polarizadores cruzados. Observar deformação e fraturas em biotita.



Fotomicrografia 18. Granito com biotita, maciço Cantareira. Amostra Ca 13. Luz refletida. Observar grão irregular de ilmenita, ao centro, em contato com grão idiomórfico de magnetita, à esquerda e direita.

Tabela 5. Indicação dos padrões de deformação e recrystalização

	Amostras	Ca 01	Ca 02	Ca 04	Ca 05
Localização	Maciço	Taipas	Taipas	Taipas	Cantareira
Míneral	Tipo	Bi c/ ti	Bi c/ ti	Tonalito	Bi c/ ti
1. FK	Mimerquita ¹	comum	x	rara	rara
	Pertita ¹	x	x	x	rara
	<i>zonada</i>				
	<i>tipo</i>	filamentosa	filamentosa	filamentosa	filamentosa
	Gemininação grade	x	x	x	x
	Dobras ¹				
	Mosalco ²				
	Alteração ¹	em parte			rara
	<i>zonada</i>				
2. PI	Subgrãos ²				
	Gemininação Carlsbad	x	x		
	Gemininação albíta	x	x	x	x
	<i>tipo</i> ²	fina	fina	fina	fina
	Borda albíta ¹	x	x		x
	Dobras ²	x	x	x	x
	Subgrãos ²				
	Alteração ¹	incipiente	incipiente	x	incipiente
	<i>zonada</i>	x	fortemente		x
3. Qtzo	Extinção ondulante ¹	x	x	x	x
	Subgrãos ²	x	x	x	x
	<i>limites</i>				
	Inclusões fluidas	x	x	x	x
	<i>em fraturas</i>				
	Mosalcos ²		x		x
	<i>limites</i>				
5. Blo	Zonalidade				
	Secundária ¹	?	?		?
	Inclusões	ti, ap, zi, op	ti, ap, zi, op, ep		ti, ap, zi, op
	Dobras ²	x	x		x
	<i>tipo</i>				
	Fratura ²	x	x		x
	Alteração ¹	x	x		x
6. Acess.	Titanita primária	x	x		x
	Titanita secundária ¹	?	?		?
	<i>em:</i>				
	Granada				
	Muscovita primária				
	<i>dobrada</i> ²				
	Allanita	rara	rara		
	Epidoto	x	x		x
7. Opacos	Turmalina	x			
	Primários	x	x	x	x
	Isolados	x	x	x	x
	Inclusões em:	ti, bi	ti, bi		ti, bi, fk
	Secundários ¹	?	?	?	?
	<i>tamanhos</i>	variados	variados	variados	variados
Pontos	<i>orientação</i>				
	1.Recrystal.- alteração	7	6	4	7
	2.Deformação	5	6	5	6

Obs.: x: indica presença da feição. Recrystalização - alteração: recrystalização com alteração passiva (*sobrescrito 1*); deformação: deformação, com ou sem sinais de recrystalização (*sobrescrito 2*). Subgrãos: presença de áreas de orientação óptica diferente, com preservação do contorno do grão maior original. As palavras em *itálico* são subltens da feição mencionada (e.g., no FK, *tipo* e *zonada* refere-se à *Pertita*, etc.). Pontos: indicação qualitativa do grau de recrystalização-alteração e deformação. bi, op, zi, ti, ap, hb, pl, fk, ep: respectivamente, biotita, opacos, zircão, titanita, apatita, hornblenda, plagioclásio, feldspato potássico e epidoto.

Tabela 5. Indicação dos padrões de deformação e recristalização (continuação)

Localização	Amostras	Ca 09a	Ca 09b	Ca 11	Ca 13	Ca 14
Mineral	Maciço	Cantareira	Cantareira	Cantareira	Cantareira	Taipas
	Tipo	Bi c/ ti	Monzogranito	Bi c/ ti	Bi c/ ti	Bi c/ ti
1. FK	Mimerquita ¹	x		x	x	comum
	Pertita ¹	x	x	x	x	x
	zonada					
	tipo	filamentosa	fil. a veios	filamentosa	fil. a veios	fil. a veios
	Gemininação grade	x	x	x	x	x
	Dobras ¹	x		x		x
	Mosalco ²	x		x		
	Alteração ¹		em parte			
	zonada					
	Subgrãos ²					
2. Pl	Gemininação Carlsbad	x			x	
	Gemininação albíta	x	x	x	x	x
	tipo ²	finas	finas a média	finas	finas	finas
	Borda albíta ¹	x		x	x	x
	Dobras ²	x		x	x	x
	Subgrãos ²					
	Alteração ¹	incipiente	incipiente	incipiente	incipiente	incipiente
	zonada	x		x	x	x
3. Qtzo	Extinção ondulante ¹	x	x	x	x	x
	Subgrãos ²	x		x	x	
	limites					
	Inclusões fluidas	x	x	x	x	x
	em fraturas					
	Mosalcos ²	x				x
5. Blo	limites					
	Zonalidade					
	Secundária ¹	?	?	?	?	?
	Inclusões			ti, ap, zi, op	ti, ap, zi, op	ti, ap, zi, op
	Dobras ²			x	x	x
	tipo					
	Fratura ²			x	x	
6. Acess.	Alteração ¹				x	incipiente
	Titanita primária	x		x	x	x
	Titanita secundária ¹	?		?	?	?
	em:					
	Granada					
	Muscovita primária		?			
	dobrada ²		x			
	Allanita			rara	rara	
7. Opacos	Epidoto	x	raro	raro	x	x
	Turmalina					
	Primários	?	x	x	x	x
	Isolados		x	x	x	x
	Inclusões em:	ti		ti, bi	ti, bi, fk	ti, bi
	Secundários ¹	?	?	?	?	?
Pontos	tamanhos	variados	variados	variados	variados	variados
	orientação					
Pontos	1.Recrystal.- alteração	6	4	6	6	7
	2.Deformação	5	2	6	5	4

Obs.: x: indica presença da feição. **Recristalização - alteração:** recristalização com alteração passiva (*sobrescrito 1*); **deformação:** deformação, com ou sem sinais de recristalização (*sobrescrito 2*). **Subgrãos:** presença de áreas de orientação óptica diferente, com preservação do contorno do grão maior original. As palavras em *itálico* são subitens da feição mencionada (e.g., no FK, *tipo* e *zonada* refere-se à *Pertita*, etc.). **Pontos:** indicação qualitativa do grau de recristalização-alteração e deformação). **bl, op, zi, ti, ap, hb, pl, fk, ep:** respectivamente, biotita, opacos, zircão, titanita, apatita, hornblenda, plagioclásio, feldspato potássico e epidoto.

Tabela 6. Características petrográficas e mineralógicas dos granitóides do batólito Cantareira e do maciço Taipas, SP

Classificação		Biotita monzogranito porfirítico c/ titanita (Taipas)				Tonalito (Taipas)	Biotita monzogranito inequigranular a porfirítico c/ titanita (Cantareira)				Monzogranito (Cantareira)
Amostras		Ca 01	Ca 02	Ca 14	Ca 04	Ca 05	Ca 09a	Ca 11	Ca 13	Ca 09b	
Moda	Feldspato potássico	24	31	27	03	28	32	32	28	21	
	Plagioclásio	39	35	39	49	41	38	37	41	38	
	Quartzo	24	23	24	48	21	23	26	25	41	
	Máficos	13	11	10		10	7	5	6		
Proporção de minerais félsicos	Feldspato potássico	27,6	34,8	30	03	31,2	34,4	33,7	29,8	21	
	Plagioclásio	44,8	39,3	43,3	49	45,5	40,9	38,9	43,6	38	
Teor médio de An	Quartzo	27,6	25,9	26,7	48	23,3	24,7	27,4	26,6	41	
		20	23	21	21	21	22	20	20	22-23	
Minerais máficos ^M e acessórios	Hornblenda	tr									
	Biotita	12	10	10	tr	10	7	5	6	tr	
	Muscovita*										
	Zircão	tr	tr	tr		tr	tr	tr	tr		
	Apatita	x	x	x		x	x	tr	x		
	Titanita	X	X	x		x	x	x	x		
	Allanita	tr	tr				tr				
	Monazita										
	Epidoto*	tr	tr	tr		x	tr	tr	tr		
	Turmalina	tr									
Minerais opacos	Magnetita	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Ilmenita	tr ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	tr ^(H)	x ^(H)	x ^(H)	x ^(H)		
	Hematita*	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr		
	Pirita	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	
	Calcopirita									tr	
Minerais de alteração	Sericita	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Muscovita**									x	
	Clorita	x	x	x		x			x	x	
	Carbonato										
	Epidoto**	x	x	x		x	x	x	x	x	
	Hematita**							x			
	Goethita								x		

Observação: * mineral possivelmente primário, ** mineral secundário ou de alteração, X: mineral acessório com frequência ~1-2%, x: mineral acessório ou opaco com frequência < ou próxima a 1% e presença de minerais de alteração, tr: traços, mineralogia acessória ou opaca pouco frequente. ^M: moda contada em lâmina, ^(H): presença de lamelas de hematita, ^(l): presença de lamelas de ilmenita.

4. SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

Os granitos cálcio-alcálinos, correlatos aos do tipo I de Chappel & White (1974), são rochas nas quais a magnetita é tipicamente o mineral opaco principal: são os granitos à magnetita de Ishihara (e.g., Ishihara, 1977, 1981). Estas rochas, quando frescas, deveriam portanto mostrar valores medidos de k relativamente altos. Os granitos com ilmenita, equivalentes aos granitos reduzidos do tipo S dos autores citados, seriam identificados por valores menores de k ; pirrotita, com k altos, é mineral pouco frequente nestas rochas. Muitos dos granitos cálcio-alcálinos do embasamento de São Paulo são caracterizados como regiões de baixa resposta em mapas magnetométricos, sugestiva de uma deficiência em magnetita nas rochas. A causa para tal deficiência deve estar relacionada com um possível ambiente redutor, impedindo as magnetitas de cristalizar nos magmas originais (seja por controles físico-químicos durante a cristalização, seja por conversões pós-magmáticas, ainda em temperaturas elevadas) ou, alternativamente, por alteração em baixas temperaturas e sob condições oxidantes, forçando com isto a passagem de magnetita para hematita, goethita, etc.

Os valores medidos de susceptibilidade magnética mostram relação com os tipos petrográficos e suas respectivas fases opacas (ver dados, Tabela 7). Os dados mostram uma certa linearidade, no que se refere a quantidade do mineral magnetita *versus* susceptibilidade magnética; algumas rochas (por ex., PD 95 e PD 39) apresentam valores de susceptibilidade magnética inferiores ao esperado, em função da quantidade de grãos de magnetita presentes na amostra. As causas para esta disparidade podem ser variadas: uma incipiente conversão de magnetita em hematita, ainda não visível nas observações de luz refletida; tamanhos dos grãos da fase magnética: grãos menores registram valores menores de susceptibilidade; finalmente, tamanho da própria amostra de rocha, não se registrando nesse caso os mesmos valores que apareceriam para amostras maiores, ou em medições no afloramento. As facies mais peraluminosas representadas pelos muscovita-biotita granitos de Piedade (ilmenita $\pm$ magnetita) mostram, no quadro geral, os menores valores médios, com k em torno de 4.7×10^{-3} unidades SI, parecidos aos valores apresentados pelos biotita granitos (sem titanita, ilmenita $\sim$ magnetita: 4.8×10^{-3} SI). Já os biotita granitos com titanita (ilmenita $\approx$ magnetita), de características cálcio-alcálinas, mostram valores maiores de k em torno de 8.4×10^{-3} unidades SI. As rochas mais francamente cálcio-alcálinas, representadas pelos hornblenda-biotita granitóides de Ibiúna, com magnetita $\pm$ ilmenita, apresentam os maiores valores médios de k da ordem de 9.9×10^{-3} unidades SI).

Nos granitos dos maciços Taipas e Cantareira ocorrem valores médios de k em torno de 8 e 12 ($\times 10^{-3}$ unidades SI), respectivamente. Estas rochas são cálcio-alcálinas, até

porque as amostras de Taipas mostram frequentemente restos de hornblenda, mas os seus valores de k são mais elevados que os dos granitóides de Piedade com mineralogia equivalente; evidentemente, a diferença deve-se à maior abundância de magnetita.

Trabalhos semelhantes também estão sendo desenvolvidos no Brasil, com a finalidade precípua de utilizar medições de susceptibilidades de rochas granitóides para identificação de linhagens petrogenéticas e metalogenéticas e de sua história de colocação (e.g., Correia, 1994; Magalhães & Dall'Agnol, 1992).

Os valores encontrados para as rochas de Taipas e Cantareira são muito próximos aos medidos por Correia (1994) para todo o Granitóide Itaqui, vizinho aos dois maciços citados e também inserido no Domínio São Roque (ver localização no Anexo 3); o valor médio de k registrado para Itaqui é de 11.3×10^{-3} unidades SI).

Estudos de minerais opacos e susceptibilidade magnética realizados nos granitos Musa e Jamom (região de Rio Maria, SE do Pará) por Magalhães & Dall'Agnol (1992) mostram uma correlação com os resultados obtidos nos granitóides do batólito Agudos Grandes. Os granitóides do Pará, especialmente os do Granito Musa, são divididos em três populações em função da resposta da susceptibilidade magnética: população C, majoritariamente de granitóides cálcio-alcálicos, com anfibólio e biotita (k entre $32,1$ e $17,9 \times 10^{-3}$ SI); população B, constituída de anfibólio e biotita granitóides, em parte também apresentando leuco-granitos (k entre $11,5$ e $7,1 \times 10^{-3}$ SI); finalmente, população A, majoritariamente composta de leucogranitos (k entre $7,0$ e $1,2 \times 10^{-3}$ SI). As descrições petrográficas dos autores mencionados não permitem uma comparação direta, tipo por tipo, com os granitóides Piedade-Ibiúna, mas em geral é observado que as rochas mais cálcio-alcálicas (e menos evoluídas) do Granito Musa apresentam os maiores valores de k ; tipicamente, eles são bastante mais elevados que os encontrados no presente estudo sobre Ibiúna-Piedade e Cantareira-Taipas. Os granitos mais evoluídos presentes no maciço Musa não são inteiramente peraluminosos (titanita, por exemplo, parece estar presente em todas as amostras, inexistindo muscovita), mas mostram uma redução sistemática e significativa nos valores de susceptibilidade. A tendência é similar à detectada em Piedade-Ibiúna: decréscimo no valor de k com a diferenciação magmática (Granito Musa: k maiores em fácies com anfibólio $\rightarrow k$ intermediários em fácies com biotita $\rightarrow k$ menores nos leucogranitos).

Os dados indicados de susceptibilidade são, em geral, compatíveis com as conclusões apresentadas em Ferreira *et al* (1991), que analisam registros aeromagnetométricos do Projeto Aerogeofísico São Paulo - Rio de Janeiro. Estes autores mostram que são altas as respostas magnéticas, e portanto também as respectivas susceptibilidades magnéticas, para o conjunto de granitóides da região de Piedade-Ibiúna-Tapiraí (Domínio Embu), e para a parte SW do maciço Cantareira (Domínio S. Roque).

Tabela 7. Dados de susceptibilidade magnética (10^{-3} unidades SI), estimativa do volume de magnetita, quantidade e tamanhos de grãos de minerais opacos

			Granitóides Ibiúna							
Classificação			Hornblenda-biotita granitóides com titanita							
Amostras			PD 01	PD 39	PD 95	PD 235	PD 505	PD 506	PD 526	
Susceptibilidade Magnética Média	Modo Pin		8.29	10.43	5.29	9.17	9.00	12.55	14.60	
	Modo No-Pin		9.84	12.60	7.27	11.60	9.63	12.9	18.2	
% estimada do volume de magnetita *			0.67	1.04	0.87	0.74	0.48	0.78	0.95	
Minerais Opacos **	Magnetita***	P	204	562	171	365	105	153	332	
		M	28	58	51	32	28	35	30	
		G	23	15	30	16	16	31	34	
	Ilmenita***	P	65	106	11	64	2	50	39	
		M	0	21	1	4	0	0	0	
		G	0	8	0	1	0	0	0	
	Pirita***			0	50	22	21	16	0	0
	Total de grãos			320	820	286	503	167	269	435

			Granitóides Piedade								
Classificação			Biotita granitóides com titanita			Biotita granitóides			Muscovita-biotita granitóides		
Amostras			PD 140	PD 438	PD 474	PD 71	PD 414	PD 498	PD 17	PD 410	PD 462
Susceptibilidade Magnética Média	Modo Pin		8.93	7.16	9.24	6.45	7.45	0.78	0.12	5.77	8.34
	Modo No-Pin		11.00	8.63	10.30	7.73	8.84	0.77	0.00	6.26	9.21
% estimada do volume de magnetita *			0.58	0.54	0.74	0.30	0.62	0.06	0.14	0.17	0.26
Minerais Opacos **	Magnetita***	P	123	135	265	133	65	41	75	84	55
		M	28	33	34	17	19	4	1	12	20
		G	22	16	22	6	32	0	5	2	7
	Ilmenita***	P	157	59	0	202	117	109	78	160	155
		M	9	1	0	24	27	9	2	2	23
		G	2	0	0	17	15	5	5	1	5
	Pirita***		0	27	61	5	8	4	44	3	35
	Total de grãos		341	271	382	404	283	172	210	264	300

			Cantareira				Taipas			
Classificação			Biotita granitóides				Aplito	Aplito	Biotita granitóides	
Amostras			Ca 05	Ca 09	Ca 11	Ca 13	Ca 04	Ca 09	Ca 01	Ca 02
Susceptibilidade Magnética Média	Modo Pin		12.35	5.34	17.2	15.5	2.20	1.07	4.6	11.65
	Modo No-Pin		15.40	9.93	20.0	20.6	2.70	1.17	5.58	13.6

Obs.: * o volume de magnetita foi estimado a partir do "tamanho" e quantidade de grãos de magnetita contados em lâmina (dados na mesma tabela). ** os dados referem-se à quantidade de grãos de minerais opacos contados em seções delgadas polidas, e são uma medida apenas aproximada das relações de abundância das fases opacas (área medida da ordem de $8,75 \text{ cm}^2$ em todas as lâminas). *** tamanhos correspondentes dos grãos: P, pequeno ($<0,1$ a $0,25 \text{ mm}$); M, médio ($> 0,25$ a $0,45 \text{ mm}$) e G, grande ($> 0,45 \text{ mm}$); para pirita os tamanhos são bastante variados.

5. QUÍMICA MINERAL

As análises químicas dos minerais opacos e máficos foram realizadas com microsonda eletrônica, buscando-se compor um quadro da variabilidade química desses minerais para os diferentes tipos de rocha.

Os resultados (proporções em peso dos óxidos componentes e proporções catiônicas) aparecem lançados nas Tabelas 8 (anfibólio), 9 (muscovita), 10 (biotitas), 11 (magnetitas), 12 e 13 (respectivamente ilmenitas e hematitas, como grãos isolados e como lamelas). Os óxidos foram analisados três vezes, mas as proporções em peso, incluindo FeO e Fe₂O₃ recalculados, fecham em torno de 96-98; é possível que este fechamento pouco satisfatório seja devido, em parte, ao início de alteração intempérica e oxidação das fases primárias (para hematita, goethita, etc.), não detectado na observação em luz refletida e, em parte, à presença de lamelas de pequena dimensão.

Estas tabelas apresentam um panorama geral das composições destes minerais, permitindo adiantar algumas interpretações gerais.

A **hornblenda** foi analisada apenas na amostra PD 526 (maciço Piedade). Trata-se de um anfibólio rico em Al e com teores moderados de Fe; nas classificações catiônicas, as análises químicas da Tabela 8 aparecem lançadas no grupo dos anfibólios cálcicos, campos da edenita (membro extremo: NaCa₂Mg₅Si₇O₂₂(OH)₂) e da edenita silícica (ver Figura 5).

A única **muscovita** analisada é a do maciço Piedade (PD 410, com muscovita e biotita). Apresenta-se com teores menores a moderados de Mg e Fe, sem mostrar zonalidade (ver Figura 6).

As **biotitas** presentes em todas as amostras foram analisadas para definir uma possível variação química no conjunto das granitóides estudados. Os dados mostrados na Tabela 10 levam à algumas conclusões gerais:

- a) as biotitas analisadas não parecem estar zonadas, já que as variações composicionais entre núcleo e borda não são muito marcadas, e na maioria das vezes podem ser explicadas em termos de erros nas determinações; apenas as variações encontradas nos teores de Mg e Fe (e.g., na amostra PD 410, Piedade, com biotita e muscovita) parecem mostrar um pequeno aumento nos teores de Mg nas bordas;
- b) na série de granitóides de Ibiúna-Piedade, ocorrem variações pequenas nos teores de Al_{IV} (tetraédrico), passando de 2,33 (Ibiúna, com hornblenda) para 2,50-2,54 (Piedade, com muscovita e biotita), mas que estabelecem uma tendência perfeitamente visível: as últimas, por exemplo, estão enriquecidas no componente siderofilita (Figura 7); da mesma maneira, as variações de Ti são de ~0,20 (Ibiúna) até ~0,28-0,30 (Piedade, com biotita e com muscovita-biotita; Figura 8);

- c) os teores de K são constantes (da ordem de 1,86 até 1,91-1,93 por fórmula), por tratar-se de biotitas pobres em Na;
- d) estas biotitas são pobres em Ba, Mn e Cr;
- e) as variações nos teores de Fe e Mg registram as mudanças petrográficas de forma mais marcada, passando-se de Fe= 1,91-1,99 (Ibiúna, com hornblenda; #mg ~0.61) até 2,55-2,67 (Piedade, com biotita e muscovita; #mg ~0.46) (ver Figura 7, mostrando a relação *fe*, inversa da *mg*; também a Figura 9);
- f) as biotitas dos granitóides analisados dos maciços Taipas e Cantareira são, em geral, similares às já citadas de Ibiúna e Piedade, mostrando entretanto padrão específico nos teores de Mg e Fe: as do granito Taipas são semelhantes às encontradas nos granitóides com muscovita e biotita de Piedade (e.g., relativamente mais ricas em Fe; #mg ~0.46), enquanto que as do granito porfíritico Cantareira mostram teores algo menores do elemento (Fe = 2,21-2,39; #mg ~0.53).

As **magnetitas** analisadas são praticamente puras, com teores de Fe_3O_4 maiores que 96%, mostrando ainda conteúdos de TiO_2 menores que 1%, e escassos MnO e Cr_2O_3 ; faltam quase por completo NiO e MgO. Na literatura, magnetitas com esta composição, perto do “end member”, são tipicamente caracterizadas como fases oxidadas secundárias (e.g., Ague & Brimhall, 1988, e literatura ali citada).

As **ilmenitas** mostram variações composicionais mais significativas, principalmente nos teores de MnO (de ~0,80 até > 6%). Os grãos isolados apresentam variações nos teores do “end member” *ilmenita*, $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$, muito marcadas, e zonalidade por vezes proeminente (e.g., amostra PD 140, de *ilmenita* 97%, no centro, até 86%, na borda; Figura 10); outra vez, trata-se de grãos recristalizados por exsolução, que não refletem a composição primária da ilmenita diretamente cristalizada do magma. As lamelas de ilmenita, como era de esperar, mostram-se enriquecidas na molécula *ilmenita* (e.g., 95-96%, amostra Ca 02; Figura 10).

As **hematitas** que aparecem como lamelas apresentam-se com teores variáveis do “end member” *hematita* Fe_2O_3 : ora enriquecido (e.g., amostra PD 01, lamelas em magnetita: > 99% *hematita*), ora com valores significativos do componente *ilmenita* (PD 71, lamelas em ilmenita: > 70% *hematita*, ~30% *ilmenita*; Figura 10). A hematita que é encontrada inclusa em titanita aparece também com teores variáveis do componente *hematita* (altos, > 97%, na amostra Ca 02; moderados, > 62-66%, na amostra PD 01).

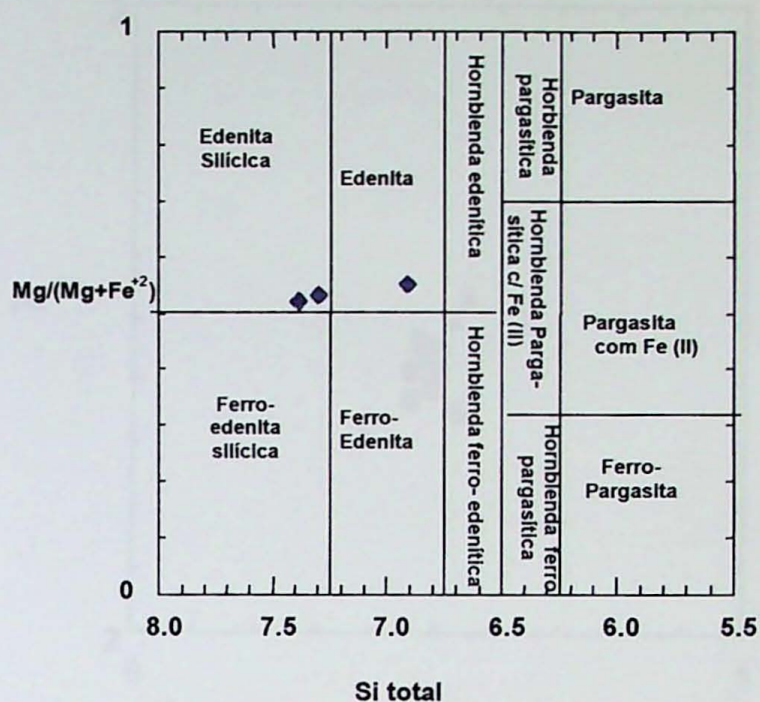


Figura 5 – Classificação do anfibólio cálcico, amostra PD 01 (hornblenda-biotita granitóide do maciço Ibiúna); $(Na+K)_A \geq 0.5$; $Ti < 0.5$ e $Fe^{3+} < Al^{VI}$ (de acordo Leake, tradução Garda & Atencio, 1991). Dados na Tabela 8.

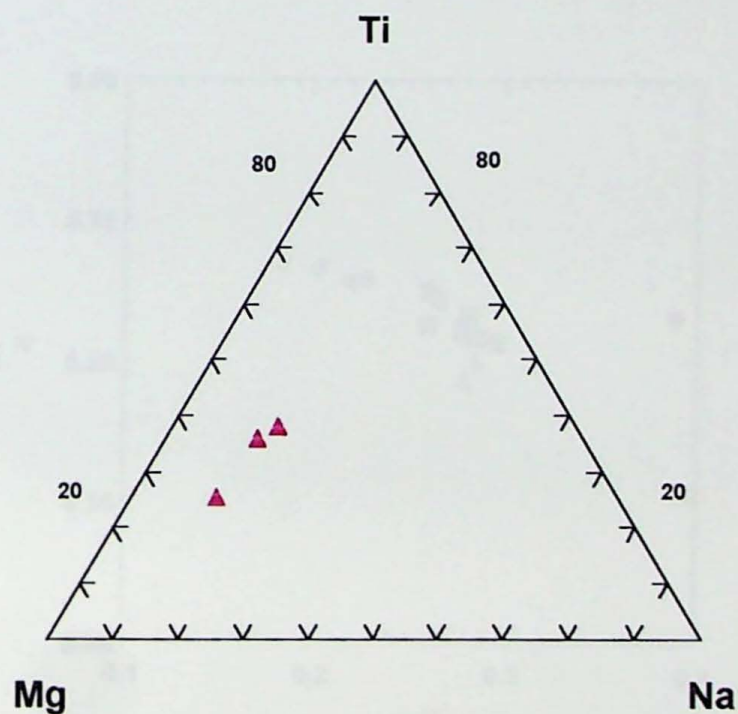


Figura 6 – Composição da muscovita da amostra PD 410 (muscovita-biotita granitóide do maciço Piedade) no diagrama catiônico Mg-Ti-Na. Dados na Tabela 9.

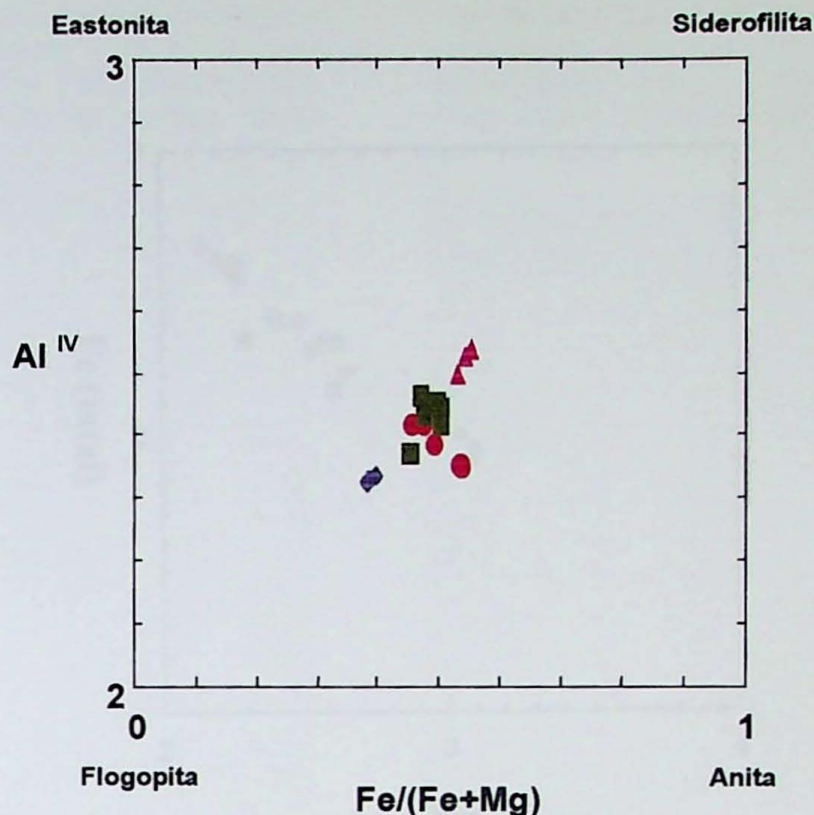


Figura 7 – Composição das biotitas no diagrama com Al^{IV} e $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$. Círculos em vermelho: biotita granitóides (amostras Ca 02 e Ca13, respectivamente maciços Taipas e Cantareira); losângos em azul: hornblenda-biotita granitóides (amostra PD 01, maciço Ibiúna); quadrados em verde: biotita granitóides com ou sem titanita (amostras PD 140 e PD 71, maciço Piedade); triângulos em rosa: muscovita-biotita granitóides (amostra PD 410, maciço Piedade). Dados na Tabela 10.

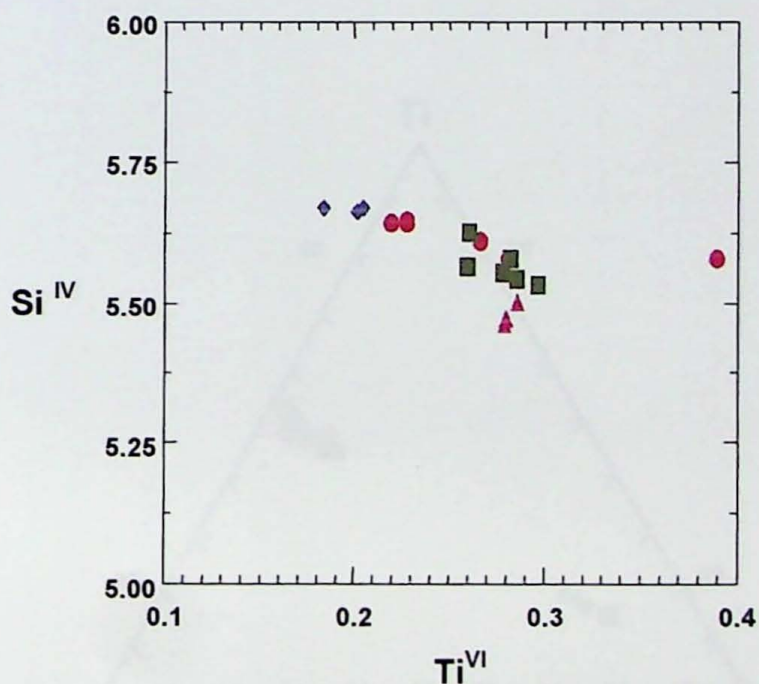


Figura 8 – Relação entre as proporções catiônicas de Ti^{VI} e Si^{IV} das biotitas analisadas. Ver símbolos na Figura 7. Dados na Tabela 10.

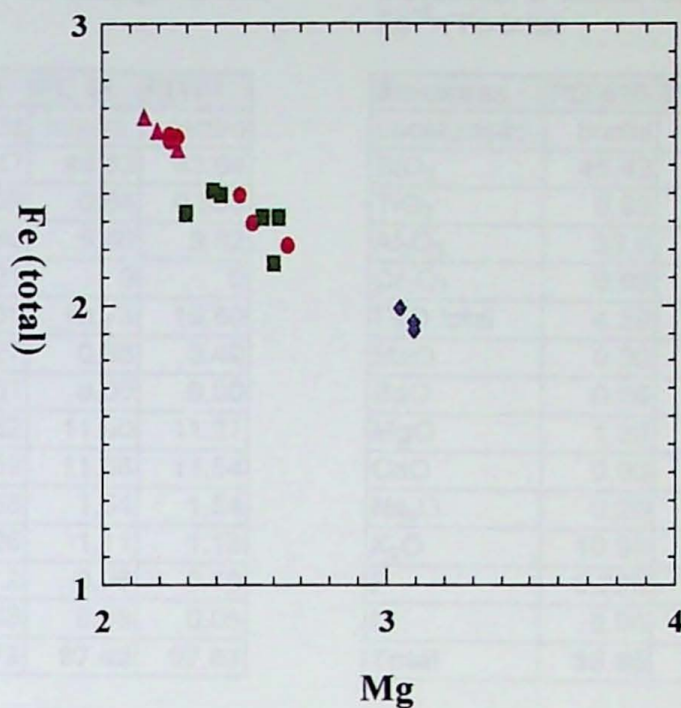


Figura 9 – Relação entre as proporções catiônicas de Mg e Fe(total) das biotitas analisadas. Ver símbolos na Figura 7. Dados na Tabela 10.

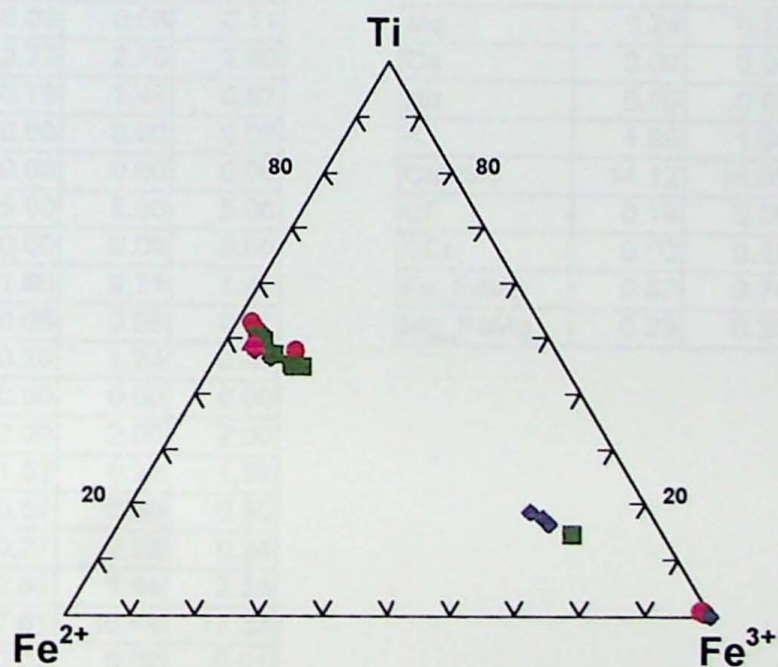


Figura 10– Diagrama das proporções catiônicas entre Ti, Fe²⁺ e Fe³⁺ de ilmenitas e hematitas analisadas. Ver símbolos na Figura 7. Dados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 8 - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 23) para hornblendas dos granitóides com hornblenda e biotita do maciço Ibiúna; Fe⁺² = Fe total.

Amostras	PD 01	PD 01	PD 01
Localização	borda	interm.	centro
SiO ₂	43.47	44.33	43.94
TiO ₂	0.69	0.64	0.858
Al ₂ O ₃	10.30	9.40	9.82
Cr ₂ O ₃	0.01	0	0
FeO total	17.31	16.73	16.80
MnO	0.427	0.36	0.49
BaO	0.01	0.00	0.00
MgO	10.82	11.50	11.27
CaO	11.59	11.58	11.54
Na ₂ O	1.58	1.64	1.54
K ₂ O	1.26	1.11	1.13
F	0.2	0.06	0.19
Cl	0.08	0.05	0.05
Total	97.75	97.42	97.63

O_F_Cl	0.10	0.04	0.09
O_F	0.08	0.02	0.08
O_Cl	0.02	0.01	0.01
CTotal	97.65	97.38	97.54
TSi	7.35	6.99	7.31
TAI	0.65	1.02	0.69
TTi	0.00	0.00	0.00
Soma_T	8.00	8.00	8.00
CAI	1.40	0.73	1.23
CCr	0.00	0.00	0.00
CTi	0.09	0.08	0.11
CMg	2.73	2.70	2.80
CFe ⁺²	0.78	1.49	0.87
CMn	0.00	0.00	0.00
CCa	0.00	0.00	0.00
Soma_C	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00
BFe ⁺²	1.66	0.71	1.47
BMn	0.06	0.05	0.07
BCa	0.28	1.24	0.46
BNa	0.00	0.00	0.00
Soma_B	2.00	2.00	2.00
ACa	1.82	0.72	1.59
ANa	0.52	0.50	0.50
AK	0.27	0.22	0.24
Soma_A	2.61	1.44	2.33
Soma_cátions	17.61	16.44	17.33
CCI	0.02	0.02	0.01
CF	0.11	0.03	0.10
Soma_óxidos	25.68	24.02	25.34

Tabela 9 - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 22) para muscovitas dos granitóides com muscovita e biotita do maciço Piedade; Fe⁺² = Fe total.

Amostras	PD 410	PD 410	PD 410
Localização	borda	interm.	centro
SiO ₂	45.42	45.45	45.18
TiO ₂	0.99	1.70	1.57
Al ₂ O ₃	32.4	32.41	31.77
Cr ₂ O ₃	0.03	0.05	0.02
FeO total	4.39	4.29	4.35
MnO	0.00	0.00	0.00
BaO	0.04	0.01	0.16
MgO	1.20	1.02	1.09
CaO	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.20	0.28	0.24
K ₂ O	10.94	10.81	10.77
F	0.226	0.074	0.127
Cl	0.00	0.01	0.00
Total	95.85	96.11	95.3

O_F_Cl	0.10	0.03	0.05
CTotal	95.75	96.08	95.25
Si	6.16	6.13	6.16
Al ^{IV}	1.84	1.87	1.84
Soma_T	8.00	8.00	8.00
Al ^{VI}	3.33	3.28	3.26
Ti	0.10	0.17	0.16
Fe ⁺²	0.50	0.48	0.50
Cr	0.00	0.01	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00
Mg	0.24	0.20	0.22
Ca	0.00	0.00	0.00
Na	0.05	0.07	0.06
K	1.89	1.86	1.87
Cátions	14.12	14.08	14.08
CF	0.19	0.06	0.11
CCI	0.00	0.00	0.00
Fe_FeMg	0.67	0.70	0.69
Mg_FeMg	0.33	0.30	0.31

Tabela 10 - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 22) para biotita de amostras representativas dos principais tipos granitóides estudados no presente trabalho; Fe⁺² = Fe total; n..d = não determinado.

Amostras	Ca 02	Ca 02	Ca 02	Ca 13	Ca 13	Ca 13	PD 01	PD 01	PD 01
Maciço	Taipas			Cantareira			Ibiúna		
Localização	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro
SiO ₂	36.86	36.95	37.03	36.97	37.03	37.08	37.90	38.03	38.01
TiO ₂	1.90	1.97	1.98	2.33	2.47	3.44	1.79	1.83	1.64
Al ₂ O ₃	16.25	16.35	16.23	16.26	16.63	15.96	16.10	16.01	16.17
Cr ₂ O ₃	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.03	0.07
FeO total	20.32	20.20	20.39	18.84	17.54	18.21	15.92	15.57	15.29
MnO	0.49	0.43	0.45	0.33	0.42	0.41	0.33	0.24	0.30
BaO	0.06	0.15	0.11	n.d.	0.06	0.27	0.00	0.16	0.16
MgO	9.82	9.82	9.97	10.97	11.81	11.29	13.66	13.93	13.92
CaO	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.05	0.04	0.03	0.04	0.01	0.03	0.06	0.07	0.07
K ₂ O	9.65	9.54	9.62	9.79	9.50	9.57	9.76	9.81	9.95
F	0.62	0.48	0.58	0.65	0.49	0.38	0.37	0.50	0.49
Cl	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.07	0.08	0.06
Total	96.06	95.97	96.42	96.24	95.97	96.67	96.00	96.26	96.13

O_F_Cl	0.26	0.20	0.25	0.28	0.21	0.16	0.17	0.23	0.22
CTotal	95.80	95.77	96.17	95.96	95.76	96.51	95.83	96.03	95.91
Si	5.65	5.65	5.65	5.61	5.58	5.58	5.66	5.67	5.67
Al ^{IV}	2.35	2.35	2.35	2.39	2.42	2.42	2.34	2.33	2.33
Al ^{VI}	0.58	0.59	0.56	0.52	0.53	0.41	0.50	0.48	0.51
Ti	0.22	0.23	0.23	0.27	0.28	0.39	0.20	0.21	0.18
Fe ⁺²	2.60	2.58	2.60	2.39	2.21	2.29	1.99	1.94	1.91
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Mn	0.06	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04
Ba	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01
Mg	2.24	2.24	2.27	2.48	2.66	2.53	3.04	3.10	3.10
Ca	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02
K	1.89	1.86	1.87	1.90	1.83	1.84	1.86	1.87	1.89
Cátions	15.61	15.58	15.60	15.62	15.57	15.54	15.65	15.66	15.67
CF	0.61	0.46	0.56	0.62	0.47	0.36	0.35	0.47	0.46
CCl	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.04	0.04	0.03
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Fe_FeMg	0.54	0.54	0.53	0.49	0.45	0.48	0.40	0.39	0.38
Mg_FeMg	0.46	0.46	0.47	0.51	0.55	0.52	0.60	0.61	0.62

Tabela 10 (Cont.) - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 22) para biotita de amostras representativas dos principais tipos granitóides estudados no presente trabalho; Fe⁺² = Fe total; n.d = não determinado.

Amostras	PD 140	PD 140	PD 140	PD 410	PD 410	PD 410	PD 71	PD 71	PD 71
Maciço	Piedade (c/ bi e ti)			Piedade (c/ mu e bi)			Piedade (c/ bi)		
Localização	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro
SiO ₂	37.51	36.86	36.41	36.11	35.64	35.56	36.38	36.68	36.90
TiO ₂	2.30	2.28	2.59	2.49	2.42	2.41	2.49	2.44	2.48
Al ₂ O ₃	16.86	16.80	16.45	17.08	17.21	17.24	16.77	17.01	17.44
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03	0.03	0.06	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02
FeOtotal	17.09	18.31	18.17	20.03	20.42	20.79	18.78	19.01	18.40
MnO	0.25	0.26	0.24	0.22	0.21	0.20	0.21	0.15	0.21
BaO	0.11	0.16	0.09	0.14	0.12	0.15	0.19	0.02	n.d
MgO	11.64	11.40	11.55	9.97	9.58	9.39	10.65	10.57	10.17
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
Na ₂ O	0.08	0.04	0.04	0.05	0.04	0.08	0.03	0.05	0.06
K ₂ O	9.98	9.68	9.72	9.75	9.79	9.83	9.64	9.87	9.84
F	1.01	0.71	0.83	0.59	0.70	0.54	0.79	0.78	0.88
Cl	0.06	0.06	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.13
Total	96.91	96.58	96.20	96.55	96.18	96.26	96.10	96.62	96.51

O_F_Cl	0.44	0.31	0.37	0.26	0.31	0.24	0.34	0.34	0.40
CTotal	96.47	96.27	95.83	96.29	95.87	96.02	95.76	96.28	96.11
Si	5.63	5.57	5.54	5.50	5.47	5.46	5.55	5.56	5.58
Al ^{IV}	2.37	2.43	2.47	2.50	2.53	2.54	2.45	2.44	2.42
Al ^{VI}	0.61	0.55	0.48	0.57	0.59	0.58	0.56	0.59	0.69
Ti	0.26	0.26	0.30	0.29	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28
Fe ⁺²	2.14	2.31	2.31	2.55	2.62	2.67	2.39	2.41	2.33
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
Ba	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Mg	2.60	2.57	2.62	2.27	2.19	2.15	2.42	2.39	2.29
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Na	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
K	1.91	1.87	1.89	1.90	1.92	1.93	1.87	1.91	1.90
Cátions	15.59	15.61	15.64	15.63	15.65	15.67	15.60	15.61	15.54
CF	0.95	0.67	0.80	0.57	0.68	0.52	0.76	0.75	0.84
CCl	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.07
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_FeMg	0.45	0.47	0.47	0.53	0.54	0.55	0.50	0.50	0.50
Mg_FeMg	0.55	0.53	0.53	0.47	0.46	0.45	0.50	0.50	0.50

Tabela 11 - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 32) para magnetita de amostras representativas dos principais tipos granitóides estudados no presente trabalho; n.d.= não determinado.

Amostras	Ca 02	Ca 02	Ca 02	Ca 13	Ca 13	Ca 13	PD 01	PD 01	PD 01
Maciço	Taipas			Cantareira			Ibiúna		
Localização	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro
SiO ₂	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.05	0.03	0.02	0.00
Al ₂ O ₃	0.09	0.13	0.06	0.23	0.07	0.07	0.07	0.05	0.10
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04	0.00	0.04	0.27	0.41
TiO ₂	0.06	0.04	0.04	0.00	0.03	0.04	0.06	0.07	0.01
FeOI	91.18	91.02	91.16	89.73	90.21	91.07	90.89	90.23	90.19
FeO	30.38	30.45	30.36	30.04	30.04	30.46	30.48	30.20	30.16
Fe ₂ O ₃	67.55	67.29	67.55	66.33	66.86	67.34	67.13	66.70	66.70
MnO	0.13	0.12	0.13	0.00	0.07	0.05	0.10	0.13	0.11
NiO	0.00	0.01	0.04	0.04	0.00	0.01	n.d	0.02	0.07
MgO	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01
Total	98.26	98.10	98.22	96.75	97.15	98.01	97.93	97.48	97.57

Si	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
Al	0.04	0.06	0.03	0.11	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05
Ti	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.09	0.14
Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	21.19	21.17	21.20	21.14	21.22	21.22	21.19	21.12	21.08
Mn	0.05	0.04	0.05	0.00	0.03	0.02	0.04	0.05	0.04
Mg	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Ni	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Cátions	21.32	21.32	21.33	21.31	21.32	21.31	21.32	21.32	21.33
Fe ⁺³	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
Al ⁺³	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ⁺³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
XFe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XMg	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
PMSiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMTiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMAI ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMCr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMFeOI	1.27	1.27	1.27	1.25	1.26	1.27	1.27	1.26	1.26
PMFeO	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
PMFe ₂ O ₃	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
PMMnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMMgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMNiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soma1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
DIFFeO	1.27	1.26	1.27	1.25	1.26	1.27	1.26	1.25	1.25

Tabela 11 (Cont.) - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 32) para magnetita de amostras representativas dos principais tipos granitóides estudados no presente trabalho.

Amostras	PD 140	PD 140	PD 140	PD 410	PD 410	PD 410	PD 71	PD 71	PD 71
Maciço	Piedade (c/ bi e ti)			Piedade (c/ mu e bi)			Piedade (c/ bi)		
Localização	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro
SiO ₂	0.02	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03	0.04	0.01	0.04
Al ₂ O ₃	0.03	0.05	0.09	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04
Cr ₂ O ₃	0.45	0.23	0.21	0.04	0.00	0.07	0.00	0.03	0.01
TiO ₂	0.49	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.06	0.00	0.04
FeOI	90.17	91.73	91.04	90.13	91.39	89.81	91.65	90.68	89.83
FeO	30.71	30.70	30.53	30.00	30.54	30.11	30.71	30.22	30.03
Fe ₂ O ₃	66.06	67.82	67.23	66.81	67.61	66.33	67.71	67.18	66.44
MnO	0.06	0.06	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01	0.05
NiO	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
MgO	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03
Total	97.83	98.90	98.17	96.95	98.29	96.66	98.58	97.51	96.68

Si	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
Al	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Ti	0.16	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01
Cr	0.15	0.08	0.07	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	20.91	21.18	21.16	21.26	21.25	21.23	21.24	21.27	21.23
Mn	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02
Mg	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
Ni	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Cátions	21.27	21.32	21.31	21.32	21.30	21.31	21.30	21.32	21.31
Fe ⁺³	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Al ⁺³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ⁺³	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XFe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XMg	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
PMSiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMTiO ₂	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMAI ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMCr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMFeOI	1.26	1.28	1.27	1.25	1.27	1.25	1.28	1.26	1.25
PMFeO	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.42	0.43	0.42	0.42
PMFe ₂ O ₃	0.41	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
PMMnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMMgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMNiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soma1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIFFeO	1.24	1.27	1.26	1.26	1.27	1.25	1.27	1.26	1.25

Tabela 12 - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 6) para ilmenita de amostras representativas dos principais tipos granitóides estudados no presente trabalho; n.d= não determinado.

Amostras	Ca 02	Ca 02	Ca 02	Ca 13	Ca 13	Ca 13	PD 01	PD 01	PD 01
Maciços	Taipas			Cantareira			Ibiúna		
Localização	lamela	lamela	lamela	borda	interm.	centro	lamela	lamela	lamela
SiO ₂	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.11	0.05	0.05
Al ₂ O ₃	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.02
Cr ₂ O ₃	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02
TiO ₂	48.64	48.68	48.67	45.73	50.30	50.24	47.47	46.48	48.09
FeO	41.13	43.81	42.39	44.67	39.92	40.45	46.33	47.90	44.69
FeO	37.65	39.37	38.15	34.63	37.94	38.15	41.39	40.16	40.38
Fe ₂ O ₃	3.87	4.92	4.71	11.15	2.20	2.55	5.48	8.59	4.78
MnO	5.97	4.17	5.37	6.07	7.04	6.72	0.78	1.36	2.68
NiO	0.00	0.01	0.04	n.d	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02
MgO	0.05	0.07	0.06	0.16	0.12	0.17	0.37	0.19	0.11
Total	96.22	97.28	97.02	97.76	97.64	97.89	95.67	96.86	96.15

Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Ti	1.92	1.90	1.91	1.78	1.96	1.95	1.88	1.83	1.90
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	1.65	1.71	1.66	1.50	1.64	1.65	1.83	1.76	1.78
Fe ⁺³	0.15	0.19	0.18	0.43	0.09	0.10	0.22	0.34	0.19
Mn	0.27	0.18	0.24	0.27	0.31	0.29	0.04	0.06	0.12
Mg	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cátions	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
PMSiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMTiO ₂	0.61	0.61	0.61	0.57	0.63	0.63	0.59	0.58	0.60
PMAl ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMCr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMFeO	0.52	0.55	0.53	0.48	0.53	0.53	0.58	0.56	0.56
PMFe ₂ O ₃	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.03	0.05	0.03
PMMnO	0.08	0.06	0.08	0.09	0.10	0.10	0.01	0.02	0.04
PMMgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
PMNiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soma MOL	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.65	0.63	0.64	0.63
RiiO	96.21	95.16	95.46	89.10	97.83	97.52	94.60	91.52	95.26
RiiiO ₃	3.79	4.84	4.55	10.90	2.17	2.48	5.40	8.48	4.74

Tabela 12 (Cont.) - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 6) para ilmenita de amostras representativas dos principais tipos granitóides estudados no presente trabalho.

Amostras	PD 140	PD 140	PD 140	PD 410	PD 410	PD 410	PD 71	PD 71	PD 71
Maciços	Piedade (c/ bi e ti)			Piedade (c/ mu e bi)			Piedade (c/ bi)		
Localização	borda	interm	centro	borda	interm.	centro	borda	interm.	centro
SiO ₂	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.04	0.01
Al ₂ O ₃	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01
Cr ₂ O ₃	0.07	0.00	0.05	0.05	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03
TiO ₂	44.91	48.62	49.23	48.90	49.13	49.26	47.11	45.21	44.55
FeO	48.88	44.29	43.48	46.02	44.87	45.52	47.38	48.52	48.79
Fe ₂ O ₃	36.43	39.16	39.59	41.24	41.24	41.46	39.52	37.65	37.29
MnO	13.81	5.69	4.32	5.30	4.03	4.51	8.73	12.06	12.77
MgO	3.87	4.24	4.45	2.58	2.75	2.77	2.78	2.89	2.62
NiO	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
MgO	0.05	0.10	0.06	0.07	0.08	0.08	0.03	0.09	0.07
Total	99.18	97.82	97.72	98.18	97.25	98.15	98.19	97.99	97.35

Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	1.73	1.89	1.92	1.90	1.92	1.91	1.83	1.76	1.75
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	1.56	1.69	1.71	1.78	1.79	1.79	1.71	1.63	1.63
Fe ⁺³	0.53	0.22	0.17	0.21	0.16	0.18	0.34	0.47	0.50
Mn	0.17	0.19	0.20	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12
Mg	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cátions	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
PMSiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMTiO ₂	0.56	0.61	0.62	0.61	0.62	0.62	0.59	0.57	0.56
PMAI ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMCr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMFeO	0.51	0.55	0.55	0.57	0.57	0.58	0.55	0.52	0.52
PMFe ₂ O ₃	0.09	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.08	0.08
PMMnO	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
PMMgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMNiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soma MOL	0.65	0.64	0.64	0.65	0.64	0.65	0.65	0.64	0.64
RiiO	86.75	94.41	95.80	94.88	96.09	95.67	91.47	88.18	87.46
RiiiO ₃	13.25	5.59	4.20	5.12	3.91	4.33	8.53	11.82	12.54

Tabela 13 - Composições químicas e proporções catiônicas (O = 6) para hematitas presentes como inclusões em titanita e/ou lamelas em magnetita (amostra PD 01*), pertencentes aos granitóides estudados; n.d = não determinado.

Amostras	Ca 02	Ca 02	Ca 02	PD 01	PD 01	PD 01	PD 01*	PD 01*	PD 01*	PD 71	PD 71	PD 71
Maciços	Taipas			Ibiúna			Ibiúna			Piedade		
Localização	inclusão	inclusão	inclusão	inclusão	inclusão	inclusão	lamela	lamela	lamela	lamela	lamela	lamela
SiO ₂	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01
Al ₂ O ₃	0.04	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.12	0.08	0.08	0.05	0.04	0.03
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.32	0.29	0.27	0.12	0.13	0.10
TiO ₂	1.02	0.87	0.63	16.92	18.51	16.29	0.14	0.08	0.05	14.55	14.58	14.54
FeO	89.20	90.04	90.11	71.98	72.24	73.28	86.80	88.97	88.87	75.24	75.43	75.26
Fe ₂ O ₃	0.86	0.72	0.50	14.87	16.24	14.37	0.14	0.07	-0.07	12.36	12.36	12.29
MnO	98.06	99.15	99.47	63.40	62.16	65.39	96.19	98.67	98.72	69.80	70.01	69.89
MgO	0.06	0.05	0.10	0.26	0.32	0.20	0.08	0.10	0.09	0.62	0.71	0.69
NiO	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	n.d	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00
MgO	0.01	0.00	0.00	0.03	0.05	0.05	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.04
Total	100.13	100.85	100.77	95.58	97.40	96.44	97.05	99.37	99.21	97.54	97.86	97.57

Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.04	0.03	0.03	0.70	0.75	0.66	0.00	0.00	0.00	0.59	0.59	0.59
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Fe ⁺²	0.04	0.03	0.02	0.68	0.73	0.65	0.01	0.00	0.00	0.56	0.55	0.55
Fe ⁺³	3.91	3.93	3.94	2.60	2.50	2.66	3.96	3.97	3.97	2.82	2.82	2.82
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cátions	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
PMSiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMTiO ₂	0.01	0.01	0.01	0.21	0.23	0.20	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.18
PMAI ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMCr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMFeO	0.01	0.01	0.01	0.21	0.23	0.20	0.00	0.00	0.00	0.17	0.17	0.17
PMFe ₂ O ₃	0.61	0.62	0.62	0.40	0.39	0.41	0.60	0.62	0.62	0.44	0.44	0.44
PMMnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
PMMgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PMNiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soma MOL	0.63	0.63	0.63	0.61	0.62	0.61	0.61	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
RiiO	2.07	1.74	1.27	34.75	37.30	33.23	0.49	0.32	0.16	29.36	29.31	29.31
Riii ₂ O ₃	97.93	98.26	98.73	65.25	62.70	66.78	99.51	99.68	99.84	70.65	70.69	70.69

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Os dados combinados de petrografia e mineralogia (luz transmitida e refletida), susceptibilidade magnética e química mineral (fases máficas e opacos) permitem mostrar relações entre a mineralogia e a resposta magnética dessas rochas. As conclusões retiradas da análises destes dados devem servir, também, para uma discussão mais aprofundada sobre a possível influência da assimilação de rochas encaixantes por parte dos magmas granitóides invasores.

Petrografia e mineralogia. As características mineralógicas dos minerais máficos e acessórios definem claramente as linhagens genéticas destes granitóides (Tabela 4; White, 1992). Assim, a presença conjunta de anfibólio e titanita, junto com biotita, caracteriza condições de cristalização em magmas com Al relativamente escasso e excesso de Ca, enquanto que a aparição de muscovita primária, juntamente com a falta de titanita, é característica dos granitóides peraluminosos e relativamente carentes de Ca. Da mesma forma, espera-se que a falta de Ca permita a cristalização de monazita (em granitóides com excesso de Al), enquanto que a allanita deveria ser fase cristalizada de magmas com algo de Ca: o mineral deveria aparecer, tipicamente, em granitos com hornblenda, que mostram excesso de Ca, mas também em outros com biotita, por ser a allanita nessas rochas uma fase *acessória* de cristalização inicial, não necessitando portanto de significativos excessos de Ca, frente ao Al (ver Tabela 4). Os ETR devem aparecer concentrados principalmente na titanita e eventual allanita (nos granitóides com hornblenda-biotita e os com biotita); nas linhagens mais ricas em Al, entretanto, os ETR devem se concentrar principalmente na monazita.

Susceptibilidade magnética. As susceptibilidades magnéticas medidas nos diferentes granitóides mostram valores relativamente altos (Tabela 7). São, aparentemente, menores que os encontrados em granitóides cálcio-alcálicos do Pará (Magalhães & Dall'Agnol, 1992). Os dados mineralógicos (contagem de grãos) indicam um incremento de ilmenita nos granitos com muscovita-biotita e biotita (sem titanita) de Piedade, enquanto que nas fases francamente cálcio-alcálicas (anfibólio biotita granitos de Ibiúna) aparecem as maiores proporções de magnetita e, ainda, os grãos de maior tamanho. Os granitóides amostrados de Taipas e Cantareira (fácies porfírica meridional) tem comportamento similar aos cálcio-alcálicos de Piedade. Os valores aqui medidos de susceptibilidade mostram uma relação grosseiramente linear com o volume modal presente de magnetita, este último estimado em função da contagem de grãos (Figura 11; ver também Tabela 7). A linearidade da resposta é mais acentuada quando são retirados da Figura 11 os valores medidos em muscovita granitos de Piedade; estes últimos, com efeito, mostram uma

dispersão muito maior, provavelmente causada por “erros” na medição (e.g., influência do tamanho da amostra, ou do tamanho dos grãos de magnetita, etc.). Em igualdade de condições, as respostas da susceptibilidade em função das proporções modais de magnetita deveriam ser mais estritamente lineares (Carmichael, 1990; Clark, 1997).

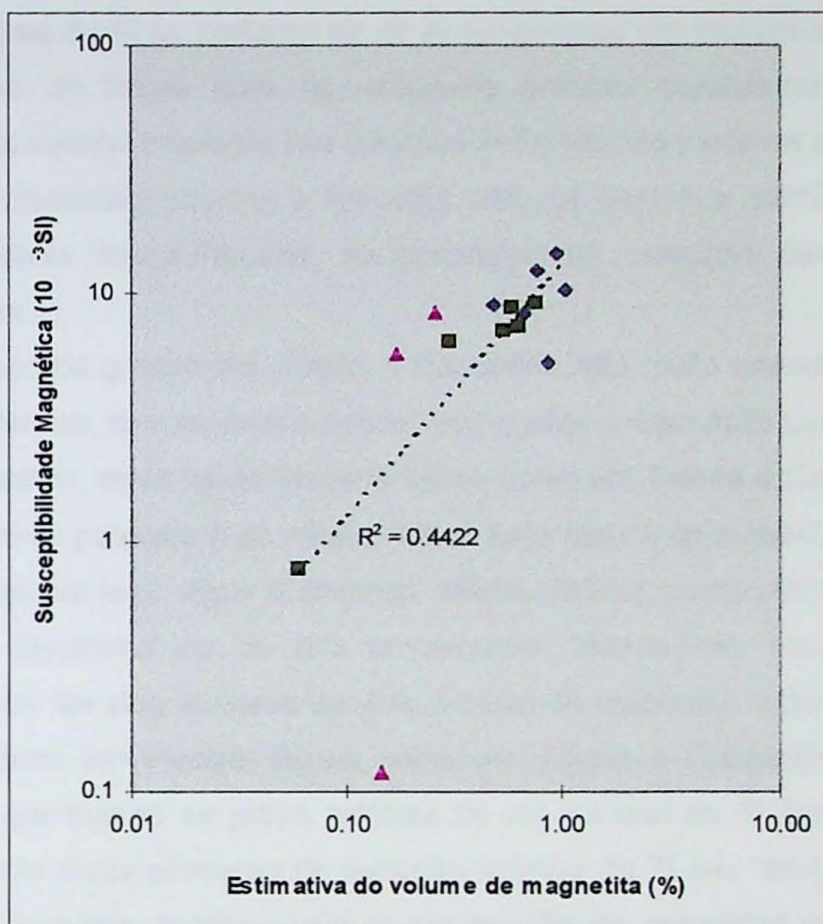


Figura 11 - Relação da susceptibilidade magnética com o volume (estimativa modal a partir de contagem de grãos) de magnetita para os granitóides Piedade-Ibiúna. Ver símbolos na Figura 7 e dados na Tabela 7.

Em termos comparativos, os valores de susceptibilidade dos muscovita granitóides de Piedade são similares ou transicionais aos encontrados nos granitos com ilmenita de Ishihara (1977, 1981) e, em parte, também aos citados para os granitóides tipo S dos autores australianos (Chappel & White, 1974; White, 1992).

Como já proposto em Wernick et al. (1989), a diminuição dos teores de magnetita nas fácies mais peraluminosas pode estar diretamente relacionada a uma diminuição na fugacidade de oxigênio, associada aos possíveis processos de assimilação de metapelitos redutores, assim proporcionando condições menos favoráveis para a passagem de Fe^{2+} para Fe^{3+} e, conseqüentemente, para a cristalização da magnetita nos magmas graníticos.

Química mineral. Os dados de análises químicas dos minerais opacos e máficos deveriam mostrar alguma relação com os processos petrogenéticos discutidos.

A primeira observação é que nos maciços Piedade-Ibiúna existe uma perceptível gradação na química mineral das *biotitas*, com enriquecimento em Fe e diminuição de Mg, partindo dos termos mais francamente cálcio-alcálicos e menos diferenciados (menos “contaminados”) com hornblenda e biotita, para os termos peraluminosos e mais “diferenciados” (provavelmente, mais “contaminados”; Figuras 7 e 9). É também evidente a variação nos teores de Al (e, portanto na do Al tetraédrico) em biotitas, na passagem dos anfibólio granitos de Ibiúna para os muscovita granitos peraluminosos de Piedade, identificando uma sensível variação nas relações Al-Fe-Mg nos magmas originais. A própria cristalização de *muscovita* primária é indicador claro da mudança química que ocorre na série de granitóides Ibiúna-Piedade, na passagem da condição cálcio-alcálica à de peraluminosidade.

As *biotitas* dos granitóides Taipas e Cantareira são muito semelhantes entre si, e não é possível realizar, com os dados disponíveis, qualquer discussão geral.

As *magnetitas*, tanto as de Piedade-Ibiúna como em Taipas e Cantareira, mostram composição química parecida à do mineral ideal. Este fator é comumente interpretado, na literatura internacional (e.g., Ague & Brimhall, 1988a, 1988b), como indicação da oxidação pós-magmática (deutérica ou de alta temperatura, hidrotermal, etc.); portanto, o Ti excedente deveria ter sido afastado do grão original de magnetita. Mas muitos dos grãos de magnetita, tanto em Piedade-Ibiúna como em Taipas e Cantareira, não aparecem acompanhados por bordas ou grãos satélites de um mineral de Ti (ilmenita ou titanita), como testemunhas deste processo de remoção seletiva do Ti (ver também Vlach, 1993). Estes aspectos texturais sugerem que a composição da magnetita deve ser primária, controlada principalmente pelo quimismo dos magmas (Vlach, comun. pessoal).

Algumas das *hematitas* e *ilmenitas*, especialmente em amostras de Piedade e Ibiúna, aparecem como grãos isolados ou, mais comumente, como lamelas de exsolução, também enriquecidas nos componentes ideais. Neste caso, as composições detectadas são claramente o resultado de recristalização sob condições pós-magmáticas, e não devem, em geral, registrar a composição das fases opacas magmáticas. Deve ser lembrado que a determinação química dos minerais opacos apresenta um fechamento insatisfatório, que pode ser reflexo da presença não detectada de alteração intempérica nesses grãos (para hematita, goethita, etc.) ou a existência de lamelas e sua influência sobre a rotina analítica, lembrando que o volume excitado pelo feixe de elétrons da microsonda é várias vezes superior ao diâmetro desse feixe.

O intercrescimento entre *ilmenita*, como inclusão reliquiar, e *titanita*, praticamente sempre idiomórfica, indica que a textura é o resultado de uma reação magmática, com reabsorção de ilmenita primária e cristalização de titanita (ver Vlach, 1993; Vlach & Ulbrich, 1994).

Contaminação crustal e fugacidade de O_2 . No batólito da Serra Nevada, na Califórnia, são identificados várias linhagens originalmente cálcio-alcálicas (tipo I cordilherano, ver *Ague & Brimhall, 1988a, 1988b*), “contaminadas” em graus variáveis pelos xistos encaixantes: definem-se assim os tipos I-WC, I-MC, I-SC e I-SCR (respectivamente, “weakly, moderately, strongly contaminated; strongly contaminated reduced”). Observe que nestas séries, apenas os granitóides I-SCR mostram claros sinais de redução por influência da assimilação de xistos com níveis de grafite; as rochas aparecem com as associações máficas predominantes biotita, biotita + muscovita, biotita + muscovita + granada e, mais raramente, biotita + muscovita + turmalina; são também predominantemente ilmenita granitos, mais raramente granitos à ilmenita e magnetita. Na interpretação dos autores, a “contaminação” é geral em todos os granitóides da Serra Nevada, mas a redução é efetivada apenas na faixa que contém xistos com grafite.

As rochas encaixantes dos vários granitóides Ibiúna-Piedade são principalmente mica xistos peraluminosos, de origem sedimentar. As indicações de campo (e.g., *Janasi et al., 1990; Leite, 1997*) sugerem grau variável de assimilação destes xistos por parte dos magmas originais. Dados de geoquímica de rochas (*Leite, 1997*) são condizentes com esta interpretação. Os muscovita-biotita granitóides de Piedade estão enriquecidos em alguns elementos, em comparação aos outros tipos. Assim, a relação catiônica $Al/Ca+Na+K$ mostra valores no intervalo 0,87 até 1,01 nos hornblenda-biotita granitos de Ibiúna, com aumentos gradativos nas rochas com biotita e titanita (0,96-1,04) e com biotita (1,01-1,05); nos muscovita-biotita granitos, o intervalo é de 1,01 até 1,11. As razões mg variam entre 38-45 (hornblenda granitos) até 35-40 (muscovita granitos). A relação Na/K muda entre 1,34-1,38 (rochas com hornblenda) até 1,23-1,25 (fácies com muscovita). Estas relações indicam que os possíveis magmas parentais são de natureza cálcio-alcálica, relativamente enriquecidos em Na e Mg, e mais pobres em Al.

As composições das biotitas, em particular, mostram variações compatíveis com a hipótese da assimilação seletiva. Assim, o incremento em Al (total), de ~2,80 átomos/fórmula nas fácies com hornblenda até ~3,0 nas com muscovita, sugere enriquecimento paralelo dos magmas originais em Al; o incremento em $Al^{(IV)}$ nessas biotitas, aliás, é mais marcado que o do aumento em Al(total) (Figura 7; Tabela 10). A “contaminação”, entretanto, não parece ter reduzido significativamente a fugacidade do oxigênio, haja visto a presença constante de magnetita, mesmo que em quantidades menores, nas amostras aqui analisadas de muscovita granitos de Piedade; o fenômeno parece ter afetado também a cinética de cristalização (grãos frequentemente menores de magnetita).

A discussão acima sugere que a “contaminação” por xistos encaixantes é uma hipótese de trabalho que deve ser considerada como viável, eventualmente com

participação até em escalas importantes de fenômenos paralelos de diferenciação magmática (ver discussão em Leite, 1997). Os argumentos levantados sugerem que as rochas estudadas da sequência Ibiúna-Piedade são similares às descritas no batólito da Serra Nevada, do tipo I-WC até I-SC ("contaminadas", mais com pouca redução). Não parecem ser do tipo I-SCR (contaminadas e fortemente reduzidas): a influência da redução não impediria a cristalização da magnetita, presente em todas as rochas da série. As rochas analisadas dos maciços Taipas e Cantareira (fácies porfirítica meridional) mostram feições modais, mineralógicas e composicionais (minerais máficos e opacos) parecidas às encontradas nos biotita granitos (com ou sem titanita) de Piedade.

Deformação. Todas estas rochas estão deformadas, como transparece claramente das descrições e nas tabelas correspondentes. O quartzo, em particular, mostra texturas tanto de deformação inicial como de recristalização-deformação sob condições mais dúcteis; são bastante abundantes, por exemplo, os "veios" de grãos minúsculos de quartzo estirado e com bordas sinuosas-serrilhadas, que representam as respostas à cisalhamento localizado. Nos feldspatos ocorrem geminações muito finas, que devem aparecer em resposta à deformação, observando-se também fraturas com deslocamentos das partes, e a presença de "subgrãos": áreas com extincções levemente diferentes e preservação da forma externa do grão original. Mesmo assim, a deformação não consegue homogeneizar os feldspatos, preservando-se nos plagioclásios ainda os vestígios da zonalidade magmática.

Entre os minerais máficos, são especialmente as biotitas as que são afetadas pela deformação, mostrando fraturas, clivagens dobradas e, mais raramente, a presença de autênticos "*kinks*". Como tópico interessante, é assinalada a existência de titanita quebrada e "cataclasada", em algumas rochas; em geral, entretanto, este mineral conserva o seu típico idiomorfismo, sendo uma das fases menos afetadas pela deformação. Os grãos opacos, em especial a magnetita, também conservam, aparentemente, as formas originais, com poucos sinais de deformação. Entretanto, as determinações químicas sugerem, como já indicado, que se trata em parte de fases opacas com composições de "temperatura mais baixa", e cabe então a possibilidade de que essas fases mudam a sua composição com bastante facilidade, por recristalização, exsolução ou "recomposição" provavelmente acelerada ou facilitada pela presença de deformações.

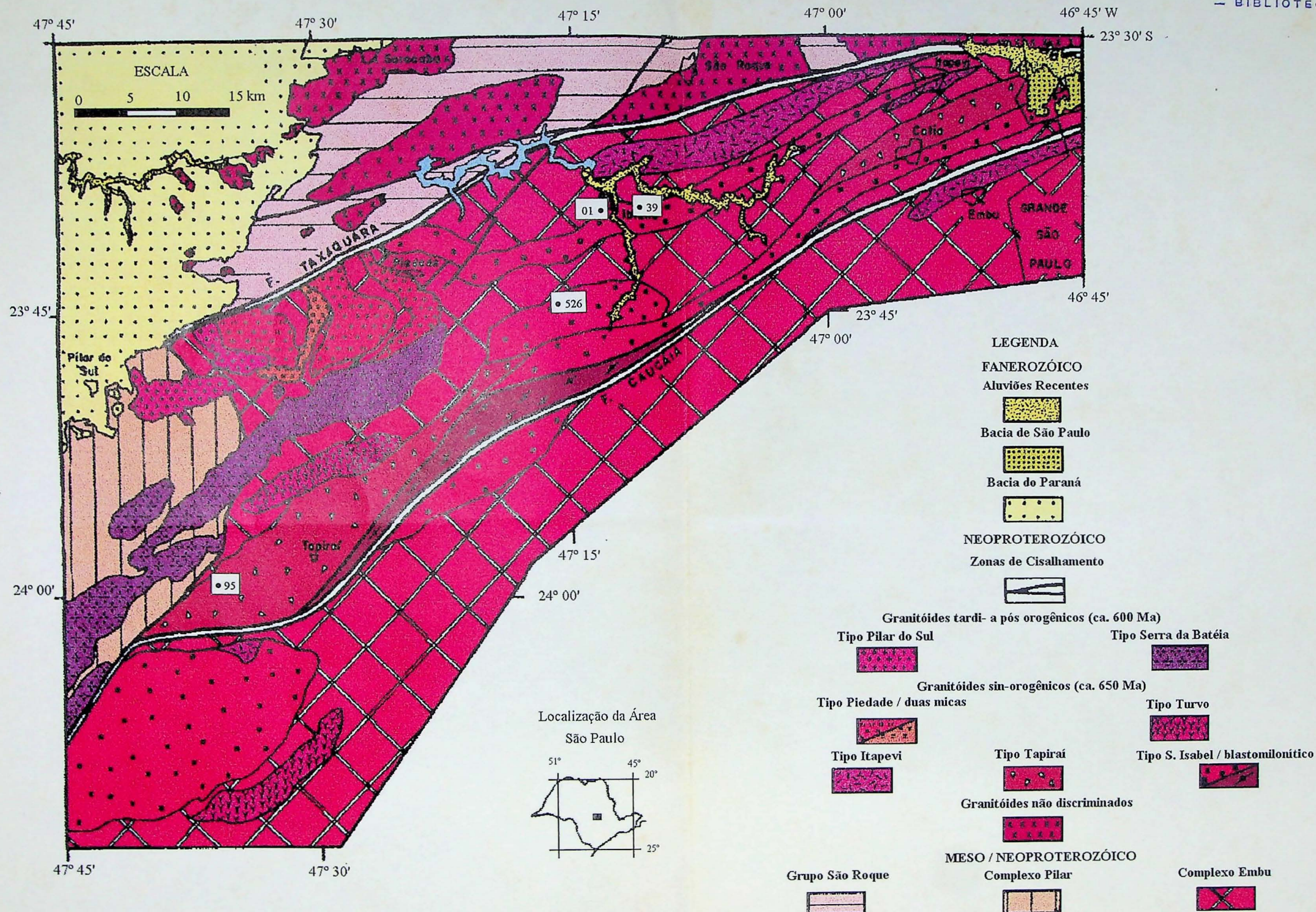
A discussão acima, sobre as características da deformação, é apenas inicial, já que um estudo específico seria muito demorado, fugindo dos objetivos do presente plano de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ague, J.J. & Brimhall, G.H.** 1987. Granites of batholiths of California: Products of local assimilation and regional-scale contamination. *Geology*, 15, 63-66.
- Ague, J.J. & Brimhall, G.H.** 1988a. Regional variations in bulk chemistry, mineralogy, and the composition of mafic and accessory minerals in the batholiths of California. *Geol. Soc. America Bull.*, 100, 891-911.
- Ague, J.J. & Brimhall, G.H.** 1988b. Magmatic arc asymmetry and distribution of anomalous plutonic belts in the batholiths of California: effects of assimilation, crustal thickness, and depth of crystallization. *Bull. Geol. Soc. America Bull.*, 100, 912-927.
- Almeida F.F.M.** 1966. Origem e evolução da Plataforma brasileira. *In: II Semana de Debates Geológicos*, Porto Alegre, Centro Acadêmico de Estudos Geológicos da RFRGS, 45-89 (citado em Shobbenhaus *et al.*, 1984, p.196).
- Almeida F.F.M.** 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. *Bol. Div. Geol. Mineralogia*, Rio de Janeiro, 241, 36p.
- Almeida F.F.M.** 1969. Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. *In: Congr. Bras. Geologia*, 23, Salvador, Ba, SBG, Anais, 29-46.
- Almeida F. F.M.** 1977. O cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, São Paulo, 7, 349-364.
- Azevedo, D.T.** 1997. Os turmalina granitos de Perus, SP: aspectos geológicos e petrográficos. Dissertação de mestrado, Inst. Geociências, USP, 96p.
- Buddington, A.F. & Lindsley, D.H.** 1964. Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents. *J.Petrology*, 5, 310-357.
- Chappell, B.W. & White, A.J.R.** 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geologic*, 8, 173-174.
- Campos Neto, M. C.** 1983. Contribuição à litoestratigrafia e estrutura do Grupo Açungui no sudeste do Estado de São Paulo. *In: IV Simp. Reg. de Geologia*, SBG, São Paulo, 103-112.
- Campos Neto, M. C. & Basei, M. A. S.** 1983. Estruturação brasileira do nordeste de São Paulo. *In: IV Simp. Reg. de Geologia*, SBG, São Paulo, 61-78.
- Campos Neto, M. C.; Bergmann, M.; Júnior, O. S. & Figueiredo, M. C. H.** 1990. Geologia da Folha Pilar do Sul, escala 1:25.000. Relatório Final. Secretaria da Indústria e Comércio Ciência e Tecnologia. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais. 1, 143 p.
- Campos Neto, M. C.; Basei, M. A. S.; Artur, A. C.; Silva, M. E.; Machado, R.; Dias Neto, C. M.; Fragoso César, A. R. & Souza, A. P.** 1983. Geologia das Folhas Piracaia e Igaratá. *In: I Jornada sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo*, escala 1:50.000. PRÓ-MINÉRIO, São Paulo, 55-79.

- Carmichael, R.S.** 1990. Magnetic Properties of Minerals and Rocks. *In*: Carmichael, R.S. (editor): Practical Handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals. 2a.edição. CRC Press, Boca Raton, 299-358.
- Clark, D.A.** 1997. Magnetic petrophysics and magnetic petrology: aids to geological interpretation of magmatic surveys. AGSO J. Australian Geol. & Geophysics, 17, 83-103.
- Correia, P. B.** 1994. Paleomagnetismo e anisotropia de susceptibilidade magnética do Complexo Intrusivo Itaqui, SP. Dissertação de Mestrado, Inst. Astronômico e Geofísico, USP, 115p.
- Ferreira, F. J.F.; Janasi, V.A. & Vlach, S. R. F.** 1991. Comportamento aerosspectrométrico e aeromagnetométrico dos principais granitóides de parte dos Domínios Embu e São Roque, SP. *In*: II Simp. de Geol. do Sudeste, Atas, 149-150.
- Garda, G.M; Atencio, D.** 1991. Nomenclatura de anfibólios (tradução e adaptação do original em inglês "Nomenclature of amphiboles" de Leake). Rev. Bras. de Geociências, São Paulo, 21, 285-297.
- Hasui, Y., Almeida F.F. & Brito Neves B.B.** 1978. As estruturas brasileiras. *In*: XXX Congr. Brasil. de Geologia, Recife, PE, SBG, Anais, 6, 2423-2437.
- Hasui, Y., Carneiro C.D.R. & Coimbra A.M.** 1975. The Ribeira Folded Belt. Rev. Brasil. Geociências, São Paulo, 5, 257-266.
- Hasui, Y.** 1973. Tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul, São Paulo. Tese de Livre Docência, Inst. de Geociências, USP, 190p.
- Hasui, Y.** 1975. Geologia da Folha de São Roque. Boletim IG-USP, 6, 157-183.
- Ishihara, S.** 1977. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. Mining Geology, 27, 293-305.
- Ishihara, S.** 1981. The granitoid series and mineralization. Economic Geology, 75th anniversary Volume, 458-484.
- Janasi, V. A. & Ulbrich, H. H. G. J.** 1992. Inventário Bibliográfico de Granitos do Estado de São Paulo. Bol. Inst. Geociências, USP. Publicação Especial, 11, 253p.
- Janasi, V. A. & Ulbrich, H. H. G. J.** 1991. Late Proterozoic granitoid magmatism in the State of São Paulo, Southeastern Brazil. Precambrian Res., 51, 351-374.
- Janasi, V. A.; Vasconcelos, A. C. B. C.; Vlach, S. R. F. & Motidome, M. J.** 1990. Granitóides da região entre as cidades de São Paulo e Piedade (SP): faciologia e contexto tectônico. *In*: XXXVI Congr. Bras. Geol., Natal (RN), Anais, 4, 1925-1935.
- Janasi, V. A.; Leite, R. J. & Ulbrich, H. H. G. J.** 1995. Diversidade do magmatismo granítico tardi-brasiliano na região de Piedade, SP: aspectos petrográficos e geoquímicos. *In*: XXXIX Congr. Bras. Geol., Camburiú (SC), Anais, p.131-133.
- Leite, R.J.** 1997. Geologia, petrografia e geoquímica dos granitóides da região de Piedade, SP. Dissertação de mestrado, Inst. Geociências, USP, 138p.

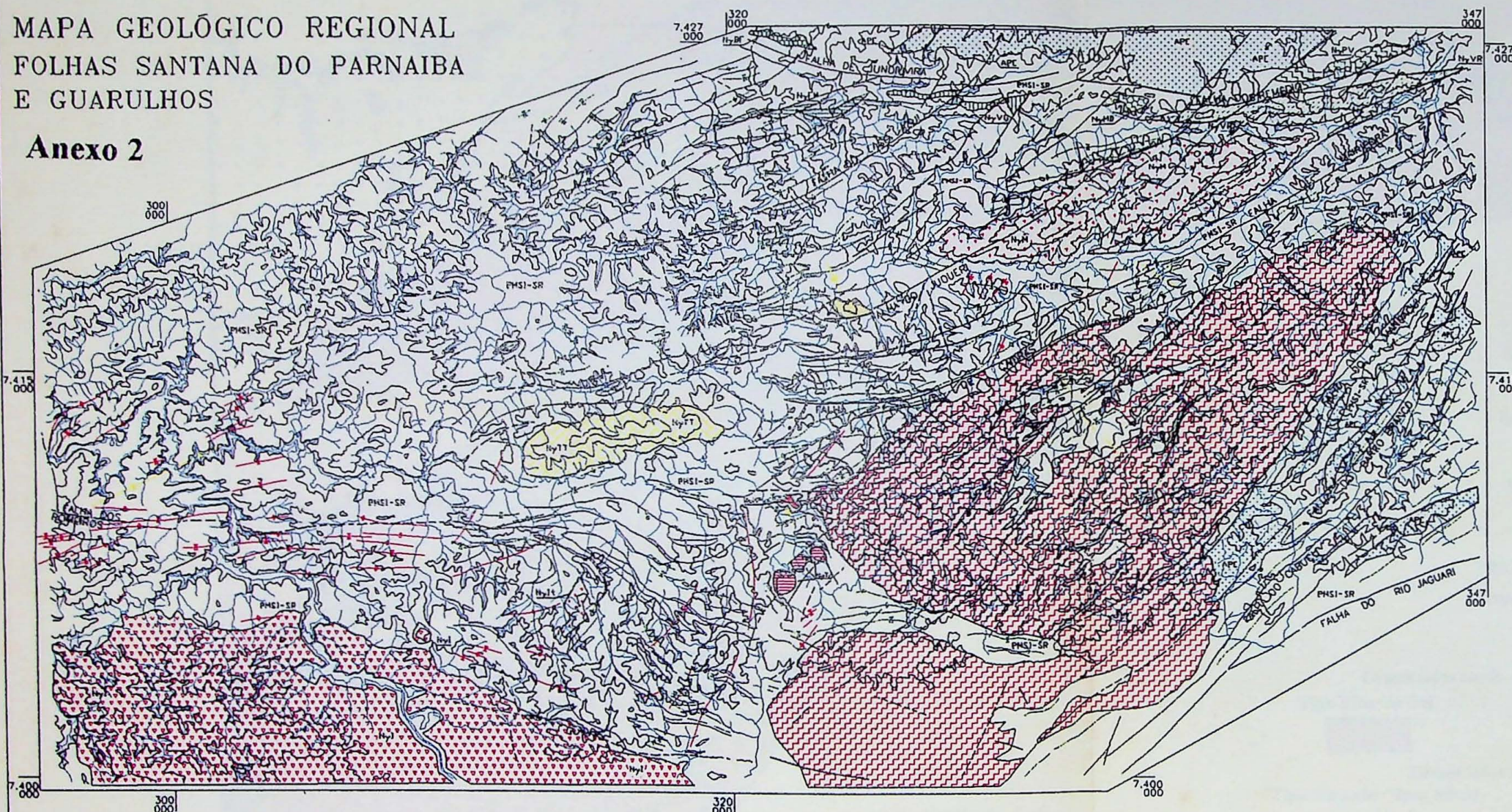
- Loczy L. & Ladeira E.** 1980. Geologia estrutural e Introdução à Geotectônica. Blücher-CNPq, São Paulo, 528p.
- Magalhães, M. S. & Dall'Agnol, R.** 1992. Estudos de minerais opacos e susceptibilidade magnética nos granitos Musa e Jamom (região de Rio Maria - SE do Pará) e suas implicações petrológicas. *Rev. Bras. de Geociências*, São Paulo, 22, 184-197.
- Stein, D. P.** 1984. Esboço da geologia pré-Cambriana da Folha Pilar do Sul, SP- SF.23-Y-C-IV-4. Dissertação de Mestrado, Inst. Geociências, USP, 179p.
- Vlach, S. R. F.** 1993. Geologia e petrologia dos granitóides do maciço Morungaba, SP. Tese de Doutorado, Inst. Geociências, USP, 414p.
- Vlach, S.R.F. & Ulbrich, H.H.G.J.** 1994. Fugacidades de espécies voláteis e evolução de magmas graníticos: inferências a partir dos equilíbrios entre fases minerais máficas para o magmatismo Morungaba e ocorrências associadas do Cinturão Itu, estado de São Paulo. *In: XXXVIII Congr. Bras. Geologia*, Camboriú, SC, Sociedade Brasileira de Geologia, Bol. Resumos Expandidos, 1, p.145-146.
- Vlach, S.R.F.; Janasi, V.A. & Vasconcellos, A.C.B.C.** 1990. The Itu belt: associated calc-alkaline and aluminous A-type late Brasiliano granitoids in the States of São Paulo and Paraná, Southern Brazil. *In: XXXVI Congr. Bras. Geologia*, Natal, RN, Sociedade Brasileira de Geologia. Anais, 4, 1700-1711.
- Wernick, E.** 1979. O magmatismo granitóide das Regiões de Dobramento Nordeste e Sudeste do Brasil. *Rev. Bras. de Geociências*, 9, 122-139.
- Wernick, E.; Hasui Y. & Neves B. B.** 1978. As regiões de dobramentos nordeste e sudeste. *In: XXX Congr. Bras. Geologia*, Recife, PE, SBG, 6, 2493-2507.
- Wernick, E.; Rigo Jr., L.; Galembeck, T. M. B. & Artur, A. C.** 1989. O Complexo Granitóide Ibiúna (SP): dados petrográficos e de tipologia de zircão. *In: I Simp. de Geol. Sudeste*, SBG, Rio de Janeiro, Boletim de Resumos, p.157-158.
- Wernick, E. & Penalva, F.** 1978. Contribuição ao conhecimento das rochas granitóides do Sul do Brasil. *Rev. Bras. Geociências*, 8, 113-133.
- White, A. J. R.** 1992. Granite Handbook: Description, Genesis, some associated Ore Deposits. *In: XXXVII Congr. Bras. Geologia*, São Paulo, SP, Short Course, 109p.



ANEXO 1 - Mapa das faciologias granitóides entre as cidades de São Paulo e Pilar do Sul (segundo Janasi et al., 1990)

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL FOLHAS SANTANA DO PARNAIBA E GUARULHOS

Anexo 2



LEGENDA

ROCHAS GRANITÓIDES INTRUSIVAS

- NyTT- GRANITO TICO-TICO: Leucogranito inequigranular a levemente porfirado e dois nicos com granada e turmalina.
- NyJ- GRANITOIDE JUQUERI: Monzogranito e quartzio-nonzonito leucocrático inequigranular.
- NyMP- GRANITOIDE MORRO DE PERUS: Biotito monzogranito cinza clara, porfirado e inequigranular, subordinadamente sinogranito e alcali-feldspato-granita e leucogranito em geral cisalhados com os planos de cisalhamento preenchidos com sulfetos.
- NyIt- GRANITO ITAIM: Granodiorito porfirítico com megacristais cinza de feldspato potássico.
- NyTp- GRANITO TAIPAS: Biotito granodiorito e monzogranito com variações para tonalito, porfirado com megacristais cinzentos e róseos de feldspato potássico apresentando harmonia entre os minerais máficos.
- NyM- GRANITO MAIRIPORÁ: Biotito granodiorito e monzogranito; textura porfirado com megacristais de feldspato potássico róseos.
- NyC- GRANITO CAITAREIRA: Biotito granodiorito e granodiorito com variações para monzogranito e quartzio-nonzonito, apresenta textura porfirado com megacristais subídricos e eudídricos de feldspato potássico.
- NyI- GRANITO ITADUI: Monzogranito e subordinadamente granodiorito porfirado com megacristais de microclina (cinza clara) apresentando harmonia com mineral máfico. Cortado por diques opíticos com turmalina.
- NyVR- MACIÇO DA VILA DOS REMÉDIOS: Biotito sinogranito com variações para quartzio sinito, inequigranular de granulção grossa, quando não deformados.
- NyPV- MACIÇO PEDRA VERMELHA: Monzogranito e sinogranito a dois nicos, leucocrático de granulção média a grossa, quando não deformados.
- NyMD- MACIÇO MATO DENTRO: Monzogranito a dois nicos, de cor cinza, inequigranular, raramente porfirado, com turmalina, deformado.
- NyVG- GRANITOIDE VARGEM GRANDE: Monzogranito nionítico e blastononito inequigranular a porfirado, bastante deformado.
- NyFM- GRANITO DE FRANCISCO MORATO: Sinogranito e monzogranito a granodiorito porfirado a inequigranular, quando não deformado.
- NyBF- MACIÇO DA BARROCA FLUIDA: Biotito monzogranito porfirado, de cor cinza esverdeada com megacristais de microclina esbranquiçada, quando não deformado.

GRUPOS SÃO ROQUE E SERRA DO ITABRABA

- PMSI-SR- LITO TIPOS INDISTINGUÍVEIS, constituídos ora pela alternância de metarenitos finos e metassiltitos, arcoseanos e subarcoseanos, com níveis de filitos laminados ou sericitos xistos finos, ora por metarenitos micáceos, subarcoseanos e arcoseanos, finos e grossos, com delgadas intercalações de xistos sericiticos com níveis microconglomeráticos e frequentes intercalações de anfibolitos e rochas calcissilicáticas (metade oriental da folha).
- Metasedimentos detríticos predominantes, raras níveis de metaconglomerados, quartzitos xistos e metarenitos, em parte bandados e arcoseanos, foliados filitos laminados e greifilosos (micaxistos porfiroblásticos, em parte com estaurolito, granada e silenita), intercalações de anfibolitos e rochas calcissilicáticas metasedimentos quínicos (metacalcários e dolomitos; rochas calcissilicáticas bandadas), metabasaltos (com estruturas "pillow") e anfibolitos (parte ocidental da folha).

EMBASAMENTO

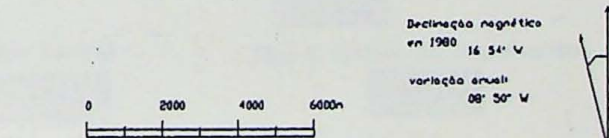
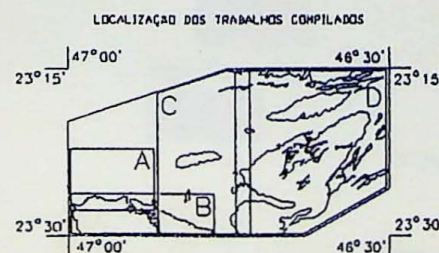
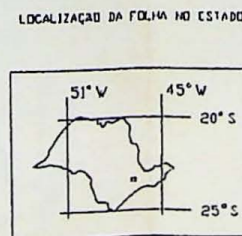
- APE- COMPLEXO GNAISSICO-HIGHATITICO INDISTINGUÍVEL constituído na base pelas unidades migmatítica detritica, migmatítica metavulcânica e ortogneissico nionítico e blastononítico, e no topo pelas unidades xistos, gnaissicos bandados, para-gnaissico quartzosos e quartzitos alterados.

- CONVENÇÕES GEOLÓGICAS**
- Contato geológico definido ou sprayado
 - Contato geológico inferido
 - Traço axial de dobra D1
 - Traço axial de dobra D2
 - Traço axial de dobra D3
 - Traço axial de dobra D4

- CONVENÇÕES PLANIALTIMÉTRICAS**
- Falha definida ou inferida
 - Sistema de fraturas
 - Estrutura sinformal com plano axial vertical ou com mergulho no sentido indicado.
 - Estrutura antiformal com plano axial vertical ou com mergulho no sentido indicado.

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

PARANÁ	JARAGUÁ	PARANÁ	PARANÁ
PARANÁ	PARANÁ	PARANÁ	PARANÁ
PARANÁ	PARANÁ	PARANÁ	PARANÁ
PARANÁ	PARANÁ	PARANÁ	PARANÁ



FONTE: folhas topográficas em escala 1:50.000, Guarulhos (1984) e Santana do Parnaíba (1984), do IBGE.

Geologia por: Bergmann (1988) - A; Ferreira (1991) - B; Carneiro (1983) - C; Santos (1998) - D.

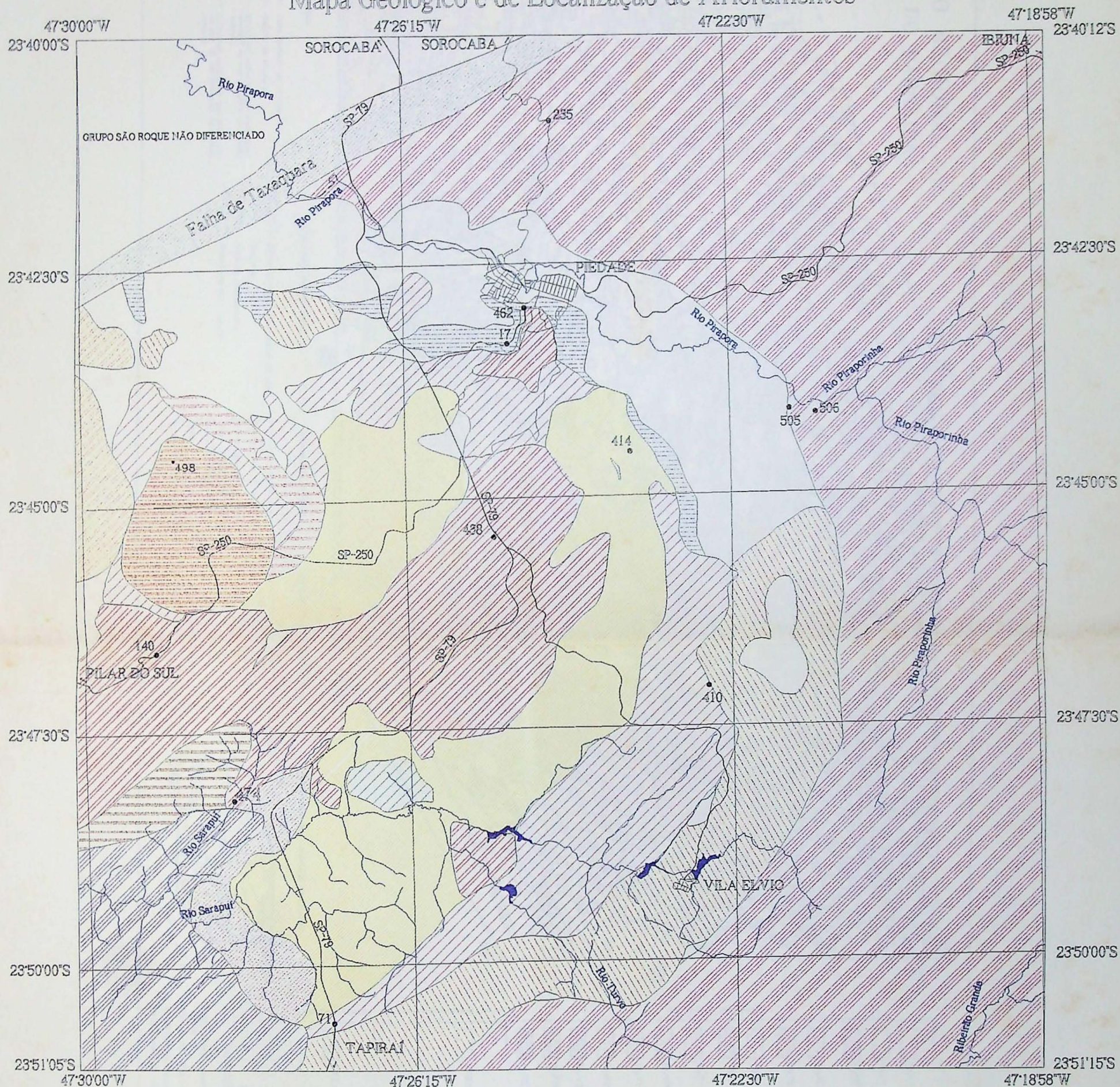
ELABORAÇÃO: Dionísio Tadeu de Azevedo

ORIENTAÇÃO: Dr. Horstpeter Ullrich

ANEXO 3

GRANITÓIDES DA REGIÃO DE PIEDADE (SP)

Mapa Geológico e de Localização de Afloramentos



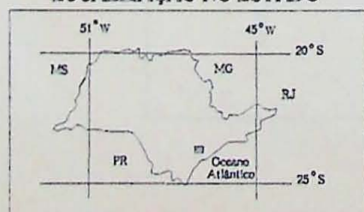
11G



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

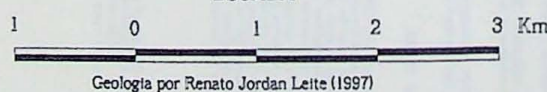
- 71 • AFLORAMENTOS
- CIDADES OU POVOADOS
- ESTRADAS PRINCIPAIS
- ESTRADAS SECUNDÁRIAS
- DRENAJENS PRINCIPAIS
- REPRESAS

LOCALIZAÇÃO NO ESTADO



EQUIDISTÂNCIA ENTRE AS CURVAS DE NÍVEL: 25 METROS

ESCALA



Geologia por Renato Jordan Leite (1997)

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

Salto de Pirapora	Sorocaba	São Roque
Pilar do Sul	Jurupará	Juquitiba
Foz do Açungui	Pedro Barros	Rio São Lourenço

LEGENDA

Corpo Alcalino de Piedade

Shonkinitos pórfiros (Kretz, 1960)

NEOPROTEROZOICO

Maciço Serra da Batela

Biotita sienogranitos ricos em megacristais eudrais de feldspato alcalino (40-50%) com IC 8.

Hornblenda-biotita quartzo monzonitos

equigranulares maciços, com IC 10-12.

Granitóides róseos equi a inequigranulares

Maciço Piedade

Biotita monzonitos porfíroides grossos, com IC 6-8.

Muscovita-biotita monzonitos porfíricos com IC 8-10.

Maciço Ibitina

Hornblenda-biotita granodioritos a quartzo monzonitos porfíricos com IC 15.

MESOPROTEROZOICO

Xistos e gnáisses migmatíticos (Complexo Embu)

Biotita monzonitos a sienogranitos equi-inequigranulares médios a grossos, com IC 7-8.

Muscovita-biotita monzonito equigranulares médios a grossos, com IC 3-7.

Biotita Granitos inequigranulares, róseos, com IC 3-7.

Muscovita-biotita granodioritos monzonitos porfíricos com IC 10-14.

Muscovita-biotita monzonitos inequigranulares médios a grossos, com IC 6-7.

Biotita Monzonitos inequigranulares médios a finos, com IC 6-7.

Biotita monzonitos porfíricos com titanita e IC 8-9.

