

## GEOLOGIA DA FOLHA DE SÃO ROQUE

por

*Yociteru Hasui*

*Departamento de Geologia Geral*

### ABSTRACT

The São Roque Geological Sheet was mapped and it is here presented at a scale of 1:100.000. This note describes the stratigraphy, lithology, structures, geomorphology and mineral resources of the area.

The major events of metamorphism, magmatism and deformation are also summarized and the polyphasic geological evolution during the Brasiliano Cycle (750—450 m.y.) is presented.

### RESUMO

A Folha Geológica de São Roque foi levantada em 1:100.000. É ela apresentada em anexo e esta nota procura descrevê-la quanto à estratigrafia, litologia, estruturas, geomorfologia e recursos minerais. Procurou-se também resumir os principais eventos de metamorfismo, magmatismo e deformação, de modo a se reconstruir a evolução geológica da área, que foi polifásica e vinculável ao Ciclo Brasiliano.

★ ★ ★

### INTRODUÇÃO

A partir de 1965 vimos assistindo a uma intensificação dos trabalhos de cartografia geológica no Precambriano paulista. Alguns projetos com finalidade cartográfica têm sido desenvolvidos meritoriamente pelo Departamento Nacional da Produção Mineral, procurando assentar as bases geológicas fundamentais para qualquer investigação de cunho científico ou econômico. Também muitos projetos de porte menor foram e vêm sendo desenvolvidos, nos quais a preparação de cartas geológicas constitui apenas uma etapa inicial do trabalho, para suprir uma lacuna de base, já que os estudos se defrontam sempre com a falta de

mapas ou a precariedade daqueles disponíveis.

Dentro deste último contexto, tivemos ensejo de mapear a Folha de São Roque (SF 23—Y—C—V) em 1:100.000 e nosso objetivo aqui é divulgá-la e descrevê-la. Uma simples descrição é exercício pouco proveitoso se não conduzir ao conhecimento da evolução geológica da área e é nesse sentido que procuramos dirigi-la.

Os dados aqui apresentados em grande parte fizeram parte de tese que apresentamos recentemente (Hasui, 1973); foram eles com-

plementados com novas observações, de modo a precisar o quadro de evolução geológica.

A Folha de São Roque se estende entre os paralelos de 23°30' e 24°00'S e os meridianos de 47°00' e 47°30'W, a oeste da capital paulista. As localidades principais são Mailasqui, São Roque, Mairinque e Sorocaba, na parte norte, Piedade, Ibiúna e Caucaia do Alto, na região central, e Juquitiba, no canto sudeste. É ela cortada por três estradas principais: a SP-270 (Rodovia Raposo Tavares), a Rodovia de Piedade e a BR-116 (Rodovia Regis Bittencourt). Acompanhando a primeira desenvolve-se a Estrada de Ferro Sorocabana, no trecho São João Novo-Sorocaba. Tais são as vias de acesso principais; acessos secundários existem, constituindo nas partes noroeste e nordeste uma rede de razoável densidade. No setor central, sudeste e sudoeste a densidade é bem menor, pois aí se localizam os contrafortes orientais da Serra do Paranapiacaba, com densa vegetação, topografia acidentada e penetração ainda incipiente. As conexões rodoviárias da região de Caucaia-Piedade com a BR-116 são poucas e precárias.

A Folha geológica de São Roque anexa foi preparada com base em observações de terreno ao longo de todas as estradas carroçáveis, indicadas no mapa. Ao invés de observações pontuais para posterior integração, procuramos no terreno levantar seções as mais completas possíveis. Durante esses trabalhos, valêmo-nos dos fotomosaicos S-1 a S-16, Região 7, em 1:25.000, elaborados pela Aerofoto Natividade para o Instituto Agrônomo de Campinas em 1962, que possibilitaram extrapolações com maior segurança, graças aos critérios correntes de fotointerpretação.

Visamos no campo definir os tipos litológicos, seus contatos, estruturas e relações espaciais, bem como coletar amostras para estudos de laboratório. Exposições de rochas sãs ou semi-alteradas não são tão frequentes

quanto desejável e a maior parte de observações foi feita em solos estruturados, sobretudo em áreas de metamorfitos.

Os dados foram lançados em plantas-base preparadas por integração daquelas parciais disponíveis, com complementação por restituição direta de fotos aéreas (I.A.C., 1:25.000, 1962).

Os contatos litológicos foram qualificados no mapa anexo como *observado* quando visto no campo ou extrapolado com alto grau de certeza, e *provável* quando sua existência é certa mas sua localização não está precisada.

As atitudes dos elementos estruturais que figuram no mapa visam apenas indicar as atitudes gerais no ponto e na área em seus arredores. Evitamos lançar todas as medidas feitas, pois acarretaria sobrecarga do desenho sem chegar a retratar as estruturas observadas, que obedecem a padrões complexos. Julgamos que melhor seria mostrar as tendências direcionais, através dos lineamentos, os quais ressaltam nitidamente nas fotos aéreas. A observação de campo mostrou que esses lineamento em metamorfitos são de dois tipos: um correspondente a sistemas de juntas subverticais, outro correspondente à direção da xistosidade, que coincide com a da estratificação reliquiar, a do bandamento metamórfico, a dos eixos dobras visíveis e a dos seus planos axiais. Nos corpos magmáticos, este segundo tipo corresponde à direção da foliação (orientação das micas).

Cerca de 150 amostras foram analisadas em seções delgadas, segundo técnicas petrográficas convencionais, de modo a permitir caracterização da litologia e observação de aspectos texturais.

#### TRABALHOS ANTERIORES

Alguns trabalhos foram já publicados

abordando aspectos particulares da área, como os de Coutinho (1953) sobre a petrologia da região de São Roque, de Franco (1958) sobre rochas termometamórficas, de Hennies et al. (1967) sobre o Falhamento de Taxaquara, de Felícissimo Jr. (1968) sobre as rochas alcalinas de Sarapuí e de Bettencourt (1971) descrevendo as rochas calcárias da região de Votorantim.

Abordagens regionais aparecem nos estudos de Moraes Rego (1933), descrevendo sucintamente a litologia e a estrutura, de Almeida (1964) caracterizando de modo geral a geomorfologia da região e de Hasui et al. (1969) que aborda a geologia da quarta parte setentrional da Folha de São Roque.

Quanto a mapeamentos geológicos anteriores, bem pouco se fez até o presente. O mapa geológico do Estado de São Paulo (1:1000.000, 1963), editado pelo Instituto Geográfico e Geológico, mostra esquematicamente a distribuição dos tipos litológicos e considera 1/3 da quadrícula como *Precambriano Indiferenciado*. Na edição mais recente da mesma carta (I.G.G., 1975), os dados que ora apresentamos foram absorvidos. Hasui et al. (1969) elaboraram um mapa geológico em 1:100.000 do setor norte da Folha de São Roque. Mapas de detalhe em áreas restritas existem, como o de Bettencourt (1971) em 1:25.000 referentes às rochas calcárias da região de Votorantim e o de Coutinho (1953) abrangendo a área de São Roque-Mairinque-Canguera.

### COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA

Num primeiro exame da Folha de São Roque, chama atenção a existência de alguns enormes falhamentos subverticais e com zonas de cataclase cujas espessuras atingem centenas de metros e até mais de um quilômetro.

O Falhamento de Taxaquara foi descrito por Hennies et al. (1967); o de Pirapora e São

Roque, por Hasui et al. (1969). O Falhamento de Jundiuvira se prolongaria até a região de Sorocaba e teria controlado a intrusão granitóide que aparece no canto noroeste da Folha de São Roque (Hasui, 1975). O falhamento que passa por Caucaia do Sul e pelo canto SE da folha foi descoberto pelo autor em companhia do colega Faustino Penalva; foi ele denominado Falhamento de Caucaia por Hasui (1973).

Tais falhamentos, como se vê na Figura 1, condicionam uma compartimentação em blocos. Hasui et al. (1969) chamaram Bloco São Roque àquele a norte do Falhamento de Taxaquara. Preferimos aqui considerar os **Blocos Ituparanga, Pirapitingui, Moreiras e Juqueri**, compondo o **Conjunto São Roque**. A sul do Falhamento de Taxaquara reconhecem-se os Blocos Cotia e Jucituba, que consideramos como **Conjunto Paranapiacaba**.

Embora os blocos exibam orientação estruturais e litológicas algo diferenciadas, consideramos que a área da Folha de São Roque deve ser tratada em termos desses dois compartimentos maiores, separados pelo Falhamento de Taxaquara, pois são neles que observamos diferenças estratigráficas.

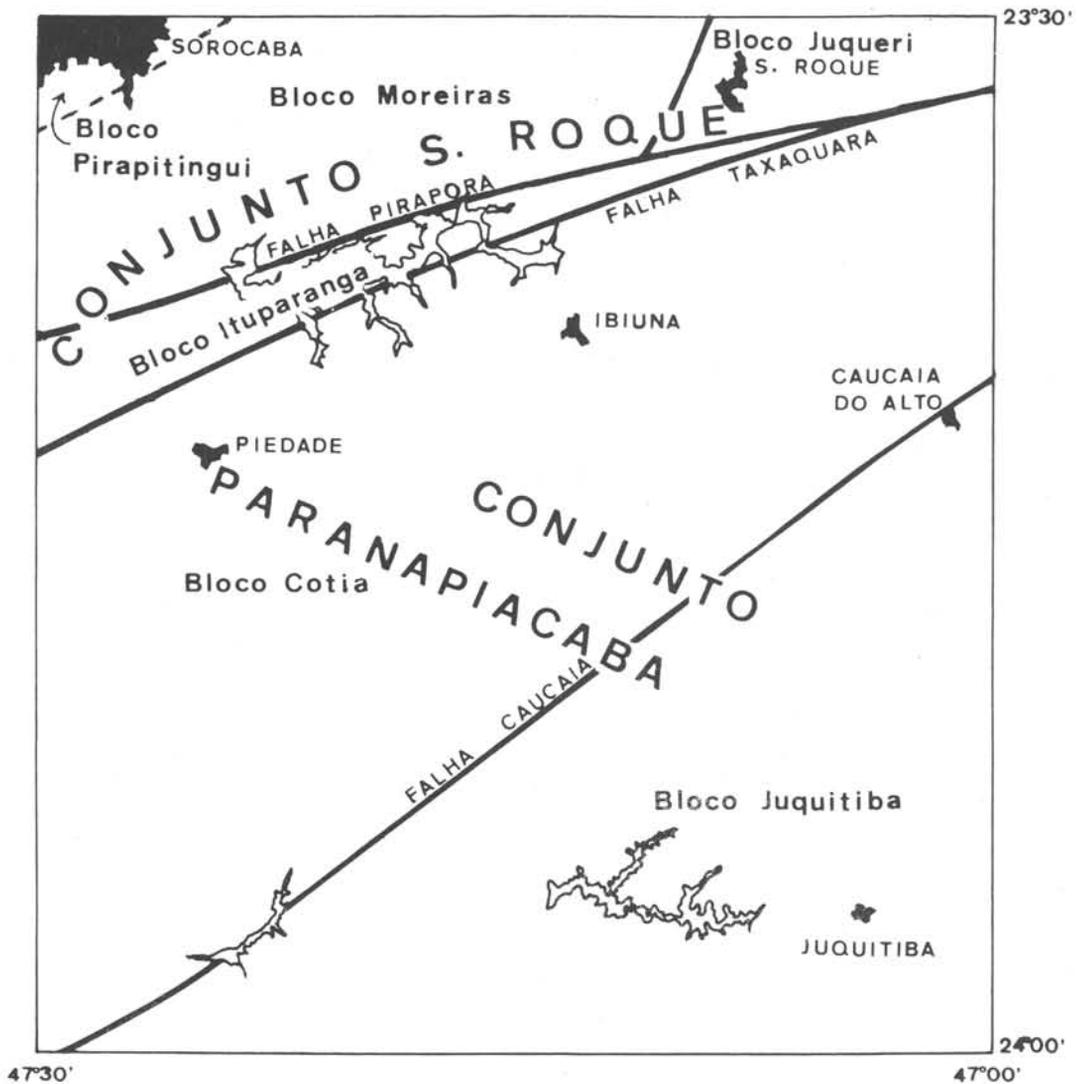
### ESTRATIGRAFIA

Estratigraficamente, as rochas metassedimentares da Folha de São Roque têm sido incluídas em duas unidades: o Grupo São Roque e o Complexo Cristalino ou Migmatítico. Essas unidades têm domínio nos dois conjuntos acima definidos.

Considerando a similaridade de evolução estrutural, metamórfica e magmática do Grupo Açungui, presente na região de Pilar do Sul, com os migmatitos da Folha de São Roque, Hasui (1973) conclui que não há razão para se

FIGURA 1

COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DA ÁREA



considerar os últimos como parte de um complexo pré-brasiliano; antes, os migmatitos representariam partes inferiores do Grupo Açungui. Essas assertivas concordam com o fato de na região de Barra do Turvo, Melfi et al. (1965) e Melcher et al. (1973) terem reconhecido passagem gradual dos ectinitos do Grupo Açungui para migmatitos.

Hasui (1975), considerando que o front

de migmatização não têm significado estratigráfico, que não se pode ainda subdividir o Grupo Açungui em São Paulo e que convém separar as zonas migmatizadas, preferiu considerar as litologias em termos de um **Complexo Ectinítico Pilar** e um **Complexo Migmatítico Embu**.

Em essência, então, reconhecem-se o Grupo São Roque, restrito ao Conjunto São Roque,

e o Grupo Açungui, representado pelo Complexo Embu, limitado à parte a sul do Falhamento de Taxaquara, como as unidades componentes da Folha de São Roque.

As datações geocronológicas disponíveis (Cordani e Bittencourt, 1967; Cordani e Kawashita, 1971; Hasui e Hama, 1972) permitem considerar essas unidades como relacionadas ao Ciclo Brasileiro. Os corpos granitóides *sintectônicos* têm idades em torno de 600 m.a. e os pós-tectônicos, ao redor de 540 m.a.

Os dois grupos não foram ainda subdivididos em formação, pois são sequências essencialmente metapelíticas, com intercalações de rochas carbonáticas, quartzitos e metaconglomerados.

Corpos granitóides intrusivos nas unidades estratigráficas citadas existem em grande número, cobrindo praticamente 3/4 da Folha de São Roque. Alguns corpos metabásíticos existem também. Tais corpos se acham representados na Figura 2.

No canto noroeste da folha, observam-se rochas sedimentares pertencentes ao Grupo Tubarão, de idade permo-carbonífera, integrante da Bacia do Paraná. Manchas dessa unidade foram isoladas pela erosão.

Entre as extremidades nordeste da faixa de rochas calcárias de Votorantim e a Serra de Inhaíba, a SSW de Brigadeiro Tobias, um pequeno dique de diabásio penetrou nas rochas metassedimentares, representando a incidência do magmatismo básico que afetou a Bacia do Paraná no Jurássico Superior-Cretáceo Inferior. (J.S. Bettencourt, informação verbal).

Na margem norte do Rio Sarapuí, a SSW de Piedade, há uma intrusão elítica de 850x300 m, alongada segundo E-W e encaixada no corpo granitóide de Ibiúna. Foi ele noticiado por Knecht (1960) e Felicíssimo Jr.

(1968). Datação K-Ar realizada por Amaral et al. (1967) forneceu idade de 120 m.a.

Sedimentos neo-cenozóicos, de origem flúvio-lacustina e vinculados à rede de drenagem ainda hoje persistente, são encontrados esparsamente. A essa rede se vinculam ainda depósitos aluvionares recentes.

A coluna estratigráfica da área pode ser resumida como na Tabela 1.

TABELA 1  
Coluna estratigráfica da Folha de São Roque

	CONJUNTO PARANAÍACABA	CONJUNTO SÃO ROQUE
Recente	Depósitos aluvionares	
Neo-Cenozóico	Depósitos flúvio-lacustrinos	
Cretáceo Superior	Intrusivas alcalinas	
Cretáceo inferior Jurássico superior		Intrusiva básica
Cambro-Ordoviciano a Precambriano Superior	GRUPO AÇUNGUI (Complexo S.Lourenço) com intrusões granitóides, metabasitos e zonas cataclásticas associadas.	GRUPO SÃO ROQUE

## LITOLOGIA

### CONJUNTO SÃO ROQUE

O Conjunto São Roque é constituído por metamorfitos do Grupo São Roque e rochas granitóides nele intrusivos. Sedimentos fanerozóicos e cenozóicos estão presentes esparsamente. A única intrusiva mesozóica reconhecida é o dique de diabásio de Inhaíba, já citado.

Os metamorfitos, para efeito de descrição, podemos agrupar em metapelitos, metapsamitos, rochas calcárias, rochas calcosilicatadas e metabasitos.

#### Metapelitos

Dentre os metamorfitos, os filitos, de longe, são as rochas predominantes. Têm cores

cinza clara e preta, adquirindo com o intemperismo tonalidades avermelhadas e amarronzadas. Possuem granulação fina e xistosidade conspícua, que lhes confere uma fissilidade em planos paralelos caracterizados pelo brilho sedoso. Compõem-se de sericita e quartzo, essencialmente. A proporção desses dois componentes varia muito, passando-se de situações de absoluto domínio de mica a termos mais quartzosos, qualificáveis como quartzo-filitos. Dos acessórios, o mais importante é a grafita, finamente granulada, pigmentando a rocha. O seu teor é determinante da cor, passando-se a tons escuros quando a sua porcentagem assume alguns décimos de por cento. Outros acessórios são: apatita, zircão, turmalina, minerais opacos e albita.

Muito comum é a sucessão de camadas ou lâminas de quartzito ou quartzo-filito e filito ou filito grafitoso. São os metarritmitos de Hasui et al. (1969), que se vêem na Foto 1, e que têm características de flysch. No conjunto tem-se a impressão de existir uma alternância de camadas ou lâminas de diferentes composições.

Hasui et al. (1969) noticiaram que os filitos do Bloco São Roque, nas adjacências dos corpos intrusivos exibem clotita, biotita ou moscovita. Essa relação se verifica na área em foco nas bordas dos maciços de Sorocaba e São Francisco, aparecendo micaxistos próximos ao contato. O mesmo se verifica no canto nordeste da Folha, em relação à borda não falhada do maciço de São Roque.

Todos os xistos e filitos descritos apresentam turmalina, apatita e pirita em forma de microporfiroblastos, às vezes poiquiloblásticos com inclusões de quartzo e micas. Eles atestam uma ação pneumatolítica e metassomática relacionada com os corpos granitóides adjacentes. A blastese não se verifica somente nas bordas falhadas do batólito de São Roque.

Além dos minerais citados, normalmente



FOTO 1 — Meta-ritmito. Note-se as lâminas e camadas alternadas de filito e filito grafitoso. Rodovia Raposo Tavares, Km 80, a 6 Km de Alumínio para Brigadeiro Tobias.

os xistos têm porfiroblastos e microporfiroblastos de moscovita, que em parte truncam a xistosidade da matriz e em parte desviam-na, fazendo-a ondular-se. Com frequência são poiquiloblásticos, contendo inclusões de quartzo. No tocante a orientação desses cristais não se verifica nenhum padrão preferencial, parecendo terem-se desenvolvido em condições estáticas.

Nos metapelitos descritos, vez ou outra aparecem veios de quartzo concordantes ou discordantes com a xistosidade e com a estratificação reliquiar.

#### Metapsamitos

Os quartzitos constituem lâminas e camadas, com espessuras até métricas, alternando-se com rochas metapelíticas. Ora temos lâminas em sequências rítmicas, ora são camadas quartzíticas e lâminas ou camadas metapelíti-

cas que se alternam. Faixas há em que se observa um predomínio flagrante de quartzitos, com larguras de centenas de metros e extensões de alguns quilômetros; elas foram assinaladas no mapa geológico.

Os quartzitos são rochas brancas ou cinzentas, de granulação fina, constituídas essencialmente de quartzo configurando textura granoblástica ou desenvolvendo uma xistosidade. Os grãos exibem baixo grau de engranzamento, justificando às vezes o uso de termos como metarenitos, face à textura blastopsamítica.

Pequenas quantidades de microclíneo peritítico, minerais opacos, apatita, turmalina, zircão, albita são normalmente observadas. Todavia, sericita é o mineral acessório mais importante, às vezes em quantidades suficientes para se qualificar a rocha de quartzo-filito.

Ao se aproximar dos corpos granitóides, os quartzitos ostentam clorita, moscovita e biotita, dispostas orientadamente, bem como apatita, turmalina e piritita.

Na região de Votorantim, camadas de quartzito têm quantidades de feldspatos significativas, merecendo designações de quartzito feldspático e metarcóseo. Os feldspatos são microclíneo peritítico e oligoclásio.

Veios de quartzo são vistos ocasionalmente cortando os quartzitos, concordantes ou discordantemente com a estratificação reliquiar.

#### **Rochas calcárias calcosilicatadas**

As rochas calcárias formam corpos lenticulares distribuídos ao longo da borda do maciço granitóide de São Francisco. Têm granulação fina, textura maciça e cores cinza-clara e preta, as mais escuras correspondendo a calcários e calcários magnesianos e as mais claras a calcários dolomíticos, dolomitos calcíticos e

dolomitos (Bettencourt, 1971). Tais rochas se constituem essencialmente de carbonato em grãos mais ou menos equidimensionais, compondo um mosaico granoblástico. Os cristais frequentemente exibem geminação polissintética e, não raramente, observam-se flexões das lamelas e dos planos de clivagem.

Os acessórios são: quartzo, matéria carbonosa finamente dividida, moscovita, biotita e clorita. A quantidade de quartzo e de moscovita às vezes é alta, constituindo os chamados filitos calcários, derivados de sedimentos impuros. Vez ou outra é o quartzo que assume proporções de predominância, constituindo quartzitos calcários ou calcários quartzosos.

Veios de calcita branca, de espessura centimétrica a submilimétrica, são comuns cortando a rocha segundo complexo reticulado. Veios e bolsões de quartzo também aparecem, sendo por vezes observável concordância e discordância com a estratificação reliquiar.

As ocorrências de rochas calcárias são restritas, associando-se a hornfels calcosilicatados, resultantes da transformação de antigos sedimentos sílico-carbonatados. Bordejando o maciço de São Francisco, desde a Serra de Inhaíba até a região de Salto de Pirapora, aparecem tais hornfels constituindo a maior parte dos corpos indicados no mapa.

Um enorme corpo de hornfels calcosilicatado ocorre embutido no Batólito de São Roque e foi descrito minuciosamente por Coutinho (1953) e Franco (1958), constituindo-se de dolomitos metamórficos, portando tremolita, diopsídio, antigorita, talco, albita, quartzo, piritita e calcita. Também oligoclásio, microclíneo, clinsoizita, flogopita, titanita e turmalina aparecem em alguns leitões.

No canto nordeste da Folha também aparecem rochas calcosilicatadas bandadas análogas àquelas descritas por Cordani et al. (1963)

na região de Perus.

### Metabasitos

Dois corpos de metabasito foram identificados na borda sudeste do Maciço de São Francisco. Ambos foram anteriormente reconhecidos por Hasui et al. (1969). O maior deles exhibe em sua parte leste rochas de granulação fina a média, cor verde escura e constituídas de labradorita sódica, quase totalmente saussuritizada, e em arranjo sem orientação preferencial. O máfico presente é actinolita-tremolita poiquiloblástica, também com desenvolvimento alongado e sem orientação. Junto ao contato com o corpo granitóide, a rocha se constitui de oligoclásio, em grãos subédricos e anédricos, mais ou menos equidimensionais, de permeio a prismas de hornblenda, às vezes poiquiloblástica, sem orientação preferencial. Os acessórios são: titanita, clorita, biotita, apatita, mineral opaco e quartzo. Nas vizinhanças do corpo granitóide, veios de quartzo estão presentes, com espessuras até decimétricas.

O corpo menor, adjacente ao maciço granitóide, é constituído por anfibolito típico, com prismas de hornblenda desenvolvendo textura nematoblástica e plagioclásio (andesina) em grãos menores e mais ou menos equidimensionais.

### Rochas granitóides

Os corpos de rochas granitóides se acham representados na Figura 2.

Os maciços de Sorocaba, São Francisco e São Roque foram anteriormente descritos por Hasui et al. (1969). Os dois primeiros são análogos entre si, constituindo-se de rochas inequigranulares e porfiroblásticas, de cor rosada ou cinza clara, de aspecto mais homogêneo do que as componentes dos demais maciços.

Cristais bem desenvolvidos de microclíneo peritítico e oligoclásio chegam a ter 2x3—4 cm; têm contornos elípticos a retangulares. São normalmente poiquiloblásticos, o microclíneo contendo grãos menores de quartzo, mica e plagioclásio, e o plagioclásio encerrando inclusões de quartzo e mica. Esses cristais maiores, de gênese tardia, se destacam em superfícies de matações e lagedos, formando nódulos salientes.

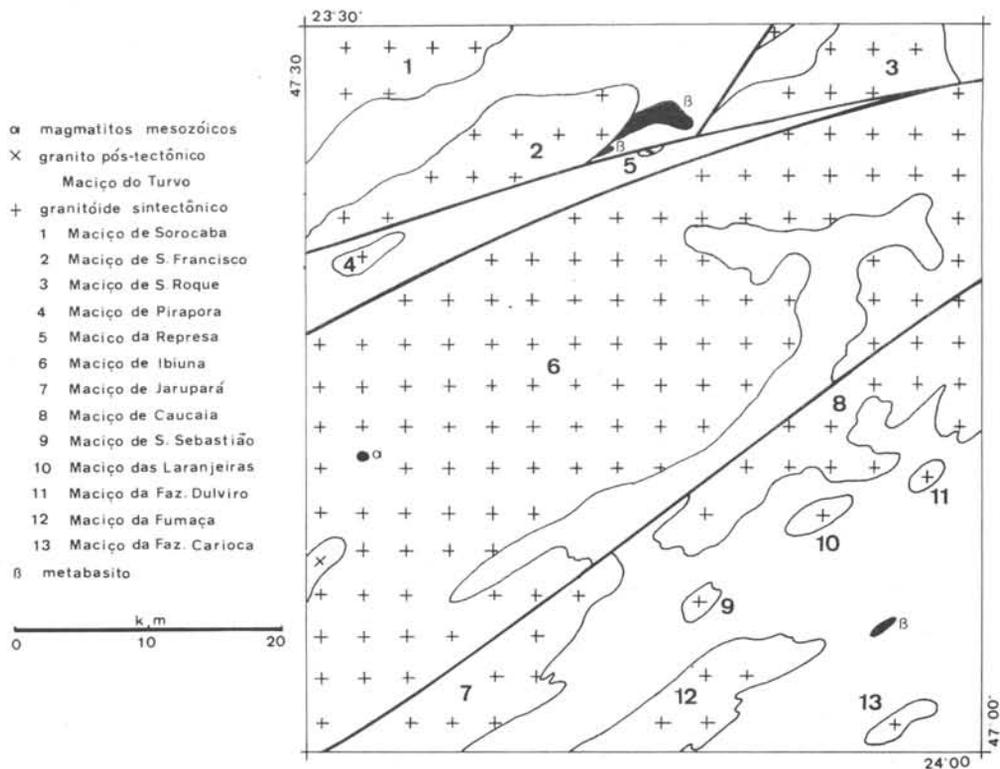
Na parte mais fina comparecem quartzo, os mesmos feldspatos, biotita, titanita, moscovita, zircão, mineral opaco, apatita, carbonato, epidoto e fluorita. Intercrescimentos mirmequíticos não são raros. As micas e algum quartzo desenvolvem uma foliação conspícua, a qual se acha, em volta dos cristais maiores, em parte truncada e em parte conturbada. Com isso, a foliação não é planar, mas ondulada. Onde a quantidade dos cristais maiores é grande, a foliação tende a desaparecer.

A composição da rocha varia de granítica a adamelítica, o mesmo acontecendo com a parte mais fina, mas esta pode se apresentar mais básica, de natureza até quartzo-diorítica.

Nesses dois maciços ocasionalmente aparecem massas de dezenas de metros de extensão constituídas por metamorfitos. Tal é o caso, por exemplo, do quartzito a sudeste de Sorocaba. O quartzito exhibe dobras centimétricas fechadas, visíveis graças à alternância de faixas mais ricas ou mais pobres em moscovita e biotita. A rocha tem textura granolepidoblástica, com a xistosidade paralela aos planos axiais das dobras. Zircão, mineral opaco, microclíneo peritítico e oligoclásio são os minerais acessórios menores. Também corpos de rochas calcosilicatadas existem na metade oeste do maciço de São Francisco (J.S. Bettencourt, informação verbal). Inclusões de xistos também aparecem.

No tocante à forma dos corpos, eles são alongados segundo a orientação geral dos dobramentos das encaixantes. Os contatos são

FIG. 2 - CORPOS MAGMÁTICOS DA ÁREA



abruptos, isto é, são corpos circunscritos. Localmente são discordantes, sobretudo nas extremidades, mas em geral guardam relação de concordância com as encaixantes. O maciço de São Francisco em sua borda meridional foi seccionado pelo Falhamento de Pirapora.

Quanto ao batólito de São Roque, é ele truncado pelo Falhamento de Pirapora e pelo Falhamento de São Roque (Hasui et al., 1969). Tanto ele como os maciços de Pirapora e da Represa são constituídos pelo chamado *granito Pirituba* (Moraes Rego e Souza Santos, 1938), *granito Varejão* (Florence, 1907) ou *olho-de-sapo*. A diferença que apresentam petrograficamente com os granitóides acima descritos diz respeito à quantidade de biotita, que é maior aqui, à foliação mais conspícuas nestes e à cor mais escura. A descrição do *granito tipo Pirituba* será apresentada adiante, ao abordarmos o ba-

tólito de Ibiúna.

Todos os corpos do Conjunto São Roque são tardicinemáticos, posteriores ao metamorfismo regional. Não se conhecem corpos pós-tectônicos penetrados nele.

#### Sedimentos

No Grupo Tubarão reconhecem-se termos arenosos e conglomeráticos, de origem flúvio-glacial, na Folha de São Roque.

Três ocorrências de sedimentos neo-cenozóicos foram identificadas, a norte de Alumínio, na região de Cangüera e em São João Novo. Elas são constituídas de areia e argila variegadas, repousando sobre delgado nível de cascalho. Tratam-se de restos poupados pela erosão, com

extensões restritas e espessuras inferiores a uma dezena de metros.

Ligados à rede de drenagem atual aparecem os depósitos aluvionares, constituídos essencialmente de areia e argila; localmente, aparece algum cascalho.

## BLOCO COTIA

Este bloco na Folha de São Roque é constituído pelo Batólito de Ibiuna, no qual se acham embutidas massas migmatíticas. Um pequeno maciço adamelítico e uma intrusão alcalina aparecem na parte ocidental. Sedimentos neo-cenozóicos e recentes também estão presentes.

### Migmatitos

O termo migmatito foi introduzido por J.J. Sederholm em 1907 para designar rochas heterogêneas com frações gnáissicas ou xistosas e outras granitóides, perfeitamente discerníveis em amostras ou afloramentos. Posteriormente, desenvolveram-se em paralelo classificação de tipos diferentes de migmatitos e teorias para explicar a formação de cada um. Também o conceito foi expandido para abarcar tipos de aspecto uniforme, que no campo mostram passagens graduais para tipos bifásicos. Assim, numerosos termos foram introduzidos, mas todos com conotações genéticas.

Não nos cabe aqui rever o assunto, mas merece ser lembrada a classificação de Jung e Roques (1952), separando migmatitos homogêneos (embrechitos, anatexitos) e heterogêneos (epibolitos, diadisistos, agmatitos), aos quais eles atribuíram origem metassomática por intercâmbio iônico entre o paleossoma e o ichor (fluido de proveniência não necessariamente magmática), que o percolaria através de zonas de resistência mínima. Se o modelo genético

foi combatido por adeptos de outros mecanismos (injeção magmática, fusão diferencial — segregação), a classificação teve grande repercussão nos meios geológicos pela simplicidade e facilidade de aplicação no campo, pelo menos no que diz respeito a tipos bifásicos. Turner e Verhoogen (1960), como muitos outros, acharam preferível voltar à acepção original do termo migmatito, excluindo os tipos pos homogêneos.

Na década passada tornou-se clara a necessidade de se desvincular sistemática e origem e, assim, algumas classificações surgiram puramente descritivas. É o caso da de Mehnert (1968), que aqui adotamos.

O maior corpo de rochas migmatíticas tem início a sul de Vila Elvino, estendendo-se para nordeste até o vale do Rio Sorocá-Buçú, onde se inflete para norte; no vale do Rio Sorocá-Mirim, a faixa se volta para leste até a região de Vargem Grande e para oeste até Ibiúna. Na região da Serra de São Sebastião e do vale do Ribeirão Rafael Grande, a faixa foi truncada pelo Falhamento de Caucaia.

Esse corpo, bem como os demais de menor expressão representados no mapa anexo, constituem-se de migmatitos predominantemente com estruturas estromatíticas, em que o paleossoma é a parte mais destacada. Estruturas dictonítica, em placa e flebítica são observadas restritamente.

Os contatos entre os corpos migmatíticos e as rochas granitóides do Batólito de Ibiúna são sempre abruptos, com discordância locais flagrantes.

O paleossoma é representado por gnaiesses, micaxistos e quartzo-xistos. Também intercalações de quartzito calcosilicático são encontradas, como a leste de Piedade, em meio aos xistos.

Os micaxistos compõem-se essencialmente de biotita, moscovita e quartzo, em proporções variadas. As micas são os componentes principais, dominando ora moscovita, ora biotita. Elas desenvolvem xistosidade, mas parte da moscovita forma porfiroblastos que são predominantemente discordantes com essa foliação e sem orientação preferencial. Cada porfiroblasto em dois lados trunca a foliação e, no restante, desvia a xistosidade ondulando-a. O quartzo também se apresenta com teores variáveis, passando os micaxistos a quartzo-xistos. A clorita está presente quase sempre em associação com biotita. Mineral opaco, zircão, e apatita formam minúsculos grãos dispersos. Turmalina bem desenvolvida aparece ocasionalmente. Em algumas amostras vêem-se também hornblenda, granada, actinolita-tremolita, minerais do grupo de epidoto, oligoclásio e microclíneo. Estes dois últimos em algumas faixas assumem teores altos, passando então a gnaisses.

O quartzito calcossilicático forma camadas de espessura até decamétrica e tem aparência sacaróide, granulação fina e cor cinza-clara a cinza-esverdeada. A sua alteração intempélica produz areias finas, argilosas, de cor vermelha. Uma ligeira foliação é desenvolvida pelos minerais prismáticos e por quartzo de forma achatada. Compõem-se de quartzo, essencialmente, mas os acessórios podem totalizar até 1/3 da rocha e são: plagioclásio (labradorita), minerais do grupo do epidoto, hornblenda, titanita, granada, biotita, apatita, mineral opaco, zircão, carbonato e clorita.

O neossoma tem granulação fina, média ou grossa, formando faixas, bolsões e lentes com espessuras de milimétricas a métricas e concordantes com a xistosidade do paleossoma; só localmente aparecem tipos não estromatíticos e então a disposição é discordante. Quartzo, microclíneo pertítico e oligoclásio são os minerais essenciais, definindo composições granítica e granodiorítica. Biotita, moscovita, clorita, mineral opaco e zircão são os acessórios;

totalizam baixas porcentagens, pelo que o neossoma é leucocrático. As micas nos neossomas estão orientadas, impondo-lhes uma foliação paralela à do neossoma.

#### Rochas granitóides

As rochas granitóides no Bloco Cotia compõem dois corpos, a que designamos **Batólito de Ibiúna** e **Maciço do Turvo**.

O Batólito de Ibiúna é constituído pelo chamado *granito Pirituba*. Sendo este tipo litológico dos mais frequentes na área e quiçás no Precambriano paulista, escolhemos esse maciço para um exame mais detalhado. Estudos em outros corpos forma já apresentados por Ellert (1964) sobre o Batólito da Cantareira, por Coutinho (1972) sobre ocorrências na região de São Paulo e por Wernick (1972) sobre o Maciço de Morungaba.

Na realidade, o que se chama *granito Pirituba* inclui rochas granitóides de três tipos texturalmente diversos sob o ponto de vista macroscópico: as porfiroblásticas, as inequigranulares e as finas.

As rochas porfiroblásticas têm megacrístais róseos e/ou cinza-claros, com dimensões variadas, desde aqueles que pouco contrastam com a matriz até aqueles bem salientes de até 2–3x7–8 cm. Neste caso, de longe chamam a atenção do observador, pois se destacam pela cor em superfícies sãs ou alteradas, ou sob forma de caroços salientes em superfícies de matações ou lagedos, o que aliás levou Florence (1907) a usar a designação *Varejão*, e outros a usarem o nome *olho-de-sapo*. São monocristais de microclíneo pertítico ou oligoclásio; o primeiro apresenta sempre maior desenvolvimento e ambos têm seções retangulares, subretangulares, elípticas e oclares. Normalmente são poiquiloblásticos, incluindo grãos de quartzo, micas e feldspatos.

A matriz é cinza clara a cinza-escura de, granulação fina ou fina média. Os minerais essenciais são quartzo, microclíneo e oligoclásio, que compõem uma textura hipidiomórfica granular. O acessório principal é a biotita, seguindo-se hornblenda, titanita, zircão, epidoto, mineral opaco, apatita, carbonato e moscovita. Intercrescimentos mirmequíticos e micropegmatíticos são comuns. A biotita se apresenta orientada, conderindo foliação à rocha. Com o aumento de megacristais, a foliação se torna mais ondulada, chegando por vezes a parecer desvanecida a vista desarmada. Esses cristais maiores podem apresentar também orientação concordante com a foliação, mas tal se dá apenas ocasionalmente, sugerindo que o crescimento daqueles foi controlado pela anisotropia pré-existente. O aumento da quantidade de feldspatos se acompanha de maior desordenação de arranjo deles e da biotita. O epidoto, além de ocorrer em grãos dispersos, forma também veios de espessura até centimétrica, cortando inclusive os megacristais, devendo sua gênese estar ligada às fases finais do magmatismo.

Na maior parte do Batólito de Ibiúna as rochas granitóides são inequigranulares seriadas. A dimensão dos minerais essenciais varia de menos de 1 mm até 4–5 cm, mas os limites extremos oscilam muito de local para local. Os acessórios têm dimensões de algumas micra até 2–3 mm. Os cristais mais desenvolvidos são de microclíneo perftico e/ou oligoclásio, que mostram seções subretangulares e elíticas. A parte fina, com grãos menores que 2mm, é comparável à matriz da variedade porfiroblástica.

Frequentemente aparecem faixas e zonas centimétricas de rochas de granulação fina a muito fina, de cores cinza média a cinza escura. Seus limites não são nítidos, graduando para variedades mais grossas. Um exemplo desse tipo se encontra na Serra de Taxaquara, sustentando-a. Texturalmente, essas rochas finas diferem das inequigranulares apenas na granulação, isto é, elas também são inequigranulares seriadas,

mas com limites de dimensões sub-milimétricas.

Em termos quantitativos, notamos que as rochas granitóides finas e a matriz das porfiroblásticas e seriadas são essencialmente granodioríticas e, eventualmente, quartzo-dioríticas. O desenvolvimento de feldspatos na rocha, em fase tardia, induziu-lhe composição granítica e adamelítica.

Indícios de atuação de esforços são observados em todo o Batólito de Ibiúna, como flexão de placas de micas e lamelas de plagioclásio, extinção ondulante de quartzo e feldspato, geminação generalizada dos feldspatos, megacristais fraturados e segmentos separados, granulação de quartzo e desenvolvimento de estruturas em moldura. Tais indícios em parte podem ser atribuídos a processos de cataclase posterior à formação da rocha.

Os aspectos texturais e mineralógicos descritos indicam uma história não simples de evolução do Batólito de Ibiúna, e, *ipso facto*, dos demais corpos análogos existentes na área. Um corpo batolítico de natureza granodiorítica ou menos ácida se sujeitou a um processo de feldspatização tardia marcado pelo desenvolvimento de plagioclásio e microclíneo, com maior potência deste. Essa feldspatização calco-alcalina não foi uniforme, atingindo com intensidades diversas diferentes áreas, daí resultando os tipos de rochas que descrevemos: o fino, denunciaria estágio incipiente; o inequigranular, traduziria um estágio mais avançado e o porfiroblástico marcaria a máxima feldspatização. O que parece no campo corresponder a vários corpos litológicos é na realidade um conjunto de fácies diversas de um corpo.

A metassomatose precedeu à fase hidrotermal, já que veios de epidoto cortam inclusive os cristais de microclíneo. Coutinho (1953) descreveu na região de São Roque também fluorita e outros minerais associados.

Por fim, processos cataclásticos afetaram as rochas, ligados à lineagênese responsável pelos falhamentos de Taxaquara e de Caucaia.

O Maciço do Turvo é intrusivo no Batólito de Ibiúna. A rocha que o compõem é de natureza adamelítica, de cor rósea, de granulação média, com textura hipidiomórfica granular. Compõem-se de quartzo, microclíneo peritítico e oligoclásio. Os acessórios principais são biotita e moscovita, aquela exibindo halos pleocróicos relacionados com minúsculas inclusões de zircão. Os demais acessórios são: mineral opaco, apatita, titanita e carbonato. Intercrescimentos mirmequíticos são comuns.

Junto às bordas desse corpo aparecem ocasionalmente rochas análogas à acima descrita, mas de granulação fina e com alguma orientação das micas.

#### **Alcalinas mesozóicas**

A ocorrência de rochas alcalinas na margem do Rio Sarapuí constitui-se de sienito, mas na superfície só se observam produtos de alteração contendo muita magnetita, barita e apatita. Felicíssimo Jr. (1968) acha possível a existência de carbonatito associado.

Pouco a oeste desse corpo, um dique de skonkinito pórfiro corta as rochas granitóides do Batólito de Ibiúna.

#### **Sedimentos modernos**

Várias ocorrências de sedimentos neo-cezóicos foram encontradas na região de Ibiúna-Caucaia do Alto, sempre de extensão reduzida e espessura inferior a uma dezena de metros. Constituem-se de camadas de argila e argila siltosa, geralmente com uma faixa de cascalho arenoso na base. Somente nas ocorrências de Caucaia do Alto notamos a predominância de

termos psamo-rudáceos: cascalho arenoso e areias, ricas em fragmentos de granito, feldspatos e micas. Crostas e concreções limoníticas incidem por vezes nos níveis superiores, tal como nas demais ocorrências da área.

Sedimentos recentes aparecem em várzeas e alagadiços, associados nos vales atuais. Constituem-se de areia, siltes, argila, cascalho e turfa. As espessuras são discretas, provavelmente não ultrapassando uma vintena de metros na maior faixa aluvionar da Folha de São Roque, que se associa aos Rios Sorocá-Mirim e Vargem Grande.

#### **Bloco JQUITIBA**

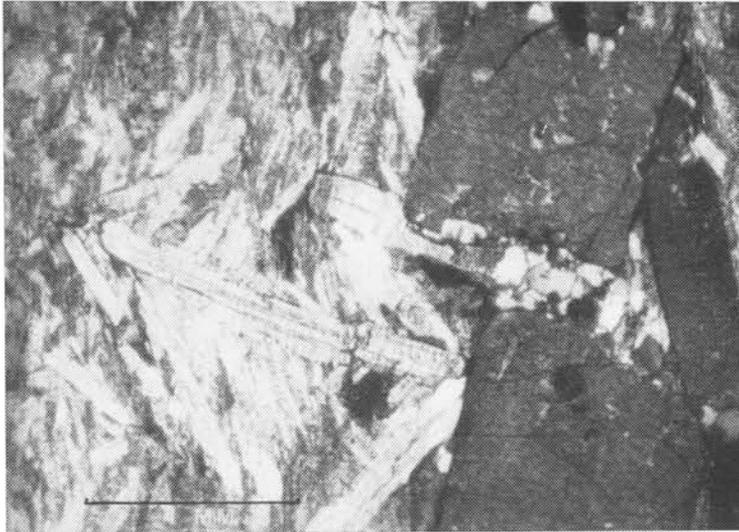
O Bloco JQUITIBA é constituído de migmatitos e corpos granitóides. Esses migmatitos foram registrados como gnaisses e xistos (Moraes Rego, 1933; Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 1:1000.000, 1963; Coutinho, 1972). Na realidade, pode-se reconhecer essencialmente dois tipos de migmatitos: os com estrutura estromatítica e os com estrutura oftalmítica. Nos primeiros, o neossoma não se distribui uniformemente, havendo algumas zonas onde ele predomina e outras onde o inverso se dá. Os migmatitos estromatíticos com paleossoma dominante são os principais.

#### **Migmatitos estromatíticos**

O paleossoma dos migmatitos estromatíticos é de natureza predominantemente xistosa, com granulação fina a média e cores cinza clara a preta. Por alteração intempérica adquire colorações avermelhadas. A foliação é conspícua, desenvolvida pelo bandeamento definido por faixas mais quartzosas e mais micáceas, e pela xistosidade gerada pelas micas e por quartzo achatado. Compõe-se o paleossoma de quartzo, biotita e moscovita, essencialmente, em quantidades variáveis, de modo a se ter mica-

xistos e quartzo-micaxistos. As micas são de duas gerações: moscovita e biotita de menor granulação desenvolvem a xistosidade e porfiroblastos de moscovita cortam e afastam-na, conturbando-a (Fotomicrografia 1). Clorita tam-

amarronzados com a alteração intempérica, e dotada de granulação fina a média. Constitui-se de quartzo e feldspatos (oligoclásio e raramente microclíneo), essencialmente. Os acessórios são: biotita, moscovita, minerais do grupo



FOTOMICROGRAFIA 1 —  
Porfiroblastos de moscovita e  
de turmalina no micaxisto .  
7,5 km a ENE de Pilar do Sul.  
N+ .

bém aparece, por vezes até em quantidades apreciáveis. Os acessórios são mineral opaco, zircão, minerais do grupo do epidoto, hornblenda, granada e oligoclásio. Os minerais do grupo do epidoto resultam de saussuritização do plagioclásio. A quantidade de oligoclásio pode ultrapassar 25%, com o que a rocha deve ser denominada gnaiss. A granada desenvolveu-se após o metamorfismo regional, pois inclui micas e quartzo orientados planarmente. Turmalina, apatita e pirita em cristais subédricos e euédricos se desenvolveram nas proximidades de corpos granitóides, atestando a ação de fluidos pneumatolíticos. Vez ou outra nota-se a presença de mica (sericita) comparável à que Coutinho (1972) demonstrou derivar da alteração de sillimanita na área de São Paulo.

De permeio aos xistos aparecem camadas de espessuras milimétricas a decamétricas de quartzitos feldsáticos de dois tipos. O primeiro é branco ou cinza-claro, tingindo-se de tons

de epidoto, titanita, apatita, zircão e minerais opacos, perfazendo quantidades muito pequenas.

O segundo tipo pode ser denominado quartzito calcossilicatado. Tem granulação fina, textura maciça, cores cinza esverdeada que, por alteração intempérica, passa a vermelha. Compõe-se de quartzo, hornblenda, minerais do grupo do epidoto, diopsídio, titanita, granada porfiroblástica e poiquiloblástica, apatita e, com incidência restrita, carbonato, zircão, biotita, mineral opaco, clorita, moscovita, plagioclásio (andesina-labradorita), microclíneo peritico e turmalina.

Rochas similares a estas últimas foram descritas por Coutinho (1972) na região de São Paulo, considerando-as metaconcreções. De fato, frequentemente vemos corpos de seção elítica ou subretangulares, mas que pensamos serem em grande parte explicáveis por estricções e boudinage.

A quantidade de feldspatos nessas rochas varia muito; por vezes o limite de 25% é superado, devendo-se então qualificar a rocha como gnaíse. Por outro lado, também camadas com baixas porcentagens de quartzo ocorrem. Qualificamo-las como rochas calcossilicatadas.

Corpos de metabasito aparecem ocasionalmente no Bloco Juquitiba, com dimensões muito reduzidas para serem cartografados na escala do mapa anexo. A norte de Juquitiba se expõe um corpo de metagabro. A rocha tem granulação média, textura maciça e cor verde escura. Compõe-se de plagioclásio e ferromagnesianos, essencialmente, numa trama blastointergranular. O plagioclásio se apresenta em cristais alongados, subédricos, sem orientação preferencial. É labradorítico e está quase totalmente saussuritizado. Os ferromagnesianos são augita, hornblenda, biotita e clorita. A augita forma cristais com envóltorios de hornblenda. A biotita e a clorita estão associadas, às vezes vendo-se a primeira envolvendo parcialmente os cristais de hornblenda-piroxênio. Quartzo, mineral opaco e apatita são os acessórios.

#### **Migmatitos oftalmíticos**

Esses migmatitos formam faixas lenticulares alongadas segundo a orientação geral das dobras. Correspondem a embrechitos oclares na classificação de Jung e Roques (1952). A rocha tem aspecto homogêneo constituindo-se essencialmente de quartzo e feldspatos. Os feldspatos presentes são oligoclásio e microclínio perítico. As dimensões variam muito: em parte, juntamente com o quartzo, constituem uma matriz mais ou menos equigranular enquanto a outra parte assume tamanhos mais avantajados conferindo à rocha uma textura inequigranular seriada. Suas dimensões podem chegar a 1–2x2–3 cm e as seções visíveis nos afloramentos são subretangulares e elípticas. Os acessórios são biotita, moscovita, apatita, titanita, mineral opaco, zircão e mais raramente clorita. Ocasio-

nalmente, aparecem minerais do grupo do epidoto, hornblenda, granada, turmalina e carbonato. As micas integram a parte mais fina da rocha e conferem-lhe uma xistosidade proeminente. A granada quando presente é porfiroblástica, com contornos subédricos e textura poiquiloblástica. As inclusões são de quartzo e micas, dispostas com orientação concordantes com a foliação à volta, denunciando crescimento em condições de calma tectônica; raramente se vê discordância devida a rotação do cristal, posterior à sua formação.

Em um corte de corpo oftalmítico, do centro para fora, a granulação diminui de média para fina e a quantidade e tamanho de feldspatos macroscopicamente distinguíveis diminuem ao mesmo tempo que as quantidades de quartzo e micas aumentam. Nas amostras de granulação mais fina nota-se que os feldspatos se desenvolveram em zonas onde o quartzo está mais granuloso, sugerindo que a feldspatização foi precedida de um preparo textural da rocha. Nesses migmatitos encontram-se com frequência lâminas e camadas de quartzito micáceo paralelas à foliação dos oftalmíticos. Esta feição é o melhor atestado da origem metassedimentar do paleossoma.

Esses migmatitos oftalmíticos apresentando transições para os estromatíticos, acham-se melhor desenvolvidos a leste da Folha de São Roque, mas alguns corpos chegam até a região de Juquitiba. Seus limites representados no mapa correspondem ao aparecimento de porfiroblastos de feldspatos visíveis macroscopicamente.

#### **Rochas granitóides**

Vários corpos existem no Bloco Juquitiba dentre os quais os maciços de Jurupará e de Caucaia acham-se truncados pelo Falhamento de Caucaia.

Todos eles são petrograficamente heterogêneos, perfeitamente equiparáveis ao Batólito de Ibiúna no tocante à petrografia. Assim é que as rochas granitóides porfiroblásticas, inequigranulares e finas estão presentes em todos. Observa-se que as rochas granitóides dominam e, no campo, chegam a lembrar os migmatitos oftalmíticos. Todavia, a passagem de tipos inequigranulares e porfiroblásticos, a falta de passagem gradual para as encaixantes, a ausência de intercalações metassedimentares, as discordâncias parciais de contato são indicativas do caráter intrusivo dos corpos.

#### Sedimentos modernos

Sedimentos neo-cenozóicos constituem duas ocorrências, uma no alto da Serra de Caucaia e outra no Vale do Rio São Lourenço. Ambas são pequenas em extensão e espessura, constituindo-se de sedimentos argilosos variegados, com nível de cascalho basal.

Sedimentos aluvionares, essencialmente areno-argilosos, se associam à rede atual de drenagem.

#### MAGMATISMO

O magmatismo na Folha de São Roque gerou:

- 1 — corpos restritos de rocha básicas, transformadas em anfibolitos e metabasitos.
- 2 — corpos de rochas granitóides tardi-tectônicas e um pós-tectônico.
- 3 — o pequeno dique de diabásio de Inhaíba.
- 4 — os corpos de rochas alcalinas do vale do Rio Sarapuí.

Os metabasitos e granitóides relacionam-se

com a evolução do Ciclo Brasileiro, enquanto o magmatismo básico e alcalino mesozóicos são vinculados à Reativação Wealdeniana da Plataforma Sul-Americana (Almeida, 1967).

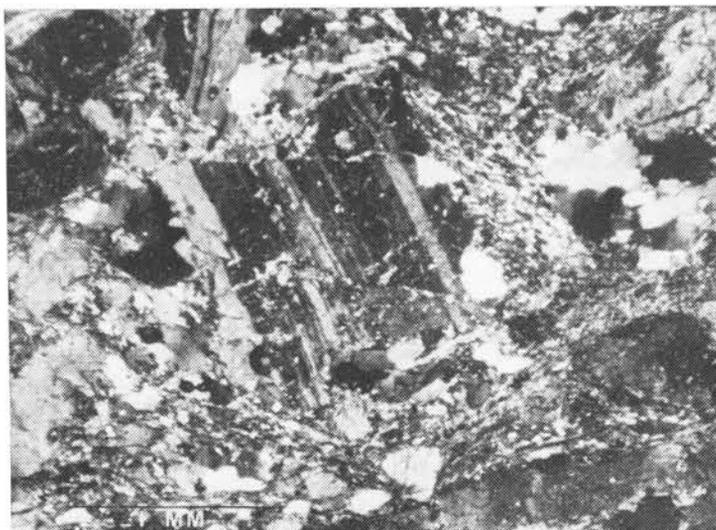
Os corpos granitóides tardi-tectônicos são mesozonais tendo exercido efeitos sobre as encaixantes. Os contatos são mormente concordantes, mas em parte discordantes. As rochas que os compõem exibem foliação conspícua, concordante com as estruturas regionais.

#### METAMORFISMO

No Grupo São Roque, o metamorfismo se deu em fácies xisto verde. So' nas bordas dos corpos granitóides observamos associações mineralógicas de fácies anfibolito; essas faixas marginais têm larguras variáveis, podendo atingir alguns quilômetros, e nelas podem ser vistas com frequência associações mineralógicas em desequilíbrio (biotita—clorita, zoisita—clinosoizita, plagioclásio saussuritizado, plagioclásio com borda albítica). Ainda nessas zonas marginais às intrusões granitóides, efeitos de metamorfismo de contato são observados (hornfels básicos, calcossilicatados e aluminosos), assim como ação de fluidos pneumatolíticos e hidrotermais (turmalinização, pegmatitos, formação de piritita).

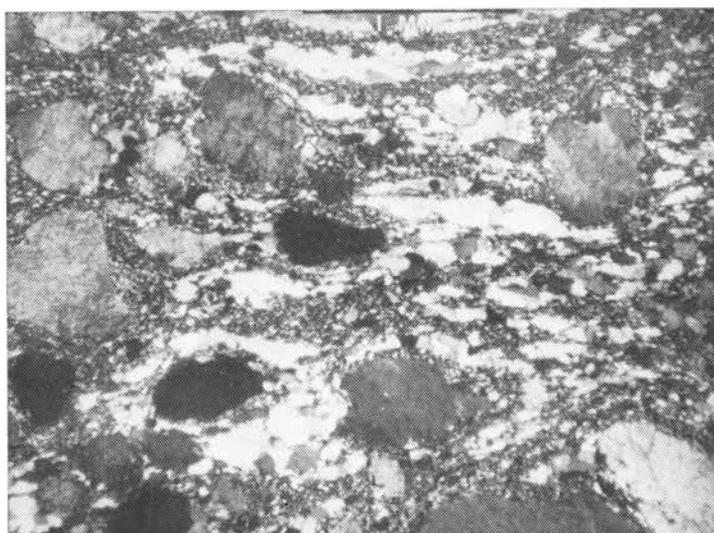
Nos migmatitos do Complexo Embu o peleossoma tem associações minerais compatíveis com fácies anfibolito. Efeitos de contato nas bordas das intrusões granitóides foram dados por ação de fluidos hidrotermais e pneumatolíticos, como citado acima. Associações mineralógicas em desequilíbrio também são vistas.

Por fim, resta mencionar o metamorfismo cataclástico associado às zonas de falhamento transcorrente. As modificações de rochas granitóides foram descritas por Hennies et al. (1969) e Hasui (1973). Podem elas serem acompanhadas na sequência de fotomicrografias 2 a 7. A nomenclatura utilizada é a de Spry (1969).



FOTOMICROGRAFIA 2 — Brecha tectônica derivada de "granito tipo Pirituba". Notam-se faixas já granuladas e plagioclásios fraturados. A biotita está totalmente granulada. 4 km a N de Piedade. N+.

FOTOMICROGRAFIA 3 — Protomilonito derivado de "granito tipo Pirituba". Neste estágio o quartzo se acha em franco processo de moagem. Os feldspatos têm borda em moldura. Uma foliação já se desenvolveu na rocha. 4 km a N de Piedade. N+.



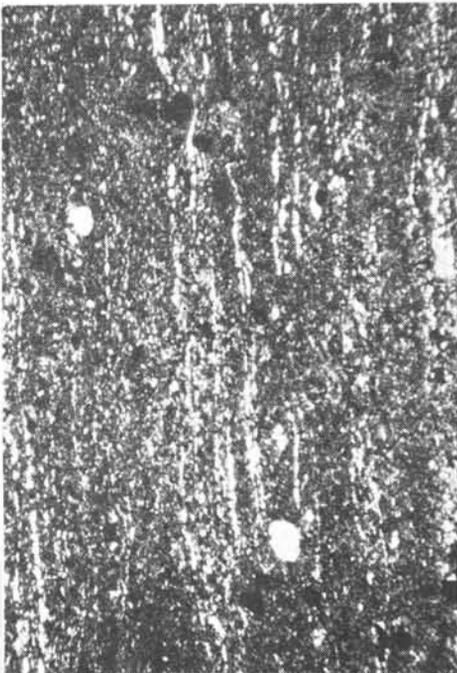
O estágio incipiente distinguível macroscopicamente consiste de uma segmentação da rocha; com incremento da intensidade, o reticulado de fraturas se torna cada vez mais denso, vendo-se fragmentos de rocha em meio a uma farinha resultante da moagem. Avançando o processo, a farinha se torna predominante em relação aos porfiroclastos. Em função do movimento, a rocha ganha uma foliação. Nos estádios seguintes, os porfiroclastos se reduzem em dimensões até não serem mais distinguíveis

macroscopicamente e a foliação se torna cada vez mais proeminente. O último estágio corresponde a uma rocha afanítica, de granulação submicroscópica. Eventualmente, o calor gerado pelo atrito é suficiente para promover recristalização de quartzo e mica.

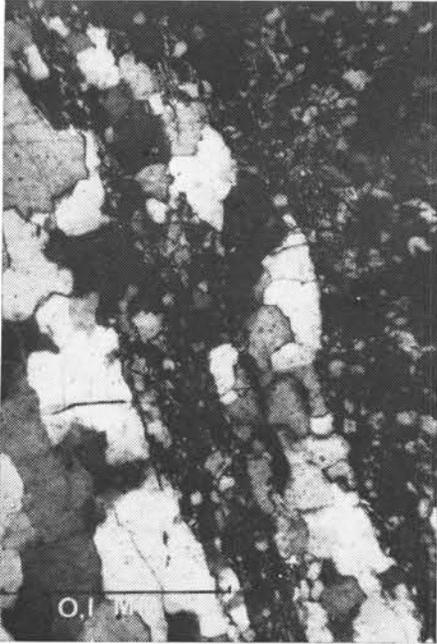
Em termos mineralógicos, as micas são as mais sensíveis à granulação, seguindo-se o quartzo e, por fim, os feldspatos. São estes últimos que persistem sob forma de fenoclastos. Os es-



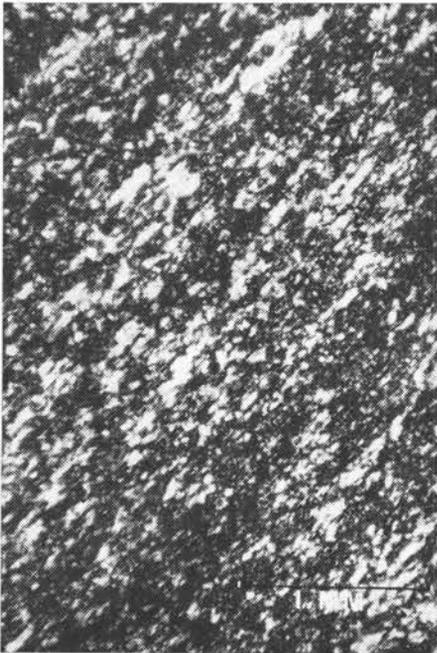
FOTOMICROGRAFIAS 4 – Mi Ionito derivado de “granito tipo Pirituba”. Os fenoclastos são de feldspato. A foliação é conspícua. Falhamento de Caucaia, a sul de Tapiraf. N+ e N//.



FOTOMICROGRAFIA 5 – Ultramilonito filonítico derivado de “granito Tipo Pirituba”. Os fenoclastos são imperceptíveis à vista desarmada. Neste estágio os minerais acessórios ainda não começaram a se fragmentar. Os cordões de quartzo são nítidos. Falhamento de Caucaia, a sul de Tapiraf.



FOTOMICROGRAFIA 6 — Ultramilonito, o estágio final da moagem. Todos minerais do antigo "granito tipo Pirituba" sofreram moagem. A foliação é conspícua. Macroscopicamente a rocha lembra um filito. 9 km a NNE e Piedade. N+.



FOTOMICROGRAFIA 7 — Ultramilonito, com quartzo recristalizado, sem extinção ondulante. Detalhe da fotomicrografia anterior. 9 km a NNE de Piedade. N+.

tádios iniciais levam a distorções reticulares, que se vêem por extinções ondulantes a nícois cruzados, bem como por flexões de planos de clivagem e lamelas de geminação, fraturamento de grãos e desenvolvimento de estrutura em moldura. Epidoto, titanita, mineral opaco, apatita e turmalina são vistos incólumes até estádios avançados de cataclase.

Em outras litologias, como quartzitos, a cataclase produz cominuição e desenvolvimento de foliação. Só em metapelitos o fenômeno não é tão claro, passando eles a filonitos e eventualmente chegando a rochas xistosas com nova xistosidade de transposição por falha.

## ESTRUTURAS

As estruturas visíveis nos metamorfitos do Conjunto São Roque e no paleossoma dos migmatitos estromatíticos são de tipos diversos.

A estrutura reliquiar generalizadamente observável é a estratificação plano-paralela, aparecendo também laminação cruzada, estratificação cruzada, estrutura gradual e estrutura rítmica.

A xistosidade é do tipo plano-axial de dobras no Conjunto São Roque e paralela à estratificação reliquiar no Complexo Embu.

As dobras visíveis no campo são centimétricas a decamétricas, isoclinais ou cerradas com planos axiais subverticais, com a diferenças de serem desenhadas pela estratificação no Conjunto São Roque e pela estratificação e xistosidade no Complexo Embu (Foto 2). Este fato levou Hasui (1973) a considerar que no Conjunto Embu as rochas estariam já deformadas em dobras isoclinais recumbentes ao sofrerem o dobramento do tipo acima descrito, que foi coaxial.

Mesmo camadas mais competentes (quart-



FOTO 2 — Antiforma isoclinal nos migmatitos estromatíticos, configurada pela xistosidade e pelo bandeamto. Corte da BR-116, à entrada de Juitiba.

zitos e rochas calcosilicatadas) se comportaram similarmente no dobramento que se pode observar no campo, notando-se adelgamento de flancos e espessamento de ápices das dobras. Apenas ocasionalmente vemos dobras concêntricas em pacotes quartzíticos; aí as intercalações metapelíticas exibem dobras de arrasto ou parasíticas. Quando se trata de intercalação restrita de quartzito em pacote metapelítico, ambos exibem perfis diferentes de dobras, com o material menos competente mostrando padrões mais complexos de ondulação (dobras desarmônicas).

Dobras maiores podem ser deduzidas. A presença de faixas de metamorfismo mais elevado em volta das intrusões granitóides é explicável se considerarmos que a penetração desses corpos se deu em conexão com o desenvolvimento das estruturas culminantes. Por outro lado, entre duas intrusões desse tipo, subparalelas às direções estruturais regionais, con-

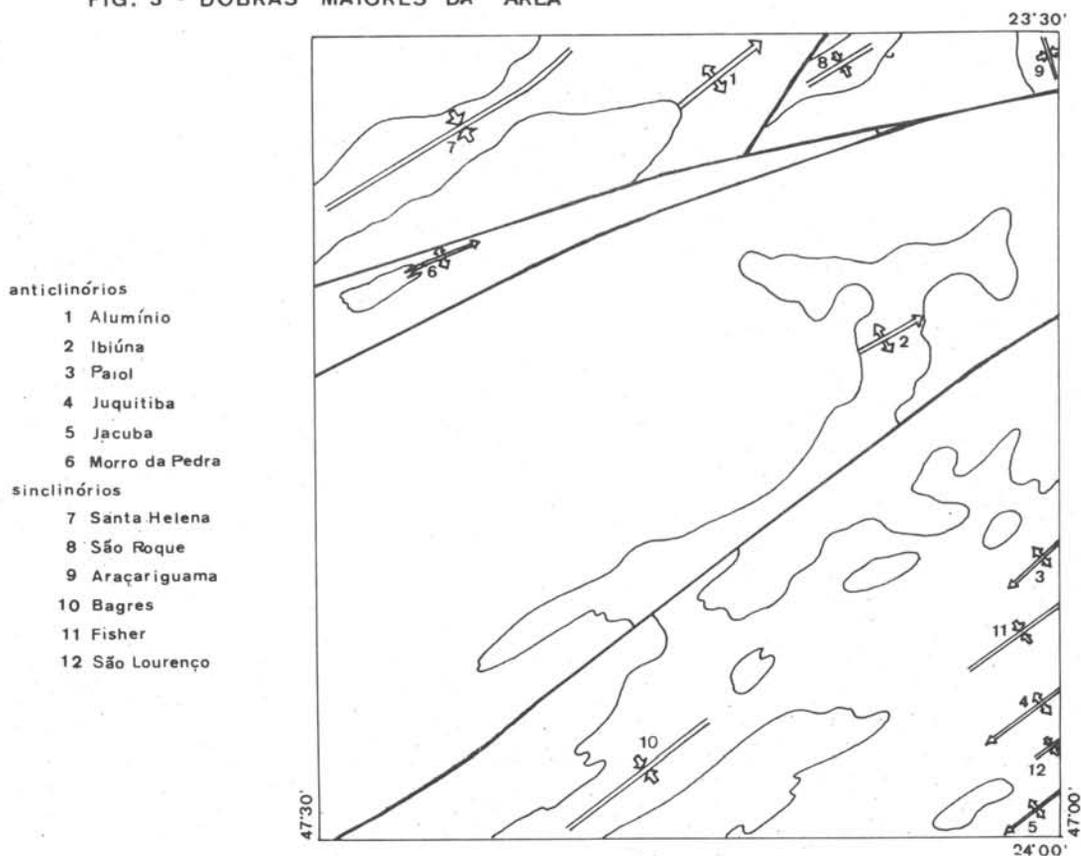
figura-se estrutura sinformal. A figura 3 mostra as macroestruturas reconhecidas. Também as zonas oftamíticas, correspondendo a áreas de maior intensidade de migmatização, podem ser consideradas como correspondentes a antiformas. Estas também estão indicadas na figura 3. Além desse dois tipos, adicionamos as duas estruturas associadas ao Batólito de Ibiúna, que são observáveis diretamente no campo.

Crenulação e transposição em maior ou menor grau são vistas nos metapelitos da Folha São Roque, inclusive nos migmatitos, introduzindo ondulações adicionais que são visíveis em escala microscópica e em afloramentos. A crenulação se manifesta por ondulações de feições planares pré-existentes e em estádios mais avançados chegam a se materializar os planos de cisalhamento separando microlitons. A progressão do cisalhamento leva à separação e afastamento de tratos daquelas estruturas planares; esse afastamento se acentua cada vez mais, podendo levar os tratos a se paralelizarem com os planos de cisalhamento (Fotomicrografia 8). Trata-se de uma transposição de estruturas. Tanto no processo de crenulação como no de transposição, os tratos planares e, ao mesmo tempo, os planos de cisalhamento sofrem rotação, ainda que de diferentes graus. A transposição culmina com o aparecimento de nova xistosidade.

Juntas aparecem em quatro ou cinco sistemas bem desenvolvidos:

- 1 — um sistema subvertical subtransversal à xistosidade,
- 2 — dois sistemas subverticais e oblíquos à xistosidade; a obliquidade varia, situando-se em torno de 50°.
- 3 — um ou dois sistemas subhorizontais (menos de 40° de inclinação). Normalmente um deles é observado nos afloramentos e faz pensar à primeira vista em alívio de

FIG. 3 - DOBRAS MAIORES DA ÁREA



carga como causa do sistema, mas quando aparecem os dois, mostram-se inclinados opostamente e têm relação com o mesmo regime de esforços causador dos anteriores.

Nos maciços granitoides esses mesmos sistemas de juntas estão presentes, e a mesma qualificação é válida mas em relação à foliação.

Resta lembrar que a xistosidade é também uma direção de fraqueza da rocha.

Os falhamentos transcorrentes constituem as estruturas mas destacadas da Folha de São Roque. O intenso metamorfismo cataclástico produziu rochas com uma foliação conspícua, que confere às rochas um caráter filonítico, paralela à orientação da zona de falhamento e com mergulhos de 60 a 90° para um ou outro

lado (Foto 3). Nas superfícies de disjunção dos milonitos, protomilonitos e ultramilonitos notamos uma lineação bem desenvolvida constituída pela moínha de minerais fragmentados. Essa lineação é paralela à direção geral do falhamento, mas tem inclinação de até 20° para o lado ocidental.

O sistema de falhamentos não é conhecido regionalmente. Hennies et al. (1967) e Hasui (1973) com base nas relações angulares (Figura 4) acham que ele resultou de um regime de esforços com componente principal maior orientada segundo E-W. O rejeito de cada falha e mesmo seu sentido de movimentos não podem ser determinados no terreno.

Hasui et al. (1975) consideram que as falhas observadas integram um sistema, a Zona de Transcorrência São Paulo, desenvolvendo-se



FOTOMICROGRAFIA 8 — Porfiroblastos de moscovita transpostos total ou quase totalmente. Os planos de cisalhamento são subhorizontais na foto. 15 km a SSE de Ibiúna. N+.



FOTO 3 — Milonito do Falhamento de Caucaia. Note-se a disjunção segundo a foliação (no plano da foto), bem como lineações subhorizontais no plano da foliação. Morro Grande, a nordeste de Caucaia do Alto.

pelo leste paulista e pelo Rio de Janeiro, com rejeito global dextral, da ordem de várias centenas de quilômetros e com uma componente vertical tal que levou o bloco setentrional a se elevar no lado leste. Nesse contexto, as falhas unitárias menores jogaram diversificadamente, umas dextrais, outras sinistras, com rejeitos que alcançaram dezenas de quilômetros. Para o Falhamento de Taxaquara, Hennies et al. (1967) atribuem rejeito de mais de 150 km.

### MIGMATIZAÇÃO

Os migmatitos observados na Folha de São Roque são simples, envolvendo uma só fase de formação de neossoma. Este normalmente concorda com a xistosidade e foi, juntamente com esta dobrado em ondulações isoclinais ou cerradas de planos axiais sub-verticais.

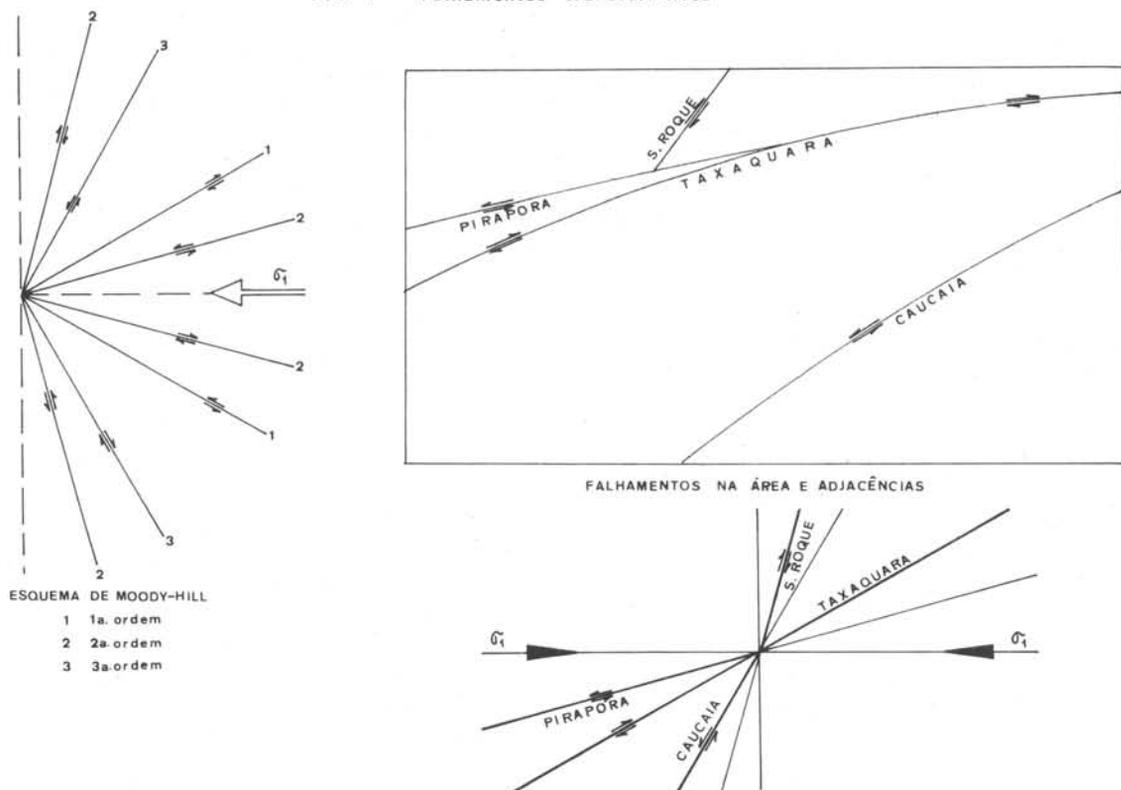
Estricção e boudinage são ocasionalmente vistos no neossoma. Além disso, o neossoma apresenta biotita orientada em concordância com a xistosidade; essa orientação poderia ser herdada, mas é mais compreensível se a vincularmos a uma fase dinâmica. Neste caso, a migmatização se deu durante uma fase tectogênica.

### EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

A evolução geológica da área começou no Precambriano Superior com uma série de fenômenos vinculados ao Ciclo Brasileiro. Esses fenômenos podem ser assim resumidos:

- 1 — **Sedimentação geossinclinal.** Depositaram-se as sequências dos Grupos São Roque e Açungui. Essas sequências não são simples prolongamentos entre si, mas se constituíram em zonas diferentes de uma

FIG. 4 - Falhamentos transcorrentes



depressão ou mesmo em depressões distintas; a situação geográfica atual se deve aos falhamentos posteriores.

- 2 - **Migmatismo básico.** Este acompanhou ou seguiu a sedimentação, pois as rochas básicas sofreram metamorfismo junto com os sedimentos.
- 3 - **Metamorfismo regional.** Deu-se em fácies xisto verde a anfíbolito no Grupo São Roque e em fácies anfíbolito no Complexo Embu, dentro da Folha de São Roque.
- 4 - **Dobramento principal.** Ocorreu contemporaneamente ao metamorfismo regional no Conjunto São Roque, pois a xistosidade desenvolvida é do tipo plano-axial. No Conjunto Paranapiacaba, o dobramento principal criou dobras análogas àquelas do Conjunto São Roque, isto é, ondula-

ções isoclinais ou cerradas com planos axiais subverticais. Todavia, esse dobramento ao sul do Falhamento de Taxaquara afetou a xistosidade anteriormente formada. Por essa razão, é de se presumir que o Complexo Embu foi afetado por uma fase anterior de dobramento. Hasui (1973) considerando que não foram ainda observadas, dada a precariedade dos afloramentos, as dobras dessa fase e que existe aparente constância de orientação de elementos lineares, considerou que na primeira geração as ondulações foram isoclinais ou cerradas, recumbentes, tendo a xistosidade em posição plano-axial.

- 5 - **Migmatização.** Deu-se em conjunção com o metamorfismo regional, podendo-se pensar em termos de contemporaneidade ou posterioridade, dependendo do modelo genético que se adotar. No Complexo

Embu, como dissemos, o metamorfismo regional parece ter acompanhado uma primeira fase de deformação e é nesse contexto que colocamos a migmatização.

- 6 – **Intrusões granitóides tardi-tectônicas.** Elas se introduziram no Conjunto São Roque ainda sob vigência da dinâmica causadora dos dobramentos acima citados, mas depois do metamorfismo regional. No Conjunto Paranapiacaba, as intrusões se deram ao tempo da segunda fase de deformação, conforme as considerações acima. As intrusões são constituídas pelo chamado *granito Pirituba* e promoveram alguns efeitos nas encaixantes adjacentes.
- 7 – **Crenulação e transposição.** Esta fase de deformação já traduz condições de rigidez das rochas, tendo superimposto ondulações e deslocamentos às dobras anteriormente formadas.
- 8 – **Intrusão pós-tectônica.** Apenas uma foi encontrada na Folha de São Roque, a do Turvo. Também impôs modificações na zona de contato, que se faz parcialmente com estromatitos de paleossoma dominante. Essa intrusão é análoga a outras pouco mais a oeste, onde se pode ver que são posteriores à crenulação.
- 9 – **Retrometamorfismo.** Este fenômeno se deu posteriormente à crenulação, mas faltam elementos para situá-lo em relação ao magmatismo pós-tectônico.
- 10 – Falhamentos transcorrentes e metamorfismo cataclástico. Esses fenômenos começaram após o metamorfismo regional e se prolongaram até o fim do Ciclo Brasileiro (Hasui e Sadowski, 1975).
- 11 – Após o Ciclo Brasileiro, a primeira unidade a se constituir foi o Grupo Tubarão, quando a Plataforma Sul-Americana já se

estabilizara, com características de ortoplateforma.

- 12 – O magmatismo mesozóico relaciona-se com a Reativação Wealdeniana.
- 13 – Os sedimentos neo-cenozóicos e recentes da Folha de São Roque relacionam-se com a rede de drenagem atual, dentro de um relevo maturo.

## GEOMORFOLOGIA

A morfologia da Folha de São Roque é bastante acidentada, com elevações de aproximadamente 1200 m de altitude e zonas baixas a 600 m de altitude. Aí estão os contrafortes orientais da Serra de Paranapiacaba, com nomes locais diversos como Serra da Queimada, Serra Caucaia, Serra de São Sebastião, etc.

A rede de drenagem integra quatro bacias: a do Tietê no canto noroeste, a do Jiquiá a sul, a do Itapetininga a sudoeste e a do Rio Sorocaba nas partes leste, central e noroeste da folha.

Almeida (1964) considera a parte norte da Folha de São Roque como integrante da Serrania de São Roque e a meridional como parte do Planalto Cristalino Oriental. Essas zonas geomorfológicas são partes da Província do Planalto Atlântico e ele as descreve detalhadamente. Em adição a essa descrição vale apenas lembrar o forte controle da litologia e das estruturas no condicionamento da morfologia e da drenagem. Os cursos menores são quase generalizadamente controlados pelas descontinuidades, representadas por sistemas de juntas, xistosidade e falhas; obviamente, os divisores são também, mas o modelado por fatores gliptogênicos se faz sentir, arredondando as formas. Os cursos maiores se desenvolveram de modo centrífugo em relação a zonas granitóides, à exceção do Rio Sorocaba que conseguiu rompê-

las, superimpondo seu leito.

As formas maiores do relevo também se vinculam à litologia. Os corpos granitóides sustentam as serranias e os metassedimentos as zonas mais baixas.

#### RECURSOS MINERAIS

A única notícia sobre ocorrências de materiais metálicos diz respeito à incidência de wolframita no Sítio Areado, a sul de Votorantim, associada ao Maciço de São Francisco. Cassiterita, calcopirita, galena, esfalerita e moli-

denita (Knecht, 1949) estão também presentes.

De resto, são recursos não metálicos os existentes. As rochas granitóides são exploradas em várias pedreiras, para obtenção de brita. As rochas calcossilicáticas foram durante muito tempo exploradas para a indústria de vidro na região de São Roque. Calcários se acham em exploração na região de Votorantim, para produção de cimento e corretivos de solos. As alcalinas de Sarapuí por processos supérgenos permitiram a concentração de apatita, que foi pesquisada mas não explorada economicamente. Areias aluvionares são retiradas em alguns locais, como no vale do Rio Sorocá-Mirim.

---

#### BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de — 1964 — Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol. Inst. Geogr. Geol. Est. S.Paulo 40:167–274, São Paulo.
- AMARAL, G., BUSHEE, J., CORDANI, U.G., KAWASHITA, K., REYNOLDS, J.H., 1967 — Potassium-argon ages of alkaline rocks from Southern Brazil. Geoch. et Cosm. Acta 31:117–142.
- BETTENCOURT, J.S. — 1971 — Os depósitos de rochas calcárias das regiões de Santa Helena e Santa Maria (Municípios de Votorantim e Brigadeiro Tobias). XXV Congr. Bras. Geol. (mimeografado), São Paulo.
- CORDANI, U.G., BITTENCOURT, I. — 1967 — Determinações de idades potássio-argônio em rochas do Grupo Açungui. Anais XXI Congr. Bras. Geol. p. 218–233, Curitiba.
- CORDANI, U.G., GOMES, C.B., GIRARDI, V.A.V. — 1963 — Rochas cálcio-silicatas da região de Perus, SP. Anais Ac. Bras. Ciênc. 35:361–372. Rio de Janeiro.
- CORDANI, U.G., KAWASHITA, K. — 1971 — Estudo geocronológico pelo método Rb-Sr de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. Anais XXV Congr. Bras. Geol. 1:105–110, São Paulo.
- COUTINHO, J.M.V. — 1953 — Petrologia da região de São Roque. Bol. 159 Min. 11, Fac. Fil. Ciên. Letras, Univ. São Paulo.
- COUTINHO, J.M.V. — 1972 — Petrologia do Precambriano em São Paulo e arredores. Bol. IGA 3:5–99, Inst. Geociênc. Univ. São Paulo.
- ELLERT, R. — 1964 — Geologia da região de Mairiporã, SP. Tese inédita. Univ. São Paulo.
- FELICISSIMO JR., J. — 1968 — Carbonatitos do Estado de São Paulo. Anais Acad. Bras. Ci. 40 (Supl.): 93–115. Rio de Ja-

- neiro.
- FLORENCE, G. — 1907 — Notas geológicas sobre o Rio Tietê em o trecho estudado pela turma em 1905. *Comm. Geogr. e Geol. Prov. de S.Paulo.*, p. 9–15.
- FRANCO, R.R. — 1958 — Contribuição ao conhecimento de rochas termo-metamórficas da Série São Roque. *Bol.*, 189, Min. 14, Fac. Fil. Ciên. Letras, Univ. S.Paulo.
- HASUI, Y. — 1973 — Tectônica da área das folhas de São Roque e Pilar do Sul. Tese inédita. Univ. São Paulo.
- HASUI, Y. — 1975 — Evolução polifásica do Precambriano a oeste da Capital paulista. Em preparação.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., COIMBRA, A.M., THOMAZ F<sup>o</sup>, A. — 1975 — The Ribeira Folding Belt. *Rev. Bras. Geoc.* 4 n<sup>o</sup> 3 (a ser publicado), São Paulo.
- HASUI, Y., HAMA, M. — 1972 — Geocronologia do Grupo São Roque pelo método do potássio-argônio. *Rev. Bras. Geoc.* 2(1): 18–24, São Paulo.
- HASUI, Y., PENALVA, F., HENNIES, W.T. — 1969 — Geologia do Grupo São Roque. *Anais XXIII Congr. Bras. Geol.* p. 101–134, Salvador.
- HASUI, Y., SADOWSKI, G.R. — 1975 — Evolução geológica do Precambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. Em preparação.
- HENNIES, W.T., HASUI, Y., PENALVA, F. — 1967 — O falhamento transcorrente de Taxaquara. *An XXI Congr. Bras. Geol.* p. 159–168, Curitiba.
- JUNG, J., ROQUES, M. — 1952 — Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophyllienes. *Bull. Carte Geol. France* 50.
- KNECHT, T. — 1949 — Ocorrências de minerais metálicos na Serra de São Francisco, São Paulo. *Min. Met.* XIV (80): 37–40. Rio de Janeiro.
- KNECHT, T. — 1960 — Notas preliminares sobre novas ocorrências de rochas alcalinas no Estado de São Paulo. *Bol. Soc. Bras. Geol.* 9: 71–76, São Paulo.
- MEHNERT, K.R. — 1968 — Migmatites and the origin of granitic rocks. Elsevier. Publ. Co.
- MELCHER, G.C., GOMES, C.B., CORDANI, U.G., BETTENCOURT, J.S., DAMASCENO, E.C., GIRARDI, V.A.V., MELFI, A. J. — 1973 — Geologia e petrologia das rochas metamórficas e graníticas associadas do Vale do Rio Ribeira de Iguape, SP e PR. *Rev. Bras. Geoc.* 3:97: 123. São Paulo.
- MELFI, A.J., BITTENCOURT, I., CORDANI, U.G. — 1965 — Reconhecimento foto-geológico de parte do Grupo Açungui. *Bragantina* 24: 447–474, Campinas.
- MORAES REGO, L.F. de — 1933 — Contribuição ao estudo das formações pré-devonianas de São Paulo. *Inst. Astron. Geof. São Paulo.*
- MORAES REGO, L.F. de SOUZA SANTOS, T.D. — 1938 — Contribuição para o estudo dos granitos da Serra da Cantareira. *Bol.* 18, *Inst. Pesqu. Tec.*, São Paulo.
- SPRY, A. — 1969 — *Metamorphic textures.* Pergamon Press Ltda.
- TURNER, F.J., VERHOOGEN, J. — 1960 — *Igneous and metamorphic petrology.* 2<sup>a</sup>

ed., McGraw–Hill Book Co.

WERNICK, E. – 1972 – A geologia do Maciço

granítico de Morungaba, leste do Estado de São Paulo. Tese inédita. Fac. Fil. Ciênc. Letras Rio Claro.