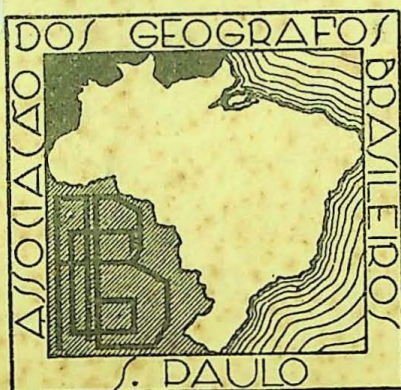


BOLETIM DA
ASSOCIAÇÃO DOS GEÓGRAFOS
BRASILEIROS



N.º 4

MAIO DE 1944



INDÚSTRIA GRÁFICA SIQUEIRA
RUA AUGUSTA, 235 — SÃO PAULO

GEOMORFOGÊNESE DA ILHA DE SÃO SEBASTIÃO

Ruy Ozório de Freitas ()*

AS ROCHAS ALCALINAS E O TECTONISMO DO LITORAL BRASILEIRO MERIDIONAL

A observação dos afloramentos de rochas alcalinas localizadas no litoral do Brasil meridional demonstra uma certa solidariedade com a serra do Mar que não foi suficientemente explorada. Os maiores jazimentos coincidem com as estruturas arqueanas e proteozóicas que sofreram remodelação tectônica recente, isto é, do jurássico ao começo do cenozóico. A remodelação da linha de costa brasileira, meridional, a partir do jurássico, com o esfacelamento dos restos do Gondwana paleozóico, parece ter sido efetuada por rejuvenescimento de falhas correspondentes a antigos dobramentos laurencianos, escalonadas, orientadas segundo NE-SW. Estas falhas

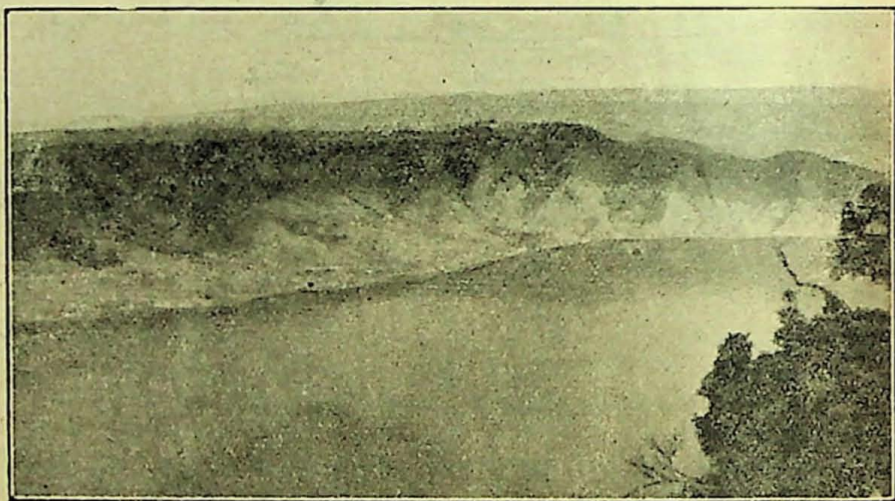


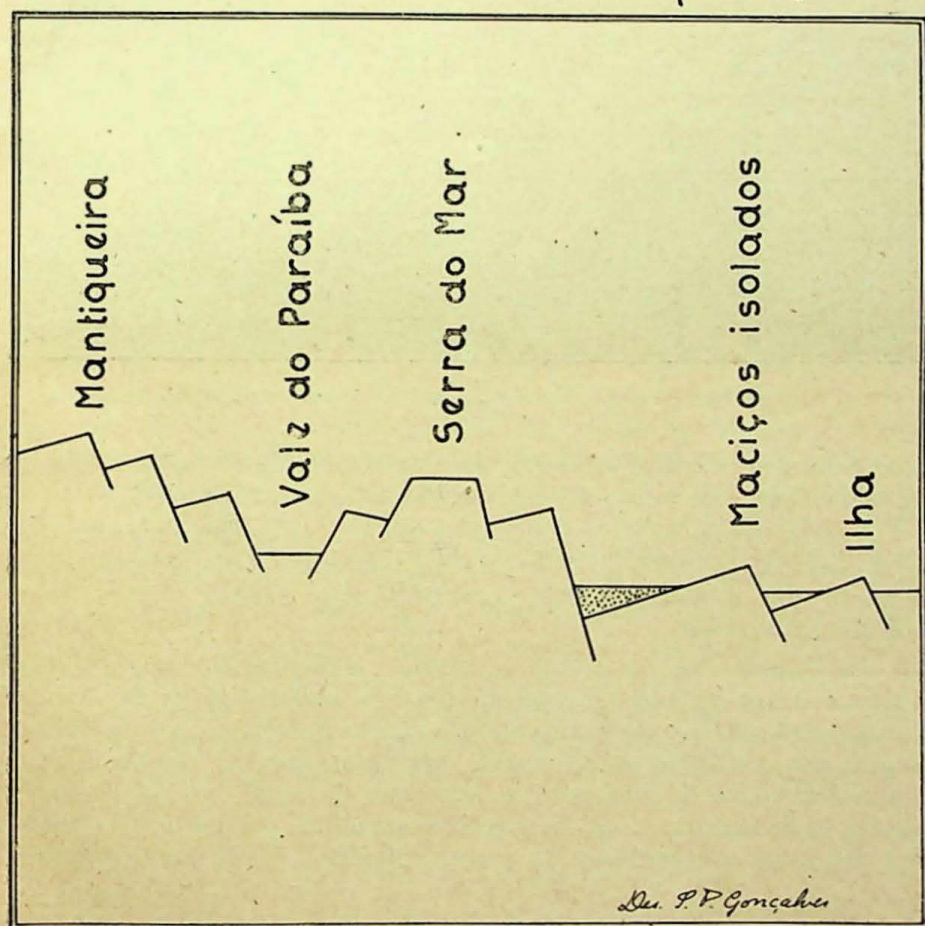
Foto 1. — Serra do Dom. — Um dos patamares da Serra do Mar.

operaram do sul do Espírito Santo até Santa Catarina, gerando diversos patamares paralelos, com o lado abrupto sôbre a linha da costa, e cujo degrau mais alto formou a conhecida serra do Mar.

(*) — Assistente da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

Os argumentos geológicos aceitos em favor desta tese geomorfológica da serra do mar, por falhas rejuvenescidas e escalonadas, são de ordem exclusivamente geomorfológica e fisiográfica devido à insuperável dificuldade de serem encontrados os testemunhos estruturais e estratigráficos no campo. A intensa alteração das rochas, submetidas à vigência de um clima úmido desde o terciário, aliada à dissecação violenta da face abrupta desse relevo assimétrico, fizeram desvanecer, com o recuo da frente de falha, os testemunhos correspondentes estruturais e estratigráficos. No entanto, a consideração do alinhamento quase perfeito da serra do Mar em sua extensão, salvo discrepâncias locais produzidas pela dissecação erosiva, a existência de cristas paralelas e os patamares constituem argumentos

ESQUEMA da GEOMORFOGENESE
da
SERRA do MAR e MANTIQUEIRA



ponderáveis para aquela interpretação da gênese da serra do Mar. Por outro lado a serra da Mantiqueira e o vale do Paraíba reproduzindo, mais para o interior, a mesma topografia da serra do Mar, consoantes à orientação NE-SW, reforçam os argumentos a favor do falhamento escalonado da serra do Mar, sugerindo um levantamento recente por epirogênese.

De um modo geral a geomorfologia do litoral atlântico meridional do Brasil se caracteriza por uma série de patamares cujas cristas crescem do mar para o interior. Os primeiros se acham, em parte, submersos e formando as ilhas; os seguintes formam os conhecidos maciços isolados, miniaturas da topografia da serra do

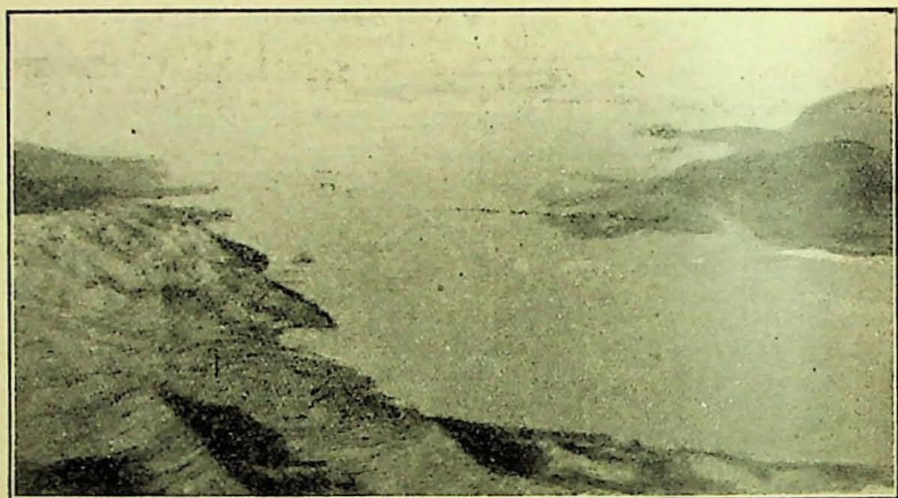


Foto 2. — Falhas N-S no Perequê e córrego Zabumba,

Mar, como por exemplo a serra da Carioca no Rio de Janeiro e a serra do Dom em frente à ilha de São Sebastião (Foto 1).

Alguns desses maciços isolados se acham, presentemente, ligados até à escarpa da serra do Mar por uma planície pleistocênica, sedimentada com o abaixamento quaternário que afogou toda a costa meridional do país.

As ocorrências de rochas alcalinas, algumas formando ilhas, outras maciços isolados, outras metidas na própria serra do Mar e Mantiqueira, parecerem indicar que o magna nefelínico estaria subordinado aos movimentos de tensão que afetaram as estruturas do escudo brasileiro do jurássico ao cretáceo, de modo que poderíamos admitir a gênese da serra do mar por uma fase preliminar de erupções alcalinas contemporâneas e provenientes. (1) do magma basal-

1) — Guimarães, Djalma. *Província Magmática do Brasil Meridional*. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico, N.º 64. Rio de Janeiro, 1933.

tico isostático que fluiu abundantemente no sul do país com o tectonismo jurássico.

Muitas ilhas de rochas alcalinas são dadas ainda como pertencentes à serra do Mar. Orograficamente é possível reunir esse conjunto que, geologicamente, apresenta notáveis diferenças. As ilhas de Cabo Frio e São Sebastião são exemplos de ilhas de erupção alcalina que, posteriormente, vieram a constituir patamares da topografia da serra do Mar, provavelmente por movimentos epirogênicos subsequentes, o que poderá se aplicar aos maciços alcalinos de Itatiaia, Tinguá, Mendanha-Gericinó-Marapicú, que constituem patamares continentais.

Posteriormente à erupção alcalina se teria dado a acomodação final do litoral, já no início do cenozóico, o que parece verdade quando se consideram as falhas que interessam rochas alcalinas, como se observa na ilha de São Sebastião nas elevações do Perequê e no correço Zabumba (Foto 2).

O MACIÇO FOIAITICO DA ILHA DE SÃO SEBASTIÃO

A ilha de São Sebastião, no litoral norte do estado de São Paulo, com uma superfície de 336 km² segundo cálculo da extinta Comissão Geográfica e Geológica é, logo após o Itatiaia, o maciço de rochas alcalinas mais importante em área no Brasil. A primeira referência parece ter sido feita por Branner (2). Posteriormente O. H. Leonardos assinalou a presença de tais rochas formando os picos culminantes da ilha (3).

Orograficamente distinguem-se dois maciços insulares: o da Serraria e o de S. Sebastião (incluindo o Papagaio) cujos picos culminantes alcançam respectivamente 1.285 e 1.379 metros. Geologicamente são constituídos de foiaito. Os reconhecimentos geológicos efetuados (4) revelaram uma particularidade interessante, pois o maciço de São Sebastião apresenta estruturas de gneiss facoidal em cota mais elevada que o maciço da Serraria e se acha grosseiramente alinhado à escarpa da serra do Mar. O maciço da Serraria, de menor altitude, não apresenta atualmente alinhamento, porém, se apresenta mais dissecado que o de São Sebastião como aliás se pode facilmente observar na carta topográfica, escala de 1:50 000, levantada pela antiga Comissão Geográfica estadual.

A existência de um capeamento gneissico em cota elevada (900m) no maciço de São Sebastião é importante para a interpretação da origem da ilha. No maciço da Serraria e no Itatiaia (5)

(2) — Branner, J. C. *Geologia Elementar*. Livraria Francisco Alves. Rio de Janeiro, 1915.

(3) — Leonardos, O. H. e Oliveira, A. I. *Geologia do Brasil*. Serviço de Informação Agrícola. Rio de Janeiro, 1943.

(4) — Freitas, Ruy Ozório de. *Geologia Parcial da Ilha de S. Sebastião Relatório ao Museu Nacional*. Rio de Janeiro, 1942.



o gneiss só foi encontrado na periferia. Outro fato interessante e que atrai imediatamente a atenção é a sensível diferença topográfica entre ambos os maciços; o maciço da Serraria se acha bastante denudado, com uma rede hidrográfica mais avançada, em contraste com o de São Sebastião que se apresenta inteiriço, com uma rede hidrográfica pouco desenvolvida, e alinhado segundo a serra do Mar.

Geologicamente o maciço foiático da ilha de São Sebastião apresenta 3 caracteres:

- 1 — Carater plutônico das rochas alcalinas.
- 2 — Ausência de teto gneissico.
- 3 — Orientação NE-SW do maciço de São Sebastião.

1 — *Caráter plutônico das rochas alcalinas*

Predominam na ilha de São Sebastião, como no maciço do Itatiaia, tipos plutônicos de rochas alcalinas como o foiático e sodalita-

foiaito. Estas rochas formam todos os principais maciços montanhosos e os seus picos culminantes. Fato idêntico A. R. Lamego (5) constatou no Itatiaia, o maior maciço foiático do Brasil e cujo pico culminante — as Agulhas Negras — é de foiaito e nordmarkito.

Lamego (5), não admite origem vulcânica para o Itatiaia, como supoz O. A. Derby (6), baseado na homogeneidade textural da rocha. Na ilha de São Sebastião o foiaito tem textura hipidimórfica, com tendência a porfiróide em alguns pontos, apresentandó, igualmente, notável homogeneidade. Isto não exclue, necessariamente, a presença de tipos efusivos, os fonolitos, que cortam o foiaito, principalmente visível ao longo do litoral devido a abrasão expor largamente as estruturas que, no interior da ilha, são ocultas pela densa vegetação florestal tropical. Tais tipos petrográficos efusivos são naturais numa erupção, correspondendo às pulsações do reservatório magmático, vasando o magma pelas fraturas e diaclases abertas na cúpula devidas à contração por resfriamento.

A constancia textural do foiaito sugere uma erupção sem chegar ao vulcanismo, isto é, sem fase extrusiva, o que admitiria implicitamente um teto pretérito, hoje ausente. O. A. Derby achava que esse fato nada mais representava que a denudação de um vulcão até suas raízes, onde se encontraram apenas os tipos plutônicos. Entretanto, a julgar pela cota dos picos culminantes da ilha, muito mais altos que a serra do Mar, e a relativa idade recente da erupção, não seria possível à erosão normal arrasar um vulcão até suas raízes sem que a serra do Mar, fronteira, tivesse sido correspondentemente denudada. O principal argumento contrário é que a uniformidade textural, compatível com uma cristalização em câmara fechada, efetuada em tranquilidade de jazimento, torna-se incompatível com o vulcanismo onde a variedade textural é um dos elementos característicos.

A textura uniforme do foiaito sugere, pois, uma erupção em câmara fechada, com alto *pt*. Há porém um argumento que favorece a hipótese de O. A. Derby, porquanto, tem se observado em erupções contemporâneas de rochas alcalinas que o caráter intrusivo da textura pode ser obtido independentemente de uma câmara fechada onde vigorassem alta pressão e temperatura (*pt*). Esse conceito físico-químico fica abalado pois se tem verificado que no resfriamento e cristalização dessas lavas alcalinas a coada dá fonolito externamente e foiaito internamente (7). Talvez o *pt* interno crescesse com a cristalização do fonolito, mesmo assim seria incomparavelmente mais baixo que o vigorante nas câmaras magmáticas plutônicas. Isto favorece a idéia de Derby no ponto de que o foiaito se cristalizaria independentemente de um alto *pt*, a pouca

(5) — Lamego, A. R. Maciço do Itatiaia. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico. N.º 88. Rio de Janeiro.

(6) — Derby, O. A. Os picos Altos do Brasil — Extraído do Boletim da Sociedade de Geografia do Rio de Janeiro. Vol V — Pag. 13. 1889. Rio de Janeiro.

(7) — Leinz, Victor. Comunicação verbal.

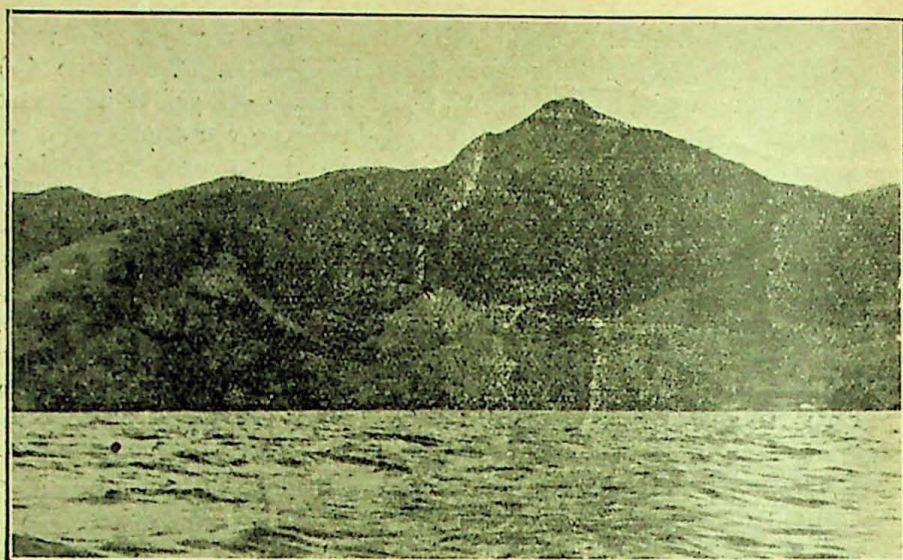


Foto 3. — Maciço da Serraria.

profundidade da chaminé vulcânica, de sorte que a erosão pouco teria de arrasar para descobrir o foiaito interno. A única objeção cabível ainda é a homogeneidade da textura e a sua tendência porfiróide que somente é compatível com uma erupção plutônica.

Para o Itatiaia Lamago adota a hipótese de Backlund, baseada no princípio da convecção de Holmes e na diferenciação agpaítica de Fersmann. Para o caso da ilha de São Sebastião é preferível admitirmos com Djalma Guimarães (1), que o magma alcalino responsável

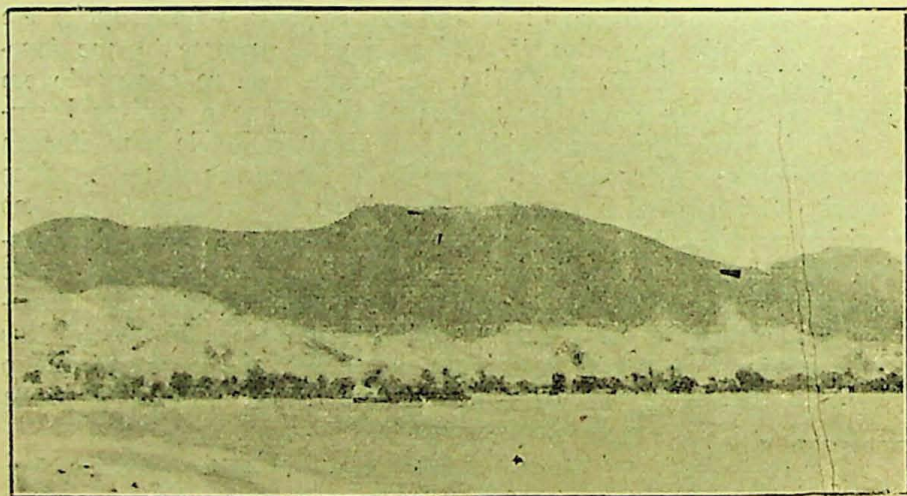


Foto 4. — Maciço de S. Sebastião.

pela erupção proveio da segmentação do magma basáltico, isostático, em câmara fechada, e que se manifestou nos episódios tectônicos de tensão do escudo arqueano e algonquiano no jurássico e, provavelmente, até o cretácico como sugerem a ilha dos Abrolhos, Trindade e Fernando de Noronha. O magma alcalino expulso reagiu fracamente com as paredes gneissicas, como se observa nos contatos na ilha de São Sebastião, e se cristalizou tranquilamente sem ser perturbado por vulcanismo ou por movimentos tangenciais. Com a consolidação do magma essas regiões de plásticas tornaram-se extremamente rígidas, afetando a isostasia local. Sobreviria então a fase de tensão, com epirogênese desse bloco, que seria assim replicado em cotas bastante elevadas. Subsequente gloptogênese dissecaria o teto, qualquer que fôsse sua natureza, expondo assim o núcleo foiaítico homogêneo.

2 — Ausência de Teto Gneissico

Na ilha de São Sebastião, como no maciço do Itatiaia, não se encontra o teto gneissico admitido implicitamente. Todos os picos culminantes são constituídos de foiaito, de textura hipidiomórfica, com tendência a porfiróide em alguns pontos. Os principais picos são: 1) Baepí (1.025 m); Tóca (1.103 m); Papagaio (1.207 m); Pacuíba (841 m); Serraria (1.285 m); Ramalho (1.205 m) e São Sebastião (1.379 m). A presença do foiaito nos pontos mais elevados da ilha significa ausência total de um capeamento, qualquer que fôsse sua natureza petrográfica. Entretanto, o gneiss facoidal aparece no maciço de S. Sebastião na cota de 950 m, mais alta que o pico do Pacuíba, no maciço da Serraria, que tem apenas 841 m, sendo formado de foiaito. Este fato parece indicar que o maciço de São Sebastião, por ser menos denudado, conservou o capeamento pretérito gneissico reduzido a afloramentos máximos na cota de 950 m. Nos pontos além dessa cota não foram encontrados vestígios. No maciço da Serraria, de peneplanização avançada, os testemunhos desse capeamento gneissico estão situados na cota de 400 m.

Essa relação entre o grau de peneplanização e os afloramentos de gneiss, em ambos os maciços, parece sugerir a existência de um teto pretérito. O maciço de São Sebastião por ter sido menos denudado apresenta estruturas de gneiss em cota mais elevada que o maciço da Serraria que sofreu maior peneplanização.

3 — Orientação NE-SW do Maciço de São Sebastião

Uma observação geológica imediata que se faz na ilha de São Sebastião, do alto do pico de São Sebastião, é a diferença nitida entre este maciço e o da Serraria. Este se apresenta com

uma superfície de erosão jovem, da qua começam a se destacar alguns testemunhos por erosão diferencial, e com uma drenagem consequente próxima do tipo dendritico. Ao contrário, o maciço de São Sebastião é formado por duas cristas orientadas NE-SW, respectivamente denominadas morro de São Sebastião e morro do Papagaio, sem configurar uma superfície de erosão. A orientação destas cristas contrasta com o aspecto denudado do maciço da Serraria, e a presença de estruturas de gneiss em cota mais alta no maciço de São Sebastião constituem um argumento geomorfológico importante para a interpretação da origem da ilha. Nesses dois morros, São Sebastião e Papagaio, ainda podemos reconhecer o lado abrupto voltado para SE, e o lado suave voltado para NW, a exemplo da serra do Mar. A dissecação erosiva, presentemente, uniformizou a penda de ambos os lados desse maciço, porém não conseguiu apagar de todo essa topografia assimétrica. Este fato sugere para a ilha de São Sebastião a mesma gênese da serra do Mar, isto é, por falhas escalonadas segundo NE-SW. A falta de aparente orientação do maciço da Serraria atualmente verificada não exclue necessariamente uma orientação pretérita. O processo erosivo tendo sido mais intenso teria retirado todos os testemunhos estruturais, descobrindo em maior extensão o núcleo foiaítico e reduzindo o capeamento gneissico a uma cota bem baixa. O maciço de S. Sebastião apresentando estruturas de gneiss em cota bastante elevada ainda se conserva orientado NE-SW, como um patamar da serra do Mar. A presença do gneiss facoidal nessa cota (950 m) parece indicar que a erosão não progrediu tanto neste maciço, deixando uma configuração relíquia, idêntica a que teria sido a do maciço da Serraria no passado geológico. O maciço de São Sebastião pode ser conside-

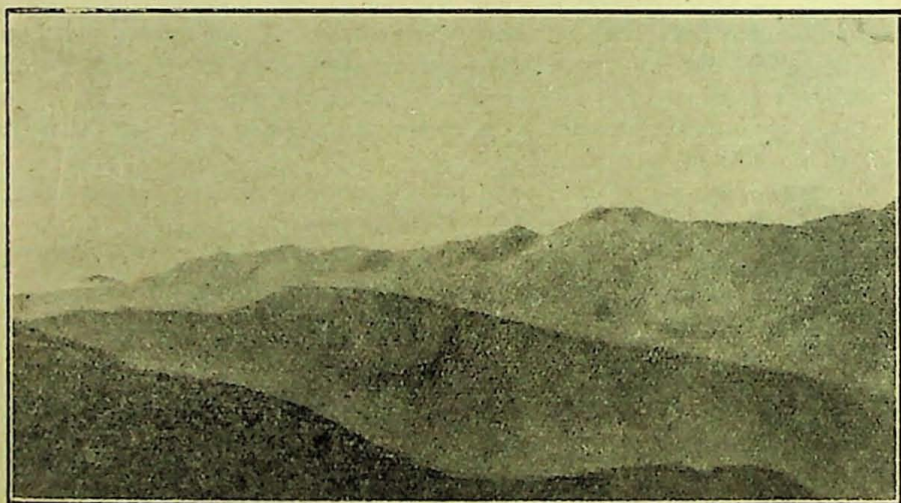


Foto 5. — Aspecto da dissecação do maciço da Serraria.

rado, pois, como um remanescente da antiga morfologia da ilha, quando o gneiss ainda envolveria todo o núcleo foiático.

Esses fatos sugerem a conclusão de que o gneiss seria o responsável pela orientação, e, por isso, o maciço de São Sebastião ainda se conservaria paralelo à direção da serra do Mar por apresentar estruturas gneissicas em cota mais alta que o maciço da Serraria. O aspecto atual seria devido exclusivamente à dissecação erosiva responsável pelas discrepâncias encontradas entre o maciço de São Sebastião e o da Serraria.

GEOMORFOGENESE

Para explicar a origem da ilha de São Sebastião com picos culminantes, elevados entre 1.000 e 1.379 metros, constituídos de rochas alcalinas de textura plutônica, homogênea, sem sinais óbvios de vulcanismo, poderíamos admitir duas hipóteses.

- 1 — Estrutura Positiva Pre-eruptiva;
- 2 — Epirogênese.

As observações geológicas de que dispomos podem ser assim enumeradas:

- a — Os picos culminantes de rocha plutônica;
- b — Homogeneidade da rocha;
- c — Cristas da ilha mais elevadas que as da serra do Mar;
- d — Embasamento gneissico aflorando em cotas elevadas no maciço de São Sebastião e em cotas baixas no maciço da Serraria;
- e — Orientação NE-SW do maciço de S. Sebastião;
- f — Rede hidrográfica mais evoluída no maciço da Serraria;
- g — Alinhamento NE-SW das ilhas dos Alcatrazes, S. Sebastião, Buzios, Vitória e Cabo Frio;
- h — Altitudes decrescentes, para NE, dos maciços alcalinos que formam patamares externos da serra do Mar (ilha de São Sebastião 1.379 m; Mendanha, Gericinó e Marapicú 906 m; Tinguá 900 m; Cabo Frio 390 m., em contraste com as altitudes da serra do Mar que crescem na mesma direção até atingir o ponto culminante no Caparaó, no pico da Bandeira com 2.884.

1 — ESTRUTURA POSITIVA PRE-ERUPTIVA

Para explicar a presença de rochas plutônicas como o foiático e a homogeneidade textural em toda a ilha, ocorrendo nos picos.

observação, inclusive os que servem à primeira tese. A erupção alcalina seria uma réplica isostática aos movimentos de tensão nas estruturas arqueanas, no jurássico, quando se iniciaria a remodelação total da costa brasileira, esfacelando-se o remanescente do Gondwana paleozóico. O magma alcalino, da mesma natureza isostática que o basáltico ao qual se subordina, irromperia nas estruturas gneissicas por esforços verticais, em diversos pontos onde maior fora a acomodação tetônica. Esses pontos são os que ocupariam hoje os afloramentos de 1) Lages, 2) Anitápolis, 3) Ribeira, 4) Cerro Azul, 5) Jacupiranga, 6) Xiririca, 7) Juquiá, 8) Alcatrazes, 9) São Sebastião, 10) Búzios, 11) Vitória, 12) Campos do Jordão, 13) Itatiaia, 14) Mendanha-Marapicú-Gericinó, 15) Tinguá, 16) São Gonçalo, 17) Sumidouro, 18) Rio Bonito, 19) Cabo Frio (8). O caso de Lages é interessantíssimo por se acharem as rochas alcalinas metidas dentro de um campo basáltico, indicando que o magma alcalino é posterior ao derrame básico da serra Geral. Em Poços de Caldas foi achada uma breccia vulcânica englobando seixos de meláfiro, ficando definitivamente provado que o magma basáltico precedeu o nefelínico.

Após a emersão do magma alcalino, merce dos movimentos de tensão jurássicos, e a sua consolidação, prosseguiria a remodelação da costa operada por falhas rejuvenescidas e escalonadas. A fase culminante teria sido no cretácico ou começo do terciário, contemporânea do paroxismo andino. Os núcleos alcalinos, uma vez consolidados tornariam essas regiões de plásticas à rígidas, introduzindo um nova componente estática aos esforços de tensão. O resultado na isostasia regional seria uma réplica desses maciços e o desabamento final de todo o litoral, gerando-se simultaneamente a escarpa da serra do Mar e os seus patamares subsidiários orientados segundo NE-SW, incluindo-se, para o interior, a serra da Mantiqueira e o vale do Paraíba. Estes patamares, apesar da dissecação erosiva, são facilmente reconhecíveis, estando geralmente em cota inferior à serra do Mar, salvo o caso da Mantiqueira, Itatiaia e ilha de S. Sebastião. Esses patamares todos, nos quais se incluem os maciços alcalinos, só poderiam ter origem de epirogênese, movimento isostático subordinado aos esforços de tensão. Fica assim explicada a solidariedade entre as erupções alcalinas e geomorfologia do litoral, a presença de orientação no maciço de São Sebastião, e a orientação das ilhas alcalinas (Alcatrazes, S. Sebastião, Búzios, Vitória, e Cabo Frio).

A ilha de São Sebastião se iniciaria por uma erupção de compensação isostática, em pontos de tensão do arqueano, consolidando-se o magma em profundidade. Isto explicaria a textura plutônica

(8) — Freitas, Ruy Ozorio de. Jazimento das Rochas Alcalinas no Brasil Meridional. Mineração e Metalurgia. N.º 43. 1944. Rio de Janeiro (no prelo).

da rocha. Tendo sido os movimentos responsáveis de caráter vertical, portanto sem esforços tangenciais ou orogenéticos, a consolidação do magma gozaria de grande tranquilidade que, em última análise, explicaria a homogeneidade da rocha. Os fonolitos encontrados representariam as pulsações do reservatório magmático sob a cúpula contraída por resfriamento e por conseguinte proporcionaria um *pt* compatível com a cristalização de rochas porfíricas, sem a necessidade de vulcanismo declarado. Com a subsequente epirogênese a ilha subiria a uma cota mais elevada que a da serra do Mar, constituindo-se um patamar, ficando assim explicado esse fato da ilha ser muito mais alta que a serra do Mar fronteira.

À epirogênese da ilha sucederia intensa fase erosiva capaz de remover o teto gneissico remanescente e expor o núcleo foiaítico à dissecação. Isto explicaria a ausência do teto e a diferença topográfica entre o maciço de São Sebastião e o da Serraria por erosão, conservando aquele ainda a orientação. A idade fisiográfica da rede hidrográfica do maciço da Serraria confirmaria esta presunção.

CONCLUSÃO

Pela epirogênese poderíamos compreender todos os pontos da observação geológica — as altitudes decrescentes dos patamares alcalinos que vão da ilha de São Sebastião à Cabo Frio, — a gênese do Itatiaia, — a origem da serra do Mar e a dos patamares, — a orientação NE-SW, — a solidariedade das erupções alcalinas com o tectonismo do litoral, — a crista da ilha de São Sebastião mais elevada que a da serra do Mar.

A epirogênese parece ser a hipótese mais de acordo com a evidência geológica. Sugere para a geomorfogênese da ilha a seguinte formação:

- 1 — Fase preliminar de emersão do magma alcalino, de compensação isostática, devido ao tectonismo jurássico operado por esforços de tensão.
- 2 — Consolidação do magma em câmara fechada, tranquilamente, resultando a homogeneidade da rocha e sua textura plutônica. Os tipos efusivos resultariam das pulsações do reservatório magmático sob a cúpula contraída por resfriamento.
- 3 — Epirogênese do bloco devido ao falhamento escalonado do litoral meridional desabado segundo NE-SW, gerando-se os patamares e a serra do Mar.
- 4 — Avanço do mar submergindo e insulando alguns patamares.
- 5 — Fase erosiva torrencial que dissecaria toda a superfície da ilha, expondo o núcleo foiaítico com a remoção do teto remanescente. A erosão progrediria mais no maciço da Serraria

apagando a sua orientação paralela à serra do Mar, porém conservando-a no maciço de São Sebastião, incluindo Papagaio e Rodamonte. Neste maciço pode, assim, o gneis facoidal ser encontrado em cota mais alta.

Chegámos, sem dificuldade, ao perfil gliptogênico atual da ilha de São Sebastião, e à interpretação de sua origem por fenômenos de epirogênese causados pelos movimentos de tensão que acomodaram o escudo arqueano brasileiro meridional do jurássico ao começo do cenozóico.
