UNIVERSIDADE DE S. PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM LXXXV

GEOLOGIA E PETROLOGIA
DA
ILHA DE SÃO SEBASTIÃO

POR

RUY OZORIO DE FREITAS, D. Sc.

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
10008
U. S. P.

GEOLOGIA N.° 3

S. PAULO — BRASIL
1947

1527

Os Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo são editados pelos Departamentos das suas diversas secções.

Toda correspondência deverá ser dirigida para o Departamento respectivo da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras — **Caixa Postal 105-B**, S. Paulo, Brasil.

The "Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de S. Paulo" are edited by the different departments of the Faculty.

All correspondence should be addressed to the Department concerned, **Caixa Postal 105-B**, São Paulo, Brazil.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor:

Prof. Dr. Linneu Prestes.

Diretor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras:

Prof. Dr. Astrogildo Rodrigues de Mello

Departamento de Geologia e Paleontologia

Diretor:

Prof Kenneth E. Caster, Ph. D.

Assistentes:

Josué Camargo Mendes, D. Sc.

Ruy Ozorio de Freitas, D. Sc.

Setembrino Petri, L. Sc.

UNIVERSIDADE DE S. PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM LXXXV

GEOLOGIA

N.º 3

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
BIBLIOTECA
10008
U. S. P.

06113

S. PAULO — BRASIL
1947

RUY OZORIO DE FREITAS, D. Sc.

GEOLOGIA E PETROLOGIA
DA
ILHA DE SÃO SEBASTIÃO

(ESTADO DE SÃO PAULO)

com

8 TABELAS
1 MAPA
38 FOTOGRAFIAS
24 FOTOMICROGRAFIAS
11 FIGURAS
20 QUADROS

1947

ÍNDICE

SUMARIO 7
INTRODUÇÃO. 11
AGRADECIMENTOS. 13
CAPÍTULO I: GEOLOGIA 14

1.ª Parte: GRANITOS E GNAIS (Arqueano) 14
1 — Geologia Geral 14
2 — Petrografia 22

2.ª Parte: ERUPTIVAS BASICAS (Retico) 27
1 — Geologia Geral 27
2 — Petrografia 30

3.ª Parte: ERUPTIVAS ALCALINAS (Jurassico) 35
1 — Geologia Geral 35
2 — Petrografia 44
3 — Petrologia. 96

4.ª Parte: ERUPTIVAS QUARTZO-DIORITICAS (Post-jurassico). 166
1 — Geologia Geral 166
2 — Petrografia 168

5.ª Parte: DEPOSITOS RECENTES (Holoceno) 174

CAPÍTULO II: DISCUSSÃO DA COLUNA GEOLOGICA 178
CAPÍTULO III: TECTONICA 185
CAPÍTULO IV: GEOMORFOLOGIA 192
CAPÍTULO V: CONCLUSÕES. 200
BIBLIOGRAFIA . 206
ALBUM DAS ESTAMPAS 211
1 — Fotografias 211
2 — Fotomicrografias. 230
3 — Explicação das fotomicrografias 243

SUMMARY

S. Sebastião Island is principally comprised of alkaline rocks which form a massif of some 300 km², thus being the third in size in Brazil. They are developed as a stock, elongated in a NE-SW direction, and enclosed in gneissic structures.

The geologic formations encountered consist of 1 — granites and gneisses (ARCHEAN). 2 — Basic rocks (RHAETIC), 3 — Alkaline rocks (JURASSIC), 4 — Quartz-diorite eruptives (POST-JURASSIC), and 5 — Recent deposits (HOLOCENE).

The method of study is petrographic and the geologic column is established on the basis of petrographic, tectonic and physiographic data. The archean is determined by its petrographic aspect (facoidal-gneiss, oliclasse-gneiss, hornblend-gnaiss, biotite-gneiss and microline-granite) which is identical with that currently considered Archean in Southern Brazil. Triassic (Rhaetic) age is assigned to the basic rocks (diabase and basalt) because of their tectonic and petrographic similarity to the basalts which cut the continental Archean in a similar manner. From their "mise-en-place" the alkaline rocks (1 - Nordmarkite, 2 - Biotite-pulaskite, 3 - Pulaskite, 4 - Nepheline-syenite, 5 - Foyaite, 6 Essexite-foyaite, 7 - Essexite and 8 - Theralite) might to be considered Jurassic due to their relations to the basic rocks of presumed Rhaetic age. In the Bonete beach area (photo 14) a dike of nordmarkite was observed cutting one of diabase. The quartz-diorite eruptives (mainly quartz-andesite) cut the alkalines in the peak of Zabumba, thus indicating a more recente age. Moreover, they fill recent fracture lines, such as the faults along the S. Sebastião canal. This fact indicates that the topography in that epoch must have been the same as the present level. The alluvial deposits, both marine and continental, are considered on the basis of physiographic evidence to be Recent (Holocene). They occupy the bottom of the present valleys and the flanks of the cut coast-line.

The tectonics which affected São Sebastião Island were part of those influencing the whole southern littoral of Brazil. Two distinct phases can be distinguished: in the first, basic rocks and the subsidiary alkalines, were formed and in the second, came the serial block faulting and tilting toward the NW during which ten-

sion fractures were filled by quartz-diorite eruptives. All the tectonic activity was controlled by the previous NE-SW direction of the Archean structure, corresponding to ancient fold axes of the Laurentian and Huronian diastrophism.

The geomorphology of the island comprises an ancient erosion surface reduced to senility, — Cretaceous peneplain, which is today found on the topmost crests of the alkaline massif and the satellite gneissic structures, where it has been lowered by serial block faulting, and is sligthly inclined to the NW due to the tilting. In addition to this vestigial topography, there exists the present youthful sculpturing of the island. This cycle was inaugurated with the last stage of epeirogenic uplift which raised the alkaline plutonic eruptive rocks to more than 1.300 m. above sea level. The coastline is youthful and typically one of submergence, with "ria" structure. The existence of marine-cut terraces, at present elevated between 20 to 30 m, recalls the very recent epeirogenic and or eustatic oscillations of the littoral.

RÉSUMÉ

La plus grande partie de l'ile de São Sebastião est constituée par un massif de roches alcalines, occupant 300 km² environ, soit le troisième ensemble de ce type au Brésil. La forme en est allongée NE-SW et il est encaissé dans les gneiss.

Les formations géologiques de l'ile sont les suivantes: 1 - granites et gneiss (ARCHÉEN). 2 — roches éruptives basaltiques (RHÉTIEN). 3 — éruptives alcalines (JURASSIQUE), 4 — diorites quartzifères (POST JURASSIQUE) et 5 — dépots récents (HOLÉOCENE).

La méthode de travail a été fondée sur la pétrographie et sur la colonne géologique établie d'après les données pétrographiques, L'archéen est déterminé par ses types pétrographiques (gneiss facoidal, oligoclase-gneiss, hornblende-gneiss, biotite-gneiss e granite à microcline) qui sont identiques à ceux que l'on trouve dans la zône archéenne du Brésil Méridional. L'âge triassique (rhétien) a été attribuée aux roches basiques (diabases et basaltes) en considérant leurs ressemblances tectoniques et pétrographiques avec les basaltes qui coupent de même façon les terrains archéens du continent. La mise-en-place des roches alcalines (1 - Nordmarkite, 2 Biotite-pulaskite, 3 - Pulaskite, 4 - Nephéline-syenite, 5 - Foyaite, 6 Esséxite-foyaite, 7 - Esséxite et 8 - Théralite) est considerée comme étant jurassique; on se base sur les relations entre ces roches alcalines et les roches éruptives basiques d'âge rhétien

pars que, à la plage du Bonete (photo 14) un dyke de nordmarkite coupe un outre de diabase. Les éruptives du quatrième groupe, diorites quartzifères (quartz-microdiorites et quartz-andéstiques), coupent les roches alcalines au pic de Zabumba; elles leur sont donc postériures. De plus, elles remplissent les lignes de fractures récentes, telles que les failles au long du canal de São Sebastião; il faut que la topographie ancienne ait été semblable à l'actuelle pour permettre des types effusifs au niveau actuel du canal; ou, pour le moins, il faut que toute la zône d'intrusion ait été comme aujourd'hui à la superficie. Les dépots alluviaux marins et continentaux sont récents, holéocênes, étant donnée leur disposition topopraphique: on les trouve dans les fonds de vallée et sur les bords du rivage actuel; la datation est donc de l'ordre physiographique.

La tectonique de l'ile se rattache à celle de tout le littoral méridional brésilien. On peut distinguer deux phases: d'abord celle des éruptions basiques et des éruptions alcalines subsidiaires; pendant la second phase se sont produites les failles en escalier des blocs basculés vers le NW, avec des diorites quartzifères. Tout làactivité tectonique a été dirigée sur la ligne NE-SW constante dans la structure archéene e qui correspond aux anciens axes des plissements laurentiens et huroniens.

La géomorphologie de l'ile present avant tout une ancienne surface d'erosion, avancée jusqu'à la sénilité; il s'agit d'une pénéplaine crétacée qui est aujourd'hui réduite aux points culminants du massif alcalin et de ses satellites des structures de gneiss. Cette pénéplaine a été basculée parales bloc de failles et elle a acquis une légère inclinaison ver le NW Outre cette topographie dont ne subsistent que des vestiges, le modelé actuel de l'ile se caracterisé par sa jeunesse. Ce nouveau stade a été inauguré avec les derniers soulèvements épéirogéniques qui ont porté les roches alcalines à plus de 1.300 m au dessus du niveau de la mer. Le relief littoral présent une côte typique de submersion avec rias, encoree au stade de jeunesse. La présence de terraces d'abrasion marine, à environ 20-30 m rapelle les oscilations épéirogéniques ou eustatiques du littoral.

SUMARIO

A ilha de São Sebastião consta principalmente de rochas alcalinas que formam um maciço de 300 km² aproximadamente, constituindo o terceiro em área no Brasil. Apresenta-se em um "stock" alongado segundo NE-SW encaixado em estruturas de gnais.

As formações geológicas encontradas consistem em 1 — Granitos e Gnais (ARQUEANO), 2 — Eruptivas básicas (RÉTICO). 3 —Eruptivas alcalinas (JURÁSSICO) e 5 — Depósitos recentes (HOLOCENO).

O método de estudo empregado foi o petrográfico e a coluna geológica estabelecida em base de dados petrográficos, tectônicos e fisiográficos. O arqueano é determinado por definição dos seus tipos petrográficos (1 - gnais facoidal, 2 - oligoclásio-gnais, 3 - hornblenda-gnais, 4 biotita-gnais e 5 microlina-granito) idênticos aos ocorrentes no considerado arqueano do Brasil meridional. O triássico (rético) é conferido às rochas básicas (diábasios e basáltos) pela sua semelhança tectônica e petrográfica com as congêneres que cortam de maneira semelhante o arqueano no continente. A "mise-en-place" das eruptivas alcalinas (1 Nordmarkito, 2 - Biotita-pulaskito, 3 - Pulaskito, 4 - Nefelina-sienito, 5 - Foiaito, 6 - Essexito-foiaito, 7 - Essexito e 8 - Teralito) pode ser considerada jurássica devido suas relações com as eruptivas básicas referidas réticas, pois na praia do Bonete (foto 14) observa-se um dique de nordmarkito cortando outro de diabásio. As eruptivas quartzo-dioríticas (quartzo-microdiorito e quartzo-andesito) cortam as alcalinas no cume do Zabumba, indicando sua idade mais moderna que estas. Alem deste fato preenchem linhas de fraturas tectônicas recentes, como as falhas ao longo do canal de São Sebastião, indicando que a topografia deveria ser a mesma que a atual para permitir tipos efusivos ao nivel presente do canal ou que pelo menos toda a zona de extrusão estivesse, como hoje está, em superfície. Os depósitos aluviais marinhos e continentais são considerados recentes, (holocênicos) pelo favor da topografia onde se dispõe, ocupando o fundo dos vales e os bordos do atual modelado costeiro, idade esta conferida em base fisiográfica.

A tectônica que afetou a ilha de São Sebastião participa da que atuou em todo o litoral meridional brasileiro. Pode-se distinguir duas fases distintas; na primeira ocorreram as erupções básicas e as alcalinas subsidiárias e na segunda deram-se os falhamentos escalonados em blocos basculados para NW com as fraturas de tensão preenchidas pelas eruptivas quartzo-dioríticas. Toda a atividade tectônica foi regulada pela direção NE-SW previlegiada da estrutura do arqueano, correspondente a antigos eixos dos dobramentos laurencianos e huronianos.

A geomorfologia da ilha consta de uma antiga superfície de erosão rematada até a senilidade, — o peneplano cretáceo, hoje reduzida às cristas culminantes do maciço alcalino e às satelites das estruturas gnáissicas, desnivelada pelo falhamento em blocos e ligeiramente adernada para NW devido ao basculamento. Ao lado desta topografia vestigial existe o modelado atual da ilha ca-

racterizado por uma juventude do estágio evolutivo. Esta escultura foi inaugurada com os últimos levantamentos epeirogênicos que ascenderam as eruptivas alcalinas plutônicas a mais de 1.300 m sobre o nivel do mar. O modelado costeiro apresenta uma costa típica de submergência com esculturas em rias, no estágio da juventude. A presença de terraceamentos marinhos de abrasão, atualmente elevados cêrca de 20 a 30 m, lembra as oscilações epeirogênicas ou eustaticas do litoral.

INTRODUÇÃO

A ilha de São Sebastião acha-se localizada no litoral norte do Estado de São Paulo, na altura do paralelo de 23° 50', distando cêrca de 60 milhas marítimas do porto de Santos situado a SW. A superfície, segundo o cálculo da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo (Comissão de Exploração do Litoral) (15) é de 336 km², sendo na maior parte montanhosa.

A primeira notícia que se tem sobre a geologia da ilha de São Sebastião data de 1887, feita por ORVILLE A. DERBY (18) que a mencionou como uma das ocorrências de rochas alcalinas do Estado de São Paulo. Posteriormente, em 1915, JOHN C. BRANNER (12) e, mais recentemente OTHON H. LEONARDOS e AVELINO I. DE OLIVEIRA (50) referem-se tambem à ilha salientando sempre a presença de rochas alcalinas.

Entretanto, apezar da grande facilidade de acesso tanto por via maritima como terrestre, e da ocorrência de eruptivas alcalinas, cujo estudo despertou grande interesse na fase inicial da geologia brasileira ao ponto de terem sido estudadas quase todas as principais ocorrências conhecidas naquela época, a geologia da ilha de São Sebastião permaneceu por razões desconhecidas fóra da atenção dos geólogos. A ilha de Cabo Frio, muito menor que a de São Sebastião, forneceu material para um dos melhores estudos sobre ocorrência de rochas alcalinas já realizados e de autoria de FRED. E. WRIGHT (85).

Constituindo um dos maiores maciços alcalinos (cêrca de 300 km²) e sendo uma das maiores ilhas inteiramente marinhas do Brasil (336 km²), julguei bastante oportuno efetuar o estudo da sua geologia principalmente pelo fato de ter sido durante tanto tempo omitida. O objetivo desta tese consiste no levantamento geológico da ilha e secundariamente o estudo petrográfico e petrológico das eruptivas alcalinas que formam a sua maior parte.

Experimentei no primeiro contato com os trabalhos de campo certas dificuldades, devidas à natureza da mata tropical, da topo-

grafia e da ausência de estradas e falta de recursos, pois o interior e parte do litoral são completamente deshabitados. Estas circunstancias exigiram um equipamento pesado, absolutamente desfavel para ser movimentado atravez de uma topografia montanhosa, e consequentemente tornaram lentos os trabalhos de campo.

A Ex-Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, realizou a exploração da ilha de São Sebastião publicando um relatório a respeito em 1915 (15) acompanhado de um mapa topográfico, na escala de 1:50.000 cuja base foi utilizada para o esboço do mapa geológico anexo. Este relatório bastante minucioso na descrição dos acidentes geográficos não aborda a constituição geológica. Apenas são referidos a forma da ilha, rumos do litoral, serras, cursos d'agua, práias e costeiras. O único trabalho que trata de um modo geral da geologia da ilha é o de H. VON IHERING (38), que porem concebe a geológia da ilha idêntica à do continente fronteiro dizendo à p. 146: *"A constituição geológica é bastante simples e parece que neste sentido não existe diferença alguma entre o continente e a ilha"* Esta apreciação hoje em dia não procede pois no continente fronteiro, até presentemente, ainda não foram encontradas eruptivas alcalinas. Alem deste fato, VON IHERING supõe, por falta de dados, as rochas alcalinas conhecidas por Pedras do Sino serem basalto. Este autor, porem, cita a ocorrência de basaltos (ita-una) e de granitos com veios de quartzo, sendo os primeiros muito abundantes, bem como os depósitos recentes.

A apreciação mais completa sobre a geologia da ilha de São Sebastião é dada por OTHON H. LEONARDOS e AVELINO I. DE OLIVEIRA (50), segundo estes autores *"Parte da ilha é de gnais. São, porem, de rochas foiaíticas, semelhantes às de Itatiaia, os picos mais elevados"*

Conclue-se que quatro formações geológicas da ilha já eram conhecidas, -gnais, eruptivas básicas, eruptivas alcalinas e depósitos recentes. Encontrei, porem, mais uma formação constituida de eruptivas quartzo-dioríticas e determinei uma série de rochas alcalinas plutônicas constituida de oito membros. Todas as formações geológicas foram por mim estudadas em detalhes com o emprego de metodos petrográficos.

Este plano de trabalho permitiu estudar globalmente a ilha de São Sebastião do ponto de vista geológico, contribuição para a divulgação da geologia de um grande maciço alcalino, até então completamente desconhecido nos seus detalhes.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a assistencia do Professor Dr. Kenneth Edward Caster, geólogo americano e professor na Universidade de Cincinnati, U. S. A. e a cooperação do Dr. Josué de Camargo Mendes, respectivamente Diretor e Assistente do Departamento de Geologia e Paleontologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, na execução desta tese bem como ao Professor Dr. Reynaldo Ramos de Saldanha da Gama e ao Dr. Ruy Ribeiro Franco, Diretor e Assistente do Departamento de Mineralogia e Petrografia, pela colaboração prestada na cessão de todo o aparelhamento microscópico petrográfico, platina de Fedorow, compensador de Wright, etc. e nas sugestões apresentadas.

Não poderia, o autor, deixar de externar tambem seus agradecimentos ao Dr. Mario da Silva Pinto e ao Dr. Jorge da Cunha, Diretor e Chefe da Secção Analítica do Laboratório da Produção Mineral do Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministério da Agricultura, pelo seu alto espírito de colaboração científica concedendo graciosamente sete análises químicas de rochas da ilha de São Sebastião, em uma ocasião em que o Laboratório lutava com excesso de serviço de rotina, pedindo extende-los aos analistas Moacir Carneiro e Frida Ciornai pelo cuidado com que se desincumbiram da tarefa que lhes fôra cometida.

Os agradecimentos do autor são dirigidos igualmente ao Dr. Luciano Jacques de Moraes, antigo diretor do Departamento de Geologia e Paleontologia, pois durante sua gestão não deixou de conceder todas as facilidades ao andamento das pesquisas deste trabalho e ao Dr. Ary França a quem muito deve o autor nos trabalhos de campo.

CAPITULO I

G E O L O G I A

A ilha de São Sebastião é constituida geologicamente de um embasamento cristalino de gnais, de varios tipos petrográficos, associado a microclina-granito. Acha-se este complexo perfurado por intrusões de eruptivas básicas, alcalinas e quartzo-dioríticas, e capeado por depósitos recentes no fundo dos vales atuais e na linha de costa.

A formação de maior antiguidade deve ser considerada os gnais e granitos pelo favor das suas estruturas serem cortadas por toda a série das eruptivas encontradas. As rochas básicas, alojadas em diques paralelos à orientação das estruturas de gnais, devem ser consideradas anteriores às intrusões alcalinas pelo fato de se acharem cortadas por estas eruptivas como se observa na práia do Bonete. As eruptivas quartzo-dioríticas apresentam-se como as mais modernas devido cortarem as rochas alcalinas como se observa no cume do Zabumba.

A sequencia das formações da ilha pode ser discriminada na seguinte ordem, segundo a qual serão descritas mais adiante:

5 — *Depósitos Recentes*
4 — *Eruptivas Quartzo-dioríticas*
3 — *Eruptivas Alcalinas*
2 — *Eruptivas Básicas*
1 — *Granitos e Gnais*

Pelo exame do mapa geológico verifica-se que a formação mais importante e de maior ocorrência são as eruptivas alcalinas, seguidas pelo gnais e granito.

1.ª parte

GRANITOS E GNAIS

1 — *GEOLOGIA GERAL*

O embasamento cristalino da ilha de S. Sebastião é constituido principalmente de gnais facoidal e, subsidiariamente, de biotita-gnais, oligoclásio-gnais, rochas antigas básicas metamorfisadas

em hornblenda-gnais idênticos aos descritos por A. R. LAMEGO (46), L. J. DE MORAES (55), DJALMA GUIMARÃES (55), OCTAVIO BARBOSA (55) e CAPPER DE SOUZA (55), com intrusões de microclina-granito.

A idade arqueana destes gnais foi conferida por C. HARTT (20) segundo a sua posição estratigráfica mais inferior na coluna geológica brasileira e pela sua semelhança com a série Laurenciana da América do Norte, opinião esta confirmada por STERRY HUNT (20) no exame das amostras coletadas por aquele autor. Alem destes caracteres distintivos merecem ser considerados a intensidade do metamorfismo, a granitização generalizada e o grau de cristalinidade sugerindo maior antiguidade possivel. A propósito da discussão da idade, realizada adiante, percebe-se a fragilidade dos argumentos a favor desta tese de tal modo que o arqueano brasileiro é antes uma questão de definição do que de propriedade.

A divisão estratigráfica do arqueano brasileiro não se acha definitivamente estabelecida. Segundo DERBY (20), PISSIS (62), HARTT (20) e LIAIS (20) o arqueano poderia ser dividido em tres andares consoante a um critério puramente litológico.

3 — Gnais xistoso, de grana fina, passando a micaxisto com camadas subordinadas de quartzito e abundantes veios minerais,
2 — Gnais cinzento, de grana fina, (leptinito) de PISSIS e LIAIS, às vezes granatifero e xistoso.
1 — Gnais porfiroide, (com feldspato vermelho).

Para Moraes Rego (56) os dois últimos andares podem ser reunidos em um único, incluindo os gnais leptiniticos, micaxistos, calcáreos e quartzitos.

Os tipos petrográficos de gnais e granito da ilha de São Sebastião descritos, seguindo-se o critério clássico, são indiscutivelmente arqueozóicos. Estratigraficamente devem ser considerados do andar inferior do arqueano pelo critério adotado da intensidade do metamorfismo, textura granulo e porfiroblástica, laminação incipiente e granitização generalizada. O fáto dos hornblenda-gnais e biotita-gnais se apresentarem em faixas encaixadas nos gnais leucocráticos (gnais facoidal e oligoclásio gnais), como no caso genérico dos metabásitos (anfibólitos, etc.) considerados por DJALMA GUIMARÃES (29, p. 6) arqueozóicos e serem cortados por diques de quartzo constitui o único elemento disponivel para considera-los arqueozóicos e estratigraficamente os mais antigos, segundo o critério daquele autor. Na verdade a distinção de metabásitos arqueozóicos•dos laurencianos não é possivel a não ser por indicações de mérito relativo segundo DJALMA GUIMARÃES (29) que

afirma: *"Ainda não se têm elementos suficientes para distinguir certos anfibólitos laurencianos dos arqueozóicos. A única indicação de valor relativo é o maior grau de granitização destes, ou melhor, sua feldspatização intensiva de que resultaram rochas de composição granodiorítica ou quartzo-monzonítica"* Os diques de quartzo que cortam os gnais poderiam ser correlacionados duvidosamente à atividade magmática laurenciana e, neste caso, indicariam a idade arqueozóica e o andar inferior para todo o conjunto de rochas metamórficas observado na ilha de São Sebastião.

Na falta de maiores e detalhados estudos estratigráficos sôbre o arqueano no Brasil é preferivel a adoção do critério clássico em tais rochas ficando-lhes, deste modo, atribuida a idade arqueana e o andar inferior a priori.

I — *Distribuição*

Gnais Facoidal

Constitui este gnais a formação mais fartamente distribuida na ilha de São Sebastião. Trata-se do mesmo gnais facoidal aflorante em toda a serra do Mar, com ligeiras modificações na côr e no tamanho dos porfiroblástos de microclina. Aflora este gnais no canal de São Sebastião desde a Pontinha (Perequê) até a Prainha. No litoral sul o gnais facoidal fica reduzido a uma pequena fímbria ocorrendo suas estruturas limitadas por rochas alcalinas. Aflora aí da ponta do Mexilhão até Itapecerica, cortado por andesito, e sofre interrupção para depois aflorar do bairro do Simão até Borrifos. Nesse mesmo litoral aflora posteriormente do bairro de Sepituba, até o Lageado. No litoral leste o gnais facoidal aflora somente na baia de Castelhanos prolongando-se até a ponta Grossa, com intrusões de pulaskito na práia da Caveira e Serraria. No litoral norte e parte setentrional do canal de São Sebastião não ocorre gnais facoidal.

No interior da ilha a principal estrutura gnaíssica é facoidal, devidindo o maciço alcalino em tres nucleos.

a) Nucleo da península do Boi
b) Nucleo de São Sebastião
c) Nucleo da Serraria

Estes tres núcleos de rochas alcalinas ficam separados por estruturas orientadas NE-SW A primeira divisão é dada pela sequencia do gnais facoidal desde a práia das Enxovas até a Práia Vermelha, com as estruturas orientadas N-55° numa faixa de 3.5 de largura por 11 km de comprimento máximo.

A segunda divisão é dada pelo espigão que separa o bairro de Castelhanos do Perequê, encontrando-se o gnais facoidal associado a eruptivas ácidas.

Hornblenda-gnais

O hornblenda-gnais aflora na ponta do Barreiro tambem denominada de Santa Tereza pela Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo (15). Trata-se de uma antiga rocha básica metamorfisada e injetada de veios de quartzo paralelos à estrutura, transformada em uma espécie de anfibolito. Entretanto a laminação dos minerais justifica designa-la, com maior propriedade, um hornblenda-gnais. Esta ocorrência forma uma lente delgada, passando a biotita-gnais 500 metros mais adiante na direção da ponta do Viana. Segundo DJALMA GUIMARÃES (26) tais rochas gnaíssicas não passam de metabásitos laminados e feldspatisados. Acrescenta este abalisado autor (29) "Em geral os metabásitos arqueozóicos estão reduzidos a leitos anfibolíticos e biotíticos paralelos, mais ou menos alongados, e delgados, dispersos em gnais leucocrático" exatamente como se observa neste hornblenda-gnais que passa a biotita-gnais na ponta do Viana. Ambos se acham encaixados no gnais facoidal.

Outro afloramento de hornblenda-gnais com os mesmos atributos situa-se na altura da práia Grande, para o interior, encaixado no gnais facoidal.

Biotita-gnais

Ocorre, em melhor exposição na ponta do Viana, orientado NE-SW como os demais e com um mergulho de 55°-W encaixado entre o oligoclásio-gnais e o hornblenda-gnais.

Oligoclásio-gnais

Após o gnais facoidal, o oligoclásio-gnais tem a distribuição mais generalisada. Ocorre, em larga faixa no litoral do canal de São Sebastião, aflorando desde a Ponta da Sela até a altura da ilha das Cabras, com a orientação N-55° e mergulho de 55°-W Encontra-se cortado por eruptivas básicas, principalmente basalto, e tambem por diques de quartzo de uma atividade magmática mais antiga, ou relacionada com o proprio magma basaltico. Os diques concordam com a orientação das estruturas, havendo em alguns lugares recurrência de erupção ao longo da mesma fratura, cortando o basalto ou diabásio. O oligoclásio-gnais volta a aflorar no ca-

nal de São Sebastião na ponta do Siriuba até o bairro de Pacuíba. Na ponta do Siriuba existe um magnífico dique de basalto de textura porfirítica concordando com a orientação das estruturas segundo N-55° e mergulho de 55°-W Esta rocha acha-se cortada por eruptivas alcalinas, foiaito, essexito e teralito, enquanto o gnais facoidal é cortado por outra série de eruptivas alcalinas tais como pulaskito e nordmarkito.

II — *Estratigrafia*

Ao longo do litoral do canal de São Sebastião foi observada a seguinte sequência estratigráfica:

4 — Oligoclásio-gnais
3 — Biotita-gnais
2 — Hornblenda-gnais
1 — Gnais facoidal ou lenticular

Esta sequência foi constatada numa secção NW-SE, isto é, normal à direção dominante do gnais, na costeira da práia do Barreiro e na da Pontinha. O oligoclásio-gnais está sempre capeando, com mergulho de 55°-W, o gnais facoidal com estruturas concordantes a essa direção e mergulho. Ora o contato se faz diretamente, ora pelo biotita-gnais seguido pelo hornblneda-gnais. Esses dois últimos se acham encaixados dentro do gnais facoidal, razão pela qual o contato entre o oligoclásio-gnais e o facoidal pode às vezes efetuar-se diretamente. A secção seguinte mostra a sequência estratigráfica na costeira do Barreiro, com direção NE-SW.

Na costeira da Pontinha, na Barra Velha, observa-se o contato direto entre o oligoclásio-gnais e o gnais facoidal, estando o hornblenda e o biotita-gnais encaixados no gnais facoidal, em forma de lentes. Aparece nesta secção um dique de quartzo-andesito com a direção NE-SW concordante com a do gnais, e com o mesmo mergulho das estruturas arqueanas.

III — *Estrutura*

O gnais apresenta os seus pacotes de hornblenda, biotita e oligoclásio-gnais e o facoidal com estruturas orientadas segundo NE-SW que é a direção da serra do mar e da linha da costa. Estruturalmente, pois, o eixo de dobramento do gnais segue a direção NE-SW formando cristas paralelas e dobras do tipo isoclinal, com mergulhos de 55° para oeste ou noroeste, localmente 70° Esta constância da orientação do gnais permite concluir que representa antigas linhas de fratura, paralelas aos eixos de dobramento, retoma-

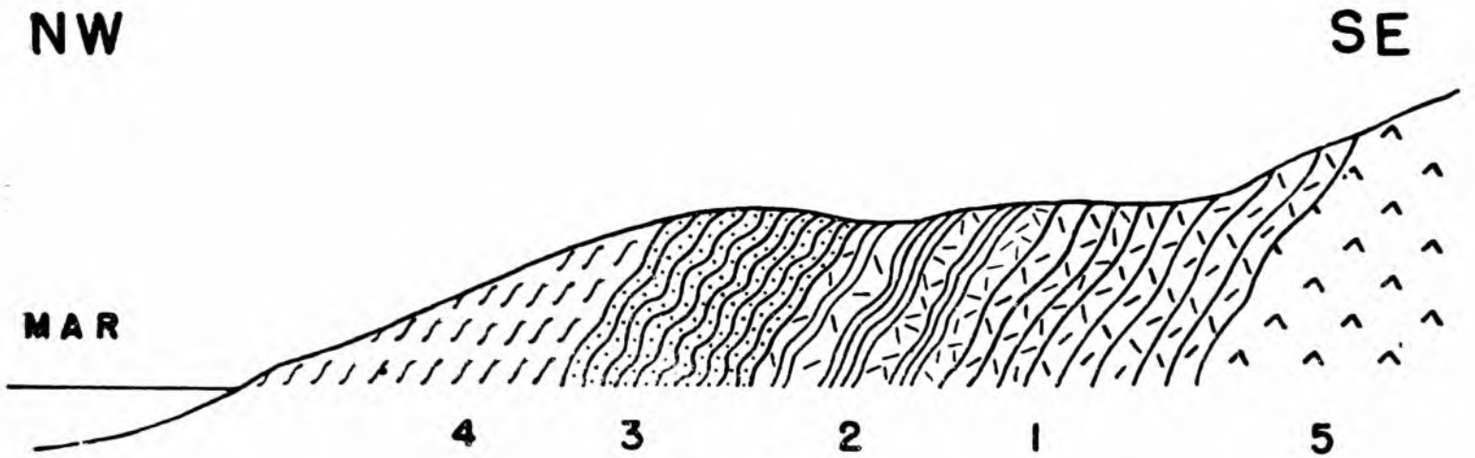


FIG. 1

SECÇÃO ESQUEMÁTICA NA COSTEIRA DO BARREIRO

Mergulho 55º-W

1 — Gnais facoidal. 2 — Hornblenda-gnais. 3 — Biotita-gnais.
4 — Oligoclásio-gnais. 5 — Eruptivas alcalinas.

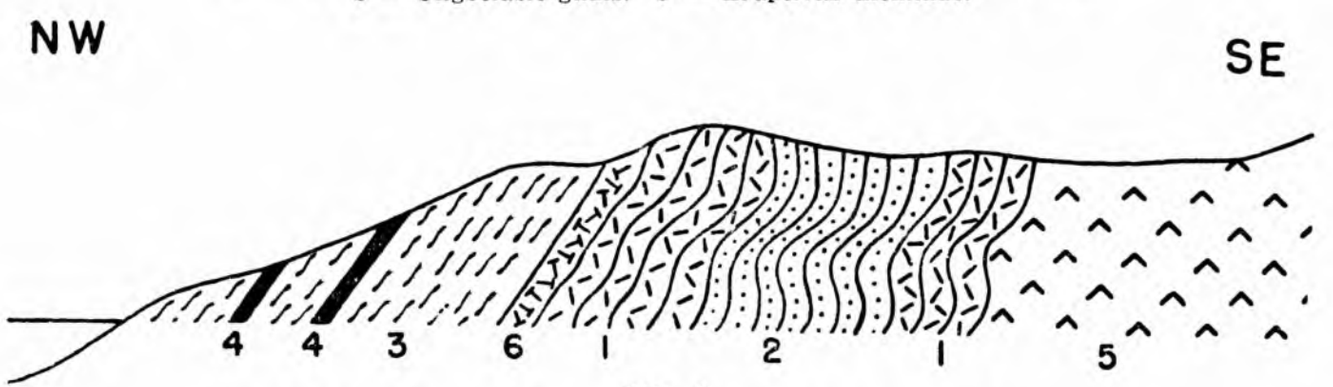


FIG. 2

SECÇÃO ESQUEMÁTICA NA COSTEIRA DA PONTINHA

Mergulho 55º-W

1 — Gnais facoidal. 2 — Hornblenda-gnais. 3 — Oligoclásio-gnais. 4 — Diques de basalto 5 — Eruptivas alcalinas. 6 — Dique de quartzo-andesito.

das por esforços tectônicos recentes que levantaram por epirogênese a ilha de São Sebastião (25). A direção dominante do gnais influi na configuração do litoral, constituindo as pontas prolongamentos SW das estruturas gnaíssicas. As costeiras situam-se quase todas segundo NE-SW, isto é, paralelamente à direção das estruturas. Quando o litoral é normal a esta direção as pontas formam saliências agudas e as práias ficam embutidas como se observa no litoral norte e no litoral sul. A costa meridional do canal de São Sebastião, desde a ponta da Sela até a Pontinha copia fielmente a direção NE-SW Deste ponto, para o norte, o litoral tem direção norte, porem as influências estruturais fazem-se sentir no alinhamento das cristas de todas as elevações gnaíssicas, desde o Perequê, Cuiabá, Taquanduva, Cantagalo e Pacuiba. Neste trecho as pontas todas tem um lado de costeira voltado para NW acompanhando o gnais. No conjunto é que o canal se dirige para o norte. Esta direção constante do litoral só pode ser atribuida a uma direção tectônica previlegiada igual a da costa em geral, obediente ao rumo NE-SW referente a antigos eixos de dobramentos laurencianos reativados recentemente por fraturas.

Do lado leste da ilha a fisiografia do litoral mostra a mesma subordinação à direção NE-SW das estruturas gnaíssicas. O exemplo mais típico é dado pela forma da ponta da Cabeçuda, uma península de gnais facoidal, orientada segundo NE-SW Concordante com a estrutura gnaíssica existe aí um dique de basalto que foi abrasado pelo mar, cujo avanço ameaça transformar essa península numa ilhota. A práia do Eustáquio é consequência dessa abrasão diferencial. A gênese da Baía de Castelhanos, limitada de um lado pelo morro do Costão e de outro, ao norte, pela ponta da Cabeçuda, está condicionada tambem a influências estruturais do gnais facoidal segundo a mesma direção NE-SW Estas estruturas, antigamente, iam do morro do Costão à península da Cabeçuda, na direção dominante NE-SW A abrasão atacando o gnais normalmente a esta direção tectônica atingiu um núcleo de rochas menos resistentes situadas a NW resultando, por erosão diferencial, a excavação da baía. Pelo mapa pode-se reconstituir a antiga estrutura gnaíssica que ia do morro do Costão até a península da Cabeçuda. O núcleo de rochas menos resistentes é constituido de pulaskito e diorito.

As influências estruturais do gnais arqueano fazem-se sentir, igualmente, no litoral sul orientado de leste para oeste. Apezar desta direção EW, o litoral acha-se dividido em uma série de trechos dirigidos NE-SW isto é, onde aflora o gnais facoidal. Os trechos onde afloram as rochas alcalinas no litoral apresenta costeiras orientadas E-W As partes afetadas por estas influências estruturais vão desde a ponta do Bonete até a ponta do Diogo. Observa-se pelo mapa a existência de uma série de cristas

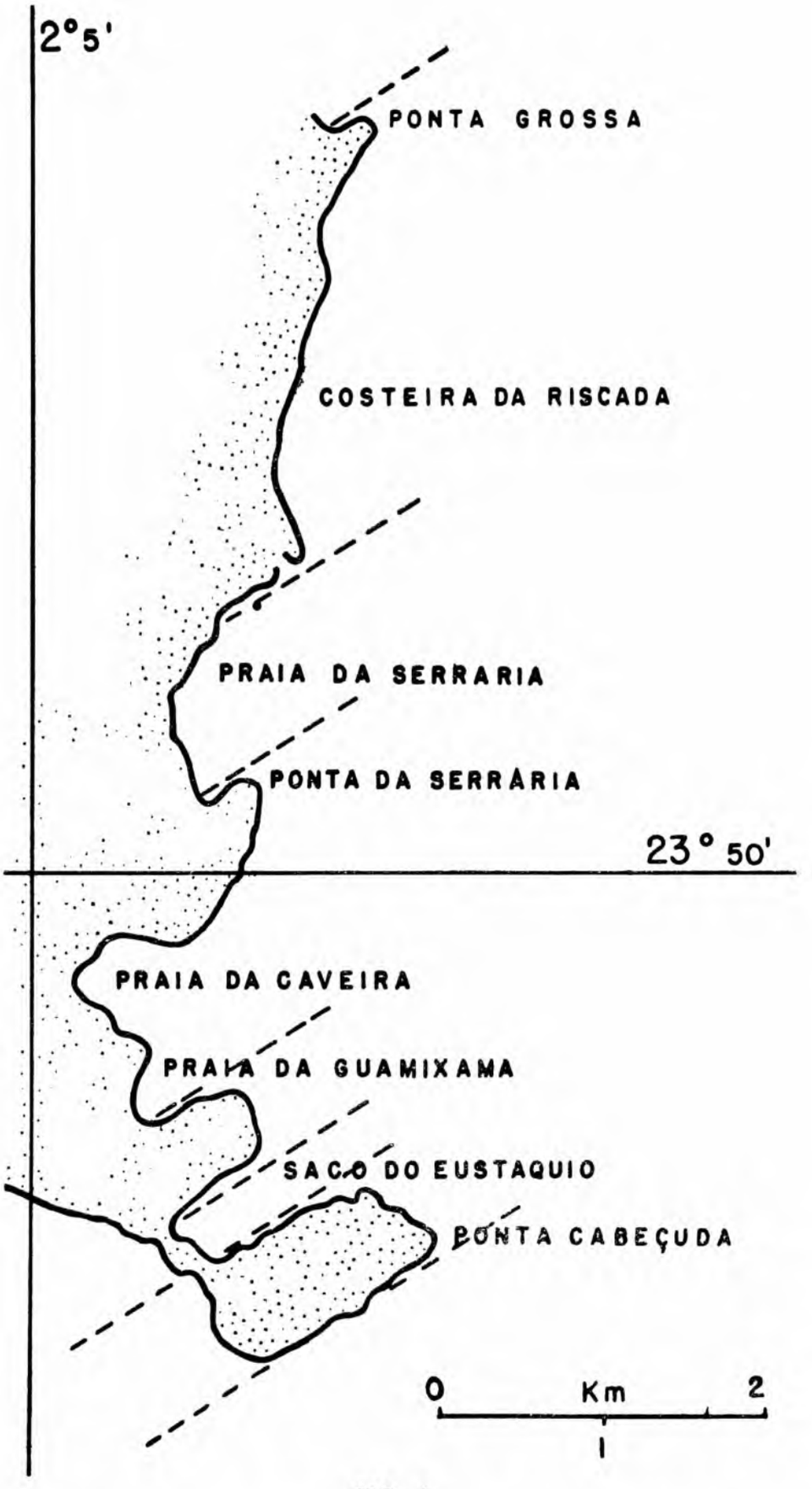


FIG. 3

INFLUÊNCIAS ESTRUTURAIS NO LITORAL LESTE
ORIENTAÇÃO NE-SW DA ESTRUTURA

paralelas gnaíssicas orientadas NE-SW Entre as cristas, embutidas, situam-se as práias. As únicas práias existentes no litoral sul, o mais bravio, estão ligadas a estruturas gnaíssicas protetoras. Entre a crista da ponta do Bonete e a da ponta das Enxovas acha-se situada a práia do Bonete. Entre a crista da ponta das Enxovas e a do Palhal acha-se situada a práia das Enxovas. Entre esta última e a do ponta da Indaiauba acha-se a práia da Indaiauba.

No litoral norte, orientado E-W reconhece-se as mesmas influências estruturais nos trechos onde afloram o gnais. Observa-se principalmente no trecho da ponta do Poço ao costão da Barroca. O litoral aí compreendido está dividido em diversos compartimentos orientados NE-SW, com as práias embutidas entre duas cristas gnaíssicas paralelas. Assim estão situadas as práias do Poço e a da Fome e, mais adiante, a práia do Jabaquara. Como somente as práias existem, nestes litorais expostos ao mar alto, em lugares devidos a orientação do gnais, aí se situa, tambem, o povoamento do solo num flagrante determinismo geológico. O gênero de vida da ilha, consistindo principalmente na pesca, demanda a existência de pontos de atracação que são proporcionados exclusivamente pelas práias formadas mercê das estruturas gnaíssicas.

2 — *PETROGRAFIA*

1 — GNAIS FACOIDAL

Textura porfiroblástica

Lâmina 1-C, Fotomicrografia 1.
Procedência: Pedreira da Cia. Hidraulica. Saco Grande.

Composição mineralógica: 1 — Microclina; 2 — Quartzo; 3 — Oligoclásio; 4 — Biotita; 5 — Mirmequita; 6 — Apatita e 7 — Zirconita.

Caracteres geológicos: Este gnais ocorre numa pedreira de recente exploração, situada no Saco Grande, próximo à Ilhabela, destinada a fornecer pedras para a construção do porto de São Sebastião. A rocha apresenta-se, portanto, bastante fresca, com côr acinzentada onde sobressaem os grandes facoides de microclina. A biotita forma leitos irregulares, ondulados, envolvendo os cristais de microclina cujo tamanho médio é de 4 cm. A direção das camadas é de N-55.° e o mergulho 55.°-W Este gnais facoidal não difere muito dos demais gnais facoidais encontrados no arqueano da serra do Mar, sendo porem um pouco mais melano-

crático do que o gnais facoidal comum no Rio de Janeiro e tem os facoides bem menores.

Caracteres microscópicos: A microclina apresenta-se em facoides porfiroblásticos, comumente geminados segundo Carlsbad. Nos bordos dos cristais nota-se forte cataclase que interessou tambem os cristais limítrofes. O quartzo apresenta-se com extinção ondulante e deformações clásticas, não chegando porem a uma textura morteiro. Forma intercrescimento com o plagioclásio, fato exclusivo no contato de ambos com a microclina. O plagioclásio compõe-se de um oligoclásio cujo tamanho varia desde 2 cm até 0.8 mm tendo os cristais maiores tendência a formar facoides. A geminação frequente segundo a lei da albita (010). Os indivíduos maiores exhibem forte cataclase facilmente perceptivel devido a torção das laminas de geminação polissintética. Alguns cristais acham-se mais raramente geminados segundo Carlsbad combinado com a macla da albita.

O componente colorido é representado exclusivamente pela mica biotita, praticamente uniaxial, disposta em leitos irregulares que envolvem, grosso modo, todos os facoides de microclina e o oligoclásio. A maioria dos cristais mostra a caracteristica deformação plástica da mica segundo os planos de clivagem.

Os accessórios são a apatita e a zirconita, esta última pouco frequente. A apatita ocorre em cristais idiomórficos, com secção hexagonal ou então sob a forma de pequenos grãos. Tambem são observados cristais de habitus acicular, dependendo naturalmente este fato da orientação da secção.

A existência de cataclase indica que a rocha sofreu posteriormente à sua formação um metamorfismo exclusivamente de pressão, não muito intenso devido a ausência de textura morteiro nos cristais de quarzo. Secundariamente são encontrados cristais de quartzo e tambem de mica biotita.

Nos componentes escuros foi possivel identificar a magnetita, ocorrendo muito escassamente porem.

O gnais facoidal descrito não difere dos demais tipos descritos por LUCIANO JACQUES DE MORAIS, OCTAVIO BARBOSA e DJALMA GUIMARÃES (55) e por ALBERTO RIBEIRO LAMEGO (46).

2 — MICROCLINA-GRANITO

Textura hipidiomórfica

Lâmina 1-B

Procedência: Pedreira da Cia. Hidráulica. Saco Grande.

Composição mineralógica: 1 — Microclina e Ortoclásio; 2 — Quartzo; 3 — Oligoclásio; 4 — Biotita; 5 — Sericita e 6 — Apatita.

Caracteres geologicos: Trata-se de uma intrusão granítica no gnais lenticular. A rocha tem aspecto claro, aparecendo o quartzo em cristais leitosos variando o tamanho entre 1 a 5 mm, atingindo excepcionalmente 1 cm. Não se percebe nenhum mineral opaco, sendo o único componente escuro a mica cuja côr varia do castanho ao verde, denunciando a passagem da biotita provavelmente à sericita.

Caracteres microscópicos: A microclina apresenta-se em indivíduos de 1 a 2 mm, atingindo alguns até 5 mm. Todos os cristais formam pequenos agrupamentos, sendo alguns dos grupos englobados dentro de outros de quartzo. O quartzo apresenta extinção ondulante, ocorrendo em cristais xenomórficos de tamanhos variaveis, predominando os de 5 mm. Constitui o mineral mais abundante. O fato mais importante é o aparecimento de grupos de cristais de microclina dentro de cristais grandes de quartzo, fato que pode indicar ser o quartzo proveniente da intrusão granítica, englobando os cristais remanescentes de microclina do gnais facoidal. Menos frequente do que o quartzo, porem em quantidade superior à da microclina, ocorre o oligoclásio em indivíduos geminados quase todos os cristais segundo a macla polissintética da albita, apresentando alguns intercrescimento mirmequítico. O ortoclásio ocorre em forma granular, com clivagem típica, geralmente com 1 a 2 mm de tamanho, sendo porem relativamente escasso. Como componente colorido encontra-se a biotita muito raramente conservada estando a maioria dos individuos alterados em sericita verde. Acessoriamente encontra-se a apatita exclusivamente. A abundância do quartzo e o seu aspeto englobando a microclina indica que esta rocha apresenta zonas hibridas; nesta pedreira, a maior parte trata-se de uma intrusão provavelmente aplítica dada a parcimonia de elementos coloridos no gnais facoidal. Uma prova deste fato reside nos inúmeros diques de quartzo que cortam o gnais facoidal.

3 — BIOTITA-GNAIS

Textura granuloblástica

Lâmina 3

Procedência: Ponta do Viana

Composição mineralógica: 1 — Biotita; 2 — Quartzo; 3 — Oligoclásio; 4 — Apatita e 5 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha ocorre na Ponta do Viana, que limita de um lado a práia do mesmo nome, com direção de N-55° e com mergulho de 55°-W Trata-se de um gnais bem me-

lanocrático, com a biotita disposta em leitos delgados e regulares, alternados com leitos claros de feldspato e quartzo.

Caracteres microscópicos: Os elementos claros são constituidos pelo quartzo e pelo oligoclásio em proporção menor do que a biotita. O quartzo ocorre sempre xenoblástico, com contornos irregulares, extinção ondulante, e com tamanho de 0.5 a lmm. Alguns indivíduos se alongaram paralelamente aos cristais de mica. O oligoclásio, como o quartzo, não se acha disposto regularmente, sendo ambos envolvidos por leitos irregulares de biotita. O oligoclásio ocorre geminado segundo a macla polissintética da albita e com deformação clástica generalizada. A combinação das maclas albita e periclínio é mais rara. Os indivíduos em média atingem 1 a 1.5 mm, chegando alguns a um desenvolvimento maior com cêrca de 2.5 mm, com contorno xenoblástico generalizado. O fêmico é constituido pela biotita disposta em leitos irregulares com a característica deformação clástica em folhas imbricadas. Os indivíduos são alongados tendo em média 1.5 mm, ocorrendo em maior quantidade do que os componentes claros, fato que empresta à rocha o seu aspeto melanocrático. Entre os accessórios foram reconhecidos a apatita e a magnetita. A apatita é mais abundante do que a magnetita, ocorrendo em pequenos grãos enquanto a magnetita, embora rara, ocorre em grãos maiores com cêrca de 1 a 2 mm.

4 — HORNBLENDA-GNAIS

Textura granuloblástica

Lâmina 2

Procedência: Ponta de Santa Tereza (Barreiro)

Composição mineralógica: 1 — Andesina. 2 — Diopsídio. 3 — Quartzo. 4 — Hornblenda. 5 — Apatita; 6 — Magnetita; 7 — Zirconita.

Caracteres geológicos: Este gnais ocorre na ponta de Santa Tereza, tambem conhecida por ponta do Barreiro, com a direção de N-55° e um mergulho de 55°-W A rocha tem aspeto melanocrático, côr cinzenta esverdeada, apresentando leitos escuros alternados regularmente com leitos claros. Em alguns pontos os leitos claros aumentam devido a injeção de quartzo que a rocha sofreu. Esta injeção é paralela ao acamamento dos minerais.

Caracteres microscópicos: Os componentes claros ocorrem em menor proporção do que os escuros, sendo constituidos pela andesina e quartzo. A andesina é xenoblástica, assumindo aspeto gra-

nular generalizado e maclada segundo a lei da albita. O seu tamanho varia de 0.025 a 0.1 mm, não obedecendo os grãos a nenhum aleitamento. São encontrados alguns cristais de andesina com tamanho de 2 mm exibindo sempre deformações clásticas. As inclusões são raras, reconhecendo-se a apatita e a zirconita, esta última com alguns cristais idioblásticos de secção quadrangular. O quartzo ocorre em forma de grãos, com extinção ondulante, com O.020 mm de tamanho médio, sendo mais frequentes do que o plagioclásio Sua disposição não obedece a nenhum aleitamento. Este quartzo contrasta com o quartzo de injeção posterior que se apresenta todo disposto regularmente, paralelo ao alinhamento do gnais. Predominam na rocha os componentes escuros constituidos pela hornblenda e um diopsídio esverdeado, assumindo porisso a rocha um aspeto melanocrático, com côres cinza e verde. A hornblenda ocorre em maior quantidade com cristais dispostos em leitos mais ou menos irregulares, xenoblásticos, com 0.5 mm de tamanho médio. Pleocroismo Z, verde escuro; Y verde oliva e X, verde amarelado. Z:c igual a 23°. O piroxenio é um diopsídio disposto em leitos associados à hornblenda, geralmente com 0.5 mm de tamanho até 1 mm. Z:c igual a-38° e 2V igual a 60°. Os cristais são todos xenoblástitcos, com côr esverdeada, sem pleocroismo, alguns apresentando inclusões de magnetita granular. Os acessórios são a apatita, magnetita e zirconita, ocorrendo escassamente a magnetita. A apatita e a zirconita, ocorrem em grãos geralmente inclusas no plagioclásio, não apresentando nenhum carater especial. Esta rocha, pelos seus caracteres parece tratar-se de um metabásito, isto é uma rocha básica metamorfisada injetada de quartzo, pois são inúmeros os diques de quartzo que cortam este gnais em concordância com sua estrutura. E' preferivel designa-la como um gnais pelo favor da sua laminação, em lugar de anfibolito.

5 — OLIGOCLASIO-GNAIS

Textura granuloblástica

Lâmina 4-B e 7-A

Procedência: Capela de Garapocaia (Ponta da Siriuba)

Composição mineralógica: 1 — Quartzo; 2 — Oligoclásio; 3 — Biotita; 4 — Apatita e 5 — Magnetita.

Caracteres geologicos: O oligoclásio-gnais tem aspeto cinza claro com grandes cristais de feldspato tendendo a formar porfiroblastos ,envoltos por leitos irregulares de mica. A rocha ocorre

melhores afloramentos na ponta da Siriuba. A estruturas são orientadas segundo N-55° e com um mergulho de 55°-W direção esta e mergulho coincidentes com as estruturas gnaissicas já referidas.

Caracteres microscópicos: O oligoclásio é o elemento mais abundante deste gnais, razão pela qual é proposto o nome de oligoclásio-gnais, aliado à ausência de ortoclásio ou microclina. Apresenta-se em cristais com tendência idioblástica, variando entre 2 e 8 mm, exibindo forte cataclase. Predomina a macla da albita, porem alguns indivíduos acham-se geminados segundo Carlsbad ou albita combinada com a macla do periclínio. Os cristais exibem extinção ondulante generalizada e inclusões granulares pequenas que, pelo índice de refração, parecem tratar-se de albita. O característico maior é a tendência do oligoclásio a formar porfiroblastos, porem não chega a facoides; por esta razão é preferivel considera-lo de textura granuloblástica. O quartzo xenoblástico ocorre em cristais com 1 mm de tamanho médio, com extinção ondulante e frequente deformação clástica. Como componente escuro encontra-se a biotita, fortemente pleocróica, Z-castanho escuro, quase opaco e X-amarelo claro. Apresenta-se alongada, com deformação clástica em folhas imbricadas e sem orientação, com contorno xenoblástico. Frequentemente se observa a alteração em muscovita. A escassez em mica biotita único componente colorido, proporciona à rocha sua côr leucocrática. Como accessórios encontram-se exclusivamente a apatita e a magnetita, ocorrendo porem escassamente.

2.ª Parte

ERUPTIVAS BASICAS

1 — *GEOLOGIA GERAL*

As rochas básicas descritas ocorrem em diques concordantes com as estruturas gnaíssicas, orientados NE-SW. salvo pequenas discrepâncias observadas nas suas ramificações. A rocha encaixante é o gnais facoidal e o oligoclásio-gnais. Ainda não foi constatado nenhum dique de eruptivas básicas cortando as alcalinas, porem estas cortam um dique de diabásio na práia do Bonete, permitindo a conclusão de que as rochas básicas são anteriores ao ciclo magmático alcalino.

As eruptivas básicas são rochas filonianas; não foram encontrados tipos de derrames, lavas no sentido expresso do termo, como os meláfiros, toleítos, espilitos e basaltos com mesostase vitrea

ocorrentes na serra Geral. As eruptivas possuem todas textura holocristalina, com variedades intergranular, porfirítica e pilotaxítica, dando os seguintes tipos petrográficos: 1) Diabásio intergranular, 2) Basalto porfirítico e 3) Basalto pilotaxítico.

O diabásio intergranular ocorre em diques orientados NE-SW porem de espessura geralmente de 10 a 30 centímetros. O basalto pilotaxítico já mais raro, é especialmente encontrado na práia do Veloso. Mineralogicamente estas rochas são idênticas, constando de labradorita, augita, magnetita, apatita e pirita.

No arqueano do Distrito Federal e adjacências, L. J. DE MORÃES (55) cita a ocorrência de eruptivas básicas, em diques cortando o gnais, consideradas triássicas (rético), contemporaneas dos derrames do trapp do Paraná. O. BARBOSA, C. DE SOUZA e D. GUIMARÃES (55) consideram triássicas (rético) tais rochas baseados na identidade mineralógica, assegurando que o plagioclásio e o piroxênio possuem as mesmas constantes óticas que as observdaas na fisiografia microscópica daquelas lavas, por D. GUIMARÃES (31).

Na ilha de São Sebastião não ha nenhum elemento positivo para datar a idade desta erupção básica que interessa exclusivamente o gnais arqueano. Pode-se presumir uma idade moderna devido a ausência de metamorfismo, geralmente existente nas paleoeruptivas básicas ora transformadas em metabasitos, e ao tipo de jazimento em fraturas de tensão concordantes com a direção NE-SW e com as estruturas de gnais, direção esta dos antigos dobramentos laurencianos, reativados por tectonismo recente (50) (69).

Os caracteres que aproximam as eruptivas básicas da ilha de São Sebastião com as do trapp do Paraná são:

1 —Pobreza em apatita; 2 — Alto teor em Fe_2O_3; 3 — Tectonismo; 4 — Ausência de olivina.

Segundo DJALMA GUIMARÃES (31, p. 14) *"Na verdade a apatita é muito rara, porem as inclusões no plagioclásio são frequentes e muitas vezes abundantes"* tratando das rochas do trapp do Paraná. Nas eruptivas básicas da ilha de São Sebastião nota-se que a apatita é escassa, em contraste com a magnetita que forma o accessório mais abundante. A fidelidade à direção NE-SW e o tipo de fraturas de tensão, concordantes com as estruturas gnaíssicas, levam à admissão do mesmo tectonismo de tensão operado no Brasil meridional, do triássico ao cretácico superior (50). responsavel pela emersão do magna basáltico de compensação isostática. Como último elemento comparativo, de valor mínimo, é a ausência de olivina em ambos os basaltos. No trapp do Paraná, a olivina aparece em uma rocha assinalada por HUSSAK (31, p. 14) da seguinte maneira: *"A olivina só aparece em uma rocha de perto da Barra do Rio das Cinzas e apresenta-se em granulos cris-*

talinos grandes, incolor, nas secções microscopicas e, somente nas margens e nas fendas de clivagem de fratura, está um pouco alterada em uma substância serpentinosa esverdeada e de fibras curtas inteiramente livre de inclusões"

Para KENNEDY (42) a questão do magma basáltico fica posta na existência de dois magmas primários independentes, um denominado *olivina-basáltico* e um segundo sem olivina, o *toleítico*. O primeiro tipo é comum nas ilhas oceânicas e nas províncias alcalinas e o segundo nas areas continentaais, nos chamados plateau-basálticos como o do Paraná, Deccan, etc.. Para esclarecer melhor a posição desses dois magmas convem citar duas análises químicas, dadas por *K*ENNEDY (42) referentes cada uma a um tipo desses magmas.

	1	2
SiO_2	45.00%	50.00%
Al_2O_3	15.00%	13.00%
Fe_2O_3 + FeO	13.00%	13.00%
MgO	8.00%	5.00%
CaO	9.00%	10.00%
Na_2O	2.50%	2.80%
K_2O	0.50%	1.20%

1 — Magma olivina-basáltico

2 — Magma toleítico

T F W BARTH (6) replica KENNEDY contestando esse conceito de dois magmas basálticos originais. Entretanto a maior contestação que pode ser feita a KENNEDY, para considerar puramente artificial a sua creação de dois magmas basálticos, reside nos seus proprios argumentos. Basta atentar a análise química dada para a composição dos dois magmas. Nota-se em primeiro lugar a pequena variação da composição em todos os óxidos e em segundo bastaria acrescentar apenas 5% de sílica para se obter, a partir do magma olivina-basáltico, o tipo toleítico. A existência desses dois presumidos magmas basálticos originais reside mais no seu jazimento. Os olivina-basaltos perfuram fundos oceânicos, longe dos sócos continentais, enquanto os basaltos sem olivina são encontrados em areas continentais siálicas. Resulta disso que os basaltos de pedestral siálico teem a possibilidade de digerir a sílica necessária para saturar a olivina a custa do sial encaixante, enquanto os olivina-basaltos estão confinados aos fundos oceânicos livres da contribuição ácida do sial. O fato de apenas 5% de sílica ser necessario torna mais evidente a influência participada pelo pedestal siálico dos continentes. A proporção dos

demais óxidos de um e de outro magma é mais ou menos a mesma, com exceção do K_2O que aumenta no magma de tipo toleítico pela mesma razão da contribuição do sial encaixante.

Desta rapida discussão a propósito da existência da olivina em rochas continentais ficou claro a impossibilidade da existência de dois magmas basálticos primários e a fragilidade dos argumentos propostos por KENNEDY (42) para justificar tal presunção. O magma basáltico primário é um único e de natureza olivínica; por esta razão é possivel sempre encontrar a olivina, mesmo em rochas continentais, que não tenha sido totalmente saturada pela sílica.

O piroxênio das eruptivas básicas da ilha de São Sebastião não apresenta composição pigeonitica. O valor de Z:c -45° está na fronteira com o diopsídio e a pigeonita. A impossibilidade de determinar o valor de 2V e de se obter uma análise química deste piroxênio impede que se possa utilizar da natureza do piroxênio para qualquer comparação, pró ou contra. Cumpre apenas notar que o jazimento das eruptivas básicas na ilha de S. Sebastião é mais em diques, em fraturas de tensão, sem chegar a efusão de lavas típicas, com mesostase vitrea.

2 — *PETROGRAFIA*

BASALTO

Textura porfirítica

Lâminas 4-A e 7-B — Fotomicrografias 2 e 3.

Procedência: Dique cortando o oligoclásio-gnais. Ponta da Siriúba.

Composição mineralógica: Fenocristais: 1 — Labradorita; 2 — Augita. Base: 1 — Labradorita; 2 — Augita; 3 — Magnetita.

Caracteres geológicos: A rocha ocorre em diques orientados paralelamente às estruturas gnaíssicas, segundo NE-SW. Tem cor cinzenta escura, tendendo para preta, com pontos brancos dos fenocristais de feldspato, geralmente com 1 ou 2 mm de tamanho. Quando alterada adquire cor marron clara.

Caracteres microscópicos: A rocha apresenta duas gerações de cristais de labradorita, augita e magnetita. Os fenocristais de labradorita variam entre 0,2 e 1 mm de tamanho, com tendencia

idiomórfica, geminados segundo a macla da albita e não raramente albita-periclínio. Os cristais zonados não são frequentes, assumindo quase sempre contornos idiomórficos. A labradorita compõe-se de Ab_{40}, com angulo de extinção simétrica, medido pela platina universal, de 34.° Os cristais da massa fundamental são geralmente microlitos minúsculos, indicando um resfriamento rapidissimo na segunda geração. O piroxênio é uma augita com o angulo de Z:c igual a -45°, ocorrendo em cristais tanto idiomórficos como xenomórficos nos fenocristais observados. Estes mostram boas seções paralelas a {010}, e a {001}, fato que facilitou sobremaneira a sua determinação ótica.

Embora não muito frequente observa-se nos fenocristais idiomórficos a geminação segundo (100). Os fenocristais xenomórficos ocorrem formando grupos de 5 ou 6, enquanto os idiomórficos ocorrem geralmente isolados. Os cristais de augita, com respeito aos de labradorita, são mais idiomórficos e crescem de encontro a eles o que indica que augita precedeu a segregação da labradorita. Ademais os cristais de labradorita são sempre menores dos que os de augita. A massa fundamental é composta na sua maior parte de augita intersticial entre os cristais de magnetita e microlitos de labradorita, parecendo que aí a labradorita se cristalizou em detrimento da augita. Como accessório somente é encontrada a magnetita, sendo raros os fenocristais. Estes são sempre xenomórficos e apresentam ligeira corrosão magmática. A maioria da magnetita acha-se na base cristalizada incipientemente, formando belos "skeleton-crystals" com formas bizarras, ora aciculares ora retangulares com franjas ao longo de um eixo mais alongado. Alguns cristais incipientes envolvem o contorno dos cristais de labradorita. A forma dos cristais de magnetita e os minúsculos microlitos de labradorita fornecem a chave da cristalização desta rocha que passou de um período de cristalização calmo, intralelúrico, para um brusco resfriamento quando extravasou nas fraturas de tensão abertas no oligoclásio-gnais.

E' preferivel a adoção do nome de basalto para tais rochas em lugar do de basaltito seguido por DJALMA GUIMARÃES (31) no seu estudo dos derrames basálticos do Brasil meridional. A razão principal reside na definição do termo basalto original e atualmente consagrado em uso, que é segundo ALBERT JOHANNSEN (40, III vol., p. 40) *"According to modern usage, basalts are extrusive rocks of the gabbronorite family; consequentely are composed essentially of basic plagioclase and a ferromagnesian mineral" "There are olivine-free and olivine-bearing varieties, and the old system of calling all extrusive rocks basalts when they carry olivine, as was done by Bucking, is no longer in use." Por esta razão, basalto não significa implicitamente a existência de olivina, não havendo por conseguinte motivo para o uso de basal-*

tito para as variedades sem olivina. As variedades com olivina, de acordo com a nomenclatura petrográfica, seriam olivina-basaltos.

DIABASIO

Textura intergranular

Lâmina 38

Procedência: Dique no gnais facoidal. Praia da Indaiaúba.

Composição mineralógica: 1 — Labradorita; 2 — Augita; 3 — Magnetita; 4 — Apatita

Caracteres geologicos: A rocha tem cor cinza escura, porem não totalmente afanítica, percebendo-se ripas de feldspato, sem orientação, brancas, com cerca de 3 a 4 mm de comprimento e 0.4 de largura. Este diabásio apresenta-se em diques concordantes com a orientação do gnais facoidal NE-SW Este jazimento indica uma intrusão em fraturas de tensão abertas segundo a direção das estruturas antigas de gnais.

Caracteres microscópicos: O que caracteriza este diabásio ao microscópio é a pobreza em apatita contrastando com a abundância em magnetita e a sua textura. A labradorita constitui o único mineral desenvolvido, ocorrendo em microlitos geminados segundo a combinação albita-periclínio. Sua composição química está em torno de Ab_{44}. Notam-se alguns cristais granulares, o que constitui excepção. Nos interstícios dos microlitos de labradorita, apresentando-se intergranularmente, ocorre a augita xenomórfica constituindo a massa fundamental. Os cristais bem individualizados são rarissimos, dando o valor de Z: c igual a 45.°. A natureza idiomórfica dos cristais de labradorita com respeito aos de augita indica que o plagioclásio se cristalizou em primeiro lugar e menos rapidamente do que a augita que adquiriu o seu aspecto xenomórfico e constituiu a base. Este aspecto intersticial assumido pela augita é chamado intergranular por EVANS (35) constituindo uma textura muito próxima à ofítica. Alguns cristais de labradorita incluem augita da base. Segundo VOGT (78) a interpretação dêsse fenómeno é a segregação em primeiro lugar da labradorita englobando no seu interior líquido-augita. Posteriormente esta inclusão de tal composição veio a se cristalizar no momento propício em augita. A ausência de idiomorfismo das inclusões indica que o hospedado é mais recente do que o hospedeiro. Como accessórios são encontrados a apatita e a magnetita. A apatita é muito escassa, com habitus acicular, formando pequenas agulhas. A magnetita é abundantissima com raros cristais de secção quadrangular, predo-

minando os cristais incipientes (Skeleton-crystals) espalhados por toda a base. O aspecto assumido pela magnetita constitue mais um argumento para o resfriamento brusco da rocha. Este fato concorda com a presunção de erupções ao longo de fraturas abertas por tectonismo de tensão de idade recente, ao longo de fraturas abertas por tectonismo de tensão de idade recente, ao longo de direções estruturais previlegiadas, — as dos eixos dos antigos dobramentos laurencianos, orientados NE-SW

DIABASIO

Textura intergranular

Lâmina 34

Procedência: Dique cortando o gnais facoidal. Praia do Bonete.

Composição mineralógica: 1 — Labradorita; 2 — Augita; 3 — Magnetita; 4 — Apatita.

Trata-se de um diabásio igual, textural e mineralogicamente, ao ocorrente na práia de Indaiaúba e descrito anteriormente. Corta o gnais facoidal em diques concordantes com a orientação dessas estruturas NE-SW. Observa-se o desenvolvimento da labradorita em microlitos em detrimento da augita que ocupa posição intersticial. A apatita é muito rara, sob a forma de agulhas finissimas e a magnetita assume principalmente o aspecto de cristais incipientes disseminados abundantemente pela base augítica.

BASALTO

Textura porfiritica pilotaxítica

Lâminas 42-A e 42-B. Fotomicrografia 4

Procedência: Práia do Veloso

Composição mineralogica: 1 — Labradorita; 2 — Augita (uralitisada); 3 —Apatita; 4 — Magnetita; 5 — Pirita.

Caracteres geologicos: A rocha tem aspecto afanítico, cor cinzenta bem carregada, onde somente se destinguem os cristais amarelados de pirita. Ocorre em um dique orientado NE-SW, cortando o oligoclásio-gnais paralelamente à sua estrutura. Os diques variam de 30 a 40 cm de largura, possuindo maior resistên-

cia à erosão do que a rocha encaixante, de sorte que geralmente fazem saliência devido a abrasão diferencial.

Caracteres microscópicos: Este basalto é composto de fenocristais minúsculos e esparsos, com 0.2 mm de tamanho, de augita, num feltro microlítico de labradorita e augita intersticial. O interessante na rocha é a existência de augita somente em poucos e pequenissimos fenocristais, enquanto ao contrario a labradorita somente ocorre no feltro. A apatita ocorre em agulhas muito delgados e longas sendo relativamente escassa. A magnetita é abundante, ocorrendo principalmente em cristais incipientes. A pirita ocorre em indivíduos xenomórficos, geralmente melhor desenvoividos do que a magnetita, sendo facilmente distinguida à luz refletida. A textura é pilotaxºtica, formando os minerais um verdadeiro feltro, porem sem massa vitrea.

DIABÁSIO

Textura intergranular

Lâmina 43

Procedência: Práia do Curral

Composição mineralógica: 1 — Labradorita; 2 — Augita (uralitisada); 3 — Apatita; 4 — Magnetita; 5 — Pirita.

Caracteres geologicos: A rocha tem côr cinzenta escura, mosqueada de branco, devida aos microlitos de feldspato. Observam-se, tambem, pontuações amarelas disseminadas de pirita. Este diabásio corta, em um dique orientado NE-SW na práia do Curral, o oligoclásio-gnais. Ha aí alguns diques e todos cortam a rocha encaixante paralelamente à sua estrutura constituindo, portanto, um jazimento típico de preenchimento de fraturas de tensão.

Caracteres microscópicos: A rocha apresenta uma textura holocristalina de transição entre a ofítica e a microlítica, apresentando-se a labradorita em ripas bem desenvolvidas e alongadas segundo c. A augita ocorre, porem, intersticialmente. A labradorita somente se apresenta em microlitos, sendo ausentes formas granulares. Nessa matriz acham-se disseminados os cristais de magnetita na sua maior parte esqueléticos. A magnetita em grãos é muito escassa. A pirita ocorre formando concentrações de cristais xenomórficos. Dos accessórios a apatita é o menos frequente, podendo mesmo se considerar rara.

3.ª Parte

ERUPTIVAS ALCALINAS

1 — *GEOLOGIA GERAL*

Embora não haja referência na literatura estrangeira constitui o Brasil, sem duvida, a séde de uma das mais numerosas ocorrências do magma alcalino. A maioria dos jazimentos de rochas alcalinas já foi estudada, principalmente por geólogos e petrógrafos de outras nacinalidades, em uma época em que este grupo de rochas igneas constituia novidade e porisso despertára interesse desusado entre os especialistas. Algumas das ocorrências foram estudadas pelos seguintes autores estrangeiros: 1) ORVILLE A. DERBY (18), 2) H. BAUER (7). 3) FRED. EUGENE WRIGHT (85), 4) F FR. GRAEFF (27). 5) E. HUSSAK (37). 6) VON LASAULX (80), 7) H. ROSENBUSCH (67) e 8) VIKTOR LEINZ (49). Dentre os autores nacionais o trabalho mais antigo é de autoria de JORDANO MACHADO (53). Seguem-no DJALMA GUIMARÃES (30), 2) OCTAVIO BARBOSA (3) e (2), 3) L. J. DE MORAES em colaboração com D. GUIMARÃES e O. BARBOSA (55), 4) L. F. MORAES REGO (57) e 5) A. R. LAMEGO (44).

A relação feita mostra que a maior parte das localidades e das ocorrências de rochas alcalinas já se acha estudada, principalmente as de maior área como o Itatiaia, Poços de Caldas, Tinguá, Mendanha-Marapicú-Gericinó e outras não menos importantes como Cabo Frio, Lages e Ipanema.

Entretanto, apezar dos primeiros pesquisadores terem divulgado seus trabalhos em alemão e inglês quase não ha referência nos estudos clássicos do clan alcalino sobre as ocorrências brasileiras.

A ilha de São Sebastião, cujas rochas alcalinas já são conhecidas de longa data (1887), constitue o terceiro maciço nefelínico em extensão geográfica no Brasil, somente sobrepujado pelo Itatiaia, em 1.º lugar com 1.224 km² (44) e Poços de Caldas, em 2.º com 600 km² (53).

O carater geológico principal deste maciço nefelínico é a natureza plutônica de suas rochas, aliada à uma grande variedade petrográfica conduzida pela sua diferenciação. Os tipos hipabissais efusivos são raros; os proprios tipos de textura porfirítica e porisso considerados efusivos, na realidade são rochas filonianas sem nenhum carater vulcânico. As eruptivas alcalinas, segundo pode ser observado no mapa geológico preliminar, formam três núcleos

principais, respectivamente o nucleo da Serraria, nucleo de São Sebastião e o nucleo da Península do Boi, havendo outros menores dispostos ao longo do litoral do canal de São Sebastião e do litoral leste.

A série alcalina, segundo os estudos petrográficos realizados e descritos adiante, consta dos seguintes membros:

I — PLUTONITOS

1 — Nordmarkito
2 — Biotita-pulaskito
3 — Pulaskito
4 — Nefelina-sienito
5 — Foiaito
6 — Essexito-foiaito
7 — Essexito
8 — Teralito

II — HIPABISSAIS

1 — Bostonito
2 — Microfoiaito
3 — Sodalita-microfoiaito
4 — Microteralito
5 — Nefelina-sienito-aplito

III — PORFIRÍTICAS

1 — Sodalita-fonolito
2 — Sodalita-traquito

Os plutonitos formam uma série grande que caminha dos tipos mais ácidos, com quartzo (Nordmarkito), aos mais básicos, com olivina (Teralito). Os elos ácidos são representados na série pelo nordmarkito e pelo biotita-pulaskito, os intermediários pelo nefelina-sienito e foiaito e, finalmente, os básicos pelo essexito e teralito havendo termos de transição como o pulaskito e o essexito-foiaito, segundo o diagrama seguinte:

ELOS	ROCHAS
Acidos	Nordmarkito Biotita-pulaskito
Transição	Pulaskito
Intermediários	Nefelina-sienito Foiaito
Transição	Essexito-foiaito
Básicos	Essexito Teralito

Mineralogicamente observa-se a sequência dada pelo Quadro I partindo dos representantes mais básicos aos mais ácidos, sem levar em consideração na ordem de disposição dos minerais essenciais nenhum significado quantitativo.

Nordmarkito e Biotita-pulaskito

Estas rochas apresentam tantos caracteres petrográficos e de campo comuns que devem ser tratadas em conjunto. No campo observa-se a passagem gradual do biotita-pulaskito ao nordmarkito marcada pelo aparecimento da textura miarolítica e abundantes cristais de quartzo leitoso, geralmente idiomórficos. Alem destes fatos existem manchas de biotita-pulaskito no nordmarkito, devendo estas rochas, por tais razões, serem interpretadas como consanguineas. Nos pontos onde houve riqueza de componentes volateis e hidrotermais deu-se o desenvolvimento da textura miarolítica e a diferenciação poude caminhar num sentido mais ácido com a precipitação de sílica livre, tornando-se de saturada, supersaturada. No biotita-pulaskito constata-se a eliminação do feldspatoide, tanto nefelina como sodalita, indicando uma maior saturação pela sílica dessa rocha. Ao lado deste fenómeno do desaparecimento dos feldspatoides e simultâneo aparecimento do quartzo nos nordmarkitos, a partir do biotita-pulaskito, ocorre a albita, muitas vezes em cristais idiomórficos quando limitada às cavidades miarolíticas. Este fato representa o funcionamento do diagrama do sistema albita-nefelina-sílica, em que a riqueza em SiO_2 conduziu à segregação da albita com o sacrifício da nefelina.

Nos componentes escuros, do biotita-pulaskito para o nordmarkito, desaparece a barkevicita e diminue bastante a quantidade de aegirinaugita. Este comportamento indica que o sódio acha-se quase todo em combinação com o Al_2O_3 na forma de feldspato e

COMPOSIÇAO MINERALÓGICA DA SÉRIE ALCALINA PLUTÔNICA

TERALITO	ESSEXITO	ESSEXITO -FOIAITO	FOIAITO	NEFELINA -SIENITO	PULASKITO	BIOTITA -PULASKITO	NORDMAR- -KITO
—	—	—	—		—	—	Quartzo
—	—	Albita	—	Albita-anor-	Albita-anor-	Albita-anor-	Albita
—	Micropertita	Micropertita	Anortoclásio	toclásio	toclásio	toclásio	Anortoclásio
Labradorita	Oligoclásio	Oligoclásio	—	—	—	—	—
Sodalita	Sodalita	Sodalita	Sodalita	Sodalita	(sodalita)	—	—
Nefelina	Nefelina	Nefelina	Nefelina	Nefelina	(nefelina)	—	—
Titanaugita	Diopsídio	Diopsídio	Aegirinaugita	Aegirina-diopsídio	Diopsídio	Aegirinaugita	Aegirinaugita
Barkevicita	Barkevicita	Barkevicita	Barkevicita	Barkevicita-arfvedsonita	Barkevicita	Barkevicita	—
Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita
Olivina	—	—	—	—	—	—	—
Nº 39	Nº 6	Nº 5	Nº 10	Nº 21	Nº 13	Nº 28	Nº 16

QUADRO I

pequena parte com os fêmicos dando a aegirinaugita, único mineral que indica as raizes alcalinas do nordmarkito. Em ambas as rochas o principal componente máfico é a biotita, onde se encontra disposta em agrupamentos irregulares de cristais, indicando tal fato que houve durante a cristalização da rocha diversos centros simultaneamente ativos de segregação da mica biotita. Devido a este pormenor, em certos tratos no campo, observa-se que a rocha é composta quase que exclusivamente de componentes claros, estando os grupos de cristais de biotita bem separados uns dos outros. Ao contrário, em outros pontos, ha concentração particular de componentes escuros. Este fato ficou bem evidenciado na análise química do biotita-pulaskito (n.º 28) onde o K_2O e o MgO possuem valores igualmente baixos, simultaneidade esta que indica ter sido analisada uma porção pobre em biotita.

Graças às relações de campo e petrográficas chega-se à conclusão de que o biotita-pulaskito e o nordmarkito são rochas consanguineas, constituindo ambas fácies de um mesmo magma, cuja diferenciação foi regulada pela atuação dos componentes volateis e hidrotermais, à qual não seria extranha a contribuição de rochas gnaíssicas quanto à sílica, pois a maioria dos autores considera o nordmarkito uma rocha híbrida. A propósito da diferenciação da série alcalina o autor tratará adiante do mérito desta possivel contribuição.

O biotita-pulaskito e o nordmarkito são as rochas que afloram em maior area na ilha de S. Sebastião, sendo os picos culminantes constituidos de nordmarkito (Baepí, Serraria e São Sebastião). Nêsses picos a rocha possue granulação grosseira, textura hipidiomórfica, reconhecendo-se macroscopicamente os cristais de quartzo, alguns com idiomorfismo. Verifica-se, pois, que as partes mais externas do maciço alcalino são constituidas de tipos ácidos.

Na práia de Ilhabela, em contacto com o gnais facoidal, o nordmarkito possue textura miarolítica, passando, para o interior, a biotita-pulaskito hipidiomórfico, contrastando com o nordmarkito dos picos que se apresenta hipidiomórfico.

Nefelina-sienito e Pulaskito

Guardando as mesmas relações de íntimo parentesco que existem entre o biotita-pulaskito e o nordmarkito, ocorre outro grupo de rochas, menos importante, constituido pelo nefelina-sienito e o pulaskito. No campo observa-se que o nefelina-sienito relaciona-se tambem com o biotita-pulaskito, podendo passar gradualmente tanto a biotita-pulaskito como a pulaskito. O nefelina sienito,

como o biotita-pulaskito e o pulaskito, possue textura hipidiomórfica bem grosseira, aflorando principalmente na peninsula do Boi. As melhores exposições são ao longo da costeira, devido à intensa abrasão, e as menos conspícuas no talweg dos riachos e córregos.

A passagem do nefelina-sienito para o pulaskito é assinalada pelos seguintes elementos:

1 — Feldspato persiste (albita-anortoclásio).
2 — Diosídio-aegirina passa a diopsídio.
3 — Diopsídio-aegirina passa a aegirinaugita.
4 — O piroxênio continua como núcleo de muitos cristais de anfibólio.
5 — Enriquecimento em barkevicita e empobrecimento em diopsídio.
6 — Escasseia a biotita.
7 — Textura hipidiomórfica persiste.
8 — A nefelina e a sodalita acidentalmente presentes.

A passagem do nefelina-sienito para o biotita-pulaskito é assinalada por outros elementos:

1 — O feldspato persiste (albita-anortoclásio).
2 — Nefelina e sodalita ausentes.
3 — Diopsídio-aegirina passa a aegirinaugita.
4 — Barkevicita-arfvedsonita passa a barkevicita.
5 — Enriquecimento em biotita e simultâneo empobrecimento em piroxênio e anfibólio.
6 — A textura persiste.

A proporção K_2O: Na_2O mostra claramente, do ponto de vista da composição química, a passagem do nefelina-sienito ao pulaskito e ao biotita-pulaskito.

QUADRO II

	Nefelina-sienito	Pulaskito	Biotita-pulaskito
Na_2O	6.20	5.60	5.90
K_2O	5.44	5.80	4.60

Verifica-se que no pulaskito e no biotita-pulaskito o Na_2O desceu devido, correspondentemente, haver sido eliminada a nefe-

lina e a sodalita da composição mineralógica dessas rochas. O valor de K_2O, por esta razão, subiu em relação ao Na_2O com exceção no biotita-pulaskito onde desceu devido a análise ter sido efetuada com uma porção que abrangeu quase tão somente os componentes claros, dada a particularidade já assinalada dos fêmicos concentrarem-se em grupos em determinados pontos da rocha. O fato do K_2O ser no biotita-pulaskito simpatético com MgO comprova esta assertiva.

Mineralogicamente o pulaskito caracteriza-se pela predominância do anfibólio nos componentes escuros, tratando-se da barkevicita. No biotita-pulaskito o fêmico predominante é a biotita, apresentando a rocha caracteres bem distintos do pulaskito, razão por que não podem ser confundidos numa única designação. Ademais a nefelina e a sodalita eventualmente ocorrem no pulaskito e faltam completamente no biotita-pulaskito. O pulaskito apresenta assim maior parentesco com o nefelina-sienito do que com o biotita-pulaskito, intimidade esta comprovada no campo pela passagem gradual do nefelina-sienito ao pulaskito. Analisando-se a composição mineralógica global dessas rochas observa-se que o componente claro principal, o feldspato, não varia permanecendo no nefelina-sienito, pulaskito e biotita-pulaskito a variedade albita-anortoclásio fato que indica seu parentesco. O outro componente claro, feldspatoide varia como já foi assinalado. O comportamento mais interessante é o dos fêmicos; no nefelina-sienito predomina a associação diopsídio-barkevicita, sendo rara a mica biotita. No pulaskito, passa a dominar a barkevicita com bordos de arfvedsonita e no biotita-pulaskito a biotita. Esse aumento de biotita corresponde a uma das normas de coexistência e paragênese que afirma que, com o aumento da acidez, a biotita passa a dominar como elemento ferro-magnesiano.

O nefelina-sienito associado ao pulaskito constitue a segunda série em importância nos afloramentos do maciço alcalino da ilha de São Sebastião.

Essexito, Essexito-foiaito e Foiaito

Um terceiro grupo de rochas estreitamente relacionadas entre sí é o constituido pelo essexito, essexito-foiaito e foiaito. Como os demais tipos considerados, estas rochas formam no campo uma série em que um típo passa gradualmente a outro, mostrando sua consaguinidade.

Ao contrario do segundo grupo (nefelina-sienito e pulaskito) em que as modificações mineralógicas deram-se nos componentes escuros, permanecendo constante o feldspato (albita-anortoclásio), neste terceiro os componentes ferro-magnesianos não se modificam

substancialmente nas três rochas integrantes, passando o feldspato a experimentar variações na sua composição mineralógica.

O termo mais básico é um essexito melanocrático que forma o celebre afloramento das pedras do Sino, na fazenda Garapocaia, sendo composto de um oligoclásio Ab_{69} e de micropertita granular na pseudo-base, devido a rocha apresentar uma curiosa textura pseudoporfirítica. Esta rocha, designada sob o n.º 6, passa gradualmente a um outro tipo, o n.º 5 na fábrica de farinha de mandioca da fazenda Garapocaia e tambem na práia do Viana, sendo já mesocrática quanto à coloração. O feldspato experimenta nessa passagem uma variação, assumindo a composição de um oligoclásio micropertitico tendo, na pseudo-base, albita granular de formação mais recente. Finalmente esta rocha passa a um foiaito típico que aflora em diversos pontos da fazenda Garapocaia, designado sob o n.º 10; correspondendo a esta modificação o feldspato de oligoclásio-micropertita, com albita granular, passa a anortoclásio com aspecto traquitoide como na rocha original de Foia, Portugal.

As modificações mineralógicas podem ser representadas no quadro III.

QUADRO III

ESSEXITO	ESSEXITO-FOIAITO	FOIAITO
Micropertita	Albita	Anortoclásio
Oligoclásio	Oligoclásio-micropertita	—
Nefelina	Nefelina	Nefelina
Sodalita	Sodalita	Sodalita
Diopsídio	Diopsídio	Aegirinaugita
Barkevicita	Barkevicita	Barkevicita
Biotita (lipidomelana)	Biotita	Biotita

Pelo Quadro III verifica-se que o essexito-foiaito é uma rocha muito mais ligada ao essexito que propriamente ao foiaito.

Quanto à composição química a maior variação processa-se na sílica e na cal, conforme exprime o Quadro IV. Infelizmente não foi possivel obter-se uma análise do essexito-foiaito das concedidas pelo Laboratório da Produção Mineral.

QUADRO IV

OXIDOS	ESSEXITO	FOIAITO
SiO_2	54.10	59.90
Al_2O_3	20.90	19.10
Fe_2O_3	—	2.20
FeO	5.64	1.90
MgO	1.30	1.50
CaO	3.70	1.90
Na_2O	5.60	6.40
K_2O	5.10	5.20

Observa-se que o MgO, Al_2O_3 e K_2O quase não experimentam variação, enquanto o CaO, SiO_2, FeO e Na_2O apresentam valores bem diferentes. O comportamento do CaO e FeO é devido no foiaito predominar não mais o diopsídio e a barkevicita mas a aegirinaugita que é pobre em ferro e cálcio e rica em sódio. No essexito a lepidomelana tende naturalmente a elevar o teor em FeO. No essexito o sódio acha-se ligado à nefelina e sodalita e no foiaito tambem à aegirinaugita, fato que eleva o seu teor. O aumento do teor de sílica não pode ser explicado pela variação do feldspato, — micropertita e oligoclásio (no essexito) à anortoclásio no foiaito, porquanto quimicamente estes minerais são equivalentes; as proporções com respeito da sílica para os álcalis são respectivamente (Na.K.): Al_2O_3:6SiO_2 no anortoclásio (foiaito) e na micropertita (K.Na): Al_2O_3:6SiO_2, no oligoclásio (Na.Ca): Al_2O_3:6SiO_2 (essexito). O aumento da sílica pode ser atribuido à aegirinaugita que é mais silicatada do que o diopsídio, segundo a proporção $(Ca.Mg(SiO_3))_2$ no diopsídio ou seja 1 CaO:1 MgO:2 SiO_2, enquanto na aegirinaugita a relação é $Na.Fe(SiO_3)_2$ para a aegirina e $Ca.Mg(SiO_3)_2$ para a augita ou seja 1 CaO:1 MgO:1 Na_2O:1 Fe_2O_3:6 SiO_2.

Teralito

O quarto grupo de rochas alcalinas plutônicas é constituido por um olivina-nefelina-sodalita-gabro, distribuido em dois tipos principais caracterizados macroscopicamente pela granulação que,

no segundo, ainda é menos grosseira e praticamente pseudo-porfirítica. O primeiro aflora na práia da Armação e o segundo na ponta das Canas situada na entrada norte do canal de S. Sebastião.

Mineralogicamente ambos os tipos encontrados são idênticos com ligeira flutuação na composição química da labradorita que vae de An_{54} à An_{64} e na proporção dos fêmicos para os siálicos que, no segundo tipo, torna-se mais melanocrática com o aumento da olivina e da augita que se apresenta mais titanífera. No segundo tipo de teralito designado sob o n.º 40, que aflora na ponta das Canas, constata-se o desaparecimento da barkevicita e uma diminuição sensivel nos feldspatoides, tendendo a rocha, pela sua composição mineralogica, a um olivina-gabro.

As relações de campo entre ambos os teralitos mostram a sua consanguinidade, passando o tipo da práia da Armação ao tipo da ponta das Canas, transição assinalada pela modificação textural que vae de um tipo menos fino a um mais fino. Estes teralitos acham-se intrusivos no oligoclásio-gnais, exatamente como o essexito das pedras do Sino. As relações entre tais rochas, porem, não foi possivel serem averiguadas no campo. Geologicamente os afloramentos de essexito e de teralito são contíguos, fato que aliado a outros caracteres faz prever uma provavel relação entre ambos.

2 — *PETROGRAFIA*

Nas descrições petrográficas o critério seguido consistiu em descrever a lâmina ou as lâminas mais representativas de um mesmo tipo petrográfico. Examinando muitas lâminas de um mesmo tipo de rocha poude o autor verificar a uniformidade mineralógica e textural que existe dentro de cada tipo que, apezar das mais diversas procedências, exibe sempre os mesmos caracteres petrográficos. O estudo petrográfico foi dividido em três secções, segundo o jazimento da rocha: 1) Plutonitos, 2) Hipabissais e 3) Porfíricos. O autor acha mais apropriado o emprego de rochas porfiríticas em lugar de efusivas, pois apezar da textura porfirítica estas rochas não são efusivas, vulcânicas, porem jazem em diques estreitos nervurando o maciço plutônico.

1 — PLUTONITOS

NORDMARKITO

textura miarolítica

Lâmina 16. Fotomicrografia n.º 5.
Procedência: Práia de Ilhabela.

Composição mineralógica: 1) Quartzo, 2) Albita, 3) Anortoclásio, 4) Biotita, 5) Aegirinaugita, 6) Titanita, 7) Magnetita e 8) Apatita.

Caracteres geologicos: O nordmarkito aflora ao longo da práia de Ilhabela, estando em contacto com afloramentos de biotita-pulaskito do jardim Público e do Largo da Matriz Algumas exposições ocorrem dentro do mar, ora descobertas ora formando parceis submarinos. Os afloramentos são em forma de grandes matacões onde se distinguem, facilmente, os cristais gigantes de feldspato associados a folhas pretas e brilhantes de mica e cristais negros de magnetita, verdes do piroxênio, vermelhos da titanita e agulhas largas de apatita. As cavidades miarolíticas são consideráveis, geralmente limitadas pelo feldspato. Este é sempre aí idiomórfico, associado ao quartzo leitoso, tambem idiomórfico, terminando em romboedros. Fóra das cavidades os minerais são, ao contrário, alotriomórfos ou hipidiomorfos, com exceção dos acessórios. A apatita aparece em agulhas de 2 a 3 cm de comprimento; geralmente atingindo tal desenvolvimento nas cavidades miarolíticas. Os cristais de feldspato e quartzo atingem, porem, desenvolvimento bem maior, chegando até 5 cm de tamanho. No seu conjunto a rocha é leucocrática, de côr branca perlácea, devido a incidência da luz nas faces de clivagem do feldspato. O mineral facilmente identificavel é a biotita, graças à sua côr preta, clivagem em largas folhas devido ao tamanho comumente assumido pelo mineral. São particularmente notaveis alguns cristais de feldspato nas cavidades miarolíticas, que depois revelam ser albita, com habitus prismático rômbico (secção rômbica).

Caracteres microscópicos: O traço mais característico do nordmarkito é a sua textura miarolítica porfiroide, com cristais idiomórficos limitando as respectivas cavidades. O quartzo ocorre em cristais idiomórficos nas cavidades miarolíticas atingindo até 2 cm de tamanho, e fóra é sempre hipidiomórfico, variando de 3 a 5 mm. O feldspato é composto de um anortoclásio geminado segundo Carlsbad, em cristais gigantes que se desenvolvem até 5 cm, e de albita. Este plagioclásio acha-se confinado não somente às cavidades miarolíticas, assumindo notavel idiomorfismo, sem geminação, com habitus rômbico, cujo tamanho é variavel tendo sido observados alguns indivíduos com 2 cm de comprimento, porem tambem fóra delas, sendo então hipidiomórfico e geminado polissintéticamente segundo (010). Em secções normais a X o anortoclásio tem um valor de Z:(001) igual a 1.°.

Dos elementos coloridos a biotita é o preponderante, ocorrendo em cristais que pouco excedem a 2 cm, com clivagem basal conspícua. Apresenta forte pleocroismo, Z-pardo preto, Y-marron es-

curo e X-castanho. Notam-se inclusões de apatita e magnetita. 2 V ca. 3.°.

O piroxênio é representado pela aegirinaugita, com pleocroismo muito fraco (X-esverdeado pálido e Z-castanho pálido esverdeado). Os seus cristais são xenomórficos, porem adquirem idiomorfismo nas cavidades miarolíticas. Alguns indivíduos acham-se alterados. O valor de Z:c igual a + 61.°

A apatita constitui o acessório mais abundante. Ocorre em cristais com habitus prismático, atingindo até 5 cm e desenvolvendo-se especialmente nas cavidades miarolíticas. A titanita ocorre em cristais idiomórficos, geralmente de secção basal, assumindo alguns o tamanho de 2 cm. Rivalizando-se em quantidade com a apatita ocorre a magnetita em secções quadrangulares ou em grãos, e neste caso sempre fóra das cavidades miarolíticas.

As cavidades miarolticas são abundantes. Ocorre nelas um conjunto mineralógico caracterizado pelo idiomorfismo dos seus componentes, albita, aegirinaugita e apatita principalmente. Secundariamente ocorre o quartzo. A cavidade é toda revestida por um mineral fibro-radiado, de côr marron esverdeada, não identificado. Os cristais de albita sempre penetram na cavidade, fáto que levou F. E. WRIGHT (85) tratando do nordmarkito da ilha de Cabo Frio, a considera-la mais recente: *"Quando um destes individuos limita-se com uma pequena cavidade miarolítica, os pequenos cristais de albita penetram nela, podendo-se daí concluir pela sua formação mais recente"*

As mesmas relações entre o nordmarkito e o pulaskito observadas em Cabo Frio passam-se na ilha de São Sebastião. Este nordmarkito passa gradualmente a pulaskito, podendo-se observar esta passagem no desaparecimento paulatino do quartzo e aparecimento da barkevicita. As raizes alcalinas do nordmarkito estão patentes, apezar do quartzo, nesta transição, e tambem na presença de piroxênio sódico e feldspato sódico (anortoclásio e albita). ROSENBUSCH grupava os nordmarkitos entre os álcali-granitos, porem considerava-os como transição entre os álcali-granitos e os álcali-sienitos. A razão destas considerações reside no velho sistema de classificação mineralógica da rocha em prejuizo dos seus caracteres físico-químicos. O nordmarkito não pode ser considerado no grupo dos álcali-granitos porquanto não apresenta relação genética alguma com o magma granito. Trata-se evidentemente, pelos seus atributos, de uma rocha alcalina que recebeu quartzo ou de contribuição externa ou por uma diferenciação no sentido ácido. O nordmarkito deve ser considerado o membro mais ácido da série das rochas alcalinas. A sílica saturou a nefelina transformando-a em albita e o seu excesso cristalizou-se sob a forma de quartzo.

BIOTITA-PULASKITO

Textura hipidiomórfica tabular

Lâminas 28, 28-A e 28-B. Fotomicrografia n.º 6.

Procedência: Jardim Público de Ilhabela.

Composição mineralógica: 1 — Albita-anortoclásio; 2 — Biotita; 3 — Aegirinaugita; 4 — Barkevicita; 5 — Apatita; 6 — Titanita; 7 — Magnetita.

Caracteres geológicos: Esta rocha aflora largamente em todo o jardim Público de Ilhabela, limitada de um lado pelo nordmarkito e de outro pelo gnais facoidal do morro do Cantagalo. Tem aspecto leucocrático generalizado, côr branca ligeiramente esverdeada devida a côr do feldspato ,granulação grosseira, mostrando claramente ripas de faldspato, alongadas e geminadas segundo Carlsbad. Nesse conjunto esverdeado sobresaem os cristais de mica preta mostrando bonitas palhetas de clivagem, geralmente agrupados. Em alguns pontos, principalmente onde começa a transformar-se gradualmente em nordmarkito, a textura passa para porfiróide, com cristais grandes (até de 5 cm) de feldspato idiomórfico. Os melhores afloramentos desta rocha acham-se situados em frente ao Rex Hotel, Forum e antigo hotel Bela Vista, hoje transformado em residência particular. De um modo geral o pulaskito ocorre numa faixa de 30 a 40 metros de largura entre a base do morro do Cantagalo e o nordmarkito da práia, indo desde o Jardim Público até a pedreira do Saco Grande, numa extensão de 1.200 metros.

Caracteres microscópicos: O feldspato é constituido de um anortoclásio tabular, em cristais de 2 a 5 mm, comumente geminados segundo Carlsbad. Sua determinação foi feita na platina universal, dando em secções normais a X, em (001) ca. 1.º, e 2 V igual a 54.º. Predomina sempre o habitus prismático rômbico que imprime à rocha um aspecto foiaítico. Fortemente concrescida com o anortoclásio ocorre a albita, formando grandes manchas onde se apresenta geminada polissintéticamente. Este concrescimento proporciona um aspecto típico ao anortoclásio. A albita ocorre, muito escassamente, em cristais isolados porem apresentando geminação polissintética e lâminas muito delgadas. Alguns cristais de anortoclásio servem de matriz poikilítica para a biotita e agulhas de barkevicita. As inclusões mais frequentes são de apatita acicular e titanita. Raramente encontra-se ortoclásio ou então micropertita.

A nefelina e a sodalita são excepcionais, tendo sido observado apenas um cristal em várias lâminas examinadas. Este pulaskito assume o aspecto de mais uma rocha de transição do que propriamente o pulaskito típico de J. FRANCES WILLIAMS (84), descrito originalmente em *"The igneous rocks of Arkansas"*

Ademais WILLIAMS, segundo JOHANNSEN (40), deu mais uma descrição da rocha considerada pulaskito do que propriamente uma definição.

A biotita forma o componente colorido mais antigo. Apresenta-se em cristais grandes xenomórficos, com 5 mm de comprimento, clivagem basal conspicua e fortemente pleocróica (Z, -pardo preto; Y, -marron escuro, e X, -castanho). São frequentes as inclusões de apatita e magnetita, e menos comum as de titanita. As vezes a magnetita ocupa o núcleo de muitos cristais de biotita.

O piroxênio é constituido de uma aegirinaugita de Z:c igual a + 61.°. Domina o habitus prismático, com 1 mm de comprimento, contorno xenomórfico, às vezes crescendo ao lado da magnetita que fica assim formando um envoltório irregular na periferia dêsse piroxênio. Os cristais não mostram sinais de corrosão magmática, ocorrendo na maior parte das vezes agrupados. São poucos os que passam gradualmente a barkevicita nos bordos. O pleocroismo é muito fraco, (X, -esverdeado pálido e Z, -marron esverdeado).

O anfibólio tem composição barkevicita, ocorrendo de preferência nos bordos dos cristais de aegirinaugita. Pleocroismo fortissimo Z, -pardo escuro e quase preto, com tons esverdeados e X, -marron esverdeado. Os cristais são xenomórficos e raros os indivíduos isolados, sem núcleos aegirinaugítico.

A apatita ocorre sob a forma de inclusões, com secções idiomórficas hexagonais, principalmente no piroxênio e na magnetita. Mais raramente no feldspato e na titanita. A magnetita é escassa, geralmente granular. A titanita é menos abundante do que a apatita, apresentando-se em cristais idiomórficos de secção basal, bem desenvolvidos.

A raridade e quase ausência de nefelina e sodalita ao lado da associação anortoclásio-albita, biotita, dominante sobre aegirinaugita e barkevicita, com textura hipiomórfica tabular, permite classificar esta rocha como um biotita-pulaskito. Diz JOHANNSEN (40, p. 5, vol. IV): *"For the pruposes of classification it may be regarded as essential that the faldspar is entirely of the kind here described as "Kf" in this case cryptoperthite, that there is present nepheline in amounts which vary from none to little, and the mafites amount to more than 5 per cent. The kind of mafite seems immaterial, since the amount of any one kind is generally small, and the variety may be disregarded"* Entretanto, a abundância da bitotita neste caso deve ser posta em evidência e embora contra-

riando a opinião abalizada de JOHANNSEN de que a qualidade do mafito não importa na classificação, fica a presente rocha classificada melhor como biotita-pulaskito do que simplesmente pulaskito.

Ordem de segregação:

Apatita
Titanita
Magnetita?
Biotita
Aegirinaugita
Barkevicita
Albita-Anortoclásio

Análise Química

BIOTITA-PULASKITO

N.º 2.203 — B. H.
Laboratório da Produção Mineral — 10-Julho-1945
Analista: Moacyr Carneiro

SiO_2	58.60
Al_2O_3	21.50
FeO	3.78
MgO	0.40
CaO	2.68
Na_2O	5.90
K_2O	4.60
TiO_2	0.80
P_2O_5	0.48
P F	0.95
TOTAL	99.69

A disposição dos óxidos obedeceu às normas preconizadas por WASHINGTON (82).

Composição Normativa

O quadro seguinte indica a composição mineralógica virtual do Biotita-Pulaskito (N.º 28) pelo padrão molecular dado por ARTHUR HOLMES (34) e cálculo das proporções moleculares efetuado segundo as tabelas de OSANN (60).

BIOTITA-PULASKITO

Composição Normativa

	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perda ao fogo	
Análise	58.60	21.50	3.78	0.40	2.68	5.90	4.60	0.80	0.48	0.95	0.95
P. Mol.	0.9767	0.2108	0.0525	0.0100	0.0479	0.0952	0.0489	0.0100	0.0034		27.24
ORTOCLÁSIO	6 2934	1 489					1 489				49.78
ALBITA	6 5712	1 952				1 952					7.51
ANORTITA	2 554	1 277			1 277						3.98
CORINDON		390									1.00
HIPERSTENIO	1 100			1 100							6.86
	1 525		1 525								1.01
APATITA					3 102				1 34		1.96
TITANITA	1 100				1 100			1 100			100.29
TOTAL											

NORMA

Ortoclásio	27.24
Albita	49.78
Anortita	7.51
Corindon	3.98
Hiperstênio	7.86
Apatita	1.01
Titanita	1.96

PULASKITO

Textura hipidiomórfica tabular

Lâminas: 13, 13-A e 13-B. Fotomicrografia 7.
Procedência: Enseada do Sombrio.

Composição mineralógica: 1 — Albita-anortoclásio; 2 — Nefelina; 3 — Sodalita; 4 — Biotita; 5 — Diopsídio; 6 — Barkevicita; 7 — Apatita; 8 — Granada; 9 — Titanita; 10 — Magnetita.

Caracteres geologicos: Externamente a rocha tem aspecto cinzento claro, manchado de palhetas negras de mica e pontos negros de um mineral colorido que pode ser referido ao anfibólio ou piroxênio. Os cristais de feldspato são facilmente percebidos graças à sua clivagem e geminação segundo Carlsbad. Geralmente o seu aspecto é tabular, mesmo visto macroscopicamente, com tendência a formar cristais até 5 cm de comprimento. A rocha assume por isso uma granulação muito grosseira. As palhetas negras de mica, em menor quantidade do que os demais componentes coloridos, têm geralmente 2 a 3 cm de comprimento, facilmente reconhecíveis pela clivagem basal e inconfundiveis por este motivo com os prismas de anfibólio ou piroxênio. Ha pontos de côr amarelo-avermelhada talvez referiveis à granada e titanita. Este pulaskito macroscopicamente tem o mesmo aspecto do pulaskito de Cabo Frio e de Arkansas, aflorando na costeira da enseada do Sombrio e parte da costeira da península do Boi. Esta rocha passa gradualmente ao sienito nefelínico que forma o núcleo de toda a península do Boi.

Caracteres microscópicos: O feldspato é constituido principalmente pelo anortoclásio, com o valor de X:a igual a 5.°. Apresenta-se sempre geminado segundo Carlsbad, com contorno xenomórfico apezar da sua tendência a formar grandes cristais. Este anortoclásio acha-se concrescido, na maioria dos indivíduos,

com a albita geminada polissinteticamente. Entretanto observam-se muitos cristais de albita juxtapostos, sem intercrescimento pertítico. Não raramente o anortoclásio forma matriz poikilítica para o anfibólio. A albita apresenta-se em inclusões nos cristais de anfibólio; trata-se de inclusões albita-líquido no anfibólio que posteriormente se cristalizaram como prova o seu caracter xenomórfico, fato este já suficientemente esclarecido por VOGT (78, p. 320).

A nefelina e a sodalita são escassas, geralmente alteradas. Ocorrem com forma granular preenchendo espaços entre os feldspatos, indicando sua cristalização em último lugar.

Depois do anortoclásio a barkevicita é o componente mais abundante. O valor de Z:c é igual a -14.°. Os cristais possuem habitus prismático generalizado, atingindo o desenvolvimento até 4 cm de tamanho, havendo bôas secções paralelas a (010) e basais. Ha uma tendência dos fêmicos a se agrupar em lotes de 5 a 6 cristais com predominância da barkevicita, juntando-se a eles tambem a granada e magnetita. Pleocroismo forte, X, -castanho claro, Y -castanho esverdeado e Z, castanho preto esverdeado. Existem ainda inclusões de biotita, indicando que a mica é mais antiga. Nessa biotita observam-se inclusões de magnetita esqueletiforme segundo o prisma (010) e (101).

Outro componente colorido é o diopsídio. Tem côr verde nos bordos e incolor no centro, sem pleocroismo. Trata-se de um diopsídio normal com Z:c igual a -36.° geralmente idiomórfico porem muito escasso. Às vezes forma o núcleo de um cristal de barkevicita, indicando que precedeu o anfibólio na ordem de segregação. Essa mudança de côr do diopsídio do núcleo para os bordos parece refletir uma mudança na composição química, tendendo para um piroxênio sódico do élo aegirínico. A ausência do pleocroismo, porem, indica que a modificação de composição é pequena afetando ligeiramente o valor de Z:c.

A biotita é o mais antigo dos fêmicos ocorrendo em cristais de secção basal idiomórfica, embora com crescimento desigual das faces. Os cristais têm geralmente cêrca de 1 a 2 mm de tamanho. Ocorre muito escassamente.

A apatita é o accessório mais abundante, ocorrendo em secções hexagonais e prismáticas geralmente incluida no anfibólio, piroxênio ou feldspato. Deve ser considerado o accessório mais antigo pois se acha incluida, com idiomorfismo, na magnetita e na titanita. A ocorrência mais importante nos accessórios é a presença da granada. Apresenta-se porem xenomórfica, limitada entre os feldspatos, isótropa, de côr amarelo mel. Segundo FRED. E. WRIGHT (85) nos seus estudos do nefelina-sienito de Cabo Frio, ocorre uma granada tambem xenomórfica, em grãos, acompanhando os elementos escuros, fortemente refringente, traços de clivagem irregu-

lares, que ele considerou como pertencente à familia das granadas melaníticas. Igualmente J. MACHADO (53) em seu trabalho sobre as rochas alcalinas de Poços de Caldas classificou as granadas ocorrentes nos sienitos nefelínicos da região como melanita, principalmente na rocha de grana grossa do tunel entre as estações ferroviárias de Prata e Cascata. O comportamento ótico desta granada é idêntico ao descrito por F. E. WRIGHT (85) e J. MACHADO (53). Os accessórios menos importantes são a titanita e a magnetita. A titanita é sempre idiomórfica enquanto a magnetita mais escassa ainda ocorre em grãos, geralmente inclusa no anfibólio e na mica.

Esta rocha pela textura e composição mineralógica identifica-se exatamente com o pulaskito, tendo uma ligeira diferença sobre o biotita-pulaskito dada pela sua escassez em biotita contraposta a uma excepcional riqueza do anfibólio sobre os demais elementos coloridos Aliás este é o conceito de JOHANNSEN (40) sobre a nomenclatura do pulaskito. *"It is possible that some specimens show a little more nepheline, in which case the rock would not differ from a normal trachytoid amphibole-nepheline-syenite, and might be so called"* Esta é aliás a definição dada por HATCH and WELLS (32) (p. 174): *"The Pulaski type (pulaskite) was first described by J. F. Williams from the Fourch Mountains in Arkansas as consisting essentially of soda-orthoclase (microperthite) together with biotite and a brown or green hornblende (barkevikite or Arfvedsonite). .The occasional presence of nepheline and sodalite indicates a passage to the nepheline-syenites"*

Ordem de segregação:

Accessórios
Biotita
Diopsídio
Barkevicita
Albita-anortoclásio
nefelina e sodalita

Análise Química

N.º 7.318. 18-Outubro-1945
Laboratório da Produção Mineral
Analista: — Frida Ciornai

SiO_2	58.20
Al_2O_3	18.90
Fe_2O_3	1.90
FeO	2.10

MgO	2.10
CaO	2.30
Na_2O	5.60
K_2O	5.80
TiO_2	0.58
ZrO_2	ausência
P_2O_5	0.65
Cr_2O_3	ausência
MnO	0.12
NiO	ausência
BaO	traços
Perda do fogo	1.60
TOTAL	99.85%

NOTA: a disposição dos óxidos obedeceu às regras preconizadas por A. HOLMES (34, p. 389) segundo as noormas de H. S. WASHINGTON (82).

Composição Normativa

A composição mineralógica virtual deste Pulaskito é dada no quadro seguinte:

NORMA

Ortoclásio	34.47
Albita	35.11
Nefelina	6.53
Anortita	9.23
Diopsídio	8.46
Magnetita	2.78
Perda ao fogo	1.60
TiO_2	0.58
P_2O_5	0.65
MnO	0.12
TOTAL	99.53%

O TiO_2, P_2O_5 e MnO, não tendo sido usados em minerais normativos torna-se necessário computar a percentagem desses óxidos para fechar a norma ou então recalcular os minerais normativos achados a 100%. Neste caso foi preferido o primeiro processo.

PULASKITO

Composição Normativa

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Perda ao fogo	
	58.20	18.90	1.90	2.10	2.10	2.30	5.60	5.80	1.60	NORMA
	9700	1853	119	292	525	411	903	617	1.60	1.60
ORTOCLÁSIO	6 3702	1 617						1 617		34.47
ALBITA	6 4017	1 669,5					1 669,5			35.11
NEFELINA	2 467	1 233,5					1 233,5			6.53
ANORTITA	2 666	1 333				1 333				9.23
DIOPSÍDIO	1 78					1 78				0.93
	1 525				1 525					5.25
	1 173			1 173						2.28
MAGNETITA			1 119	1 119						2.78

TiO_2	.....	0.58
P_2O_5	.....	0.65
MnO	.....	0.12
TOTAL	.....	**99.53**

NEFELINA-SIENITO

Textura hipidiomórfica tabular

Lâminas 21, 21-A e 11-A. Fotomicrografias 8 e 9
Procedência: Casa dos faroleiros. Farol da ponta do Boi.

Composição mineralógica: 1 — Albita-anortoclásio; 2 — Nefelina; 3 — Sodalita; 4 — Diopsídio; 5 — Barkevicita; 6 — Biotita; 7 — Titanita; 8 — Apatita; 9 — Magnetita.

Caracteres geologicos: Esta rocha aflora em toda a península do Boi diferenciando-se em alguns pontos, em pulaskito. Externamente tem o aspecto comum dos nefelina-sienitos, côr branca acinzentada, aparecendo bem individualizados os cristais de feldspato geminados, na maior parte, segundo a macla de Carlsbad e atingindo cêrca de 15 mm de tamanho máximo. Reunidos em determinados pontos observa-se um componente escuro constituido principalmente de anfibólio e subsidiariamente de piroxênio e biotita. Notam-se, tambem, pontos amarelo-avermelhados que podem ser referidos à titanita. A côr é invariavelmente cinzento claro e a granulação grosseira.

Caracteres microscópicos: O componente claro dominante é o anortoclásio geralmente concrescido com a albita geminada polissinteticamente, formando grandes manchas no interior dos cristais. Ocorre geminado segundo Carlsbad, com habitus tabular sem, contudo, chegar a um desenvolvimento traquitoide como nos foiaitos típicos e sem orientação paralela. Os contornos são irregulares, sendo raros os indivíduos idiomórficos, apezar de ser comum a presença de algumas faces com idiomorfismo. Os cristais são geralmente grandes, com 15 mm, porem ha cristais com 3 mm de tamanho. Alguns cristais servem de matriz poikilítica para a biotita e para a barkevicita, possuindo inclusões de apatita e titanita principalmente. O anortoclásio tem o valor de X:a de cêrca de 5.°. A albita ocorre, tambem, em cristais isolados, sem estar intercrescida com o anortoclásio, porem é muito rara e geminada polissinteticamente. Esta classe de feldspato já tem sido referida em outras rochas alcalinas. Segundo Octavio Barbosa, Djalma Guimarães e Capper de Souza (55, p. 66) no foiaito do morro do Manoel e Marapicú, aflorando entre ambos, ocorre albita-anortoclásio: "*Os cristais tabulares de anortoclásio teem constituição muito variavel. Em geral são completados pela albita, que muito raramente se apresenta individualizada. Ora é a anortoclase micropertítica, ora pertítica. Neste ultimo caso a albita se destaca em algumas lamellas de geminação. Tambem muitos cristais de anor-*

toclase são formados em parte de micropertita e parte de lamellas alternadas de albita e anortoclase"., exatamente como ocorre neste sienito nefelínico da ponta do Boi.

A nefelina e a sodalita são xenomórficas ocupando posição intersticial entre os cristais de feldspato, podendo ser consideradas os últimos minerais a cristalizarem-se. Os cristais teem quase sempre 0.5 a 2 mm de tamanho, não sendo muito abundantes.

O mafito mais antigo é a biotita. Muitos cristais ocorrem incluidos, com certa tendência idiomórfica, no diopsídio e na barkevicita. De um modo geral a biotita é xenomórfica, fortemente pleocróica (Z, -pardo alaranjado, X, -laranja, quase uniaxial, ca. 1.° a 2.°) com inclusões de titanita idiomórfica, de secção basal, e magnetita. As inclusões de magnetita arrumam-se às vezes em filamentos ao longo dos traços de clivagem formando curiosos desenhos pela superposição desordenada de traços paralelos. As inclusões mais frequentes são de apatita em secções hexagonais ou prismáticas. Onde a biotita se desenvolve, ela sempre cresce em detrimento dos demais mafitos que façam contáto com seus cristais.

O componente colorido dominante é a barkevicita cujo valor de Z:c varia entre -10 e -12.°. A razão desta variação nas propriedades óticas reside em idêntica variação na composição química. O núcleo do anfibólio é ocupado pelo diopsídio, seguindo-se a barkevicita, de côr marron esverdeada, fortemente pleocróica (Z, -marron esverdeado, X, -amarelo levemente esverdeado). Os bordos do anfibólio são verdes tendo na periferia uma camada fortemente verde. Este anfibólio periférico tem o valor de X:c igual a -14.° correspondendo a uma arfvedsonita.

Estes componentes escuros formam pois uma série diopsídio-barkevicita-arfvedsonita, tendo o anfibólio portanto um élo da série barkevicitica como núcleo e a periferia um élo arfvedsonítico estreito. A arfvedsonita é bastante pleocróica (Z, -verde pardo a quase completamente escuro e X, -verde). Ocorrem muitos cristais de anfibólio sem núcleo diopsídico, sendo então a variação exclusivamente na série barkevicita-arfvedsonita.

O piroxênio apresenta-se sempre como núcleo do anfibólio, incolor a ligeiramente esverdeado, sendo Z:c igual a -38.°. Entre o piroxênio nuclear e o anfibólio ha uma estreita pelicula mais verde que lembra a aegirina que, porem, não poude ser determinada ótimamente pela sua estreiteza. Este piroxênio ocorre com contorno xenomórfico, mesmo nos raros cristais isolados. Nestes o centro é diopsídio e os bordos possuem a já referida fina franja verde parecida com a aegirina ou aegirina-augita pelo pleocroismo.

Estamos em face de uma associação característica do piroxênio e do anfibólio, ambos formando uma cadeia. De um lado a

cadeia diopsídio-aegirina ou diopsídio-aegirinaugita e de outro a cadeia barkevicita-arfvedsonita, sendo os seus cristais elos de composição variavel. Este fato não é inédito nas rochas da sequência alcalina. W. RAMSAY (64) cita no seu estudo sobre um Umptekito, (-um pulaskito granular hipabissal, de Umptek, península de Kola, U.R.S.S.) as mesmas relações entre o piroxênio e o anfibólio formando cadeia de composição variavel. F.E. WRIGHT (85) opina: *"Um traço caracteristico dos Umptekitos pode ser considerado o concrescimento poikilitico do feldspato com elos de transição da série barkevicita-arfvedsonita"*

Caso absoluamente igual a este nefelina-sienito é o descrito por F. E. WRIGHT (85) nos eleolita-sienitos de Cabo Frio. Assim escreve esse autor no seu magnífico trabalho — *"Estes elementos incolores formam a parte principal da rocha. Os coloridos ao contrário, aparecem em pequenos grupos isolados, situação esta que pode ser nitidamente observada em cortes. O centro de um destes grupos é ocupado por elementos componentes da série diopsídio-aegirina; neste caso o diopsidio, quase incolor, ocupa sempre o centro. Ele é fortemente refringente, apresentando intensa birefringência e fracamente pleocróico (X, esverdeado claro, Z, amarelo esverdeado claro). Z:c igual a 38°40' Pela vagarosa absorção das moleculas de aegirina, para os bordos torna-se verde oliva (Z, amarelo oliva e X, verde oliva) isto é aegirinaugita, até que bem nos bordos assume côr verde tipica da aegirina, tendo X:c igual a 2.° a 4.° (taboa IV fig. 1 e 2). Entre estes piroxênios a aegirinaugita é o mais importante e o mais espalhado. A posição de extinção do diopsídio em relação a aegirina apresenta valores contínuos e gradualmente se faz. Deste modo tem-se toda a série de transição entre os dois elementos extremos da série"* A única restrição que se deve fazer neste nefelina-sienito é que os bordos de aegirina são constituidos por uma película esverdeada, enquanto em Cabo Frio este elo piroxênico é bem figurado.

Os accessórios são constituidos pela apatita, titanita e secundariamente pela magnetita. A apatita é o mais abundante, ocorrendo idiomórfica, em secções hexagonais e prismáticas, incluida no feldspato, piroxênio, anfibólio, titanita e magnetita. Este fato indica que foi o primeiro mineral a segregar-se. A titanita apresenta-se idiomórfica, tambem, em bôas secções basais porem menos abundante que a apatita. Acha-se inclusa principalmente no feldspato. A magnetita é xenomórfica com formas as mais variaveis. Ocorre geralmente inclusa no piroxênio, no anfibólio e na mica.

Esta rocha texturalmente não constitue o tipo de nefelina-sienito encontrado em Foya, Portugal, onde o feldspato é de habitus traquitoide, sub-paralelo. Neste nefelina-sienito, embora o feldspato seja tabular não possue o aspecto traquitoide e nem re-

vela sub-paralelismo. Por esta razão é preferivel classifica-lo como simples nefelina-sienito em lugar de foiaito, reservando-se esta denominação para aqueles tipos texturalmente iguais aos de Foya. A tendência moderna em petrografia é abandonar gradualmente os nomes de tipos muito particulares, porem o foiaito caracteriza-se por uma textura bastante singular, sendo uma designação mais textural do que mineralógica. Os nomes particulares geralmente se referem a pequenas modificações no séquito mineralógico e não textural, de sorte que é preferivel não se extender o nome foiaito indistintamente a todos os nefelina-sienitos, porem reserva-lo para os tipos cuja textura ele particulariza eloquentemente.

Ordem de segregação:

Apatita
Titanita
Magnetita
Biotita
Diopsídio
Barkevicita
Albita-anortoclásio
Nefelina
Sodalita

Análise Química

Lab. do Dep. de Mineralogia, Fac. Fil., Ciên. e Letras, Univ. São Paulo.

SiO_2	56.39
Al_2O_3	19.46
Fe_2O_3	1 45
FeO	4.20
MgO	1.00
CaO	1.93
Na_2O	6.20
K_2O	5.44
TiO_2	0.82
P_2O_5	0.95
MnO	0.19
Perda ao fogo	1 47
TOTAL	99.50

Analista: Eng. Paulo Mathias

NEFELINA-SIENITO

Composição Normativa

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Perda ao fogo	
	56.39	19.46	1.45	4.20	1.00	1.93	6.20	5.44	1.47	1.47
	9398	1908	90	582	250	345	1.000	579	1.47	1.47
ORTOCLÁSIO	$\frac{6}{3474}$	$\frac{1}{579}$						$\frac{1}{579}$		32.25
ALBITA	$\frac{6}{3762}$	$\frac{1}{627}$					$\frac{1}{627}$			33.01
NEFELINA	$\frac{2}{746}$	$\frac{1}{373}$					$\frac{1}{373}$			10.51
ANORTITA	$\frac{2}{658}$	$\frac{1}{329}$				$\frac{1}{329}$				9.45
DIOPSIDIO	$\frac{1}{16}$					$\frac{1}{16}$				0.19
	$\frac{1}{492}$			$\frac{1}{492}$						6.60
	$\frac{1}{250}$				$\frac{1}{250}$					2.50
MAGNETITA			$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{90}$						2.09

TiO_2 ..... 0.82
P_2O_5 ..... 0.95

TOTAL 99.84

Composição Normativa

A composição mineralógica virtual deste nefelina-sienito é dada no quadro seguinte:

NORMA

Ortoclásio	32.25
Albita	33.01
Nefelina	10.51
Anortita	9.45
Diopsídio	9.29
Magnetita	2.09
Perda ao fogo	1 47
P_2O_5	0.95
TiO_2	0.82
MnO	0.19
TOTAL	100.03%

Como o TiO_2, P_2O_5 e MnO não foram computados em minerais normativos torna-se necessário para fechar a norma ou computa-los nas respectivas percentagens ou recalcular a 100 os demais minerais normativos. Neste caso foi preferida a primeira alternativa.

FOIAITO

Textura hipidiomórfica traquitoide

Lâminas 10 e 10-A — Fotomicrografia n.º 10

Procedência: Fazenda Garapocaia.

Composição mineralógica: 1 — Anortoclásio; 2 — Nefelina; 3 — Sodalita; 4 — Aegirinaugita; 5 — Barkevicita; 6 — Biotita; 7 — Apatita; 8 — Titanita; 9 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha tem côr cinzenta, com granulação um pouco grosseira, apresentando os cristais de feldspato alongados, quase paralelos, com geminação de Carlsbad bem visivel. Nessa base cinzenta destacam-se manchas pretas dos componentes coloridos, reconhecendo-se a mica graças à sua clivagem conspícua e os prismas referentes ao anfibólio e piroxênio. A rocha aflora na entrada da Fazenda Garapocaia, logo depois da ponta

do Siriúba, fazendo contato com as rochas da pedra do Sino de um lado e de outro com o oligoclásio-gnais.

Caracteres microscópicos: O feldspato é composto de um anortoclásio ripiforme, de aspeto traquitoide generalizado, geminado todo ele segundo Carlsbad. Em secções paralelas a (010) o angulo de extinção X: (001) apresentou o valor de ca. 8.°. O anortoclásio dispõe-se em ripas quase paralelas, imprimindo um aspeto particular a textura caracteristico do tipo Foia de sienito nefelínico. Geralmente os indivíduos variam de 6 a 8 mm de comprimento, apresentando inclusões de apatita e magnetita. Alguns cristais formam matriz poikilítica para a mica e a aegirinaugita. E' interessante notar que muitos componentes coloridos, principalmente e barkevicita, ocorrem xenomórficos entre os cristais de feldspato como se tivessem cristalizado posteriormente vindo a ocupar os espaços deixados pelo anortoclásio. Este mineral forma o principal elemento de toda a rocha e acha-se bem conservado.

A nefelina ocorre em quantidade regular com contorno xenomórfico generalizado em cristais de 1 a 5 mm de tamanho, intersticial entre os feldspatos. Frequentemente está associada à sodalita, guardando nessas relações menor xenomorfismo que a sodalita, porquanto a maioria dos cristais mostra-se alongada, quase retangular, em contraste com aquele outro feldspatoide. A sodalita deve pois ter-se cristalizado em ultimo lugar, ocupando assim o espaço deixado pela nefelina e pelo feldspato. A sodalita ocorre em cristais de tamanho médio de 0.5 mm, tão abundantemente quanto a nefelina. Apresenta-se incolor, isótropa, bem conservada sendo poucos cristais que indicam um princípio de decomposição.

O fêmico preponderante é constituido por uma aegirinaugita de habitus prismático, esverdeada, porem quase todos os indivíduos são isentos de idiomorfismo. Os cristais podem ser considerados hipidiomórficos, variando de 1 a 3 mm de comprimento, não sendo raras as secções normais a "c" mostrando geminação segundo (100). O pleocroismo é bastante acentuado, porem não muito forte, (Z -verde, X -amarelo esverdeado). Alguns indivíduos mostram uma modificação mais verde nos bordos, uma fina película de espessura variavel insuficiente para determinação ótica. Parece tratar-se de um elo mais perto da aegirina e julgar pela intensidade do colorido e do pleocroismo. A aegirinaugita apresenta um angulo de extinção igual a 60.° em Z:c.

Ao contrário da aegirinaugita ocorre a barkevicita em poucos cristais, geralmente xenomórficos, tendo alguns núcleo piroxênico. Os indivíduos variam de 0.2 a 1 mm de tamanho. O pleocroismo

é assaz forte com Z, -pardo escuro, Y, -castanho esverdeado e X, -amarelo esverdeado escuro. Z:c igual a-15.°. A barkevicita, como a aegirinaugita, não apresenta corrosão magmática, podendo ser considerada o ultimo componente colorido a se cristalizar devido as suas relações texturais com a aegirinaugita e a biotita. A biotita é muito rara apresentando-se os cristais geralmente crescendo de encontro a barkevicita e aegirinaugita que nessa relação ficam com o contorno prejudicado. Tal fato segundo VOGT (78) indica uma ligeira precedência da mica sobre o piroxênio e o anfibólio. Pleocroismo fortissimo (Z, -pardo quase opaco e Y -pardo, com X, -pardo amarelado). De um modo geral o contorno da mica é hipidiomórfico, com indivíduos de 0.5 a 1 mm. São comuns as inclusões de magnetita e apatita.

A titanita é o accessório mais desenvolvido. Atingem alguns cristais cêrca de 2 a 3 mm de comprimento predominando as secções basais, havendo no entanto secções paralelas a (010). São abundantes as inclusões de apatita. Esta é o accessório mais espalhado, invariavelmente idiomórfica, inclusa no feldspato, no piroxênio, na biotita, no anfibólio, na titanita e mesmo na magnetita. Este fáto indica a sua precedência na segregação sobre os demais accessórios. A magnetita é escassa, ocorrendo em forma de grãos, incluida geralmente na biotita. Essa associação entre a biotita e a magnetita como centro do cristal da mica é um fato constante nas rochas examinadas anteriormente. Parece que a mica, em grande parte, se formou com auxílio do ferro cedido pela magnetita por reação entre o líquido e a fase sólida durante a cristalização.

Ordem de segregação:

Apatita
Titanita
Magnetita?
Biotita
Aegirinaugita
Barkevicita
Anortoclásio
Nefelina
Sodalita

Análise Química

N.º 7.318
Laboratório da Produção Mineral, Rio de Janeiro, D. F. — Analista: Frida Ciornai.

SiO_2	59.90
Al_2O_3	19 10
Fe_2O_3	2.20
FeO	1.90
MgO	1.50
CaO	1.90
Na_2O	6.40
K_2O	5.20
TiO_2	0.77
ZrO_2	Ausencia
P_2O_5	0 40
Cr_2O_3	Ausência
MnO	0.16
NiO	Ausencia
BaO	Ausencia
Perda ao fogo	0.90
TOTAL	100.33%

Composição Normativa

A composição mineralógica virtual é dada pelo quadro seguinte:

NORMA

Ortoclásio	30.58
Albita	45.59
Nefelina	4.66
Anortita	8.24
Diopsídio	6.05
Magnetita	3.02
Perda ao fogo	0.90
TiO_2	0.77
P_2O_5	0.40
MnO	0.16
TOTAL	100.37

FOIAITO

Composição normativa

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Perda ao fogo	
	59.90	19.10	2.20	1.90	1.50	1.90	6.40	5.20	0.90	NORMA
	9983	1873	137	264	375	339	1032	553	0.90	0.90
ORTOCLÁSIO	6 3318	1 553						1 553		30.58
ALBITA	6 5208	1 868					1 868			45.59
NEFELINA	2 328	1 164					1 164			4.66
ANORTITA	2 576	1 288				1 288				8.24
DIOPSÍDIO	1 51					1 51				0.58
	1 375				1 375					3.75
	1 127			1 127						1.72
MAGNETITA			1 137	1 137						3.02

TiO_2	0.77
P_2O_5	0.40
MnO	0.16
TOTAL	100.37

ESSEXITO - FOIAITO

(Nefelina-sienodiorito)

Textura hipidiomórfica granular

Lâminas 5 e 5-A. — Fotomicrografia n.º 11
Procedência: Pedra do Chapeu, práia do Viana.
Fazenda Garapocaia, junto à fábrica de farinha.

Composição mineralógica: 1 — Micropertita-oligoclásio; 2 — Albita; 3 — Nefelina; 4 — Sodalita; 5 — Diopsídio; 6 — Barkevicita; 7 — Biotita; 8 — Titanita; 9 — Apatita; 10 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha tem côr cinzenta clara, destacando-se bem visiveis manchas de feldspato, atingindo algumas 3 mm de tamanho. A maior parte da rocha consta de uma base granular cinzenta, salpicada de pontos pretos dos piroxênios e anfibólios ao lado de palhetas escassas de mica preta. A rocha tem um aspeto granular grosseiro, parecendo porfiroide devido ao feldspato ocorrer em cristais bem maiores no fundo uniforme granular de côr cinzenta clara. Aflora este nefelina-sienodiorito na práia do Viana onde está exposto em grandes matacões e tambem na pedra do Chapeu (Foto 13) cortado por um dique, (agora em posição horizontal devido o bloco ter se movimentado pela gravidade) de um traquito nefelínico. Aflora igualmente na fazenda Garapocaia, limitado ao sul pelo foiaito e ao norte pelo essexito das Pedras do Sino. Esta rocha passa gradualmente ao essexito, devendo ser considerada uma diferenciação magmática daquele.

Caracteres microscópicos: A rocha apresenta uma textura particular, caracterizada por duas ordens de cristais — uns hipidiomórficos, maiores, situados numa base xenomórfica granular. Constitue um tipo de textura hipidiomórfica granular, cujo aspeto "mutatis-mutandis" lembra a textura porfirítica devido ao contraste entre ambos os tipos de cristais. Os cristais hipidiomórficos variam geralmente de 1 a 3 mm de tamanho e os segundos são menores que 1 mm formando a base granular xenomórfica. Os cristais hipidiomórficos são formados pela micropertita-oligoclásio, diopsídio-barkevicita e biotita e os xenomórficos granulares são a albita, micropertita, nefelina, sodalita, barkevicita e magnetita. Apenas a apatita e a titanita são idiomórficos.

O feldspato é constituido por um ortoclasio concrescido com o oligoclásio. Este apresenta-se geralmente geminado polissinteticamente dentro dos envoltórios de ortoclásio, tendo a composição de Ab 84 pelo método da extinção simétrica. Alguns cristais de ortoclásio são pouco intercrescidos com o oligoclásio po-

rem, neste caso, apresentam abundantes inclusões de sodalita e nefelina, dispostas irregularmente como caracteres cuneiformes semelhante a uma textura micrográfica. A maioria do feldspato, porem, forma a base xenomórfica granular, notando-se aí principalmente a micropertita. Ao lado ocorre tambem a albita, geralmente granular, com contorno às vezes bem redondo, facilmente reconhecivel pelo indice de refração, birefringência e oticamente positiva.

A nefelina e a sodalita são abundantes. Ocorrem principalmente inclusas no feldspato simulando uma textura micrográfica. Os indivíduos são irregulares, cuneiformes nas inclusões e granulares em posição intersticial entre os cristais de feldspato, geralmente com 0.05 mm a 0.1 mm. Julgando pelas suas relações texturais, a nefelina e a sodalita foram os ultimos minerais a se cristalizarem. Apresentam-se sempre xenomórficas, em qualquer das posições referidas. Quanto ao caso das inclusões no feldspato, por serem xenomórficas não indicam precedência. Diz VOGT (78, p. 320): *"Further it must be taken into consideration that small portions of the mother liquid occasionally may be enclosed or included in a mineral during its growth. As example we refer to the well-known zonally arranged glass inclusions in leucite, sanidina, etc., in many dyke and effusive rocks.. If corresponding magma inclusions occur in deep seated rocks, a complete crystallization will take place. Thus, the result will be the inclusions in the host of a later-cristallized mineral. Inclusions of a mineral A in B may furthermore be due to the fact that A originally, at high temperature, occurred as solid solution in B, and that afterward, owing to reduce solubility by decreasing temperature, A separated from the solid solution"* Este é o fenómeno que se passa com respeito às inclusões de nefelina e de sodalita no feldpato.

O principal elemento colorido é um diopsídio, com Z:c igual a -40° Apresenta-se em cristais hipidiomórficos, de contorno com corrosão magmatica. Seria possivel que o diopsídio originalmente fosse idiomórfico e depois se tornasse hipidiomórfico graças à corrosão magmatica dos bordos. Todos os cristais acham-se envolvidos nos bordos por barkevicita, que se precipitou ao longo do contorno corroido seguindo todas as anfractuosidades dos cristais. As principais inclusões são de apatita e magnetita. Esta corrosão magmatica indica que houve em determinado momento desiquilibrio químico entre a fase sólida e o resíduo líquido, precipitando-se a barkevicita, que por sua vez tornou-se instavel sofrendo a corrosão magmatica que os seus bordos apresentam.

A barkevicita ocorre, tambem. sem estar associada ao diopsídio. Ambas as formas de barkevicita são xenomórficas devido à corrosão magmatica dos seus bordos. O pleocroismo é acentuado, Z, — -marron escuro e X, -castanho claro. Os cristais não apresentam modificação de composição para os bordos, sendo suas

inclusões constituidas na maior parte de magnetita, apatita e albita. Z:c igual -17.°.

Outro componente escuro, o mais moderno, é a biotita. Ao contrário do piroxênio e do anfibólio, é relativamente escassa, apresentando raramente corrosão magmatica. Os cristais são xenomórficos, muito menores dos que os de diopsídio e barkevicita. E' frequente ser encontrada associada à magnetita, que possue textura em *sineusis*. Pleocroismo forte, Z-castanho escuro e Y -castanho e X, -amarelo castanho.

O accessório mais importante é a apatita, ocorrendo em secções idiomórficas hexagonais e prismáticas. Aparece sempre incluida no piroxênio, no anfibólio e na mica, sendo mais rara na magnetita e ocupando posição intersticial entre os cristais de feldspato. A magnetita é abundante, associada em grupos de cristais xenomórficos, formando textura em "synneusis" segundo VOGT (78). A biotita geralmente está associada à magnetita. A titanita é o accessório mais raro. Ocorre em poucos e muito esparsos cristais idiomórficos, de secção basal.

Pela fase plutônica e pela composição mineralógica esta rocha é um nefelina-sienodiorito, de composição intermediária entre o essexito e o foiaito, podende assim ser chamada de essexito-foiaito. A presença da albita impede de ser denominada essexito. Analisando-se as relações mineralógicas entre esta rocha e o essexito das Pedras do Sino e de outra parte entre o foiaito da Garapocaia, observa-se que este nefelina-sienodiorito constitue um fácies essexitico-foiaítico do magma alcalino desse local notando-se, no campo, a passagem gradual do foiaito da Garapocaia para o essexito das Pedras do Sino.

O fato do diopsídio, da barkevicita e parte da biotita apresentarem-se corroidos magmaticamente indica que durante a segregação dos minerais coloridos houve uma série de desiquilibrios físico-químicos entre o líquido e a fase sólida, com consequente reabsorção parcial dos cristais preformados. O líquido final cristalizou-se com forte enriquecimento em alcalis dando cristais num mosaico de micropertita, nefelina e sodalita granulares xenomórficas.

ESSEXITO

(nefelina-sienodiorito)

Textura hipidiomórfica microgranular

(pseudo-porfiritica)

Lâminas 6, 6-A, 6-B e 6-C. — Fotomicrografias 12 e 13.
Procedência: Pedras do Sino.

Composição mineralógica: 1 — Oligoclásio; 2 — Micropertita; 3 — Nefelina; 4 — Sodalita; 5 — Diopsídio; 6 — Barkevicita; 7 — Lepidomelana; 8 — Titanita; 9 — Apatita; 10 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha apresenta côr cinzenta bem escura, granulação média. Nessa base destacam-se os cristais de mica, de côr preta carregada, com 2 a 3 mm e pontuações brancas provavelmente dos feldspatoides, considerando-se que os feldspatos são cinzentos. Este essexito forma um afloramento limitado às Pedras do Sino, entre a ponta do Rabo Azedo e a práia de Garapocaia. O carater mais conspícuo desta rocha consiste na formação de enormes blocos e matacões erodidos pelo mar junto à costeira da Garapocaia e que, batidos com qualquer instrumento de percussão, produzem sonoridades idênticas às dos sinos repicando Este predicado tão peculiar lhe valeu o nome de Pedras do Sino, constituindo centro de atração para os forasteiros que visitam a Ilha de São Sebastião. H. VON IHERING (38) narra num seu trabalho sobre a ilha de São Sebastião uma lenda a respeito das Pedras dos Sinos e erroneamente as confunde com a "ita-una" que e o nome dado ao basalto pelos indígenas.

Esta particularidade do essexito das Pedras do Sino reside na existência de caixas de ressonância cavadas pela abrasão na base dos blocos e, secundariamente, na extrema compacidade da rocha. Tanto é verdade que nos afloramentos ao longo da costeira e mesmo em blocos sem caixa de ressonância na base é inutil tentar arrancar qualquer sonoridade de sino, pois a rocha soa com ruido comum da pedra.

Caracteres microscópicos: Ao microscópio a rocha mostra a seguinte composição mineralógica decrescente segundo a quantidade: feldspato, diopsidio, barkevicita, lepidomelana, nefelina, sodalita, apatita, magnetita e titanita. Texturalmente a rocha é caracterizada por cristais hipidiomórficos de oligoclásio, diopsídio e biotita, mergulhados numa base microgranular de micropertita, diopsídio, barkevicita, nefelina e sodalita xenomórficos. Esta textura imprime à rocha um aspecto pseudo-porfirítico bastante original. Trata-se, porem, de um plutonito, com esta textura peculiar deculiar devido alguns minerais terem tido dois tempos de cristalização numa única geração, causados por movimentação do líqujdo na fase de consolidação.

O faldspato é constituido por um oligoclásio, antipertíco às vezes, hipidiomórfico, corroído nos bordos e com precipitação de um "reaction-rim" de piroxênio e anfibólio, e por micropertita, geralmente alongada segundo "a" na base microgranular.

O oligoclásio é básico, nos limites com a andesina, com Ab_{69} ou Ab_{70}, variando entre 1 a 3 mm, geminados polissinteticamente. As vezes, em certos cristais os bordos são de ortoclásio e a maio-

ria constituida de oligoclásio maclado polissinteticamente formando uma antipertita. O zonamento é raro, e quando aparente os bordos são de composição albítica. Quase todos os cristais hipidiomórficos mostram forte reabsorção magmática, com a precipitação periférica de um anel de reação com piroxênio e anfibólio, porem mais comumente de apatita sob a forma de prismas longos e finos.

Ao contrário do oligoclásio a micropertita somente ocorre na base microgranular, sendo os cristais alongados como microlitos, formando a maior parte.

Os demais componentes claros são a nefelina e a sodalita. Ambas ocorrem xenomórficas sob a forma de inclusões no oligoclásio ou na base microgranular. As inclusões no oligoclásio são parecidas com a textura rúnica, devido o aspecto cuneiforme que a sodalita e nefelina assumem. A sodalita apresenta-se isotropa, incolor, mais frequentemente alterada que a nefelina. Estas inclusões devem ser consideradas de cristalização posterior a do hospedeiro, como já demonstrou VOGT (78).

A biotita embora não seja o componente colorido mais abundante constitue o mais idiomórfico ,ocorrendo em cristais bem maiores que os do piroxênio e anfibólio. Apresenta-se fortemente pleocróica Z, -marron opaco quase Y, -marron escuro e X, -marron para marron amarelado, com todos os atributos da lepidomelana inclusive largo angulo axial. As inclusões mais frequentes são de magnetita, tornando-se a lepidomelana sempre mais escura e virtualmente opaca nos contátos. Outras inclusões são principalmente de apatita, cujas secções prismáticas muitas vezes se tornam pardacentas por influência da mica. A ordem de segregação da lepidomelana é um problema dificil de se resolver; ha certas relações texturais favoraveis à antiguidade da mica sobre o piroxênio e o anfibólio traduzidas no seu maior idiomorfismo, crescimento geralmente em torno de núcleos de magnetita e principalmente por se achar a lepidomelana, numa secção, crescendo em torno de um cristal de magnetita e sendo ao mesmo tempo envolvida, por tres lados, por um cristal de diopsídio. Em outros pontos os cristais de mica crescem de encontro aos de piroxênio e vice-versa, denotando simultaneidade segundo o conceito de VOGT (78, p. 323). *"The simultaneous crystallization of two or more minerals may be manifested in various ways. With two simultaneously crystallizing minerals, each may grow until the indivduals of A happen to collide with the individuals of B. Or some of the segregating minerals of A may be deposed on the already solidified crystals of B, and some of the simultaneously segregating mineral B on the already solidified crystals of A.* A corrosão magmática que todos os componentes coloridos mostram nos bordos prejudica os elementos possiveis para interpretar a sequência da cristalização. Se-

gundo VOGT (78, p. 323) a questão do contorno é fundamental para o critério da ordem de segregação: *"The relative commencement of the solidification, especially of the minerals that commence crystallizing at a some what early stage, may often quite easily be decided by the structure. On the other hand, the allotriomorphism of a mineral C, against the minerals A and B, shows that C only commenced crystallizing after an often quite essential part of A and B had already solidified"* Neste essexito todos os minerais fêmicos acham-se com o contorno prejudicado pela corrosão magmática, de sorte que os elementos disponíveis são duvidosos para situar positivamente a ordem de segregação da mica. A julgar pelo que foi citado com referência às relações entre a mica e o diopsídio parece que a biotita é mais velha, terminando sua cristalização quando ao mesmo tempo se segregava o diopsídio. Isto baseado que o diopsídio que normalmente possue os bordos de barkevicita, quando falta este bordo anfibólio faz contáto diretamente com a lepidomelana e, como a barkevicita é posterior ao diopsídio infere-se que a lepidomelana deve ser pelo menos concomitante. Isto quanto às relações entre os indivíduos hipidiomórficos, porquanto na base microgranular ha micro-cristais de diopsídio que pertencem a outro tempo posterior de segregação graças à textura pseudo-porfirítica da rocha.

O piroxênio é constituido por um diopsídio incolor, Z:c = -43.° ocorrendo em cristais hipidiomórficos e na base microgranular. Apresenta-se, como a biotita, pouco corróido magmaticamente e forma o núcleo de uma cadeia cujo bordo é uma barkevicita. A transformação para o anfibólio é brusca, formando este apenas uma pequena e delgada camada periférica do piroxênio. As inclusões mais frequentes são de apatita e magnetita. Esta modificação brusca, nos bordos, para barkevicita indica que o diopsídio é mais velho e que anfibólio se segregou logo imediatamente ao piroxênio, após o desiquilibrio com o líquido residual que causou a corrosão magmática.

O último componente colorido é a barkevicita, fortemente pleocróica (Z, -pardo e X, -amarelo), Z:c = -18.°. Ao contrário da mica e do piroxênio, a barkevicita apresenta-se fortemente corroida nos bordos, corrosão esta que na maioria das vezes atinge todo o cristal, precipitando-se feldspato nesses espaços. Esta gradação da corrosão da mica à barkevicita indica que cada vez mais foi se acentuando o desiquilibrio físico-químico entre a fase sólida segregada e o líquido residual cada vez mais enriquecido em álcalis e empobrecido em ferro. As inclusões mais comuns são de magnetita e mica.

Dos accessórios a apatita é o mais abundante e invariavelmente idiomórfica, sem sinais de corrosão magmática. A titanita é escassa, aparentando todos os indivíduos corrosão nos bordos e pre-

cipitação de feldspato. A magnetita é abundante, ocorrendo em cristais xenomórficos grandes e em secções idiomórficas quadradas na base microgranular. Forma frequentemente o núcleo de muitos cristais de mica, notando-se uma mudança gradual de cor da mica bem castanha, tornando-se castanho quase opaco até a magnetita opaca

Pela fase plutônica e pela composição mineralógica esta rocha é um nefelina-sienodiorito, apresentando os caracteres de um essexito, apezar deste nome ter sido até hoje empregado na literatura petrográfica nos mais variados sentidos de composição mineralógica. Primeiramente no sentido de *ortoclásio-gabro* (sieno-gabro), depois *nefelina-gabro* (usado por F. E. WRIGHT nas rochas de cabo Frio (85) e *analcita-gabro* (Teschenito). Os essexitos da Noruega, descritos por Brogger não possuem feldspatoides, enquanto Rosenbusch considera tanto os com como sem feldspatoides. O nome original foi proposto por J. H. SEARS, (*Elaeolita-zircon-syenites and Associated Granitic Rocks in the Vicinity of Salem, Essex Country.* Mass. Bull. Essex. Inst. XXIII, 1891, 146) a uma rocha ocorrente em "Salem Neck" que possuia a composição mineralógica seguinte: augita, hornblenda, biotita, plagioclásio e nefelina, com os acessórios usuais, omitindo a presença de ortoclásio na maioria das descrições. H. S. WASHINGTON (83) descreveu a mesma rocha atribuindo-lhe uma composição monzonítica básica, com os seguintes minerais: feldspatoides, alcali-feldspatos e plagioclásios. O plagioclásio vae de Ab_1An_1 a Ab_1An_2 e *"an alkali-feldspar is not uncommon. often microperthitic"* O plagioclásio, portanto, é uma labradorita. J. H. HIBSCH deu o nome de essexito a uma rocha de Rongstock, (Bohêmia) (Tschermak's Min. Pet. Mitt. 1902. p. 157) que é essencialmente um ortoclásio-gabro com pouca nefelina. Dos autores citados nenhum se referiu à presença de olivina na composição mineralógica do essexito, de modo que realmente o essexito deve ser considerado isento de olivina quer essencial quer accessória, aliás de acordo com a proposição inicial de Sears. Desta maneira a definição que HATCH e WELLS (32) apresentam só é valida na parte exclusive a olivina: *"Mineralogically the essexites consist essentially of a dominant calc-alkali feldspar (oligoclase, andesine, labradorite) together with a variable quantity of orthoclase, nepheline, sodalite, augite, hornblende, biotite and olivine"* Descrevendo o essexito, JOHANNSEN (40, vol. IV p. 191) diz: *"The microscope shows a trachytoid texture, owing to the tabular development of the plagioclase. The alkali-feldspar is generally anhedral, as is also the nepheline. The common ferromgnesian minerals are a deep-green or greenish-brown pleochroic hornblende, a colorless diopside, and a greenish-yellow biotite. Titanite, titaniferous magnetite, and apatite are the accessories"*

Excluida, portanto, a olivina da composição mineralógica do essexito pelas razões acima enumeradas e considerando que o plagioclásio tambem pode ser a andesina e mesmo o oligoclásio a rocha descrita identifica-se perfeitamente com o tipo essexito. De toda esta análise da nomenclatura do essexito ficou clara a necessidade que os autores devem ter em consultar as fontes originais, evitando empregar este termo em rochas que não sejam da composição de um nefelina-sodalita-sienodiorito ou nefelina-sodalita-sienogabro, para sanar a confusão geralmente estabelecida em torno desta nomenclatura.

Análise Química

N.º 2.203 B. H. 10-Julho-1945
Laboratório da Produção Mineral
Analista: Moacyr Carneiro.

SiO_2	54.10
Al_2O_3	20.90
FeO	5.64
MgO	1.30
CaO	3.70
Na_2O	5.60
K_2O	5.10
TiO_2	1 40
P_2O_5	0.46
MnO	0.002
Perda ao Fogo	1.00
TOTAL	99.202

Composição normativa

A composição mineralógica virtual, obtida segundo o quadro seguinte, é:

Ortoclásio	30.02
Albita	27.25
Nefelina	11.08
Anortita	16.77
Diopsídio	2.07
Olivina	9.43
Perda ao fogo	1.00
TiO_2	1 40
P_2O_5	0.46
TOTAL	99.48

ESSEXITO

Composição Normativa

	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Perda ao fogo	
	54.10	20.90	5.64	1.30	3.70	5.60	5.10	1.00	
	9017	2049	784	326	661	903	543	1.00	1.00
ORTOCLÁSIO	6 3258	1 543					1 543		30.02
ALBITA	6 3114	1 519				1 519			27.25
NEFELINA	2 768	1 384				1 384			11.08
ANORTITA	2 1206	1 603			1 603				16.77
DIOPSÍDIO	1 58				1 58				0.70
	1 58			1 58					0.58
	1 58		1 58						0.79
OLIVINA	1 134			2 268					1.88
	1 363		2 726						7.55

TiO_2	1.40
P_2O_5	0.46
TOTAL	99.48

TERALITO

Textura hipidiomórfica granular

Lâminas: 39, 39-A e 39-B. — Fotomicrografia 14.
Procedência: Práia da Armação.

Composição mineralógica: 1 — Labradorita; 2 — Nefelina; 3 — Sodalita; 4 — Titanaugita; 5 — Olivina; 6 — Biotita; 7 — Barkevicita; 8 — Apatita; 9 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha tem o aspecto melanocrático característico dos teralitos, porem a sua cor não é muito escura; de um modo geral é preta-acinzentada, com brilho vitreo. Não se distingue com facilidade os diferentes componentes fêmicos, apenas a biotita é mais reconhecivel graças à sua clivagem inconfundivel. A rocha possue algumas nervurações brancas provenientes da concentração dos componentes claros. Quando alterada os cristais fêmicos ficam salientes, como ampolas, no fundo amarelado dos feldspatos decompostos em argila. Os componentes escuros são os mais desenvolvidos, variando de 2 a 10 mm de tamanho. A granulação assume assim um aspecto extremamente grosseiro, com os componentes claros formando manchas brancas rarefeitas em torno dos cristais grosseiros de piroxênio, olivina e mica biotita.

Este teralito aflora desde as pedras do Sino até a Práia da Armação, continuando para o norte até a ponta das Canas numa variedade extremamente rica em olivina e de textura menos grosseira.

Caracteres microscópicos: Este teralito constitue um tipo de grana grossa com textura hipidiomórfica granular, diferente do teralito da práia das Canas (ponta das Canas) que é menos grosseiro, assumindo os componentes coloridos o tamanho de grãos de feijão que imprimem àquela rocha um aspecto pisolítico. Os cristais hipidiomórficos são formados pelos componentes coloridos, titanaugita, olivina, magnetita e mais raramente biotita, enquanto os elementos claros tais como a nefelina, sodalita e labradorita assumem aspecto granular xenomórfico generalizado.

O plagioclásio é composto de uma labradorita com An_{54}, geminada polissinteticamente pela macla da albita e, outras vezes menos frequentemente pela combinação albita-periclínio. Os indivíduos teem aspecto ripiforme, variando de 0.5 a 2 mm de comprimento. Os cristais zonados são menos frequentes e neste caso a borda é mais sódica, com An_{51}. Observa-se que a labradorita foi um dos últimos componentes a cristalizar-se devido ao seu xe-

nomorfismo generalizado e por ocupar os espaços deixados pelos fêmicos. São bem mais raros os individuos geminados segundo Carlsbad. O piroxênio, o anfibólio e mais raramente a biotita apresentam inclusões xenomórficas, muitas vezes redondas, de labradorita. Interessante é notar que um cristal de magnetita apresenta duas inclusões, de forma redonda ,de labradorita geminada segundo a macla da albita. Tais inclusões, segundo o critério de VOGT (61) são líquidos, de composição labradorítica, que ficaram encerrados nesses cristais previamente segregados e que, posteriormente, se cristalizaram na respectiva fase sólida correspondente.

A nefelina e a sodalita ocorrem em quantidade bem menor do que o feldspato. Acham-se ocupado os espaços intersticiais entre a labradorita, com as formas as mais variadas, tendo sido os últimos minerais da sequência da cristalização.

A mica é constituida pela variedade lepidomelana da biotita, achando-se, na sua maioria, associada à magnetita como núcleo dos cristais. Na região de contato a lepidomelana é quase opáca, passando a um pardo bem carregado e finalmente adquire a cor parda escura característica. O pleocroismo, acentuando-se para o núcleo de magnetita, indica correspondente aumento no teor de ferro, sendo Z, -pardo escuro, Y -pardo avermelhado e X, -amarelo avermelhado. Ao lado desta lepidomelana existe tambem biotita, praticamente uniaxial, sem estar associada a um núcleo magnetítico. Neste caso o pleocroísmo é menos forte sendo Z, -pardo e X -amarelo ligeiramente acastanhado. Os cristais de mica são sempre xenomórficos e da ordem de 0.5 mm a 1 mm. Apresentando-se sem sinais de corrosão magmática e absolutamente xenomórfica, a biotita sugere uma cristalização posterior ao piroxênio e à olivina, parecendo tratar-se de uma reação entre o líquido e a magnetita que forneceria o ferro necessário; resultaria dêsse fenómeno a associacão lepidomelana-magnetita. Este fato já foi descrito por WRIGHT (85) nas rochas de Cabo Frio.

O piroxênio deste teralito forma o componente mais abundante. E' constituido por uma titanaugita não zonada, com o valor de Z:c = -54.°. São abundantes as inclusões de magnetita e as já referidas de plagioclásio, e mais raras as de olivina. Os cristais variam de 3 a 10 mm de tamanho. A titanaugita deve ter cristalizado-se logo após a olivina porquanto inumeros cristais crescem de encontro aos idiomórficos de olivina. Alguns indivíduos mostram zonamento de camadas mais titaniferas. As inclusões de magnetita na titanaugita estão todas revestidas de um filme externo de lepidomelana, reforçando a hipótese de que a magnetita foi a contribuinte do ferro solicitado na formação da mica. Este fenômeno de autometamorfismo (76, p. 329) observa-se tambem na olivina cujos cristais, nas fissuras comuns a este mineral, se acham atacados com deposição da mica. A deposição começa no exterior.

onde os cristais de mica fazem contacto com a olivina, e seguidamente penetram ao longo das fissuras como si fôra formada por reabsorção magmática.

A olivina apresenta-se incolor, toda fissurada, geralmente idiomórfica com as formas {021} e {010}. Geralmente é muito pobre em inclusões, na maioria das vezes de magnetita em secções quadradas em microcristais ou de apatita. Depois da titanaugita é o elemento colorido mais abundante. Òticamente negativa. 2 E = 90.°.

O último componente colorido é a barkevicita em cristais xenomórficos e apresentando inclusões de olivina e plagioclásio geminado pela macla da albita. Pleocroismo forte, Z -castanho escuro e X -castanho com tonalidade levemente verde. Z:c = -14.°.

O accessório mais abundante é a magnetita, ocorrendo em cristais xenomórficos, com formas muito irregulares, geralmente ocupando o centro de um ou diversos cristais de lepidomelana. Existem sob a forma de microcristais inclusos na olivina e indivíduos idiomórficos de secção quadrada. Os grandes cristais são todos, porem, hipidiomórficos. Secundariamente ocorre a apatita em cristais grandes, hipidiomórficos, apresentando secções idiomórficas apenas os cristais pequenos, geralmente inclusos. O tamanho dos cristais maiores varia de 1 a 3 mm. Os indivíduos idiomórficos são bem menores, com secções basais hexagonais, sendo rarissimas as formas aciculares.

H. Rosenbusch (65, p. 223) define o teralito como sendo uma rocha plutônica, da série alcalina, de textura hipidiomórfica granular, composta predominantemente de piroxenio, plagioclásio básico e nefelina. Biotita e hornblenda podem ocorrer como acessórios, bem como minerais do grupo da sodalita, incluindo a olivina, magnetita-titanifera na composição mineralógica. Segundo Johannsen (40, vol. IV, p. 223), a rocha consiste em um nefelina-melagabro. Hatch e Wells (32) extendem o conceito afirmando: *"Theralites may be briefly defined as dark-coloured basic plutonites consisting essentially of nepheline in combination with plagioclase of the andesine-labradorite range and subordinate orthoclase. In addition, there are present augite, hornblende, biotite, sodalite, olivine ,magnetite and apatite. The augtie is a greenish or violet brown titaniferous variety. Chemically the theralites are characterized by their high percentage of alkalies, lime, magnesia, and iron, in combination with low silica"* Esta definição implica, na presença do ortoclásio. O teralito pois deve ser considerado um olivina-gabro alcalino, com ou sem ortoclásio, exatamente como a composição mineralógica e textura da rocha da práia da Armação, que consta predominantemente de titanaugita, olivina e labradorita e secundariamente biotita, barkevicita, sodalita e nefelina. Os accessórios são a magnetita e a apatita. A ausência de titanita con-

corda com o que se observa nos teralitos, onde este mineral não ocorre.

Análise Química

N.º 2.203 -B. H. — Em 10-Julho-1945.
Laboratório da Produção Mineral.
Analista: Moacyr Carneiro.

SiO_2	43.70
Al_2O_3	18.70
Fe_2O_3	14.30
MgO	5.40
CaO	10.10
Na_2O	2.85
K_2O	2.36
TiO_2	1.60
ZrO_2	ausência
MnO	0.01
P_2O_5	0.65
Perda ao fogo	0.5
TOTAL	100.17

Composição normativa

A composição mineralógica virtual é dada pelo quadro seguinte, onde o Fe_2O_3 (14.30%) foi recalculado em FeO (12.87%) para efeito da norma molecular do diopsídio e da olivina, porquanto como Fe_2O_3 as proporções moleculares só poderiam ser usadas para a magnetita, resultando disso uma norma indevida.

NORMA

Perda ao fogo	0.50
Ortoclásio	13.96
Albita	4.72
Nefelina	10.54
Anortita	31 19
Diopsídio	8.49
Olivina	23.49
Titanita	3.92
Apatita	1.50
TOTAL	98.31
Diferença entre Fe_2O_3FeO	1.43
SOMA	99.74

TERALITO

Composição Normativa

	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perda ao fogo	
	43.70	18.70	12.87	5.40	10.10	2.85	2.36	1.60	0.65	0.50	
	7223	1833	1788	1350	1804	460	251	200	46	50	0.50
ORTOCLÁSIO	6 1506	1 251					1 251				13.96
ALBITA	6 534	1 89				1 89					4.72
NEFELINA	2 742	1 371				1 371					10.54
ANORTITA	2 2244	1 1122			1 1122						31.19
DIOPSÍDIO	1 244				1 244						2.83
	1 244			1 244							2.44
	1 244		1 244								3.22
OLIVINA	1 553			2 1106							7.74
	1 772		2 1544								15.75
TITANITA	1 200				1 200						3.92
					3 138				1 46		1.50

TERALITO

Textura hipidiomórfica microgranular

Lâminas: 40, 40-A e 40-B. — Fotomicrografias 15 e 16.

Procedência: Farol da ponta das Canas.

Composição mineralógica: 1 — Labradorita; 2 — Nefelina; 3 — Sodalita; 4 — Titanaugita; 5 — Olivina; 6 — Biotita; 7 — Apatita; 8 — Magnetita.

Caracteres geologicos: O teralito da ponta das Canas apresenta um aspecto bem singular macroscopicamente. Consta de grandes favas de piroxênio e de olivina, esta com brilho sedoso e aquele com clivagem característica, do tamanho de 1 a 1.5 cm, mergulhados numa massa microgranular cinzenta, constituida dos componentes claros e possivelmente biotita, magnetita e barkevicita. A reflexão da luz desigualmente nas lâminas de clivagem do piroxênio proporciona um brilho mosqueado à rocha, exatamente o que os autores ingleses chamam de "luster-mottling". A rocha aflora cortando o oligoclásio-gnais e passa para o sul gradualmente no teralito da práia da Armação.

Caracteres microscópicos: O elemento mais característico deste teralito é a sua textura composta de grandes cristais, de 1 a 1.5 cm. (excepcionalmente até 2.5 cm). de titanaugita, olivina, mergulhados numa base microcristalina de labradorita, nefelina, sodalita, augita, biotita e muito raramente barkevicita. Este aspecto singular da textura imprime à rocha um aspecto pseudo-porfirítico, exatamente o que se passa com o essexito das pedras do Sino. Em relação ao teralito descrito na lâmina 39, este constitue um fácies mais básico e menos plutônico do que o anterior.

O plagioclásio é composto de uma labradorita bem básica, cerca de An_{64} pelo método da extinção simétrica de Michel-Lévy usando-se a platina universal. Os indivíduos teem aspecto ripiforme, xenomórficos, ou apresentam-se granulares, praticamente sem inclusões. Existem alguns cristais granulares de calcita provenientes da alteração da labradorita sob intemperismo. Alguns cristais de feldspato servem de matriz poikilítica para a augita microcristalina. Os cristais maiores exibem sempre certo zonamento, tendo os bordos mais sódicos, ca. An_{54}.

Os elementos coloridos dominam na rocha. O principal componente é uma titanaugita zonada, com os bordos mais titaníferos

e o centro geralmente incolor a ligeiramente violáceo. O núcleo apresenta Z:c = -54 e os bordos titaníferos Z:c = -60.°. Pleocroísmo fraco existente na porção titanífera sendo, Z -violeta e X -amarelo violáceo. As vezes o núcleo é titanífero e o bordo menos titanífero. Tambem acontece haver zonamento alternado de camadas titaníferas com camadas incolores. As secções normais a "c" e paralelas a {010} são as mais comuns. As secções perpendiculares a "c" as formas encontradas são {010}, {100} e {110}. Estes caracteres são referentes aos cristais idiomorficos; os da nossa microcristalina são microcristais, na maioria xenomórficos, incolores, Z:c = ca. -54.°, tratando-se de uma augita comum. Estes individuos não apresentam zonamento algum, e muitos se acham na matriz pokilítica do feldpspato. As inclusões mais frequentes são de apatita acicular e de magnetita granular. As inclusões de olivina são bem mais raras e acham-se sempre serpentinizadas.

Ao contrário da titanaugita a olivina apresenta-se xenomórfica devido a corrosão experimentada nos bordos. Todos os cristais corroidos são envolvidos por um filme de enstatita que penetra na olivina sob a forma de inclusões filamentares segundo os planos reticulares da estrutura, assumindo o cristal o aspecto de uma finíssima grade interna opaca. Estas inclusões formam, comumente, nos bordos uma espécie de franja pelo seu alinhamento paralelo, constituindo uma estrutura "corona" (76, p. 93). Òticamente negativa. Embora raramente, alguns indivíduos mostram um certo zonamento com um núcleo mais rico em texturas de reação, nitidamente separado dos bordos por arestas correspondentes a intersecção de faces; o bordo, neste caso, se apresenta sempre com menor reação sinantética e com côr mais clara.

Os demais componentes coloridos, a biotita e a barkevicita são raros. A biotita é constituida por uma lepidomelana e acha-se sempre associada a um núcleo microcristalino de magnetita. Os indivíduos são xenomórficos, microgranulares, com pleocroismo e angulo axial da lepidomelana. A barkevicita ocorre xenomórfica Z:c = -15.° sendo raríssima. A maneira pela qual ocorre a lepidomelana indica claramente que esta mica se formou por uma reação líquido-magnetita, funcionando este ultimo mineral como fonte de ferro.

Os accessórios são formados pela apatita e pela magnetita. A apatita apresenta-se em secções aciculares, abundantemente distribuida em pequenos cristais. A magnetita é mais abundante ocorrendo em cristais microgranulares, às vezes com secções quadradas. Constitue, como já foi referido, o núcleo dos cristais de mica.

2 — HIPABISSAIS

MICROFOIAITO

Textura microgranular porfiritica

Lâminas: 14, 14-A e 14-B. Fotomicrografia 20.

Procedência: Ponta Rombuda, Península do Boi.

Composição mineralógica: 1 — Ortoclásio; 2 — Micropertita; 3 — Nefelina; 4 — Sodalita; 5 — Biotita; 6 — Aegirinaugita; 7 — Titanita; 8 — Apatita; 9 — Magnetita.

Caracteres geologicos: O microfoiaito da ponta Rombuda, na península do Boi, tem côr rosea mosqueada de branco pelas ripas de feldspato geminado segundo Carlsbad. O aspecto porem da massa constituida na sua maioria por componentes claros é rosea, devido talvez à côr da micropertita, nefelina e sodalita. Os elementos fêmicos quase não estão figurados, resumidos a minúsculos pontos escuros muito esparsos. A rocha conserva, no entanto, ainda aspecto fanerítico.

Caracteres microscópicos: Ao microscópio a rocha revela uma textura holocristalina microgranular composta de cristais alongados, ripiformes, de micropertita, microgranulares de nefelina e sodalita; corroidos, com contorno xenomórfico, os de aegirinaugita, titanita e biotita. Os cristais dos componentes coloridos são maiores dos que foram referidos na base microgranular. Alem destes minerais ocorre o ortoclásio em tamanho bem maior, geralmente com 2 a 3 mm, destacando-se na base graças a esse desenvolvimento e ao seu hipidiomorfismo.

O principal componente claro é uma micropertita ripiforme consistindo num crescimento paralelo de ortoclásio com albita, idêntico ao descrito por ROSENBUSCH e MUGGE (68) observado num paisanito das Montanhas Apaches, Oeste do Estado do Texas. Esta micropertita forma toda a base microgranular da rocha. Destacando-se na base existem alguns cristais de micropertita maiores, geralmente de 1 a 2 mm ao lado de cristais de ortoclásio. Estes indivíduos são xenomórficos, geralmente geminados segundo Carlsbad, distinguindo-se o ortoclásio da micropertita dentre outros caracteres óticos pela ausência de concrescimento das finíssimas lâminas albíticas paralelas. O ortoclásio ocorre em cristais de

tamanho maior simulando o início de uma textura porfirítica microgranular. São comuns as inclusões em forma de conta, bem redondas, referiveis à albita graças ao seu índice de refração. Ao lado destas inclusões existem tambem algumas isótropas, com o mesmo aspecto, que são de sodalita.

No mosaico da base ainda ocorre a nefelina e a sodalita. Geralmente assumem a forma dos espaços intersticiais entre os feldspatos, tendo porisso os contornos os mais irregulares. A forma de conta, bem redonda, é frequente principalmente com a nefelina. A sodalita é facilmente reconhecivel devido apresentar-se isótropa, com índice de refração menor do que a micropertita. Com a luz paralela os cristais de relevo maior são os grãos de albita e nefelina e os de baixo relevo a sodalita, fato comprovado quando se cruza os nicóis. A nefelina, embora com o mesmo aspecto do que a sodalita e a albita, facilmente fica identificada pela sua caracteristica figura uniaxial.

A aegirinaugita acha-se completamente corroida nos cristais maiores e então geralmente associada à biotita e albita que vieram ocupar posteriormente os espaços da corrosão magmatica. Ocorre, tambem, na base microgranular em microcristais xenomórficos. Constata-se que a aegirinaugita cristalizou-se em primeiro lugar graças ao seu contorno que, apezar de corroido, ainda deixa os vestígios de um idiomorfismo anterior. A corrosão foi intensa não poupando nem o interior dos cristais. Nesses espaços observa-se que os minerais que aí estão ocuparam exatamente a cavidade deixada e porisso devem, pelo xenomorfismo, serem considerados posteriores; esses minerais são a biotita e a albita e raramente micropertita ou feldspatoides. Trata-se de uma reação sinantética indiscuitivel. A consequência deste fato é a intima associação existente entre a aegirinaugita e a biotita, substituindo esta as partes dos cristais do piroxênio que foram submetidas a textura de reação. Outro aspecto da associação entre a biotita e a aegirinaugita é a biotita ocupar sempre a periferia de muitos cristais de aegirinaugita, crescendo de encontro a esta. Deve, porisso, a biotita ser considerada posterior. A aegirinaugita apresenta-se com côr verde amarelada e fraco pleocroismo, Z -verde castanho e X, -verde amarelado.

O accessório mais comum é a apatita. Ocorre em microcristais xenomórficos na base microgranular, com fortíssimo relevo, predominando as formas em conta e às vezes formando um rosario irregular. Ao lado dela ocorre menos abundantemente a magnetita, com contorno xenomórfico, sob inclusões na aegirinaugita ou então em grãos largamente dispersos na base A titanita é o unico accessório que conserva certo idiomorfismo, encontrando-se fortemente

corroida tanto nos bordos como no interior, predominando as secções basais. De um modo geral os accessórios são escassos.

A presença de uma ordem de segregação de cristais maiores, -ortoclásio, micropertita, augirinaugita e biotita, numa base de micropertita, aegirinaugita, nefelina e sodalita, indica que houve uma tendência para a textura porfirítica com duas gerações típicas de cristais. Essa passagem de um tempo para outro de cristalização foi acompanhado de forte desequilibrio entre a fase sólida e o líquido, resultando a conspícua corrosão magmática que os cristais de aegirinaugita e titanita exibem.

A ordem de segregação foi a seguinte:

Accessórios (titanita)
Aegirinaugita
Biotita
micropertita

Accessórios
Aegirinaugita
biotita
micropertita
nefelina
sodalita

Consiste esta rocha em um nefelina-sienito de grana fina (microgranular). Para tais rochas HATCH e WELLS (32, p. 142) propõem o nome de fase plutônica acrescido do prefixo ("micro") Geralmente as rochas hipabissais possuem textura microgranular, as vezes tendendo a porfirítica e mesmo em transição, recebendo neste caso a designação porfirítica-microgranular. Na verdade o emprego da textura significando determinado jazimento é muito arbitrário, porquanto as texturas não correspondem exatamente a determinados jazimentos estanques. Desta forma o emprego de nefelina-microsienito deve ser encarado no sentido de significar mais uma textura do que propriamente um jazimento. Devido a forma do feldspato, traquitoide, a rocha da ponta Rombuda consiste em um micro-foiaito, considerando-se a abundância da nefelina sobre a sodalita.

SODALITA-MICROFOIAITO

Textura porfirítica-microgranular

Lâmina 12 e 12-A. — Fotomicrografia 21.

Procedência : Pedra da Bolacha. Ponta do Boi.

Composição mineralógica: 1 — Ortoclásio; 2 — Micropertita; 3 — Nefelina; 4 — Sodalita; 5 — Aegirinaugita; 6 — Biotita; 7 — Titanita; 8 — Apatita; 9 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha possue cor cinzenta devida a cor dos componentes claros. Os mafitos destacam-se bem na massa microgranular, consistindo em pequenas palhetas de mica preta e prismas escuros de piroxênio. Os minerais opacos são muito escassos sendo assim pouco observados macroscópicamente. O feldspato destaca-se tambem, em fenocristais, na massa finamente granular ao lado da mica e do piroxênio. Este sodalita-microfoiaito aflora na ponta do Boi, principalmente na chamada pedra da Bolacha devido sua forma ter mais ou menos o aspecto de uma bolacha.

Caracteres microscópicos: A rocha revela uma textura microgranular-porfirítica, consistindo numa geração de fenocristais, de contorno hipidiomórfico, geralmente corroido magmaticamente, constituida de rarissimos cristais de ortoclásio, micropertita geminada segundo Carlsbad, aegrinaugita, biotita e sodalita dispostas numa base holocristalina microgranular de micropertita, sodalita, nefelina, aegirinaugita e biotita.

O principal componente claro é uma micropertita de intercrescimento de finissimas lâminas albíticas paralelas com o ortoclásio, exatamente como foi observado por ROSENBUSCH e MUGGE (68) na taboa XIII, figura 5. Ocorre a micropertita em duas gerações. Os cristais da primeira geração são alongados, ripiformes, geminados segundo Carlsbad com inclusões de sodalita e nefelina e contas provavelmente de albita devido o índice de refração e ser biaxial. Estes indivíduos estão corroidos nos bordos com penetração da base microgranular nessas cavidades. O seu tamanho varia de 1 a 3 mm de comprimento. A segunda geração forma a base microgranular com aspecto de mosaico. Consta tambem de finissimas lâminas albíticas intercrescidas paralelamente com o ortoclásio. O ortoclásio puro é mais raro e somente ocorre em fenocristais hipidiomórficos e corroidos magmaticamente.

A sodalita é o feldspatoide mais frequente. Acha-se sob a forma de fenocristais, de secção quadrada, não corroidos, geral-

mente em contacto com fenocristais de micropertita. Mais comumente a sodalita ocorre na base microgranular, com forma redonda ou em inclusões nos cristais de micropertita. A sodalita é facilmente reconhecivel com luz paralela devido ao seu índice de refração ser menor do que os minerais envolventes e com nicóes cruzados apresenta-se isótropa. Ao contrário da sodalita, a nefelina somente ocorre na base microgranular com contorno xenomórfico, apresentando-se com luz paralela com um relevo acentuado e uniaxial com luz convergente. Estes caracteres óticos da sodalita e da nefelina microgranulares permite separa-las dos grãos de albita que existem como inclusões. Òticamente estes grãos são biaxiais e apresentam relevo maior do que a micropertita hospedeira, razão pela qual podem ser considerados de albita.

A aegirinaugita forma o elemento colorido mais frequente. Como a micropertita ocorre em duas gerações. A primeira constitue os fenocristais, sendo a menos abundante. A sua cor é verde, com pleocroismo pouco acentuado. (Z, -verde e X, -verde amarelado). Z:c = -78.°. Os fenocristais acham-se todos corroidos magmaticamente, variando de intensidade. Os mais atacados foram corroidos tambem no interior e nas cavidades cristalizaram-se a sodalita, nefelina e micropertita. Este fato indica que após a segregação de uma geração de cristais da rocha houve ação do líquido residual de composição diferente produzindo-se forte corrosão dos minerais pre-formados e precipitação de uma textura de reação (corona). O líquido residual provavelmente era mais rico em álcalis, dando nefelina e albita, minerais estes ausentes no séquito da primeira geração. A aegirinaugita tambem ocorre na base em cristais microgranulares em quantidade mais abundante do que em fenocristais.

A biotita é escassa tanto sob a forma de fenocristais como em microcristais. Apresenta-se geralmente verde ou esverdeada com forte pleocroismo (Z = verde garrafa e X = amarelo). Angulo dos eixos óticos largo e óticamente negativa. A biotita em microcristais apresenta os mesmos caracteres da dos fenocristais e de um modo geral não apresenta os seus cristais, tanto da primeira como da segunda geração, corroidos magmaticamente.

O accessório mais disseminado é a apatita em agulhas finas, seguindo-se a magnetita que é menos abundante, ocorrendo xenomórfica sob a forma de grãos. A titanita apresenta-se em pequenos cristais conservando alguns completo idiomorfismo, enquanto outros acham-se corroidos nos bordos e mais raramente no interior.

Nesta rocha não houve uma textura porfirítica típica em que a primeira geração é separada initidamente da segunda por um certo intervalo. Processou-se a cristalização da segunda geração quase ainda sem terminar a primeira, por nova contribuição magmática dada pelo líquido residual. Este fato causou o desiquilibrio

na segregação e consequente corrosão magmática dos minerais preformados em desequilíbrio com o residuo líquido. Operou-se, pois, uma espécie de autometamorfismo, sem porem a creação de novos minerais, exceção feita da nefelina e albita. Segundo TYRREL (76, p. 328-329) o autometamorfismo consta do seguinte: *"With the exogenous injection-metamorphism due to the expulsion of residual magmatic material into the sorrounding rocks can be linked up numerous endogenous effects produced by the same agent. The processes of albitisation, analcitisation, and probably serpentinisation, belong here, as well as the formation of reaction-structures such as myrmekite, coronas, and keliphitic borders. Phenomena such as these pass insensibibly into those occurring in the normal reaction cycle between early-cristallized minerals and the magmatic fluid in which they are immersed. The alteration of an igneous rock by its own residual liquors has been called autometamorphism by Sargent (Q. J. G. S., 73, 1918, p. 19)"*

Devido a abundância da sodalita, em quantidade maior do que a nefelina esta rocha vem a ser um sodalita-microfoiaito.

SODALITA-MICROFOIAITO

Textura microgranular

Lâmina 11-B. — Fotomicrografia 21.
Procedência: Farol da Ponta do Boi.

Composição mineralógica: 1 — Micropertita; 2 — Sodalita; 3 — Nefelina; 4 — Aegirinaugita; 5 — Apatita; 6 — Titanita; 7 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha apresenta-se finamente granulada, quase afanítica, com côr cinzenta acentuada. Os elementos fêmicos são muito escassos e dificilmente distinguiveis devido a granulação. A rocha ocorre na forma de um largo dique cortando o nefelina-sienito do farol da Ponta do Boi, descrito sob o n.º 11-A.

Caracteres microscópicos: Os caracteres mais importantes desta rocha são a abundância da sodalita e a sua textura microgranular, assumindo o aspecto de um mosaico finíssimo todos os minerais constituintes.

O feldspato é composto de uma micropertita com contornos irregulares, geralmente ripiforme e sem geminação, que forma a maioria da base microgranulada. Muitíssimo mais raramente aparece um cristal maior de micropertita, às vezes geminada segundo Carlsbad, com 1 mm a 1.5 mm de tamanho, corroida nos bordos com interpenetração da base microgranular.

A sodalita apresenta-se quase tão frequente quanto a micropertita; geralmente os cristais são em forma de conta ou com aspecto poligonal, facilmente reconhecidos com luz paralela graças ao seu índice de refração. Com nicóis cruzados todos os indivíduos apresentam-se extintos, carater que permite distingui-la da nefelina que ocorre com a mesma forma. As inclusões mais comuns são de apatita.

O componente colorido é constituido exclusivamente por uma aegirinaugita fracamente pleocroica, Z -verde e X -verde amarelado, Z:c = +54.°. Os cristais são bastante irregulares, geralmente alongados segundo "c" com corrosão magmática nos bordos e interpenetração do mosaico da base microgranular. As inclusões mais comuns são de titanita, sodalita, magnetita e apatita.

O accessório mais abundante é a apatita. Ocorre em cristais arredondados e na maioria das vezes alongados em forma de bastonetes. Os cristais indiomórficos são raros. Apresentam todos ligeiro halo pleocróico, relevo fortíssimo, incolor e birefringência alta. A titanita ocorre em cristais idiomórficos, de secção basal, como tambem em indivíduos corroidos pela base microgranular que penetra até o interior desses cristais. A magnetita, mais rara, ocorre em forma de grãos minúsculos e raramente em secções quadradas.

NEFELINA-SIENITO APLITO

Textura aplítica

Lâminas: 23 e 23-A.

Procedência: Farol da Ponta do Boi. Aplito na rocha n.° 21. (Atraz da casa dos faroleiros).

Composição mineralógica: 1 — Micropertita; 2 — Nefelina; 3 — Sodalita; 4 — Biotita; 5 — Apatita; 6 — Titanita; 7 — Manetita.

Caracteres geologicos: Acompanhando os plutonitos do maciço alcalino da península do Boi ocorrem diasquistos que constituem verdadeiros aplitos do magma foiaítico, havendo passagem gradual do nefelina-sienito, de granulação grosseira, hipidiomórfica, para os aplitos de côr cinzenta, de textura equigranular. A rocha tem aspecto finamente granular, sendo dificil distinguir-se os componentes tanto claros como escuros.

Caracteres microscópicos: A textura é equigranular panalotriomórfica, sendo a grana fina. Corresponde à antiga denominação panidiomórfica de ROSENBUSCH, hoje abandonada porquanto

nos aplitos os indivíduos são todos xenomórficos e equigranulares e não holoidiomórficos como a designação panidiomórfica sugere. E' preferivel usar a designação aplítica proposta por JOHANNSEN (40, vol. I) modernamente.

O aplito compõe-se de uma base equigranular, fina, de micropertita, nefelina e sodalita. No contacto com o nefelina-sienito o feldspato passa à anortoclásio e então apresenta-se geminado segundo Carlsbad, com aspecto tabular.

O componente colorido é exclusivamente uma biotita fortemente pleocróica, Z -pardo quase opaco e X -amarelo esverdeado claro. Apresenta-se em cristais xenomórficos microgranulares. As inclusões mais frequentes são de apatita e magnetita. 2E muito largo.

O accessório mais comum é a apatita, ocorrendo em bôas secções basais ou em forma acicular. A magnetita ocorre escassamente com contorno xenomorfico. sob a forma de grãos. A titanita apresenta-se, tambem, xenomórfica, geralmente associada à magnetita, sendo menos abundante do que a apatita.

BOSTONITO

Textura bostonítica

Lâmina 53 — Fotomicrografia 17.

Procedência: Saco do Eustaquio.

Composição mineralógica: 1 — Micropertita; 2 — Oligoclásio; 3 — Aegirina; 4 — Apatita; 5 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha apresenta-se cortando o gnais facoidal no pequeno istmo que liga a ilha de S. Sebastião à península da Cabeçuda, em um dique dirigido NE-SW. A côr é cinza clara com agulhas escuras de piroxênio, assumindo um aspecto idêntico ao do tinguaito. Quando alterada adquire côr terrosa, castanha escura. O dique, no seu tamanho maximo, não ultrapassa 50 cm.

Caracteres microscópicos: A textura constitue o elemento mais importante; os cristais de feldspato assumem a forma microlítica, com aspecto traquitoide, grosseiramente paralelos, indicando o fluxo da rocha durante a cristalização. Nessa base dispõem-se o piroxênio, a micropertita e os accessórios.

O principal componente claro é o oligoclásio, ripiforme, com aspecto microlítico, geminado polissinteticamente segundo a macla da albita, composto de An_{88}. O oligoclásio dispõe-se grosseira-

mente paralelo a uma única direção que é a do fluxo da rocha durante a erupção pelo dique, emprestando à rocha um aspecto traquítico bem acentuado. A micropertita, ao contrario, ocorre, embora xenomórfica tambem, em cristais granulares nos interstícios do oligoclásio.

O único elemento colorido é a aegirina ocorrendo sob a forma de prismas alongados segundo "c" ou em secções, com aspecto granular, normais a "c". Pleocroismo fortíssimo, Z -castanho esverdeado quase opaco, Y -castanho esverdeado e X -verde garrafa. Z:c = +85.°. (X:c = -5.°).

A apatita ocorre com forma acicular em quantidade pouco apreciavel e a magnetita em grãos disseminados escassamente pela base traquitoide.

O parentesco alcalino desta rocha, apezar da ausência de nefelina ou outro qualquer feldspatoide, está patenteado na natureza sódica do feldspato (micropertita e oligoclásio) e do piroxênio (aegirina). Tais rochas, pela composição mineralógica e textura são comumente designadas como bostonito por HUNTER e ROSENBUSCH (36), correspondendo à fase hipabissal do pulaskito.

MICROTERALITO

Textura microgranular

Lâmina 41 — Fotomicrografia 22.

Procedência: Ponta das Canas.

Composição mineralógica: 1 — Labradorita; 2 — Nefelina; 3 — Sodalita; 4 — Augita; 5 — Olivina; 6 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha apresenta-se em um dique cortando o teralito da ponta das Canas (n.° 40). Verifica-se que se trata de um dique porquanto corta irregularmente os cristais preformados do teralito, (Foto 16) enquanto que em um aplito a passagem seria gradual sem injuriar nenhum cristal da fase plutônica correspondente. Possue cor cinzenta escura, quase preta, homogenea, não se podendo distinguir nenhum mineral tanto do lado dos componentes claros como dos coloridos.

Caracteres microscópicos: A textura é microgranular xenomórfica ou seja panalotriomórfica. A maioria da rocha é constituida de augita incolor e subordinadamente a olivina. O feldspato é composto de uma labradorita, cujos cristais são de tamanho variaveis, distribuida escassamente. A geminação polissintética é rara. Alguns cristais de labradorita destacam-se na base micro-

granular, atingindo 1 mm a 1,5 mm. São todos xenomórficos e de contorno granular.

A nefelina e sodalita são microgranulares, de contorno xenomórfico, ocorrendo nos interstícios do piroxênio e da olivina.

O principal componente colorido é a augita, com aspecto microgranular, xenomórfica, formando a base. Associada a ela a olivina, facilmente reconhecivel pela sua refração proporcionando relevo maior, e pela alteração em crisotila.

Como accessório ocorre somente a magnetita com cristais microgranulares xenomórficos, disseminados abundantemente por toda a base.

3 — PORFIRITICAS

SODALITA-FONOLITO

Lâmina 22 — Fotomicrografia 19.
Procedência: Farol da Ponta do Boi.

Composição mineralógica: 1 — Sanidina; 2 — Anortoclásio; 3 — Sodalita; 4 — Nefelina; 5 — Aegirinaugita; 6 — Apatita; 7 — Magnetita.

Caracteres geologicos: A rocha ocorre em um dique cortando o nefelina-sienito descrito sob o número 11-A, ao lado da casa dos faroleiros no farol da Ponta do Boi. A direção do dique segue NE-SW, tendo a espessura de um metro mais ou menos. Quando fresca tem aspecto esverdeado devido a cor dos componentes claros, distinguindo-se os cristais de feldspato (fenocristais) geminados segundo Carlsbad e imersos numa pasta microlítica finissima. Outro componente visivel é o piroxênio em agulhas verdes escuras. A magnetita não é visivel devido a sua microgranulação.

Caracteres microscópicos: A textura deste sodalita-fonolito é porfirítica holocristalina, composta de fenocristais de sanidina, anortoclásio ripiforme e aegirinaugita, numa base microlítica de sanidina, nefelina, sodalita granulares e microlitos de aegirinaugita.

Ocorre, tambem, entre os fenocristais alguma sodalita de contorno xenomórfico, geralmente granular, associada aos componentes claros restantes.

O feldspato, como já foi referido, consta de sanidina em secções quadradas, geralmente com o pinacoide (100) paralelo ao corte. Apresenta pequeno angulo axial, fato que permite distingui-

la do ortoclásio. A extinção em secções normais a "a" facilmente reconhecíveis graças à concorrência de ambas as clivagens (010) e (001), é igual a O.°. O anortoclásio tem hábitus diferentes; ocorre geminado segundo Carlsbad e alongado segundo o plano de simetria, ganhando assim o característico aspecto ripiforme. A extinção nos cristais não é nunca total devido o intercrescimento micropertítico, de modo que os indivíduos ficam manchados de zonas escuras e claras simultaneamente. A sanidina quadrangular não se acha corroida magmaticamente enquanto o anortoclásio apresenta esse fenómeno com penetração da base nos seus bordos.

A sodalita ocorre tambem em fenocristais, com tamanhos variaveis, geralmente idênticos aos da sanidina, porem é xenomórfica e associada aos feldspatos. Ao contrário da sodalita, a nefelina não ocorre em fenocristais, estando confinada à base.

A base microgranular é constituida de sanidina microlítica, bastante irregular na disposição, tendo intersticialmente grãos, muitas vezes alongados ou elíticos, de nefelina e sodalita. O componente colorido da base é a aegirinaugita bastante pleocróica Z = castanho esverdeado e X = verde garrafa. A aegirinaugita ocorre em poucos fenocristais, estando a maioria na base com forma microlítica e ai não apresentam sinais de corrosão magmática.

Os accessórios são escassos constituidos exclusivamente de apatita com hábitus prismático, sob a forma de pequenos bastonetes, e magnetita xenomórfica, granular, corroida, e magnetita xenomórfica, granular, corroida.

Esta rocha apresenta um carater mais sódico do que os fonolitos devido a abundancia de sodalita, razão pela qual deve ser considerada um sodalita-fonolito. A rocha não constitue propriamente uma lava pois o seu jazimento é em dique, tendo dado-se aí a erupção por movimentos de tensão NE-SW Consequentemente a textura é holocristalina.

SODALITA-TRAQUITO

Textura traquítica

Lâmina 27 — Fotomicrografia 18.
Procedência: Pedra do Chapeu, Práia do Viana.

Composição mineralógica: 1 — Sanidina; 2 — Anortoclásio; 3 — Sodalita; 4 — Aegirinaugita; 5 — Biotita; 6 — Apatita; 7 — Magnetita; 8 — Titanita.

Caracteres geologicos: O sodalita-traquito tem cor cinzenta. Apresenta-se formado de uma base de granulação muito fina, destacando-se nela os cristais ripiformes de feldspato com geminação

de Carlsbad. Esta rocha ocorre em um dique dentro do essexito-foiaito da práia do Viana, em posição horizontal. Esta posição não seria a original, porem resultaria de uma deslocação do bloco vindo de partes mais altas vizinhas.

Graças a esta curiosa disposição o conjunto forma a pedra do Chapeu, isto é, o dique de sodalita-traquito figura a fita e o essexito-foiaito tanto a aba como a copa (Foto 13).

Caracteres microscópicos: Texturalmente a rocha tem o aspecto tipico de um traquito, consistindo em fenocristais de anortoclásio, poucos de aegirinaugita, biotita e sodalita, numa abundante base de sanidina microlítica e aegirinaugita, com sodalita intersticial.

O anortoclásio ocorre somente em fenocristais, com habitus ripiforme, alongado segundo "c" e todo geminado segundo a macla de Carlsbad. Normalmente os seus indivíduos acham-se corroidos nos bordos, com rarissimas inclusões. Estas geralmente são de biotita e apatita acicular. O tamanho varia de 3 a 6 mm de comprimento por 1 a 1,5 mm de largura.

Os fenocristais de aegirinaugita são raros, ocorrendo este piroxênio preferencialmente na matriz traquitica. O tamanho dos seus cristais varia de 2 a 3 mm, apresentando inclusões de magnetita e grãos de biotita, com ligeira corrosão nos bordos. A sodalita e a biotita não constituem propriamente fenocristais; apresentam-se xenomórficas, porem com tamanho maior do que os cristais da base.

A sodalita reconhece-se facilmente devido sua isotropia na base traquítica de sanidina. A biotita acha-se as vezes incluida na aegirinaugita, crescendo esta de encontro aos seus cristais. Este fato permite inferir que a biotita dos fenocristais separou-se ligeiramente depois da aegirinaugita. Pleocroismo forte, sendo Z = castanho quase opaco e X = castanho.

A massa traquitoide é dominante na rocha, composta de ripas microliticas de sanidina grosseiramente paralelas e onduladas no conjunto, indicando uma corrente no líquido durante a sua cristalização. Ao lado destes microlitos ocorrem os de aegirinaugita e grãos irregulares de biotita. Ocupando posição intersticial entre os cristais de sanidina encontra-se a sodalita com a formas mais variadas, porem acompanhando a movimentação do líquido marcada no desenvolvimento da sanidina.

A apatita ocorre inclusa na aegirinaugita, no anortoclásio e tambem na matriz traquítica, predominando o habitus prismático. A magnetita, ao contrario, é rara; geralmente apresenta-se sob a forma de cristais xenomórficos muito pouco desenvolvidos quanto ao tamanho.

O traço mais caracteristico da rocha é a sua textura indicando um fluxo do líquido durante a cristalização da base e a ausência

de nefelina substituida por uma excepcional ocorrência de sodalita.

Análise Química

N.º 7.318 — Em 18 Outubro, 1945.
Laboratório da Produção Mineral, Rio de Janeiro, D. F
Analista: Frida Ciornai.

SiO_2	58.00
Al_2O_3	19.90
Fe_2O_3	2.00
FeO	3.10
MgO	1.20
CaO	0.80
Na_2O	7 40
K_2O	5.20
TiO_2	0.43
P_2O_5	traços
Perda ao fogo	1.30
ZrO_2	ausência
NiO	ausência
Cr_2O_3	ausência
BaO	traços
MnO	0.23
TOTAL	99.56

Composição normativa

A composição normativa é dada pelo quadro seguinte:

NORMA

Ortoclásio	31 14
Albita	45.06
Nefelina	9.66
Anortita	2.50
Corindon	1 17
Olivina	5.22
Magnetita	2.89
Titanita	1.08
P. F	1.30
MnO	0.23
TOTAL	100.25

SODALITA-TRAQUITO

Composição Normativa

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	Perda ao fogo	
	58.00	19.90	2.00	3.10	1.20	0.80	7.40	5.20	0.43	1.30	NORMA
	9667	1951	125	431	300	143	1194	553	54	1.30	1.30
ALBITA	6 3318	1 553						1 553			31.14
ORTOCLÁSIO	6 5139	1 856,5					1 856,5				45.06
NEFELINA	2 675	1 337,5					1 337,5				9.66
ANORTITA	2 178	1 89				1 89					2.50
CORINDON		115									1.17
OLIVINA	1 150				2 300						2.10
	1 153			2 306							3.12
MAGNETITA			1 125	1 125							2.89
TITANITA	1 54					1 54			1 54		1.08

MnO 0.23

TOTAL 100.25

3 — *PETROLOGIA*

I — COMPOSIÇÃO QUIMICA DA SERIE ALCALINA

Foram efetuadas sete análises químicas das rochas alcalinas da ilha de S. Sebastião, sendo seis referentes a plutonitos e uma a porfirítica, por deferência do Laboratório da Produção Mineral do Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, D. F

Infelizmente em tres análises o ferro total foi analisado sob Fe_2O_3, valor que o autor recalculou em FeO para fins normativos.

A tabela I indica as análises efetuadas estando as rochas ordenadas segundo o valor crescente de SiO_2. O caracter químico mais importante, que imediatamente chama a atenção, é a singular ausência de ZrO_2 em todas as análises, correspondendo mineralógicamente à ausência de quaisquer minerais de zircônio. Este caracter permite comparar a natureza química do magma gerador das rochas alcalinas da ilha de S. Sebastião com os demais responsaveis pelas erupções de Poços de Caldas, Itatiaia, Tinguá, Mendanha-Marapicú-Gericinó, para citar os mais importantes.

A composição química do magma da ilha de S. Sebastião pode ser evidenciada atravez de diversos processos representativos. Os mais significativos são os diagramas de variação, o diagrama do índice álcali-cálcico e a composição molecular e em atomos metálicos. A representação por meio de diagramas de variação é um processo universalmente usado e que traduz com justeza a variação da composição química de uma serie de rochas. O processo do diagrama do índice alcali-calcico, sem duvida alguma com rigorosa base científica, não tem sido muito empregado na literatura. O terceiro processo, o da composição molecular e em atomos metálicos pertence à escola de ROSENBUSCH e não tem sido usado na atualidade apesar do seu valor intrínseco indiscutivel. Este processo foi empregado para servir na comparação entre as rochas da ilha de São Sebastião e as de Cabo Frio, onde F. E. WRIGHT (85), filiado à escola de ROSENBUSCH, empregou-o satisfatoriamente.

A — DIAGRAMAS DE VARIAÇÃO

A partir dos dados da Tabela I podem ser feitas algumas interpretações a custa do emprego dos diagramas de variação linear baseados nas percentagens e nas proporções moleculares. Os diagramas de variação linear mais significativos são os empregados a seguir.

TABELA I

COMPOSIÇÃO QUIMICA CENTESIMAL

OXIDOS	Teralito		Essexito		Nefelina-Sienito		Pulaskito		Biotita-Pulaskito		Folaito	
	%	P.M.	%	P.M.	%	P.M.	%	P.M.	%	P.M.	%	P.M.
SiO_2	43.70	7223	54.10	9017	56.39	9398	58.20	9700	58.60	9767	59.90	9983
Al_2O_3	18.70	1833	20.90	2049	19.46	1908	18.90	1853	21.50	2108	19.10	1873
Fe_2O_3	—	—	—	—	1.45	90	1.90	119	—	—	2.20	137
FeO	12.87	1788	5.64	783	4.20	582	2.10	292	3.78	525	1.90	264
MgO	5.40	1350	1.30	325	1.00	250	2.10	525	0.40	100	1.50	375
CaO	10.10	1804	3.70	661	1.93	345	2.30	411	2.68	479	1.90	339
Na_2O	2.85	460	5.60	903	6.20	1000	5.60	903	5.90	952	6.40	1032
K_2O	2.36	251	5.10	543	5.44	579	5.80	617	4.60	489	5.20	553
TiO_2	1.60	200	1.40	175	0.82	102	0.58	72	0.80	100	0.77	96
P_2O_5	0.65	46	0.46	32	0.95	67	0.65	46	0.48	34	0.40	28
ZrO_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NiO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cr_2O_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BaO	—	—	—	—	—	—	traços	—	—	—	—	—
MnO	0.01		0.002		0.19		0.12		0.004		0.16	
P. F.	0.50		1.00		1.47		1.60		0.95		0.96	
Dif. FeO: Fe_2O_3	1.43		—		—		—		—		—	
TOTAL	100.17		99.20		99.50		99.85		99.69		100.33	

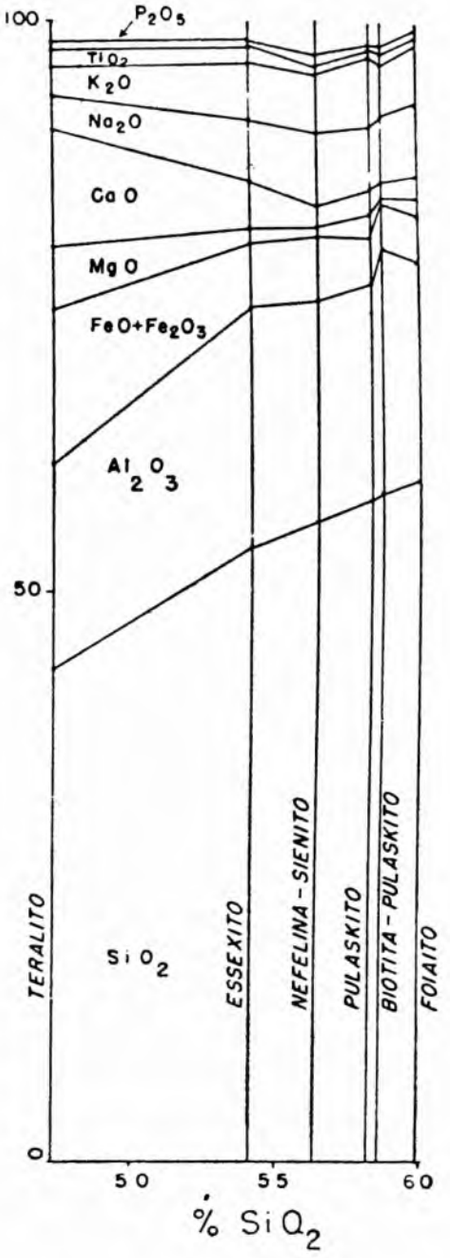


FIG. 4

GRAFICO DA COMPOSIÇÃO QUIMICA CENTESIMAL DA SERIE ALCALINA

1 — DIAGRAMA GERAL DE VARIAÇÃO LINEAR
Baseado nas percentagens da série alcalina.
2 — DIAGRAMA DE VARIAÇÃO LINEAR DA ALUMINA (Al_2O_3)
Baseado nas proporções moleculares.
3 — DIAGRAMA DE VARIAÇÃO LINEAR DA SILICA
Baseado nas proporções moleculares.

1 — DIAGRAMA GERAL DE VARIAÇÃO LINEAR

Nos diagramas de variação linear podem ser observados dois grupos de curvas:

a) Grupo da alumina (Al_2O_3) e dos álcalis (Na_2O,K_2O), cujas curvas seguem a mesma direção e são de feito convexo.
b) Grupo da cal (CaO) e da magnésia (MgO), bem como dos óxidos de ferro (FeO, Fe_2O_3) que seguem a mesma direção e são de feitio concavo.

Estes dois grupos são antipatéticos, isto é, suas direções se cruzam devido ao fato obvio de que quando os álcalis-feldspatos que consomem a mesma proporção de Al_2O_3:K_2O:Na_2O::1:1:1 crescem, simultaneamente decrescem quantitativamente os minerais ferro-magnesianos. O papel da cal (CaO) é ambíguo, pois tomando parte na constituição tanto dos minerais siálicos como dos fêmicos pode eventualmente mudar de grupo.

Observando-se o diagrama da série de rochas alcalinas da ilha de São Sebastião pode-se interpretar alguns caracteres químicos dessas rochas. (A sequencia das rochas nos diagramas é igual a da tabela I).

1 — *Curva do Al_2O_3 e Na_2O*

A curva do Al_2O_3 é simpatética à curva do Na_2O. Entretanto da rocha 28 (Biotita-pulaskito) para a rocha n.º 10 (Foiaito) as curvas tornam-se antipatéticas. A razão deste fato reside na composição mineralógica. A responsabilidade pelo antipatetismo não cabe aos feldspatos e nem aos feldspatoides cuja relação Al_2O_3:Na_2O é igual a 1:1. A explicação consiste na presença da aegirinaugita, o principal componente colorido no foiaito, de modo que o sódio não se liga somente ao Al_2O_2 mas tambem ao fêmico, acarretando um aumento de Na_2O sem correspondente aumento no teor de Al_2O_3. No biotita-pulaskito existe tambem fêmicos sódicos como a aegirinaugita e barkevicita, de modo que o Na_2O acha-se ligado tambem tanto aos feldspatoides e feldspatos como aos an-

fibólios e piroxênios; porem o principal componente escuro é a biotita, de modo que o Al_2O_3 não é somente consumido nos feldspatos e feldspatoides, porem tambem na biotita sendo tal fato traduzido por uma coincidência das curvas, isto é, simpatetismo.

A curva do Al_2O_3 com respeito a do Na_2O apresenta um antipatetismo entre o essexito (n.º 6) e o nefelina-sienito (n.º 21) devido ao fato já assinalado inicialmente de que o Na_2O que no essexito era todo consumido nos feldspatos e feldspatoides em igual proporção de Al_2O_3, porquanto o fêmico é o diopsídio, um piroxênio sem sodio, ja no nefelina-sienito a soda tambem é consumida no piroxênio tendo que haver fatalmente um ligeiro excesso de Na_2O sobre o Al_2O_3 traduzido por curvas antipatéticas.

2 — *Curva do Al_2O_3 e K_2O*

Do teralito ao essexito ambas as curvas são simpatéticas devido todo o Al_2O_3 ser consumido pela totalidade do K_2O na formação do feldspato e da biotita. Do essexito para os demais membros da série estas curvas tornam-se antipatéticas, contrariando a regra geral. No trecho compreendido entre o essexito (n.º 6) e o nefelina-sienito (n.º 21) as curvas tornam-se antipatéticas devido as relações entre o Na_2O e o Al_2O_3. O Na_2O que no essexito era todo consumido no feldspato e feldspatoide, no nefelina-sienito em grande parte ficou associado à aegirinaugita, causando uma diminuição do Al_2O_3, cuja quase totalidade é consumido pelo K_2O para formar o anortoclásio e a biotita do nefelina-sienito. Por essa razão o K_2O prossegue ascendente e o Al_2O_3 desce porque o seu valor absoluto para formar a biotita e o anortoclásio no nefelina-sienito é menor do que o necessário no essexito para formar a nefelina, oligoclásio e micropertita.

A outra discrepância nota-se no trecho do pulaskito ao biotita-pulaskito, em que o K_2O desce e o Al_2O_3 sobe fortemente. A razão deste fato é que o Al_2O_3 está na sua maior parte associado ao Na_2O, sendo ambas as curvas simpatéticas por este fato e não ao K_2O que desceu devido ao pedaço do biotita-pulaskito que foi analisado conter pouca biotita, pois os fêmicos nesta rocha normalmente acham-se em grupos dispersos. A prova que a porção analisada continha pouca biotita, o que causou a queda do K_2O, reside na curva do MgO que é absolutamente paralela a do K_2O.

3 — *Curva dos álcalis (Na_2O e K_2O) com o MgO*

A curva do Na_2O obedece a regra geral, sendo antipatética a do MgO. O K_2O, porem, segue a regra geral até o Pulaskito e no biotita-pulaskito torna-se simpatética com a do MgO. Esta

subita mudança da curva do K_2O, como já foi referido, prende-se à biotita, mineral que contem na sua composição MgO e K_2O. No biotita-pulaskito, como a sua designação sugere, é uma rocha riquissima em biotita, porem dispersa em grupos e assim o K_2O está em sua maior quantidade associado à esta mica. Como a porção analisada foi de uma parte quase que sem biotita, o teor de MgO fatalmente desceu ao lado do de K_2O, e comprova isso o Al_2O_3 que subiu porque está na sua maior parte associado ao Na_2O e porisso indiferente à queda do teor de K_2O no biotita-pulaskito.

4 — *Curva do CaO com Al_2O_2*

A curva do CaO segue a regra geral sendo antipatética ao Al_2O_3 até o essexito. Este fato indica que o CaO está no teralito e no essexito principalmente ligado aos fêmicos. Do essexito até o foiaito, membro final da série, a curva do CaO é simpatética ao Al_2O_3 pela razão de que se acha ligado o Al_2O_3 aos femicos tambem. A prova disso é que a curva do CaO é simpatetica à do Fe_2O_3-FeO.

5 — *Curva do CaO com os álcalis (Na_2O e K_2O)*

Obedece a regra geral, sendo antipatética em toda a extensão.

6 — *Curva do FeO e Fe_2O_3*

A curva do FeO e Fe_2O_3 segue a regra normal.

CONCLUSÃO: — Verifica-se que o biotita-pulaskito é a rocha mais diferenciada da serie, pois aí se acham as discrepancias.

2 — DIAGRAMA DE VARIAÇÃO LINEAR DA ALUMINA (Al_2O_3).

Este diagrama foi obtido com valores das proporções moleculares entre a alumina (Al_2O_3) e a soma dos álcalis e cal ($Na_2O + K_2O + CaO$) e igualmente a soma exclusiva dos álcalis ($Na_2O + K_2O$). O interesse do diagrama é permitir verificar a existência de corindon normativo baseado nas relações entre a curva do Al_2O_3 com as curvas dos álcalis mais a cal e álcalis exclusivamente. Quando a curva do Al_2O_3 passa sobre a curva do $Na_2O + K_2O + CaO$ deve aparecer corindon na norma. Comumente a curva do Al_2O_3 fica na area compreendida entre aquelas duas curvas. O diagrama referente à série das rochas alcalinas da ilha de São Sebastião mostra que apenas uma rocha possue

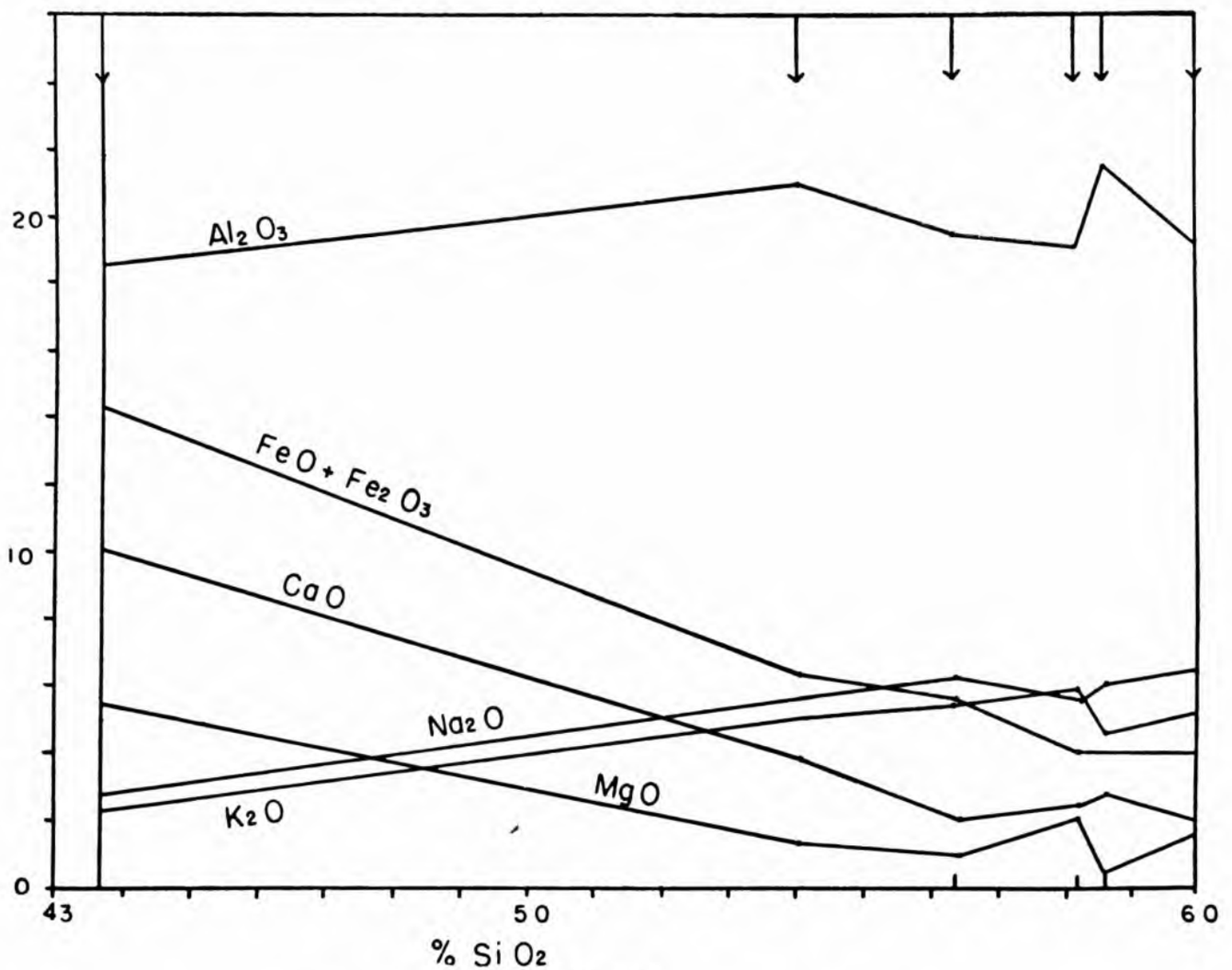


FIG. 5

1 — DIAGRAMA GERAL DE VARIAÇÃO LINEAR
(A discrepancia nas curvas é causada pela rocha n.º 28)

corindon normativo, a designada sob o numero 28, -biotita-pulaskito. O presente diagrama serve para classificar as rochas quanto a relação da alumina para com os álcalis e a cal, um dos critérios de S. J SHAND (71) na sua sistemática das rochas eruptivas. De acordo com este conceito a série alcalina pode ser classificada nos seguintes tipos, segundo a tabela II.

a) METALUMINÍFERAS (segundo a ordem crescente do Al_2O_3)

— Teralito, n.º 39
— Pulaskito, n.º 13
— Foiaito, n.º 10
— Nefelina-sienito, n.º 21
— Essexito, n.º 6

b) PERALUMINÍFERA

— Biotita-pulaskito, n.º 28

a) TIPO METALUMINÍFERO (Al_2O_3 maior que $Na_2O + K_2O$) — (Al_2O_3 menor que $Na_2O + K_2O + CaO$)

A respeito deste tipo de rochas escreve SHAND (71, p. 190): *"The proportion of alumina exceeds that of soda and potash combined, but is generally less than that of soda, potash and lime combined. Nevertheles, some of the alumina enters the dark minerals, forming either a moderately aluminous mineral such as hornblende, epidote or melilite, or else an association of an aluminous with a non aluminous mineral, such as biotite with pyroxene, hornblende with olivina. The physical conditions during crystallization were intermediate between those of the preceeding and succeeding types"*

Analisando-se a composição mineralógica desta série verifica-se que a associação dominante dos fêmicos é constituida por piroxênio-biotita (foiaito, nefelina-sienito, biotita-pulaskito), por hornblenda-sódica-biotita (pulaskito) e por piroxênio-biotita-olivina (teralito).

Segundo ainda SHAND (71, p. 191) a temperatura moderada e uma maior concentração de elementos volateis do que no tipo peraluminífero tendem a produzir rochas do tipo metaluminífero.

b) TIPO PERALUMINÍFERO (Al_2O_3 maior que $Na_2O + + K_2O + CaO$).

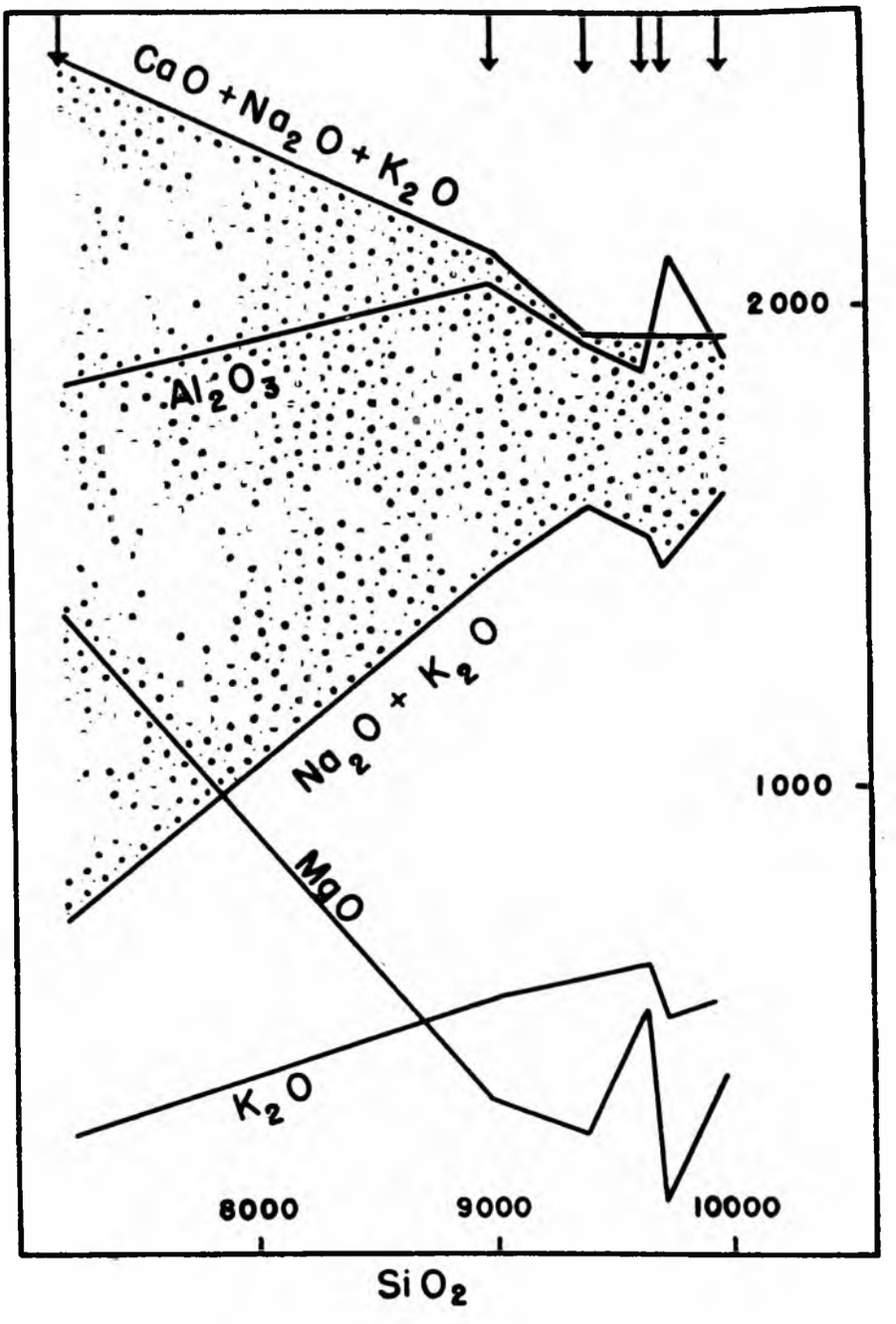


FIG. 6

2 — DIAGRAMA DE VARIAÇÃO LINEAR DA ALUMINA

SHAND (57, p. 190) afirma: *"In these rocks the molecular proportion of alumina exceeds the molecular proportion of soda, potash and lime combined. The excess of alumina goes into muscovite, biotite, corindon, tourmaline, topaz, or an iron manganese garnet (almandine or sperssatite). These are tipical products*

of low-temperature, hydrous, acid magmas, and the latter stages in the magmatic reaction series"

Realmente o biotita-pulaskito, dos plutonitos analisados, é a rocha final da série passando gradualmente ao nordmarkito, do qual infelizmente não foi possivel ser concedida uma análise pelo Laboratório da Produção Mineral. Trata-se de um elo ácido, possuindo a biotita como principal componente escuro. O excesso de alumina deve ser atribuido à biotita e tambem à barkevicita no caso normal. Nesta rocha, porem, devido a particularidade de ter sido analisada uma porção pobre em biotita, como já foi referido, o excesso da alumina deve ser atribuido aos minerais que possuem sódio em sua combinação com a albita, anortoclásio e barkevicita, fato já examinado adrede a proposito das relações da curva do Al_2O_3, no diagrama geral de variação linear. Prova-se mais uma vez que o biotita-pulaskito é a rocha mais diferenciada da serie, uma vez que não consta uma analise quimica do nordmarkito.

3 — DIAGRAMA DE VARIAÇÃO LINEAR DA SÍLICA (SiO_2)

A configuração deste diagrama, baseado nos valores das proporções moleculares, permite verificar se ocorre quartzo normativo nos membros da série. A sílica real foi computada tanto na abcissa como na ordenada, resultando uma linha praticamente reta na diagonal. Na ordenada tambem foram anotados os valores dos demais constituintes sob a forma de minerais normativos, como sejam:

1 — As proporções moleculares necessárias para formar feldspatoides mais olivina.

2 — As proporções moleculares necessárias para formar o feldspato mais olivina.

3 — As proporções moleculares necessárias para formar o feldspato mais o hiperstênio.

4 — A sílica necessária para formar o diopsídio.

Observa-se no diagrama III que a curva da sílica ficou abaixo da curva do feldspato — olivina e do feldspato — hiperstênio. Quando se passa este fato não ha possibilidade de existir quartzo na norma, o que realmente não existe em qualquer membro da série alcalina quimicamente analisado. Este diagrama prova, portanto, a exatitude das normas de todos os membros da série alcalina quimicamente analisados e dispostos na ordem, -Teralito, -Essexito, -Nefelina-Sienito, -Pulaskito, -Biotita-Pulaskito e Foiaito, que não apresentam quartzo normativo.

QUADRO DAS PROPORÇÕES MOLECULARES

TABELA II

OXIDOS	TERALITO	PULASKITO	FOIAITO	NEFELINA-SIENITO	ESSEXITO	BIOTITA-PULASKITO
Al_2O_3	1.833	1.853	1.873	1.908	2.049	2.108
Na_2O + K_2O + CaO	2.515	1.931	1.924	1.924	2.107	1.920
K_2O+Na_2O	711	1.520	1.585	1.579	1 446	1.441
TIPOS	METALUMI-NÍFERO	METALUMI-NÍFERO	METALUMI-NÍFERO	METALUMI-NÍFERO	METALUMI-NÍFERO	PERALUMI-NÍFERO

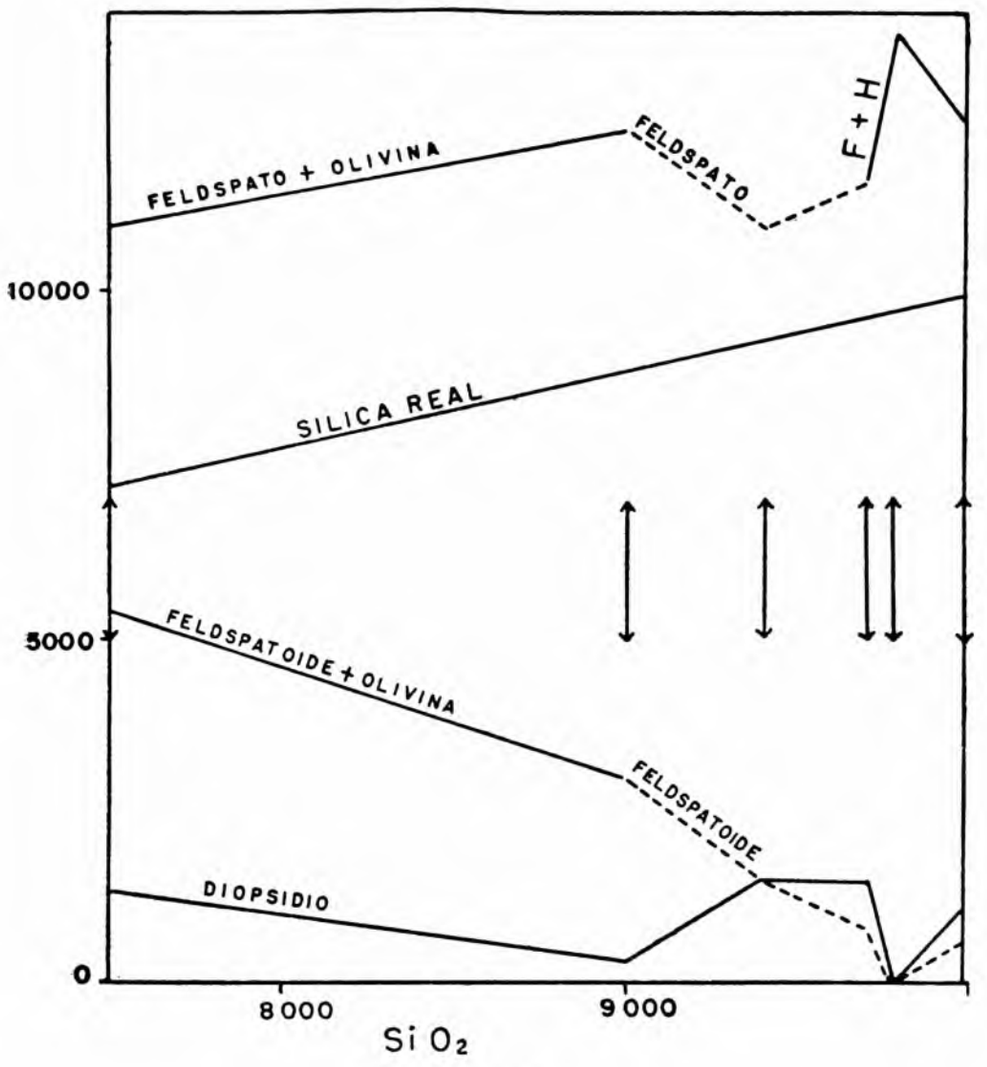


FIG. 7

3 — DIAGRAMA DE VARIAÇÃO LINEAR DA SÍLICA

No diagrama III verifica-se que a curva feldspato-hiperstênio somente existe na rocha n.º 28, -biotita-pulaskito, e nas demais falta. Da mesma maneira a curva feldspato-olivina somente existe no teralito, n.º 39 e falta nos demais membros. Neste caso as curvas foram continuadas baseadas no feldspato. Quanto à curva feldspatoide-olivina baseia-se nesses dois minerais normativos somente na rocha 39 e nas restantes somente nos valores do feldspatoide.

B — DIAGRAMA DO ÍNDICE ÁLCALI-CÁLCICO

M. A. PEACOCK (University of British Columbia) (61, p. 54) propoz um diagrama capaz de classificar as séries de rochas de uma determinada localidade ou província petrográfica segundo um índice álcali-cálcico, assim denominado o ponto em que a curva da soma dos álcalis (Na_2O+K_2O) intersecta a curva de cal (CaO) segundo as percentagens marcadas na ordenada e a silica das rochas analisadas marcada na abicissa. Com este processo o carater de uma série de rochas fica assinalado num simples diagrama de variação linear. A classificação antiga admitia apenas dois grupos -o alcalino e o sub-alcalino, embora os autores já reconhecessem que ha rochas que ficavam nas fronteiras desses dois grupos. PEACOCK criou, por tais razões, cerca de quatro grupos justificando-se longamente. Os grupos são os seguintes.

1 — ALCALINO
2 — ALCALINO-CÁLCICO
3 — CALCO-ALCALINO
4 — CÁLCICO

A intersecção da curva dos álcalis na curva da cal até 51% da sílica lançada na abcissa, a série pertence ao grupo alcalino; de 51% até 56% a série é álcali-cálcica; de 56% a 61% é calco-alcalina e mais de 61% a série é cálcica.

Para este índice ter valor significativo torna-se necessário correlaciona-lo com a mineralogia dos membros da série investigada.

Aplicando-se este diagrama na série de rochas alcalinas da ilha de São Sebastião comprova-se a sua designação genérica de rochas alcalinas, caindo a intersecção da curva $Na_2O + K_2O$ na curva CaO no ponto referente a 46.40 sobre a abcissa de Si_2O. Este valor sendo menor que 51, a série tem índice alcalino.

A relação da cal (CaO) para com a soma dos álcalis ($Na_2O + K_2O$) é fundamental porque representa as combinações destes componentes para formar o feldspato, mineral este tomado como uma das bases para a classificação das rochas eruptivas.

As séries de rochas são designadas por dois métodos — a) pelo nome da rocha mais característica e — b) pela província petrográfica segundo a nomenclatura de Harker (atlântica ou alcalina e pacífica ou calco-alcalina). Pelo primeiro critério a série alcalina da ilha de São Sebastião é uma série biotita-pulaskítica e pelo segundo uma série atlântica.

Toda a série de rochas é suscetivel de ser conferida mineralogicamente. Os minerais que ocorrem em todos os membros não são característicos, porem somente aqueles que variam de membro para membro e portanto são privativos de cada um dos constituintes da série. Estudando um lote de 4 séries de rochas alcalinas, álcali-cálcicas, calco-alcalinas e cálcicas PEACOCK (61) estabeleceu o padrão mineralógico para cada série, dado abaixo no quadro V

QUADRO V

MINERAIS CARACTERISTICOS	Serie Alcalina	Serie Alcali-Calcica	Serie Calco-Alcali	Serie Calcica
Ortopiroxênio	—	—	×	×
Soda-piroxênio	×	×	?	—
Hornblenda	—	—	×	×
Soda-anfibólio	×	×	—	—
Soda-potassa-feldspato	×	×	×	—
Feldspatoide	×	—	—	—
Quartzo	—	×	×	×

Na realidade sempre surgem contradições entre o padrão mineralógico de uma série e os minerais existentes nas rochas que a integram. Este fato é devido a casos de diferenciação. como o caso do nordmarkito que embora sendo uma rocha alcalina, com raizes em rochas com feldspatoides, apresenta quartzo na sua composição mineralógica.

Na ilha de São Sebastião, a série alcalina consta de 6 membros analisados quimicamente. os quais somente podem ser levados em consideração, dispostos na seguinte ordem:

1 — Teralito
2 — Essexito
3 — Nefelina-sienito
4 — Pulaskito
5 — Biotita-pulaskito
6 — Foiaito

Aplicando-se a conferição mineralógica do padrão de PEACOCK (61) dado no quadro V verifica-se que apenas duas rochas não possuem todo o conjunto mineralógico atribuido. Trata-se do teralito e do biotita-pulaskito, exatamente os dois membros extremos da série quimicamente analisada, porquanto realmente alem do biotita-pulaskito ha ainda uma membro mais extremo constituido pelo nordmarkito, o qual infelizmente não foi analisado. No teralito falta o feldspato soda-potássico, existindo somente o calcosódico e no biotita-pulaskito falta o feldspatoide. No teralito compreende-se perfeitamente a ausência de feldspato soda-potassico por

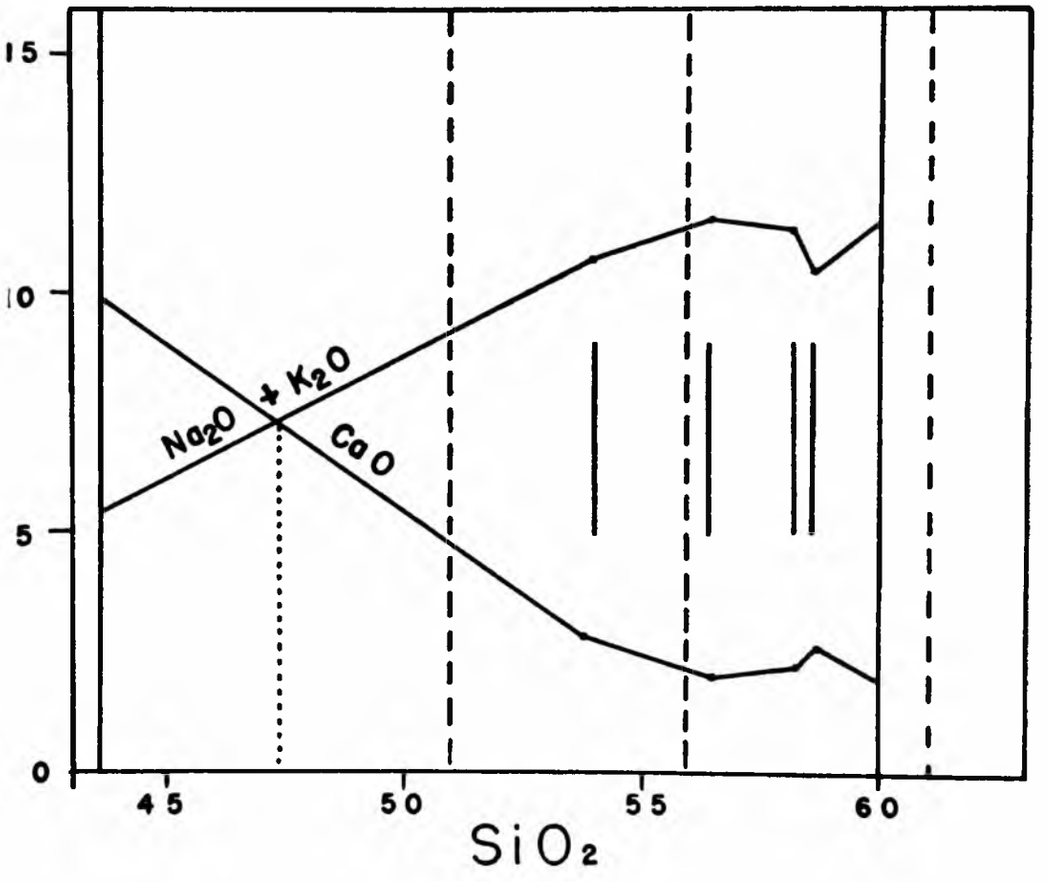


FIG. 8

4 — DIAGRAMA DO ÍNDICE ÁLCALI-CÁLCICO

se tratar de uma rocha nas fronteiras com a série cálcica, onde se coloca o gabro. Quanto ao biotita-pulaskito a ausência de feldspatoide prende-se ao caracter desta rocha que representa um élo bem diferenciado da sequência alcalina. Os demais membros da série enquadram-se perfeitamente no padrão dado por PEACOCK, conforme demonstra o Quadro VI.

QUADRO VI

PADRÃO MINERALÓGICO DA SÉRIE ALCALINA

Minerais Caracteristicos (Padrão de PEACOCK)	Teralito	Essexito	Nefelina -Sienito	Pulaskito	Biotita-Pulaski fo	Foiaito
Soda-anfibólios	×	×	×	×	×	×
Soda-piroxênios	—	×	×	×	×	×
Soda-potassa-feldspato	—	×	×	×	×	×
Feldspatoides	×	×	×	×	—	×

NOTA: Somente foram computados os plutonitos que possuem análise química.

C — COMPOSIÇÀO MOLECULAR E EM ATOMOS METALICOS DA SERIE ALCALINA

H. ROSENBUSCH (66, p. 186) aplica para caraterizar a natureza química das rochas eruptivas um processo interessante que não tem sido ainda utilizado pelos geólogos brasileiros. Consiste o processo em dar a composição química de uma rocha segundo a contribuição de cada molécula dos respectivos óxidos em peso molecular abandonando o sistema da percentagem. A razão desta composição em moléculas e não em percentagem, dos respecivos óxidos, reside nas diferenças ponderais que existem entre os diversos óxidos. Assim, por exemplo, o SiO_2 realmente, em peso, contribue mais do que o Al_2O_3, porque o peso molecular do SiO_2 é de 60 e o do Al_2O_3 é 102. Desta maneira em uma análise em que o SiO_2 tenha o teor de 60%, molecularmente a sua percentagem é maior porque a molecula de SiO_2 é 60 em relação aos óxidos mais pesados como Al_2O_3 (102) ou Fe_2O_3 (160). Esta representação, nestes termos, consiste na composição em peso molecular. Alem desta representação H. ROSENBUSCH (66) representa a composição química de uma rocha segundo a percentagem dos átomos metálicos como sejam Si, Fe, Al, Mg, Ca, Na, e K.

1 — METODO DA COMPOSIÇÃO MOLECULAR

Inicialmente consiste em abandonar os componentes raros da análise tomando-se apenas os seguintes óxidos: SiO_2 mais TiO_2; Al_2O_3; Fe_2O_3; FeO; MgO; CaO; Na_2O e K_2O. Tendo os dados das percentagens segundo a análise química, recalcula-se a 100% tais valores conforme explica a tabela III.

TABELA III

ROCHA		SiO_2+TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	
PULASKITO (13)	Análise	58.8	18.9	1.9	2.1	2.1	2.3	5.6	5.8	97.5
	Recalculada	60.3	19.4	1.95	2.15	2.15	2.35	5.75	5.95	**100**
SODALITA TRAQUITO (27)	Análise	58.4	19.9	2.0	3.1	1.2	0.8	7.4	5.2	98
	Recalculada	59.6	20.3	2.05	3.15	1.25	0.8	7.55	5.3	**100**
FOIAITO (10)	Análise	60.7	19.1	2.2	1.9	1.5	1.9	6.4	5.2	98.9
	Recalculada	61.38	19.31	2.22	1.92	1.52	1.92	6.47	5.26	**100**
TERALITO (39)	Análise	45.3	18.7	14.3	—	5.4	10.1	2.85	2.36	99.01
	Recalculada	45.8	18.9	14.4	—	5.45	10.2	2.87	2.38	**100**
NEFELINA SIENITO (21)	Análise	57.21	19.46	1.45	4.2	.0	1.93	6.20	5.44	96.89
	Recalculada	59.1	20.1	1.55	4.35	1.01	1.95	6.36	5.58	**100**
ESSEXITO (6)	Análise	55.5	20.9	6.3	—	1.30	3.7	5.6	5.1	98.4
	Recalculada	56.31	21.26	6.4		1.32	3.70	5.7	5.2	**100**
BIOTITA PULASKITO (28)	Análise	59.4	21.5	—	3.78	0.4	2.68	5.9	4.6	98.26
	Recalculada	60.0	21.65	—	4.0	0.45	3.0	6.1	4.8	**100**

A partir das percentagens recalculadas a 100% acha-se um numero que H. ROSENBUSCH (66) denominou "ZAHL" Representa a soma das contribuições de cada óxido da análise química computado em peso molecular e não em gramas como a análise representa ordinariamente. A tabela IV indica a composição das nálises da série alcalina dada em peso molecular e não em gramas.

Para se obter a tabela IV calcula-se da seguinte maneira: 1) toma-se as percentagens em gramas da tabela III, devidamente recalculadas a 100%. 2) verifica-se qual a contribuição em peso molecular que toca a cada óxido da composição, devendo-se considerar os seguintes óxidos: SiO_2(60), Al_2O_3(102), Fe_2O_3 (160), FeO (72), MgO (40), CaO (56), Na_2O(62) e K_2O(94). 3) multiplica-se a percentagem em gramas recalculada a 100, dada pela tabela III, por 100 e divide-se pelo respectivo peso molecular de cada óxido. O resultado é dado pela tabela IV. Esta tabela IV representa a contribuição desses óxidos acima enumerados em peso molecular. A soma dos pesos moleculares e o que ROSENBUSCH chama de "ZAHL'

Com os dados da tabela IV obtem-se a percentagem da composição molecular das análises da série alcalina da ilha de São Sebastião mediante uma simples operação de regra de três:

$$\%\ \text{COMP. MOLECULAR} = \frac{\text{COMP. MOLECULAR X 100}}{\text{(ZAHL) PESO MOL.}} \quad \text{(F-1)}$$

TABELA IV

	N.º 39	N.º 6	N.º 21	N.º 13	N.º 28	N.º 10
SiO_2	76.33	93.85	98.50	100.50	100.00	102.30
Al_2O_3	18.53	20.84	19.70	19.00	21.22	19.00
Fe_2O_3	9.00	4.00	1.00	1.22	—	1.38
FeO	—	—	6.00	3.00	5.55	2.66
MgO ..	13.62	3.30	2.52	5.40	1.12	4.00
CaO ...	18.21	6.62	3.50	4.20	5.36	3.43
Na_2O	4.63	9.20	10.26	9.30	10.00	10.43
K_2O	2.53	5.53	5.93	6.33	5.10	5.58
Peso mol.	142.85	143.34	147 41	148.95	148.35	148.78

COMPOSIÇÃO MOLECULAR DA SERIE ALCALINA

A tabela V apresenta a percentagem da composição molecular da série alcalina.

TABELA V

	N.º 39	N.º 6	N.º 21	N.º 13	N.º 28	N.º 10
SiO_2	53.55	65.6	67.1	67.8	68.0	69.0
Al_2O_3	12.90	14.5	13.4	12.7	14.1	12.7
Fe_2O_3	6.31	2.8	0.6	0.8	—	0.9
FeO	—	—	4.0	2.0	3.7	1.8
MgO	9.50	2.3	1.7	3.5	0.6	2.7
CaO	12.72	4.6	2.3	2.8	3.5	2.3
Na_2O	3.25	6.4	6.9	6.2	6.7	6.9
K_2O	1.77	3.8	4.0	4.2	3.4	3.7
TOTAL	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

2 — METODO DA COMPOSIÇÃO EM ATOMOS METALICOS.

Um segundo método de representação da natureza química de uma série de rochas consiste em apresentar a sua composição em função da percentagem dos átomos metálicos dos diferentes óxidos dados na análise química normal. Os átomos metálicos considerados são Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K.

O processo de calculo baseia-se na análise química dada na tabela III, sem estar recalculada a 100%, operando da seguinte maneira:

$$x = \frac{\%\ \text{da Analise x Peso Atomico}}{\text{Peso Molecular do Oxido}} \quad \text{(F-2)}$$

x = metal

% SiO_2	—	28:60
% Al_2O_3	—	54:102
% Fe_2O_3	—	112:160
% FeO	—	56:72
% MgO	—	24:40
% CaO	—	40:56
% Na_2O	—	46:62
% K_2O	—	78:94

A percentagem dos átomos metálicos, segundo a formula 2 é a seguinte:

TABELA VI

	N.º 39	N.º 6	N.º 21	N.º 13	N.º 28	N.º 10
Si .. .	21.00	26.00	26.69	27.20	27.72	27.95
Al	9.90	11.00	10.30	10.00	11.38	10.12
Fe_2	10.00	4.41	1.01	1.33	—	1.54
Fe ...	—	—	3.26	1.66	2.94	1.48
Mg	3.24	0.78	0.60	1.26	0.24	0.90
Ca	7.20	2.64	1.40	1.64	1.91	1.36
Na .	2.76	4.25	5.50	4.15	4.37	4.75
K	1.95	4.23	4.50	4.81	3.00	4.23
TOTAL ...	56.05	53.21	53.26	52.02	51.56	52.33

A composição em átomos metálicos recalculada a 100%, é dada na tabela VII.

TABELA VII

	N.º 39	N.º 6	N.º 21	N.º 13	N.º 28	N.º 10
Si	39.00	48.40	50.10	52.23	53.80	53.40
Al	17.30	20.80	19.30	19.20	22.00	19.35
Fe	17.60	8.30	8.00	5.70	5.70	5.77
Mg	5.50	1.50	1.10	2.42	0.50	1.72
Ca	12.50	5.10	2.60	3.15	3.60	2.60
Na	4.80	8.10	10.40	7.98	8.40	9.07
K	3.30	7.80	8.50	9.25	6.00	8.09
TOTAL ...	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Observando-se esta tabela verifica-se que a rocha alcalina mais sódica é o nefelina-sienito, referido sob o n.º 21, logo seguido pelo foiaito, fato confirmado pela composição mineralógica destas rochas ricas em nefelina e sodalita. Quanto ao ferro e cálcio, a rocha mais rica é o teralito seguido do essexito, devido serem os componentes mais básicos da série. Quanto à saturação pelo silicio que, nas análises dadas, figurava o foiaito com maior percentagem de SiO_2, 59.90, verifica-se que na realidade é a rocha n.º 28, o biotita-pulaskito que é o termo mais ácido tendo o Si contribuido com 53.80%, valor mais alto de toda a série alcalina. Igualmente o biotita-pulaskito, n.º 28, possue maior quantidade de Al_2O_3, confirmando o diagrama de variação da alumina que classificou esta rocha como peraluminífera e portanto com corindon normativo.

3 — SOMA DOS ATOMOS DE METAL E DE OXIGÊNIO

H. Rosenbusch (66) considera um terceiro método para caracterizar a composição química de uma rocha baseado na relação existente entre os átomos de metal e os de oxigênio. A soma dos átomos de metal é designada por M.A.Z e a soma dos átomos de oxigênio por A.Z.

O processo para encontrar o A.Z e o M.A.Z consiste em tomar a composição em pesos moleculares dada na tabela IV e

estabelecer a relação em cada óxido constituinte, entre o metal e o oxigêncio. Esta relação é a seguinte:

SiO_2	—	1:2
Al_2O_3	—	2:3
Fe_2O_3	—	2:3
FeO	—	1:1
MgO	—	1:1
CaO	—	1:1
Na_2O	—	2:1
K_2O	—	2:1

Os dados da tabela IV são multiplicados, por esses coeficientes, sendo um produto correspondente aos átomos de metal e outro aos atomos de oxigênio. Finalmente efetua-se a soma desses produtos separadamente obtendo-se o A.Z e o M.A.Z. A tabela VIII exprime essa relação.

Segundo a tabela VIII temos a seguinte relação:

1 — TERALITO (n.º 39)	M.A.Z. —	177.54
	A.Z. —	451.78
2 — ESSEXITO (n.º 6)	M.A.Z. —	184.51
	A.Z. —	471.18
3 — NEFELINA-SIENITO (n.º 21)	M.A.Z. —	184.30
	A.Z. —	471.61
4 — PULASKITO (n.º 13)	M.A.Z. —	184.80
	A.Z. —	474.69
5 — BIOTITA-PULASKITO (n.º 28)	M.A.Z. —	184.67
	A.Z. —	475.46
6 — FOIAITO (n.º 10)	M.A.Z. —	185.17
	A.Z. —	477.01

Analisando-se estes dados verifica-se que a série Essexito, Nefelina-sienito, Pulaskito, Biotita-pulaskito e Foiaito possue praticamente o mesmo valor para M.A.Z. indo de 184.30 (nefelina-sienito) a 185.17 (foiaito) indicando que são rochas que provem de um mesmo magma quanto à composição química. O teralito, com M.A.Z. igual a 157.34 mostra seus afastamento com a composição química do magma gerador daquela primeira série, sendo possivelmente parente da composição química de um basalto.

II) DIFERENCIAÇÃO DA SÉRIE ALCALINA

O controle da diferenciação do magma alcalino na ilha de São Sebastião é dado por dois fatos, 1) Relações de campo e 2) Registo mineralógico.

TABELA VIII

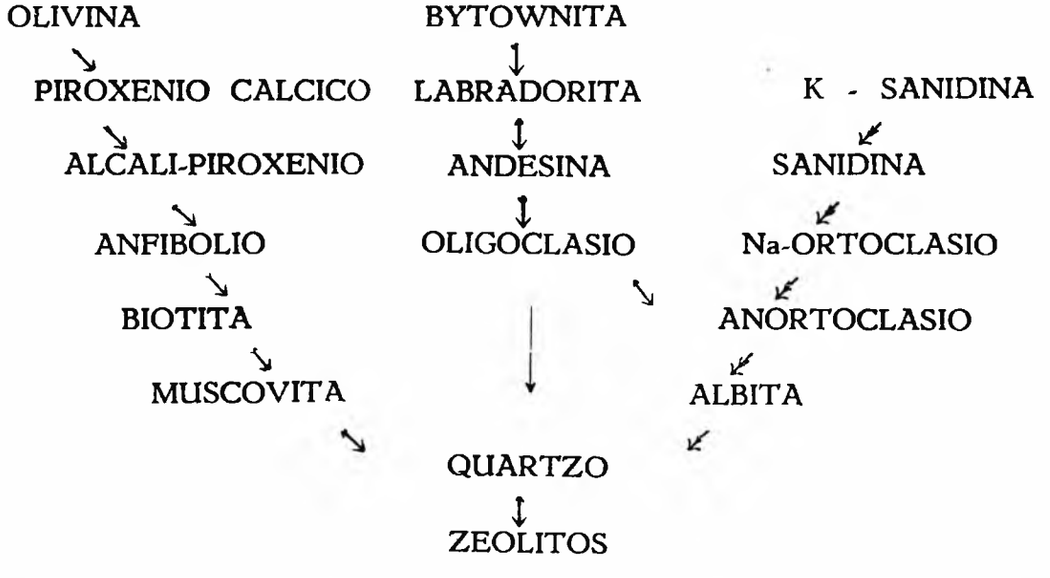
ROCHAS	TERALITO		ESSEXITO		NEFELINA SIENITO		PULASKITO		BIOTITA PULASKITO		FOIAITO	
OXIDOS	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O
SiO_2	76.33	152.66	93.85	187.70	98.50	197.00	100.50	201.00	100.00	200.00	102.30	204.60
Al_2O_3	37.06	55.59	43.68	62.52	39.40	59.10	38.00	57.00	42.44	63.66	38.00	57.00
Fe_2O_3	18.00	27.00	8.00	12.00	2.00	3.00	2.44	3.66	—	—	2.76	4.14
FeO	—	—	—	—	6.00	6.00	3.00	3.00	5.55	5.55	2.66	2.66
MgO	13.62	13.62	3.30	3.30	2.52	2.52	5.40	5.40	1.12	1.12	4.00	4.00
CaO	18.21	18.21	6.62	6.62	3.50	3.50	4.20	4.20	5.36	5.36	3.43	3.43
Na_2O	9.26	4.63	18.40	9.20	20.52	10.26	18.60	9.30	20.00	10.00	20.86	10.43
K_2O	5.06	2.53	10.66	5.33	11.86	5.93	12.66	6.33	10.20	5.10	11.16	5.58
M.A.Z.	177.54	274.24	184.51	286.67	184.30	287.31	184.80	289.89	184.67	290.79	185.17	291.84
A.Z.		451.78		471.18		471.61		474.69		475.46		477.01

Observando-se as ocorrências no campo verifica-se que as rochas alcalinas estão distribuidas em dois grupos distintos, já mencionados, a) Grupo do teralito, essexito e foiaito e b) Grupo do nefelina-sienito, pulaskito, biotita-pulaskito e nordmarkito. Dentro de cada grupo as relações das rochas integrantes são íntimas entre si, observando-se a passagem gradual de um tipo para outro. O primeiro grupo é menos representado, aflorando numa pequena faixa desde a práia do Viana até a ponta das Canas enquanto o segundo forma o maciço alcalino propriamente dito.

1.º Grupo

Forma uma sequência que vae desde o teralito como membro mais básico, passando pelos elos essexito, essexito-foiaito e foiaito como membro mais ácido. O registro mineralógico mostra bem as afinidades destas rochas atravez de dois tipos de minerais. Uns são persistentes em todo o grupo como a sodalita, nefelina, biotita, e barkevicita e outros marcam as diferenças como o feldspato e a olivina. Essa variação mineralógica ja foi suficientemente analisada no quadro I. O principal registro mineralógico da diferenciação é o piroxenio e o feldspato. O piroxenio vae da titanaugita (teralito) ao diopsídio (essexito) (essexito-foiaito) e finalmente à aegirinaugita (foiaito) funcionando como indicador do progressivo enriquecimento em álcalis na marcha da diferenciação. A biotita e a barkevicita mostram-se indiferentes ao processo da diferenciação. O enriquecimento em álcalis é marcado tambem pelo feldspato principalmente. Assim varia de labradorita (teralito) ao oligoclásio básico (essexito) e micropertita e albita (essexito-foiaito) e finalmente à anortoclásio (foiaito).

Esta ordem obedece exatamente o diagrama de BARTH (5), que se segue:



DIFERENCIAÇÃO DA SERIE ALCALINA

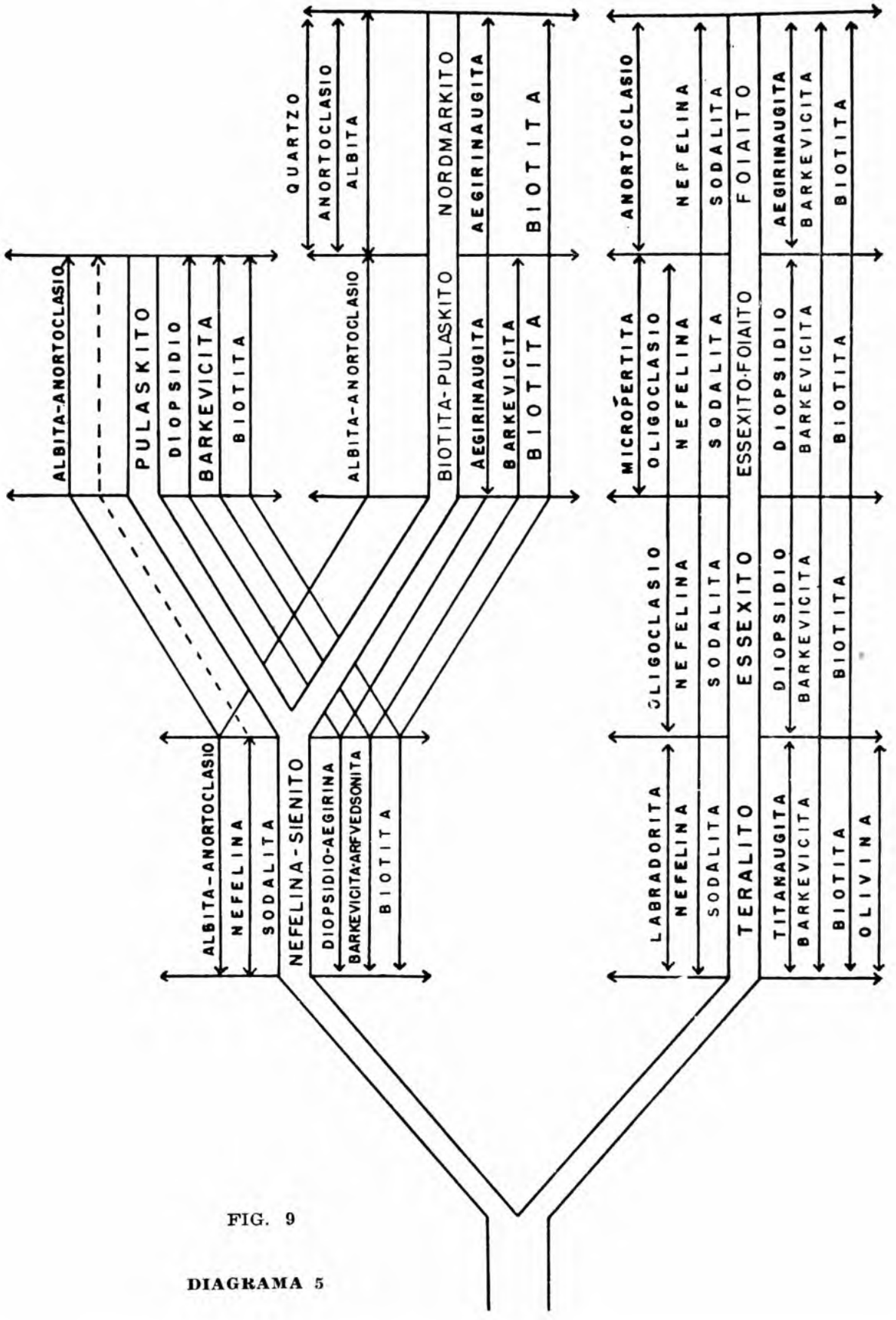


FIG. 9

DIAGRAMA 5

A variação do feldspato foi a seguinte:

1 — LABRADORITA (Plagioclásio): — TERALITO
2 — OLIGOCLASIO E MICROPERTITA: (plagioclásio mais álcali-feldspato): — ESSEXITO
3 — OLIGOCLASIO E MICROPERTITA: (plagioclásio mais álcali-feldspato): — ESSEXITO-FOIAITO
4 — ANORTOCLASIO (álcali feldspato): — FOIAITO

A variação do piroxênio foi a seguinte:

1 — TITANAUGITA: (piroxênio calco-titanífero): — TERALITO
2 — DIOPSÍDIO (piroxênio cálcico): — ESSEXITO
3 — DIOPSÍDIO (piroxênio cálcico): — ESSEXITO-FOIAITO
4 — AEGIRINAUGITA (álcali-piroxênio): — FOIAITO

A sequência dos minerais claros como o feldspato e a dos coloridos como o piroxênio segue o diagrama de BARTH.

2.º Grupo

O segundo grupo é o mais importante pois constitue a quase totalidade do maciço alcalino da ilha. O controle da diferenciação é dado nesta série pelos feldspatoides versus quartzo de um lado e pelo piroxênio de outro. Nesta diferenciação em lugar de um progressivo enriquecimento em sódio como observou-se no primeiro grupo, nota-se ao contrário um enriquecimento em potássio o que significa relativa diminuição em sódio. Os feldspatos, que no primeiro grupo serviam de relógio mineralógico da diferenciação, permanecem indiferentes ao processo. A rocha que deve ser considerada mais indiferenciada no grupo é o nefelina-sienito, pois possue equipamento mineralógico mais completo (Albita-anortoclásio, sodalita, nefelina, aegirina-diopsidio, barkevicita-arfvedsonita e biotita). No campo, porem, o nefelina-sienito não é a rocha mais comum.

A variação do piroxênio é a seguinte:

1 — DIOPSIDIO-AEGIRINA: (piroxênio alcalino-cálcico) — NEFELINA-SIENITO
2 — DIOPSIDIO: (piroxênio cálcico) — PULASKITO
3 — AEGIRINAUGITA: (piroxênio alcalino) — BIOTITA-PULASKITO
4 — AEGIRINAUGITA: (piroxênio alcalino) — NORDMARKITO

Com os feldspatoides observa-se a seguinte sequência:

1 — NEFELINA E SODALITA:	— NEFELINA-SIENITO
2 — (NEFELINA E SODALITA):	— PULASKITO
3 — SEM FELDSPATOIDES:	— BIOTITA-PULASKITO
4 — QUARTZO E ALBITA:	— NORDMARKITO

A variação nos fêmicos obedece igualmente ao diagrama preconizado por BARTH (5) e as relações entre os feldspatoides e o quartzo são reguladas pelo princípio da saturação. A diferenciação no piroxênio é qualitativa enquanto no anfibólio e na biotita que são persistentes em todas as rochas do grupo é quantitativa. No pulaskito domina a barkevicita e no biotita-pulaskito e nordmarkito a biotita. Ha pois uma bifurcação na diferenciação a partir do nefelina-sienito dando de um lado o pulaskito, rico em barkevicita e de outro o biotita-pulaskito com o nordmarkito ricos em biotita. O pulaskito é uma rocha mais aparentada com o nefelina-sienito, tendo como única diferença o predomínio da barkevicita.

A diferenciação no sentido do biotita-pulaskito prosseguiu para um final rico em quartzo, passando a rocha do tipo saturado para o supersaturado. O termo final, mais ácido, é um nordmarkito cujo resíduo rico em sílica saturou os feldspatoides dando albita individualizada, sem estar intercrescida com o anortoclásio como nos demais membros do grupo. O feldspato que vinha sendo indiferente ao curso da diferenciação na forma de anortoclásio fortemente intercrescido com a albita, passa a anortoclásio exclusivamente.

Nestas rochas da série alcalina falta a leucita pela razão de que nos plutonitos, que ficam sob alta pressão durante a cristalização, a leucita não se pode formar devido ao funcionamento do sistema Ortoclásio-Albita-Anortita que neste caso é a tres componentes Segundo T. F W BARTH (5) corresponde à leucita, neste caso, uma mistura de nefelina mais ortoclásio.

BROGGER (13), estudou em um trabalho clássico na literatura de rochas alcalinas o jazimento de Oslo, Noruega, (*Die Eruptivegesteine des Kristianagebietes, Oslogebietes*, I à IV, Ak, Skr. Oslo, 1894, 1895 e 1896; 1921, 1931 e 1933) concluindo, como acontece na ilha de São Sebastião, que ha um paralelismo entre a sequência de cristalização das rochas e a sequência de cristalização dos minerais. Como componentes mais jovens da província eruptiva de Oslo encontram-se justamente as rochas alcalinas que representam diferenciados do magma originalmente essexítico-gabróico. O conceito de BROGGER é que a diferenciação caminha no sentido da ordem de segregação dos minerais, isto é, as rochas menos diferenciadas são as que possuem

minerais que se segregam em primeiro lugar na ordem de cristalização enquanto as rochas diferenciadas mais jovens possuem minerais de estágio inferior e finais da segregação. Na ilha de São Sebastião observa-se exatamente esse princípio. No primeiro grupo temos o teralito cujos minerais, como a labradorita precede o oligoclasio do essexito que vem logo a seguir; a titanaugita precede o diopsídio e a olivina (só no teralito) precede a todos. O essexito possue o oligoclásio que precede o anortoclásio do foiaito, bem como tambem o diopsídio que precede igualmente a aegirinaugita. No segundo grupo temos os minerais do nefelina-sienito que precedem na ordem de segregação os minerais do biotita-pulaskito, sendo porem iguais aos da ordem de segregação do pulaskito, razão porque essa rocha constitue um fácies do nefelina-sienito enriquecido de barkevicita. O termo final do segundo grupo é o nordmarkito cujos minerais possuem ponto de segregação inferior aos do biotita-pulaskito e nefelina-sienito como por exemplo o quartzo e a albita.

Conclue-se que na ilha de São Sebastião a diferenciação da série alcalina caminhou paralelamente com a ordem de segregação dos minerais de modo que os termos diferenciados finais possuem todos minerais de segregação em ponto inferior aos minerais dos termos menos diferenciados. GOLDSCHMIDT (5) traçou um diagrama explicativo da diferenciação na província eruptiva alcalina de Oslo que, em linhas gerais, coincide com o diagrama 5 referente à diferenciação na série alcalina da ilha de São Sebastião.

III) JAZIMENTO DA SÉRIE ALCALINA

A série alcalina da ilha de São Sebastião não foge à regra clássica das eruptivas alcalinas que ocorrem perfurando escudos cristalinos arqueanos e algonkianos. No Brasil meridional os maciços mais importantes perfuram areas arqueanas e algonkianas (às vezes com tecto sedimentário do sistema de Santa Catarina), com exceção de Lages (26). A rocha encaixante é constituida pelo gnais arqueano, principalmente gnais facoidal. A intrusão pode ser considerada um "stock" pela sua grandeza. Outros tipos reconhecidos para as rochas alcalinas são "Plugs" "Pipes" (73).

Segundo BARTH (5) as rochas alcalinas acham-se em contacto com fendas de tensão, ao longo de fraturas tectônicas ou em formas de tipo vulcânico. A série alcalina da ilha de São Sebastião acha-se ligada ao primeiro tipo, solidária com o tectonismo que atingiu o escudo brasileiro do triássico ao começo do cenozóico, seguindo os eixos dos antigos dobramentos laurencianos.

Segundo H BACKLUND (1) a configuração dos meciços alcalinos expostos à superfície é geralmente circular ou elítica. Ob-

servando-se o maciço da ilha de São Sebastião verifica-se que a sua forma é elítica, com o eixo maior orientado NE-SW exatamente segundo as linhas tectônicas regionais, apresentando as seguintes dimensões: eixo maior — 28 km (NE-SW) e eixo menor — 9 km (NW-SE).

O jazimento de Kola (URSS) tem 36 km N-S e 46 km E-W e é com razão considerado o maior do mundo.

As ocorrências de rochas alcalinas, na sua maioria, têm por rocha encaixante tipos cristalinos segundo pode-se verificar na lista seguinte:

1 — OCORRÊNCIAS NO EXTRANGEIRO

I — Rocha encaixante: *Gnais,* na maioria. *Granito granofírico. Lestiwarito e Albitito.* Série: UMPTEKITO, CHIBINITO TRAQUITOIDE, CHIBINITO, AEGIRINA-NEFELINA-SIENITO, ARFVEDSONITA-NEFELINA-SIENITO, MICA-NEFELINA-SIENITO, URTITO, IJOLITO. Localidade: Umptek, Russia. Autor: KUPLETSKI (43). Area 912 km².

II — Rocha encaixante: *Arenito* (devoniano?), *Biotita-Granito.* Série: SODA-GRANITO, NORDMARKITO, AUGITA-SIENITO, FOIAITO, NAUJAITO, KARKOTOKITO, LUJAURITO. Localidade: Ilimausak, Groenlandia. Autor: USSING (77) Area: 90 km².

III — Rocha encaixante: *Gnais, Fenito.* Série: AUGITA-SIENITO, NEFELINA-SIENITO, URTITO E IJOLITO (incluindo rochas calcíticas e apatíticas). Localidade: Almunge, Suécia. Autor: HOGBOM (33). Area não especificada.

IV — Rocha encaixante: *Gnais granítico, Fenito.* Série: URTITO, IJOLITO, MELTEIGITO, VIBITOITO. Localidade: Kristiana, Noruega. Autor: BROGGER (13). Area não especificada.

V — Rocha encaixante: *Quartzito.* Série: AKERITO, UMPTEKITO, FOIAITO. Localidade: Leuwfontein, Pretória, Africa do Sul. Autor: SHAND (73). Area não especificada.

VI —Rocha encaixante: *Granito*: Série: LESTIWARITO, FOIAITO, LUJAVRITO e IJOLITO (rochas calcíticas com apatita e magnetita) Localidade: Spitzkop, Africa do Sul. Autor: SHAND (74). Area não especificada.

VII — Rocha encaixante: *Fenito, Granito.* Série: UMPTEKITO e CANADITO. Localidade: Almunge, Suécia. Autor: QUENSEL (63). Area não especificada.

VIII — Rocha encaixante: *Xistos, Granodiorito.* Série: MALIGNITO, LEUCO-NEFELINA-SIENITO, MELA-NEFELINA-SIENITO, SIENITO ALCALINO PORFIRITICO. Localidade: Kruger, British Columbia. Autor: CAMPBELL (14). Area não especificada.

2 — OCCORRÊNCIAS DO BRASIL

(Jazimentos continentais)

I — Rocha encaixante: *Gnais granítico, biotita-gnais* e *granito.* Série: NORDMARKITO, FOIAITO, SODALITA-SIENITO, NEFELINA-SIENITO: Localidade: Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro. Autor: A. R. LAMEGO (44). Area 1.224 km.^{2}

II — Rocha encaixante: *Gnais facoidal, Gnais granítico.* Série: FOIAITO, NEFELINA-SIENITO, FOIAITO, NEFELINA-SIENITO-PORFIRO. Localidade: Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais. Autor: J. MACHADO (53). Area: 600 km^2

III — Rocha encaixante: *Gnais facoidal, Oligoclásio-gnais.* Série: TERALITO, ESSEXITO, ESSEXITO-FOIAITO, NEFELINA-SIENITO, PULASKITO, BIOTITA-PULASKITO, NORDMARKITO. Localidade: Ilha de São Sebastião. Estado de São Paulo. Autor: R. O. DE FREITAS. Area: 300 km.^{2}.

IV — Rocha encaixante: *Gnais facoidal.* Série: ESSEXITO, NEFELINA-SIENITO, UMPTEKITO, PULASKITO, NORDMARKITO. Localidade: Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro. Autor: FRED. E. WRIGHT (85). Area: 14 km.^{2}.

V — Rocha encaixante: *Filitos, Quartzitos, Marmores escuros* no soalho e *Arenito, Tilito* (Carbonífero) no tecto. Série: ORTOCLASIO-AEGIRINITO, ORTOCLASIO-LUSITANITO, UMPTEKITO, NORDMARKITO, SHONKINITO-PORFIRO. Localidade: Ipanema (E.F.S.) Estado de São Paulo. Autor: VIKTOR LEINZ (49). Area não especificada.

VI — Rocha encaixante: *Gnais, Xistos* (Série de Minas, Algonquiano). Série: JACUPIRANGUITO, ANFIBOLIO-MALIGNITO, AEGIRINA-SIENITO, NAUJAITO, TINGUAITO, HEDRUMITO, MINETTE, FONOLITO, ARAXAITO. Localidade: Araxá, Estado de Minas Gerais. Autor: D. GUIMARÃES (30). Area não especificada.

VII — Rocha encaixante: *Trapp do Paraná* (*basaltos e diabásios*) no soalho e *arenitos e folhelhos* (Séries Rio do Rasto e Passa Dois) no tecto. Série: FONOLITO, TINGUAITO,LIMBURGITO (Jazimento de natureza efusiva) Localidade: Lages,

Estado de Santa Catarina. Autor: O. BARBOSA (2). Area não especificada.

VIII — Rocha encaixante: *Gnais* (arqueano). Série: ESSEXITO, MALIGNITO, NEFELINA-SIENITO, FOIAITO, LARVIKITO, SOLVSBERGITO, SODALITA-SIENITO, NEFELINA-SIENITO-PEGMATITO, NEFELINA-SIENITO APLITO, NEFELINA-MINETTE, FONOLITO, TINGUAITO, LARVIKITO-PORFIRO, KERATOFIRO. Localidade: Mendanha-Marapicú-Gericinó, Distrito Federal. Autores: D. GUIMARAES, O. BARBOSA, CAPPER DE SOUZA, L. J. DE MORAES (55) e O. H. LEONARDOS (50).

IX — Rocha encaixante: *Gnais* (arqueano). Série: LEUCITA-SIENITO, NEFELINA-SIENITO, FOIAITO, NEFELINA-SIENITO-PEGMATITO. Localidade: Tinguá, Estado do Rio de Janeiro. Autor: O. A. DERBY (18). Area não especificada.

X — Rocha encaixante: *Micaxistos, Gnais* e *Marmore sacaroide*. Série: JACUPIRANGUITO, NEFELINITO, NEFELINA-SIENITO, FOIAITO, LAURVIKITO, TESCHENITO e VOGESITO. Localidade: Jacupiranga, Estado de São Paulo. Autor: O. A. DERBY (9). Area não especificada.

XI — Rocha encaixante: *Gnais* e *Xistos* (algonquianos). Série: NEFELINA-AEGIRINA-SIENITO, FOIAITO. Localidade: Juquiá e Iguape, Estado de São Paulo. Autor: H. ROSENBUSCH (65). Area não especificada.

XII — Rocha encaixante: *Granito* e *Calcáreo*. Série: NEFELINA-SIENITO, NEFELINITO, NEFELINA-SIENITO PORFIRO, LAURVIKITO. Localidade: Anitapolis. Estado de Santa Catarina. Autor: L. F. MORAES REGO (5). Area não especificada.

XIII — Curitiba, Estado do Paraná. Ainda não estudada. Mencionada por V LEINZ (49).

XIV — Piraí, Estado do Paraná. Ainda não estudada. Mencionada por V LEINZ (49).

XV — Rocha encaixante: *Gnais*. Série: FOIAITO e TERALITO. Localidade: Ribeira, Estado de São Paulo. Autor: H. BAUER (7). Area não conhecida.

XVI — Rocha encaixante: *Gnais* (arqueano). Série: ainda não estudada. Localidade: Campos de Jordão, Estado de São Paulo. Autor: citação verbal de L. J. DE MORAES. Area: não conhecida.

XVII — Rocha encaixante: *Gnais* (arqueano). Série: FOIAITO. Localidade: Sumidouro, Estado do Rio de Janeiro. Autor: O. H. LEONARDOS (50). Area não especificada.

XIX — Rocha encaixante: *Gnais*. Série: FOIAITO. Localidade: Rio Bonito, Estado do Rio de Janeiro. Autor: O. H. LEONARDOS (50). Area não especificada.

Compulsando-se esta resenha de alguns jazimentos de rochas alcalinas no extrangeiro e a quase totalidade no Brasil, verifica-se a peculiaridade de ser, na maioria, a rocha encaixante constituida de séries cristalinas antigas (eruptivas e metamórficas) e, eventualmente, de calcáreo.

O desconhecimento, em parte, dos jazimentos brasileiros, teria influido certamente nas palavras de SHAND (71) *"Nepheline-bearing rocks are very scarce in comparison with olivine-bearing ones and most of the occurrences are quite small"*, fato este incontestavel. Porem, prosseguindo SHAND afirma: *"There are only three really large bodies of eucrystalline nepheline rocks in the world, one in the Kola Peninsula (north Russia), one in the Greenland, and one in the Transvaal"* asserção esta que não corresponde à verdade em face das grandes massas plutônicas do Itatiaia, Poços de Caldas e ilha de São Sebastião, para citar somente as mais conspícuas. O Brasil, talvez, seja o único país que apresenta maior numero de rochas alcalinas eucristalinas, segundo a nomenclatura de SHAND, ou sejam plutonitos formando grandes maciços como os três acima citados, alem de areas respeitaveis como Ipanema, Tinguá, Mendanha, Marapicú e Gericinó.

Conclui-se, portanto, que o jazimento das eruptivas alcalinas da ilha de São Sebastião não discrepa do tipo generalizado no Brasil e no extrangeiro, caracterizado por intrusões em rochas cristalinas antigas (metamórficas principalmente).

IV — CONTRIBUIÇÃO A ORIGEM DAS ROCHAS ALCALINAS.

As rochas alcalinas têm merecido a melhor atenção dos geólogos devido à natureza tão singular do grupo e à toda sorte de diferenciações que normalmente apresentam. A expressão rocha alcalina teve uso muito incerto em petrologia, porem hoje o conceito de SHAND (71) deve ser adotado, ficando assim limitada às rochas que possuam feldspatoides, piroxênios ou anfibólios sódicos, com um sequito bastante peculiar de minerais insaturados como corindon, perowskita, melanita, etc..

Para se avaliar em que medida podem as rochas alcalinas da ilha de São Sebastião contribuir para o problema da origem desse grupo não será demasiado fazer uma discriminação prévia das teorias que disputam o mérito de explicar com exclusividade a gênese das rochas alcalinas.

Dentre as muitas teorias podem ser focalizadas quatro principais:

1 — TEORIA DE DALY-SHAND
2 — TEORIA BASALTOGENETICA
3 — TEORIA DE SMYTH E LINDGREN
4 — TEORIA DE WEGMANN

Deve-se levar em consideração que a maioria das rochas alcalinas apresenta uma historia formativa muito complicada e com elos interrompidos, de sorte que a posição do geólogo deve ser eclética porquanto, cientificamente, talvez nenhuma possa explicar com exclusividade a genealogia alcalina. Em um ponto todos os geólogos estão concordes, — em que as rochas alcalinas devem ser consideradas polifilogenéticas.

A teoria de DALY-SHAND e a de BOWEN são as mais interessantes, e portanto será apenas examinada a contribuição das rochas alcalinas da ilha de São Sebastião à estas duas.

1 — CONTRIBUIÇÃO À TEORIA DE DALY-SHAND.

O postulado fundamental desta teoria reside nas relações de campo observadas por DALY e por SHAND entre as rochas alcalinas e as calcáreas. SHAND (71) estabeleceu uma lista de localidades onde ocorrem rochas alcalinas associadas a calcáreo: *"It must be granted that mere association means little, unless there is direct evidence of reaction. When discussing this matter in 1930, the writer named the following 15 localities where there is direct field evidence of reaction between magma and carbonate rock, leading to the production of melanocratic rocks containing large amounts of diopside and other lime-rich minerals such as melanite, sphene, apatite, calcite, pectolite, melilite, perowskite, scapolite; with or without nepheline and cancrinite.*

TORY HILL, Ontario (and other localities)
MOUNT ROYAL, Quebec
OKA HILLS, Quebec
ICE RIVER, B. Columbia
MAGNET COVE, Arkansas
JACUPIRANGA, Brasil
LOCH BOROLAN, Scotland
FEN DISTRICT, Norway
ALNO, Sweden
KUOLAJARVI, Finland
SVIATOY NOSS, Transbaikalia

BOTOGOL HILL, Siberia
GRANITBERG, S. W. Africa
SEKUKUNILAND, Transvaal
PALABORA, Transval.

That list might now be extended to include IRON HILL, Colorado; TURJA, Kola Peninsula, and KAINDY RIVER Turkestan"

Como se observa nesta lista, SHAND omitiu a maioria das localidades mundialmente conhecidas pela singela razão de que aí as rochas alcalinas não ocorrem associadas a calcareos e como tal quebrava-se o uniformitarismo da sua concepção fundamental. A lista dada na parte referente ao jazimento, em que predomina como rocha encaixante tipos cristalinos eruptivos e metamórficos não calcáreos, demonstra claramente que SHAND partiu de uma premissa não universal e portanto a sua concepção é inicialmente defeituosa. Outro ponto que fere a teoria de DALY-SHAND é o observado por SMYTH de que as rochas alcalinas são ricas em minerais de elementos raros como fluor, cloro, fosforo, zircónio, titânio e metais do grupo cério e ítrio, que indibitavelmente não estão no calcáreo encaixante.

Os postulados de DALY, creador da teoria, são os seguintes: (16)

"1 — *Reacting magma subalkaline, ranging in composition basaltic to the granitic.*

2 — *Its disilication (desaturation in silica) by:*
a) assimilated carbon dioxide (from carbonate rocks) and water (from sediments in general)
b) assimilated lime and/or magnesia (from carbonatic rocks)
c) concentrated juvenile carbon dioxide, water and other volatiles.

3 — *Differentiation of:*
a) synthetics corresponding to 2a. and 2b
b) magma enriched in juvenile carbon dioxide, water and other volatiles"

O fundamento da teoria constitui, pois, a presença de um magma subalcalino (basalto a granito) reagindo com estruturas encaixantes calcáreas. Segundo DALY (71) ha cêrca de 234 ocorrências de rochas alcalinas no mundo todo, sendo 163 associadas a calcáreos, 63 indecisas e 8 desfavoraveis. O defeito inicial é

tomar a associação com o calcáreo como essencial, pois pode haver lugares em que atualmente não exista mais calcáreo e que tenha originalmente existido e tomado parte na formação das rochas alcalinas locaes, bem como pode haver outros em que exista calcáreo e que este não tenha tomado parte na formação de tais rochas. E' pois sempre perigoso fazer o jogo das estatísticas sem liga-las a outros fatos geológicos. A rocha encaixante é mera circunstância e não causal. O mesmo raciocínio que DALY aplica ao calcáreo poder-se-ia pela mesma razão aplica-lo às rochas eruptivas, gnais e xistos que tambem ocorrem encaixando rochas alcalinas. Entretanto DALY e SHAND afirmam que se dão reações entre o calcáreo e o magma gerador, abaixo descritas: "1 — *Solution of limestone by magma, leading to direct formation of feldspathoids by disilication of feldspar molecules;* 2 — *Sinking of heavy lime-silicates and complementary rise of a light alkaline fraction under control of gravity;* 3 — *Formation of alkaline carbonates and rise of these towards the roof of the magma chamber, where carbon-dioxide is displaced by silica. The operation of the third factor cannot be studied in the field on account of the disappearance of carbonic acid from the system, yet it is of much importance to the theory, for it provides an alternative method by which nepheline and other soda-rich minerals may be formed in the magma*" A seguir esses autores dão as reações químicas, não experimentais mas teóricas, que se passariam no processo, concluindo com as seguintes palavras: " *.a body of high alkaline rocks may be formed at a distance from any visible body of carbonate rock. Thus the absence of limestone from the immediate neighbourhood of a feldspathoidal rock cannot be regarded as a proof that limestone played no part in its formation*" Isto realmente seria válido se as reações fossem experimentalmente comprovadas ou que existissem provas petrológicas. Sendo o processo puramente teórico a conclusão é apenas especulativa. Alem do mais, DALY-SHAND colocam certa dúvida no seu processo quanto ao terceiro fator que não pode ser estudado no campo devido ao desaparecimento do ácido carbônico do sistema. Para o autor, mais importante do que a presença do calcáreo é a sua quantidade necessária para desilicar um magma granítico e conduzi-lo à formação de rochas alcalinas. Segundo SHAND para 100 partes de um magma alcalino foram necessárias 65 de calcáreo.

Examinados os pontos fracos da teoria de DALY-SHAND, como sejam: 1 — Essencialidade do calcáreo, 2 — Processo teórico, 3 — Presença de elementos raros e 4 — Proporção do magma para o calcáreo, é possivel examinar qual a atitude das rochas alcalinas da ilha de São Sebastião em face desta teoria.

Inicialmente o jazimento não apresenta o menor vestígio de calcáreo. Com uma area de 300 Km^2 e cêrca de 800 metros de

altura média sobre o nivel do mar, o maciço alcalino da ilha de São Sebastião apresenta uma cubagem de 240 km³ de rochas alcalinas, considerada somente a parte sobre o nivel do mar. Admitindo-se que houve calcáreo originalmente e que hoje tenha sido retirado pela erosão ou que tenha sido consumido no processo, — segundo o postulado de SHAND a massa requerida teria sido na proporção de 65:100 ou sejam 156 km³ de calcáreo para gerar 240 km³ de rochas alcalinas. Este volume de calcáreo é impossivel de ser encontrado no arqueano brasileiro, onde sempre ocorre em lentes. No caso do maciço do Itatiaia patenteia-se mais ainda a discrepância pois com um volume de 1876 km³ (considerando-se sua altitude média cêrca de 1.300 m sobre o nivel do mar) a quantidade de calcáreo requerida seria da ordem estupefaciente de 1.219, 4 km³, cubagem absurda para o calcáreo que costuma ocorrer no arqueano no Brasil. Deve-se considerar que as rochas alcalinas proseguem abaixo do nivel do mar na ilha de São Sebastião, aumentando assim a quantidade requerida. Ademais, caso o calcáreo participasse da sua formação seria fatalmente encontrado vestigio, como acontece em Ipanema e Jacupiranga, onde se observa o calcáreo metido dentro da apatita e do Jacupiranguito.

A teoria de DALY-SHAND é pois inhabil para explicar a gênese das grandes massas alcalinas do tipo da ilha de São Sebastião, Itatiaia e Poços de Caldas, encontrando apoio nas pequenas ocorrências como em Jacupiranga e Ipanema. Nos termos em que está concebida a teoria DALY-SHAND deve ser tomada como uma especulação mais do que propriamente uma teoria científica. A falta de base científica e experimental obrigou aos seus autores defende-la a todo custo por meio de dialética e especulação.

LAMEGO, A. R. (44) no seu trabalho geológico sobre o Itatiaia nega a competência da teoria de DALY-SHAND para explicar a sua origem.

O presente estado da teoria de DALY é dado pelo proprio SHAND em seu mais recente trabalho a respeito (72):

"Daly's hypothesis has been attacked by geologists and chemists. It is shown that neither the absence of visible limestone at certain localities nor the absence of visible reaction at other localities constitutes disproof of the hypothesis. The assumption of a "carbonate magma" is believed to be untenable. Experimental chemistry indicates a thermal barrier between oversaturated and undersaturated silicate melts, but the behavior of a hydrous magma is not completely determined by that of an anhydrous melt. The field evidence which alone can decide the question is increasingly favourable to Daly's hypothesis. Este resumo de SHAND constitue a confissão de erro da sua teoria. Afirma em primeiro lugar que

a ausência de calcáreo e tambem a falta de reação observados em algumas ocorrências não podem ser usados como provas contrárias à teoria e termina dizendo que somente a evidência no campo decide a questão. Ha evidentemente aqui forte contradição; se a evidência no campo decide a questão, a falta de reação ou a falta de calcáreo devem ser tomadas como contraprova e não como favoraveis à teoria, pois esta está postulada exclusivamente nos argumentos das relações de campo. Estas objeções são puramente de ordem lógica, porquanto geologicamente a físico-química desfecha um golpe de misericórdia nessa teoria. SHAND (72, p. 498) afirma: *"It is from the chemists rather than the petrologists that the really serious opposition to the Daly's hypothesis has come. About the year 1910 it did not seem absurd to suppose that magma rising into the sedimentary crust might be superheated to the extent of one or two hundred degrees, and herefore be capable of effecting considerable solution of the walls. But, "geological thermometer" studies soon demonstrated that granite and even diabase, at the time of intrusion into he crust, are less highly heated than we had supposed and cannot have much superheat. Bowen has added the further demonstration that silication of calcite and dolomite is an endothermic process. How then can a granitic magma dissolve limestone? The answer is perhaps that the portion of the magma which enters into reaction with its limestone walls is always a very small fraction of the whole, and that its temperature may be maintained for a long time by the outflow of heat from the main body of magma"*

Isto significa que a um conceito físico-químico SHAND contrapõe mera suposição. E se apenas uma pequena fração do magma subalcalino reage com o calcáreo encaixante, calcule-se a quantidade do magma necessário para gerar as enormes massas alcalinas, eucristalinas segundo a nomenclatura de SHAND, cuja sobra da reação com o calcáreo fatalmente deveria cristalizar-se em alguma rocha. Isto não se observa absolutamente na ilha de São Sebastião e em nenhum maciço alcalino de plutonitos no Brasil. Os exemplos que SHAND cita, dizendo que apenas 0.3% do complexo de Christiana, estudado por BROGGER, é constituido de rochas nefelínicas é um argumento dimorfo que tanto serve à tese de reação com o calcáreo como à da diferenciação.

A ignorância de DALY e de SHAND de que os maiores maciços alcalinos do mundo, com excepção de Kola na Russia, talvez estejam no Brasil e que todos não mostram relação alguma com calcáreo, teria influido na proposição dessa teoria. Ademais ha regiões em que o granito corta o calcáreo e não foi observada nenhuma reação. SHAND replica esta evidência de campo com uma suposição, a que talvez não houvesse temperatura e pressão suficientes. Desta maneira os argumentos de campo, únicos capazes

de decidir a favor da teoria no dizer de SHAND, revelam-se segundo ele próprio incapazes de provar sua teoria. Apesar disso SHAND (72, p. 503) ainda se contradiz afirmando: *"It short, there is no hypothesis which fits the field evidence so well as Daly's, or makes so few and so reasonable assumptions"* Isto significa que apezar da ausência de valor na presença do calcáreo, dos diagramas de BOWEN e do termômetro geológico, SHAND persiste com a mística das relações de campo. Finalmente o próprio SHAND reconhece a falência da teoria de DALY (72, p. 505) no seu artigo: — *"Unless a large number of observers are all at fault, we must believe that granitic magma does sometimes suffer desilication by reaction with limestone, to the extent of generating a relatively small amount of foyaite; that syenitic and foyaitic magmas may be further disilicated to urtite and ijolite; and that basaltic magma under similar conditions give rise to rocks such as theralite and nepheline-melilite rocks. But there is no basis either in Daly's hypothesis or in chemical theory for the assumption that there reactions must take place wherever magma and limestone come in contact.*

The final test of any hypothesis is that it shall not only explain what is known but shall succeed in predicting the unknown. In 1910 Daly cited many occurrences of rocks in regions where no limestone was then known. Some of these occurrences are on islands, such as Cabo Frio (Brazil) and the Los Archipelagos (West Africa), and in these instances the evidence may be hidden under the sea" Entretanto em Cabo Frio as rochas alcalinas não ocorrem somente na ilha, porem no continente fronteiro; caso houvesse influência do calcáreo fatalmente deveria haver vestígios no continente.

SHAND (72) termina o seu artigo dizendo: *"Perhaps Daly's hypothesis has still to undergo a final metamorphosis before it takes a form that will satisfy all its critics, but already it has abundantly proved its value as an instrument for the increase of knowledge and the promotion of discovery"*

A conclusão final que se chega no tocante às rochas alcalinas da ilha de São Sebastião é que elas não contribuem a favor da teoria de SHAND, podendo ter havido influência do calcáreo em Anitápolis, Ipanema e Jacupiranga, pois onde existem jazidas de apatita e magnetita ha sempre correspondente associação com o calcáreo.

2 — CONTRIBUIÇÃO À TEORIA BASALTOGENETICA

A teoria da descendência das rochas alcalinas a partir de um magma basáltico alcalino foi proposta por N. L. BOWEN e adotada por BARTH, BACKLUND, WEGEMANN, LEHMANN, e DJALMA GUIMARÃES, alem de outros notaveis petrologistas. Basea-se funda-

mentalmente nos equilíbrios físico-químicos que regulam a cristalização fraccionada, mecanismo segundo o qual é possivel chegar-se mediante diferenciação do basalto a termos alcalinos e destes a quartzosos.

BOWEN (9) e mais recentemente (10), demonstra que um sistema a policomponentes havendo um dos constituintes com ponto incongruente é possivel chegar-se, por meio de cristalização fraccionada, a uma diferenciação na composição mineralógica, o que significa simultaneamente diversidade de rochas. Se os componentes todos do sistema tiverem pontos congruentes não haverá cristalização fraccionada qualitativa, porem os minerais a segregarem-se serão sempre os mesmos podendo variar na quantidade. Constitue esta a chave do problema da cristalização fraccionada e a que abre a diferenciação. GUIMARÃES, D. (31) provou quimicamente a possibilidade de fazer descender as rochas nefelínicas do magma basáltico, realizando notavel exegese do processo.

Os elementos que favorecem a gênese das eruptivas da ilha de São Sebastião por meio da diferenciação de um magma basáltico podem ser assim relacionados:

I — Dados petrológicos

1 — *Segregação mineralógica da série alcalina*
2 — *Diferenciação da série alcalina*

II — Dados geologicos

3 — *Relação de campo das eruptivas alcalinas com o magma basáltico do Brasil meridional*
4 — *Volume das rochas alcalinas*
5 — *Ausência de calcáreos*

1 — *Segregação mineralógica da série alcalina.*

A quase totalidade dos geólogos está convencida, graças aos magníficos trabalhos de N. L. BOWEN, que é absolutamente possivel a formação de resíduos alcalinos pela cristalização francionada de um magma basáltico de composição apropriada. Como já foi referido, nos magmas residuais ricos em K_2O forma-se a nefelina quando as pressões são altas e leucita quando baixas. A questão da segregação enquadra-se no sistema investigado por BOWEN, o sistema Or-Ab-An que, nas rochas submetidas a altas pressões, corresponde à leucita uma mistura de nefelina plus ortoclásio. Este fato é comprovado pela composição química absolutamente idêntica entre rochas com leucita e aquelas com nefelina. Acontece que naturalmente a nefelina sempre contem um pouco de potássio e a leucita por seu turno um pouco de sódio. O diagrama abaixo indica essa relação:

LEUCITA ⇄ NEFELINA + ORTOCLASIO

Os minerais que se cristalizam nos magmas alcalinos são geralmente um tanto diversos dos minerais de outros tipos magmáticos. Nos chamados magmas subalcalinos a maior parte do plagioclásio e dos componentes coloridos cristaliza-se antes dos álcali-feldspatos, fato demonstrado por BOWEN (9) no seu conhecido princípio de reação. Nas rochas alcalinas dá-se o inverso; os álcali-feldspatos segregam-se muito cedo, formando tambem como os plagioclásios uma série de reação contínua. Muitas vezes esta segregação é concomitante com os plagioclásios. Durante o processo de resfriamento os álcali-feldspatos reagem com o líquido e vão gradualmente enriquecendo-se em sódio. Assim nas rochas alcalinas temos dois sistemas contínuos, o do plagioclásio que vae do termo rico em cálcio ao rico em sódio e o do álcali-feldspato que vae dos membros ricos em potásio aos ricos em sódio. BARTH (5) traçou o diagrama da segregação mineralógica das rochas alcalinas, já citado no capítulo referente à diferenciação da série alcalina.

Nas rochas da ilha de São Sebastião, na série alcalina, não ocorre leucita devido os tipos serem plutonitos, de granulação grosseira, tipos que sofreram altas pressões. A nefelina, substitue ipsofato a leucita em todos os tipos, de acordo com o diagrama de BOWEN.

Analisando-se as séries contínuas dos feldspatos, os plagioclásios de um lado e os álcali-feldspatos de outro, segundo o diagrama de BARTH (5) verifica-se que essa marcha deu-se nas rochas da ilha de São Sebastião, da série alcalina. No primeiro grupo de rochas a variação dos feldspatos foi a seguinte:

	PLAGIOCLÁSIO		ALCALI-FELDSPATO
1 —	**Labradorita**	TERALITO	(ausência)
	↡		
2 —	**Oligoclásio**	ESSEXITO	Micropertita
	↡		↡
3 —	**Oligoclásio**	ESSEXITO-FOIAITO	Micropertita
			↡
4 —	(ausência)	FOIAITO	**Anortoclásio**

No segundo grupo a variação do feldspato foi a seguinte:

	PLAGIOCLÁSIO		ALCALI-FELDSPATO
1 —	(ausência)	NEFELINA-SIENITO	**Anortoclásio-albita**
		⇕	
2 —	(ausência)	PULASKITO	**Anortoclásio-albita**
		⇕	
3 —	(ausência)	BIOTITA-PULASKITO	**Anortoclásio-albita**
		⇕	
4 —	Albita	NORDMARKITO	Anortoclásio

Conclue-se que a sequência de cristalização do feldspato copiou fielmente a dada por BARTH (55), sequência esta a partir de uma matriz basáltica de composição apropriada, geralmente rica em K^2O.

2 — *Diferenciação da série alcalina.*

Examinando-se a diferenciação das rochas alcalinas da ilha de São Sebastião verifica-se que os termos mais básicos da cadeia apresentam caracteres gabroides como o teralito da ponta das Canas, e tambem o da práia da Armação. Estas rochas estão ligadas a um tipo matriz olivina-gábrico graças à abundante olivina que exibem. A existência desse tipos básicos, aliada à do essexito onde já não ha mais olivina, favorece a existência de raizes basálticas e não a teoria de SHAND. A diferenciação segundo BOWEN conduz até a formação de nefelina-sienito. Para os tipos saturados, como o pulaskito, e os supersaturados como o nordmarkito deve haver contribuição de sílica extranha, fato já comentado por V LEINZ (49).

O processo da diferenciação por cristalização fraccionada a partir de uma matriz basáltica apresenta certas dificuldades, segundo BACKLUND (1), quanto à gênese de tipos ricos em nefelina como os ijolitos e urtitos: *"So far no real explanation has been given of the derivation from basaltic magma of true alkaline rocks rich in sodium"* No caso da série alcalina da ilha de São Sebastião não ha esta dificuldade pois não ocorrem tipos ricos em nefelina como ijolitos e urtitos, nos diferenciados finais, porem tipos quartzosos como o nordmarkito.

Para explicar esta diferenciação para tipos finais ijolíticos e urtíticos, o que aconteceu em Lujaur-Urt, Russia, FERSMANN (43) desenvolveu um processo de diferenciação proposto por USSING, denominado *agpaítico*, cuja essencialidade reside na segregação prévia dos feldspatoides e álcali-feldspatos sobre os demais minerais. Esta ordem agpaítica opõe-se, pois, à ordem normal de segregação. Os primeiros minerais a se formarem, sendo a nefelina

e os álcali-feldspatos tendem a subir na camara magmática por gravidade graças à sua densidade menor do que o líquido e formam superiormente um filme ijolítico. Em algumas partes FERSMANN admite a possibilidade do urtito ou o ijolito reagir com a rocha encaixante, se de natureza gnaissica, conduzindo à formação de tipos como o puláskito e o nordmarkito. Este tipo agpaítico não se aplica à série alcalina da ilha de São Sebastião por duas razões: 1 — Raizes olivina-basálticas dos termos mais básicos (teralito); 2 — Ausência de testemunhos de finais ricos em nefelina (ijolitos e urtitos) (nephelinitos). Esta segunda razão destroe a possibilidade de uma diferenciação agpaítica para a sequência alcalina da ilha

A diferenciação na ilha de São Sebastião seguiu a ordem normal. A questão da existência de diferenciados ácidos como pulaskito e nordmarkito sugeridos por FERSMANN na diferenciação agpaítica é uma especulação que tambem pode ser feita na diferenciação a partir de um magma basáltico, não sendo um argumento específico. O ponto mais fraco da diferenciação agpaítica é a natureza do magma matriz que FERSMANN supõe sendo uma mistura de feldspato, feldspatoide e aegirina, magma este de concepção evidentemente teórica, sem ter sido cientificamente comprovado. Aliás, mesmo admitida a sua existência, nem FERSMANN e nem BACKLUND *explicam* a sua gênese.

Para se tentar qualquer linha de descendência petrogenética é necessário partir de um magma que aponte caracteres de magma primário. Os atributos de um magma primário devem ser: a) ser representado por um verdadeiro líquido indiferenciado, b) mostrar distribuição universal, c) ter uniformidade de composição e d) possuir grande volume. Somente o magma basáltico preenche estes requisitos. O mérito de BOWEN é justamente tomar como ponto de partida um verdadeiro magma primário e não um de concepção imaginativa como FERSMANN. SHAND (16, p. 487) critica a teoria de BOWEN dizendo: *"It will be observed that for the development of a foyaitic fraction from a basaltic magma Bowen s theory demands a remarkable conjunction of favourable circunstances. The liquid must twice be strained off from the early-formed crystals, and in each case this must happen at a crucial moment, after crystallization has proceeded far enough to produce the desired effect and before the temperature is reached at which reaction would set in and destroy the effect. If Bowen s postulates are all granted, it seems that a very small body of foyaite might originate in this way, say once in a million times; but to suggests that all nepheline rocks have been generated under such remarkable conditions is to put a far, far greater strain on the probabilities than the most extreme supporter of the assimilation theory has ever done"* Esta crítica de SHAND revela uma contradição, porquanto este autor

e DALY (16) estimam as rochas alcalinas em 1/1000 das demais eruptivas e afirmam que sua ocorrência é rara e muito reduzida. exatamente de acordo com a teoria de BOWEN, onde as rochas alcalinas somente podem ser geradas mediante condições físico-químicas e de composição química que desloquem o equilíbrio do magma no sentido de uma cristalização fraccionada. A crítica de SHAND afirmando que somente um conjunto de condições extremamente favoraveis permitiria a geração de rochas alcalinas está de acordo com BOWEN e com a evidência de campo onde os maciços alcalinos são raros e limitados.

KENNEDY (42) admite a existência de dois tipos de magma basálticos: a) olivina-basáltico e b) toleítico. No capítulo referente às eruptivas básicas teve o autor o ensejo de discutir esta proposição de KENNEDY afirmando que realidade somente existe um magma basáltico primário — o olivina-basáltico. Este magma perfurando a crosta siálica dos continentes enriquece-se em sílica produzindo o toleítico. DJALMA GUIMARÃES (*) encontrou recentemente a prova desse fato, estando na impressão o seu trabalho a respeito.

Interessante é a diferenciação defendida por KENNEDY (42) no caso do magma olivina-basáltico. "Na linha de descendência do olivina basalto a variação caminha para uma diferenciação traquítica, mais rica em sílica do que o basalto original e com uma composição química igual a um álcali-sienito ou fonolito (WALKER, Q. J. G. S., 87. 1930), ou caminha para uma variedade mais básica não muito, apreciavelmente, mais silicosa do que o basalto matriz e quimicamente semelhante ao monzonito-soda-shonkinito (LACROIX, Comp. Ren. Acad. Sc. Paris, 187. 1928) ou ao teralito (LEHMANN, Chimie der Erde, 1930)." Exatamente o proposto por KENNEDY observa-se na ilha de São Sebastião, onde como tipos diferenciados fundamentais encontra-se de um lado o nefelina-sienito e de outro o teralito, que, segundo o diagrama desse autor devem provir de um magma olivina-basáltico.

Magma olivina-basáltico → Teralito
Magma olivina-basáltico → Nefelina-sienito

O comportamento da composição química pode ser visto no caso da diferenciação do magma olivina-basáltico, nos pegmatitoides que são veios de segregação contemporânea no seio da lava e diferenciados, como mostra o quadro seguinte, citado por KENNEDY (42).

(*) Comunicação verbal.

QUADRO VII

	SiO_2	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
SHIANT ISLES (1)	45.8	8.2	9.4	2.5	0.5
SHIANT ISLES (2)	58.36	0.59	1.99	2.47	4.31
WEIT'CHANG (1)	45.42	9.30	10.62	2.82	1.57
WEIT'CHANG (2)	46.12	3.26	10.16	4.67	3.07
STOFFEL (1)	45.68	11.48	9.18	2.33	1.51
STOFFEL (2)	45.99	3.67	8.07	3.24	3.90

1 — Análise do magma olivina-basáltico.

2 — Análise do diferenciado.

Constata-se, graças a estes dados químicos, a possibilidade do magma olivina-basáltico enriquecer-se em álcalis nos seus diferenciados. Pela cristalização fraccionada, de acordo com BOWEN, é possivel este magma caminhar para as rochas alcalinas. A composição do magma olivina-basáltico é tal que ele permanece bem dentro do campo de estabilidade da forsterita, no sistema FORSTERITA-DIOPSIDIO-SILICA, ou provavelmente mais perto da curva FORSTERITA-DIOPSIDIO (11). A cristalização começará com a segregação de forsterita enriquecendo o líquido em CaO. O piroxênio logo imediato será, pois, uma variedade cálcica ou diopsídica. O líquido torna-se pobre em CaO impedindo sua combinação com Al^2O^3 que é forçado a combinar-se com os álcalis dando feldspato alcalino e feldspatoides. Segundo BOWEN (9, p. 243) *"The separation of the feldspathoid, leucite, is therefore to be expected during the fractional crystallization of a magma containing basic plagioclase with some orthoclase (say ordinary basaltic magma) if the pyroxene-olivine reaction has been such that the liquid is not endowed with enough excess of silica to neutralize this effect (See the discussion on pp. 236-237)"* Esta leucita dará nefelina nas rochas de profundidade segundo o conhecido diagrama:

LEUCITA ⇄ NEFELINA + ORTOCLASIO

Alem de BOWEN, outro autor LEHMAN (Chimie der Erde) demonstrou que as rochas alcalinas formam-se atravez da cristalização fraccionada de um basalto de composição química apropriada.

Esta discussão em torno da petrogênese das rochas alcalinas descendendo de um magma basáltico foi necessária para estabelecer no quanto as rochas alcalinas da ilha de São Sebastião favorecem esta teoria. Isto não implica em negar outros fatores na gênese das rochas alcalinas, porem particularizar que no caso da ilha de São Sebastião a teoria basaltogenética é a que oferece maiores possibilidades.

3 — *Relação de Campo das eruptivas alcalinas com o magma basáltico do Brasil meridional.*

Fora o "stock" fonolítico do Tributo, em Lages, Estado de Santa Catarina, metido dentro do campo basáltico do trapp do Paraná, nenhum outro jazimento de rochas alcalinas do Brasil meridional mostra intimidade com aquele magma. Entretanto ocorrem, na ilha de São Sebastião, diques de basalto considerados contemporâneos dos derrames da serra Geral, de sorte que a ilha não foi extranha ao tectonismo responsavel pela atividade eruptiva básica. Como em Poços de Caldas onde foi encontrada uma breccia alcalina englobando seixos de meláfiro, mostrando que a erupção alcalina foi posterior à básica, tambem na ilha de São Sebastião, na práia do Bonete (Foto n.º 14) observa-se um dique de nordmarkito cortando um dique de basalto, concordando com a idade posterior da atividade eruptiva alcalina.

A relação de campo entre as rochas alcalinas e as eruptivas básicas torna-se bem nítida se forem observadas as ocorrências de todas as eruptivas nefelínicas do Brasil meridional. Acham-se na periferia do grande platô basáltico do Paraná seguindo as mesmas linhas tectônicas que funcionaram na expulsão desse magma de compensação isostática, em fraturas de tensão. Em conclusão a ilha de São Sebastião, como o Itatiaia, Mendanha, Marapicú, Gericinó, Tinguá e Cabo Frio, embora esteja a 230 km mais ou menos da borda basáltica, apresenta sinais da erupção básica nos inúmeros diques de basalto, orientados NE-SW de modo que não pode ser considerada indiferente à manifestação desse magma.

4 — *Volume das rochas alcalinas.*

Com uma superfície de 300 km² de rochas alcalinas, aproximadamente, e com uma altitude média sobre o nível do mar de

cêrca de 800 m, o volume das rochas alcalinas na ilha de São Sebastião pode ser estimado em 240 km³. Para gerar essa massa formidavel de rochas alcalinas a teoria de SHAND e DALY mostrou-se incompetente devido à quantidade de calcáreo requerivel para tanto. Para gerar um maciço de tal magnitude, considerando-se a parcimonia das rochas alcalinas, somente um magma milhões de vezes maior poderia dar origem a esta segmentação. Só em superfície, na America do Sul, o derrame da serra Geral apresenta 1.200.000 km². Esta massa básica teria assim um volume incalculavel, capaz de produzir mediante condições especiais as massas alcalinas da Ilha de São Sebastião, Itatiaia, Poços de Caldas, etc., muito grandes em valores absolutos, porem diminutas em relação ao volume do magma basáltico. Mais uma vez a teoria de BOWEN encontra apoio no campo, pois de uma massa eruptiva basáltica, considerada a maior do mundo, apenas geraram cêrca de 2.000 km³ de rochas alcalinas, isto porque a segmentação do magma alcalino exige, como bem acentuou BOWEN, condições especiais no resfriamento e na composição química do líquido, capaz de deslocar o equilíbrio para uma cristalização fraccionada.

5 — *Ausência de calcáreo.*

A questão da ausência de calcáreo na ilha de São Sebastião já foi posta suficientemente clara a proposito da teoria de DALY. Seria interessante, no entanto, transcrever a opinião de BACKLUND (1, p. 19): *"The mineral assemblages of the alkaline rocks described elsewhere* (DALY, etc.) *as being in part (16 species) typical products of carbonate contamination of the magma, have been regarded as symptoms of carbonate assimilation. We see, however, that under the conditions here developed such minerals are a antural consequence of the complex processes of fraccionation-crystallization. Moreover, there are certain mineral associations which cannot be explained by the contamination hypothesis, altough they play a characteristic rôle in some examples of the alkaline suites. Why, for example, are the zirconium minerals so enriched as to imply names such as zircon-syenites, eudialyte-eukolite-syenites, katapleiite-syenites, lujaurites, kakortokites, etc., all found in alkaline bodies occurring in crystalline areas? These minerals and zirconium itself are completely absent from sedimentary carbonate rocks, whereas, on the other hand, the mineral zircon is a constant accessory mineral both in granites and in their dynamometamorphic descendente, the gneisses. In other magmatic rocks of the main suites the zirconium minerals play a very subordinate rôle, if indeed they are not totally lacking. The concentration of these typical minerals throughout the main rocks of the alkaline suite, and not only in local mineral segregations, may be the result*

of the melting and reassortment of the granitic wall rocks during the gradual or rythmic intrusion of the body"

V — COMPARAÇÃO COM OUTRAS OCORRÊNCIAS DO BRASIL.

Deve-se a geólogos e petrógrafos extrangeiros os primeiros estudos sobre rochas alcalinas no Brasil, em uma época em que tais tipos eram ainda mal conhecidos. Varias ocorrências destas rochas foram estudadas primeiramente por DERBY (18), BAUER (7), FR. GRAEFF (27), ROSENBUSCH (65) e WRIGHT (85). Infelizmente as comparações entre as eruptivas alcalinas da ilha de S. Sebastião e outras do Brasil meridional são limitadas a apenas algumas ocorrências parte devido a falta de estudos e parte porque esta comparação só deve ser feita com outros maciços de idêntico jazimento.

As ocorrências passiveis de comparação são as seguintes:

A — **CABO FRIO**
B — **ITATIAIA**
C — **POÇOS DE CALDAS**
D — **IPANEMA**

A — CABO FRIO

As eruptivas alcalinas de Cabo Frio foram magnificamente estudadas petrograficamente por FRED. EUGENE WRIGHT (85). Graças à gentileza da licenciada Berta Lange de Morretes poude o autor dispôr de uma tradução completa desse importante trabalho científico. O material estudado por WRIGHT foi coletado por DERBY que o remeteu a H. ROSENBUSCH, o qual por sua vez cedeu-o àquele autor.

Os tipos encontrados em Cabo Frio referem-se à ilha propriamente dita e tambem ao continente fronteiro, enquanto na ilha de São Sebastião as rochas são todas insulares. No continente fronteiro não foram encontradas até o presente nenhuma eruptiva alcalina.

a) NORDMARKITO, BIOTITA-PULASKITO E PULASKITO

Estas rochas são tão semelhantes tanto em Cabo-Frio como na ilha de São Sebastião que merecem ser tratadas conjuntamente.

O nordmarkito de Cabo Frio apresenta os mesmos caracteres do de São Sebastião. A textura é miarolítica, cor cinzenta, predominando as vezes os componentes claros. Dentre o feldspato o

QUADRO VIII

CABO FRIO	ILHA SÃO SEBASTIÃO
1 — Plutonitos	**1 — Plutonitos**
— Nordmarkito	— Nordmarkito
— Biotita-pulaskito	— Biotita-pulaskito
— ausência	— Pulaskito
— Umptekito	— ausência
— Nefelina-sienito	— Nefelina-sienito
— ausência	— Foiaito
— ausência	— Essexito-foiaito
— Essexito	— Essexito
— ausência	— Teralito
2 — Hipabissais	**2 — Hipabissais**
— Bostonito	— Bostonito
— Nefelina-aplito	— Nefelina-sienito-aplito
— ausência	— Microfoiaito
— ausência	— Sodalita-microfoiaito
— Tinguaito	— Microteralito
3 — Efusivas	**3 — Efusivas**
— ausência	— Sodalita-fonolito
— ausência	— Sodalita-traquito
— Monchiquito	— ausência
— Limburgito	— ausência

mais importante é o anortoclásio na ilha de São Sebastião e em Cabo Frio um concrescimento de ortoclásio, microclínio e albita. As cavidades miarolíticas, em ambas as ocorrências são revestidas de albita e quartzo idiomórficos, sendo neste caso os minerais mais recentes. Estas cavidades apresentam agulhas muito finas de aegirina e mais raramente cristais de zirconita e fluorita, fato que não ocorre na ilha de São Sebastião. O principal componente colorido, no nordmarkito de ambas as localidades, é uma biotita que em Cabo Frio pertence à variedade lepidomelana; por estes motivos ambas as rochas são biotita-nordmarkitos. Onde existe a mica ao lado de outros componentes coloridos ela é sempre mais velha. Os acessórios alem da magnetita, titanita e apatita comuns a ambos os nordmarkitos, somente existe zirconita e outros minerais de zirconio em Cabo Frio.

O pulaskito de Cabo Frio é um biotita-pulaskito graças a abundância da mica biotita, exatamente como o congenere da ilha de São Sebastião. O feldspato em Cabo Frio é um ortoclásio concrescido com microclinio e albita e na ilha de S. Sebastião um anortoclasio-albita o que praticamente constitue a mesma composição mineralógica. A sodalita e a nefelina estão ausentes no biotita-pulaskito da ilha de São Sebastião e são muito raras no de Cabo Frio. O anfibólio em relação a mica existe em menor quantidade. Na rocha de Cabo Frio forma colunas negras e aveludadas, limitadas pelas faces (110) (010) e (100). Pleocroismo X, marron amarelo claro com traços para o verde; Y marron escuro a verde oliva e Z, verde oliva marron. Z:c-14.° 2E muito pequeno e X bissetriz aguda. Trata-se pois de uma barkevicita, exatamente como o anfibólio do biotita-pulaskito da ilha de São Sebastião. Em Cabo Frio o piroxênio é um diopsídio com Z:c-36.° a -38.°, com bordos mais escuros e verdes, que já indicam sua transformação em aegirina ou aegirinaugita. No biotita-pulaskito da ilha de São Sebastião o piroxênio é uma aegirinaugita sem núcleo diopsídico, Z:c = + 61.°, com fraco pleocroismo. Em ambas as ocorrências alguns cristais de piroxênio passam a barkevicita nos bordos. Em Cabo Frio esta passagem da-se quando falta o bordo aegirínico no diopsídio. Os accessórios são em ambas as rochas titanita, magnetita e apatita, com excepção da lavenita, zirconita e rinkita que somente ocorrem em Cabo Frio.

O pulaskito da ilha de São Sebastião (n.° 13) é quase idêntico ao de Cabo Frio, ressalvando a quantidade de barkevicita que é dominante em São Sebastião e a biotita no de Cabo Frio. Como em Cabo Frio o piroxênio é um diopsídio normal Z:c -36.° geralmente idiomórfico e escasso, passando a aegirina nos bordos. Quando falta a aegirina passa diretamente a barkevicita nos bordos. A barkevicita possue Z:c -14.°. Na ilha de São Sebastião este pulaskito possue alem dos accessórios como a magnetita, titanita e apatita, a granada possivelmente a variedade melanita segundo as regras de paragênese. A nefelina e a sodalita são escassas e quase ausêntes em ambas as rochas. Quanto ao feldspato ele é anortoclásio-albita na ilha de São Sebastião e micropertita e albita em Cabo Frio.

b) UMPTEKITO

O umptekito é um tipo especial de pulaskito panalotriomórfico que não ocorre sinão em Cabo Frio, e assim mesmo no continente fronteiro e não na ilha propriamente dita. E' composto de um feldspato micropertítico tabular com propriedades quase idênticas ao do pulaskito do Cabo Frio. Depois da micropertita que é o componente mais importante vem o anfibólio, geralmente concrescido poikiliticamente com o feldspato. O anfibólio é o mais

QUADRO IX

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO		CABO FRIO	
	Biotita-Pulaskito	Pulaskito	Nordmarkito	Umptekito
SiO_2	58.60	58.20	58.46	58.75
Al_2O_3	21.50	18.90	16.56	17 46
Fe_2O_3	—	1.90	5.69	2.37
FeO	3.78	2.10	2.59	2.45
MgO	0.40	2.10	0.62	1.03
CaO	2.68	2.30	2.62	2.55
Na_2O	5.90	5.60	6.23	6.81
K_2O	4.60	5.80	5.44	5.87
CO_2	—	—	0.04	0.12
TiO_2	0.80	0.58	0.28	0.77
ZrO_2	ausência	ausência	—	—
P_2O_5	0.48	0.65	0.23	0.30
SO_3	—	—	traços	0.16
Cl	—	—	0.29	0.65
Cr_2O_3	—	ausência	—	—
MnO	0.004	0.12	traços	traços
NiO	—	ausência	—	—
BaO	—	traços	—	—
P.F.	0.95	1.60	1.21	0.74
TOTAES	99.69	99.85	100.26	100.03

antigo componente colorido, sendo Z:c -14.° a -18.°. Este forma o núcleo de cristais cujo bordo apresenta caracteres de um outro anfibólio tendo Z:c 21°30' sendo um elo da cadeia Barkevicita-arfvedsonita. O traço mais importante dos umptekitos pode ser considerado este concrescimento poikilitico do feldspato com anfibólios da cadeia barkevicita-arfvedsonita. Outro componente colorido é a biotita, muito parecida com a lepidomelana, geralmente mais antiga do que o anfibólio. Como último mafito encontra-se o diopsídio ocorrendo em grãos arredondados, quase incolores, espalhados em toda a lâmina. Os accessórios são titanita, apatita e pirita sem nenhum zirconosilicato, Mineralogicamente esta rocha parece-se muito com o pulaskito da ilha de São Sebastião (n.° 13). As diferenças residem na textura e na ausência de concrescimento poikilítico de anfibólios da série barkevicita-arfvedsonita com o feldspato. Na ilha de São Sebastião o anfibólio é constituido exclusivamente pela barkevicita.

O quadro IX dá as relações entre estas rochas e as da ilha de São Sebastião congeneres quanto à composição química. Dos dados da composição química os quadros X e XI mostram a composição molecular e em átomos metálicos. Compulsando-se essa comparação verifica-se que as quatro rochas comparadas mostram extrema identidade química, consistindo a diferença fundamental a ausência de minerais de zircônio nas rochas da ilha de S. Sebastião.

c) NEFELINA-SIENITO

O nefelina-sienito forma em Cabo Frio toda a principal massa intrusiva, ao passo que a ilha de São Sebastião não se pode afirmar o mesmo positivamente, pois somente aflora a periferia mais ácida do maciço constituida de pulaskito e nordmarkito sendo que, possivelmente, todo o núcleo seja de nefelina-sienito. O nefelina-sienito de Cabo Frio é um tipo de rocha de granulação grosseira, de côr cinzenta, mineralogicamente composto de micropertita, nefelina, sodalita, piroxênios da série diopsídio-aegirina, anfibólio esverdeado, zirconita, apatita, magnetita, pirita, lavenita, rinkita, rosenbuschita, fluorita e granada. O principal componente é a micropertita, fortemente intercrescida com a albita. Como na ilha de São Sebastião os elementos incolores formam a principal parte da rocha, enquanto os coloridos, ao contrário, aparecem em grupos isolados. O principal componente fêmico é um diopsídio com bordos aegirínicos. O diopsídio sempre ocupa o centro do cristal de piroxênio, apresentando-se incolor, fortemente refringente, apresentando forte birefringência, com pleocroismo muito fraco. Z:c 38°40' Nos bordos assume côr esverdeada, tendo X:c 2 a 4.° sendo referivel à aegirina.

QUADRO X

COMPOSIÇÃO MOLECULAR

	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO		CABO FRIO	
	Biotita-Pulaskito	Pulaskito	Nordmarkito	Umptekito
SiO_2	68.0	67.8	68.1	68.2
Al_2O_3	14.1	12.7	11.3	11.7
Fe_2O_3	—	0.8	2.8	1.1
FeO	3.7	2.0	2.5	2.4
MgO	0.6	3.5	1.1	1.8
CaO	3.5	2.8	3.2	3.1
Na_2O	6.7	6.2	7.0	7.5
K_2O	3.4	4.2	4.0	4.2
TOTAES	100.0	100.0	100.0	100.0
Peso Mol.	148.35	148.95	146.9	148.4

A transição do diopsídio para a aegirina faz-se gradualmente com o piroxênio e observa-se tal fato oticamente. Concrescido paralelamente como piroxênio encontra-se um anfibólio de côr esverdeada clara até verde azulado (X, azul verde; Z, oliva amarelado) com 2E pequeno. X:bissetriz aguda e X:c $+$ 25.°. Este anfibólio é pouco frequente e quando aparece está concrescido poikiliticamente.

Na ilha de São Sebastião o nefelina-sienito forma a rocha alcalina que ocupa o segundo lugar em importância nos afloramentos, pois o pulaskito e nordmarkito possuem maior distribuição superficial. A descrição da rocha de Cabo Frio é idêntica à da ilha de São Sebastião, com a diferença de que nesta localidade o anfibólio forma uma cadeia barkevicita-arfvedsonita. Quando falta o bordo aegirínico no diopsídio ele é substituido pelo anfibólio. Outra diferença reside nos minerais de zircônio que são comple-

QUADRO XI

COMPOSIÇÃO EM ATOMOS METALICOS

	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO		CABO FRIO	
	Biotita-Pulaskito	Pulaskito	Nordmarkito	Umptekito
Si	53.8	52.23	54.4	54.7
Al	22.0	19.20	18.1	18.9
Fe	5.7	5.70	6.5	3.6
Mg	0.5	2.42	0.9	1.4
Ca	3.6	3.15	2.6	2.5
Na	8.4	7.98	11.2	12.1
K	6.0	9.25	6.3	6.8
TOTAES	100.0	100.0	100.0	100.0
M.A.Z.	184.67	184.80	182.5	184.9
A.Z.	475.46	474.69	469.0	472.5

tamente ausentes no nefelina-sienito da ilha de São Sebastião. Igualmente ainda não foi constatada a presença de fluorita nas rochas desta ultima ocorrência. As diferenças no piroxênio e anfibólio podem ser assim resumidas.

1 — { Diopsídio-Barkevicita-Arfvedsonita
} Diopsídio-aegirina

2 — Diopsídio-aegirina-anfibólio

1 — Nefelina-sienito da ilha de São Sebastião.
2 — Nefelina-sienito de Cabo Frio.

QUADRO XII

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

	Cabo Frio	Ilha São Sebastião		Salem Neck	Rongstock
	"Essexito"	Teralito	Essexito	Essexito	Essexito
SiO_2	43.66	43.70	54.10	47.94	50.50
Al_2O_3	17.35	18.70	20.90	17 44	17.64
Fe_2O_3	7.88	14.30	—	6.84	5.41
FeO	5.40	—	5.64	6.51	4.02
MgO	4.27	5.40	1.30	2.02	3.33
CaO	9.39	10.10	3.70	7 47	7.91
Na_2O	5.12	2.85	5.60	5.63	5.52
K_2O	2.07	2.36	5.10	2.79	3.02
CO_2	—	—	—	—	—
TiO_2	1.21	1.60	1.40	0.20	1.91
ZrO_2	—	ausência	ausência	—	—
P_2O_5	1.32	0.65	0.46	1.04	0.92
SO_3	—	—	—	—	—
Cl	—	—	—	—	—
Cr_2O_3	—	—	—	—	—
MnO	—	0.01	0.002	—	—
NiO	—	—	—	—	—
BaO	—	—	—	—	—
P.F	1.99	0.50	1.00	2.04	0.45
TOTAES	99.66	100.17	99.202	99.92	100.63

A estas semelhanças petrográficas infelizmente não é possivel ajuntar uma comparação química por não dispôr o nefelina-sienito de Cabo Frio de uma análise química.

d) ESSEXITO

WRIGHT (85) determinou dois tipos texturais de essexito em Cabo Frio, denominando-os respectivamente de grana fina e de grana grossa. Mineralogicamente o tipo de grana grossa consta de uma labradorita ácida, de composição molecular $Ab_1\ An_1$ — $Ab_3\ An_4$ com extinção de cêrca de 12°30' em (010) e 9°-10° em (001), tendo 36° na extinção simétrica máxima. Segue-se uma augita incolor ou verde clara, algumas vezes avermelhada ou violeta, tendo Z:c 40° aproximadamente, pois devido a dispersão não poude ser determinado o angulo exatamente. Os cristais violetas acinzentados mostram muitas vezes zonamento e neste caso a porção central mostra

QUADRO XIII

COMPOSIÇÃO MOLECULAR

	CABO FRIO	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO		SALEM NECK
	"ESSEXITO"	TERALITO	ESSEXITO	ESSEXITO
SiO_2	52.4	53.55	65.6	58.8
Al_2O_3	12.0	12.90	14.5	11.7
Fe_2O_3	3.5	6.31	2.8	2.3
FeO	5.3	—	—	3.8
MgO	7.6	9.50	2.3	5.6
CaO	11.8	12.72	4.6	9.6
Na_2O	5.8	3.25	6.4	6.1
K_2O	1.6	1.77	3.8	2.1
TOTAES	100.0	100.00	100.0	100.0
Peso Mol.	146.9	142.85	143.34	149.0

QUADRO XIV

COMPOSIÇÃO EM ÁTOMOS METÁLICOS

	CABO FRIO	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO		SALEM NECK
	"ESSEXITO"	TERALITO	ESSEXITO	ESSEXITO
Si	42.2	39.0	48.4	48.1
Al	19.5	17.3	20.8	19.2
Fe	10.0	17.6	8.3	6.8
Mg	6.2	5.5	1.5	4.6
Ca	9.5	12.5	5.1	7.9
Na	9.5	4.8	8.1	9.9
K	2.5	3.3	7.8	3.5
TOTAES	100.0	100.0	100.0	100.0
M.A.Z.	180.5	177.54	184.51	182.0
A.Z.	469.9	451.78	471.18	459.0

maior angulo de extinção. Alem da augita, cujos caracteres são parecidos com os da titanaugita, mas que WRIGHT não faz nenhuma menção, existe o anfibólio concrescido com o piroxênio sendo de composição barkevicitica, tendo Z:c = 13°30'. X, bissetriz aguda. Como ultimo componente colorido ocorre a biotita, geralmente concrescida com o diopsídio. Como accessórios ocorrem a magnetita titanífera, a titanita e apatita. Esta rocha acha-se descrita por H. ROSENBUSCH (65) no seu livro MIKROSKOPISCHE PHYSIOGRAPHIE, fazendo este autor menção de certas manchas compostas de uma mistura poikilítica de pedaços de biotita e grãos de aegirina que considera produtos de pseudomorfose da olivina. Como se observa, a composição mineralógica desta rocha não constitue um essexito segundo a definição do seu autor e reproduzida por JOHANNSEN (40), mas sim de um teralito ou seja um olivina-gabro.

Idêntico a este "essexito" é o teralito da ilha de São Sebastião, que aflora na práia da Armação e, na ponta das Canas, o de grana fina. Assim existe na ilha de São Sebastião dois tipos texturais de teralito exatamente como o teralito de Cabo Frio, erroneamene denominado essexito por WRIGHT. O teralito da práia da Armação é constituido de uma labradorita ácida Ab_1 An_1 na composição molecular, exatamente como no "essexito" de Cabo Frio. A nefelina e a sodalita ocorrem intersticiais entre os demais componentes. Os elementos coloridos são titanaugita, raramente zonada, e quando isso acontece apresenta camadas titaníferas alternadas com camadas não titaníferas, Z:c = 54.° com valor diferente da augita do teralito de Cabo Frio, apezar de WRIGHT ter confessado ser a sua medida defeituosa. Alem da titanaugita ocorre a olivina, a biotita e a barkevicita.

O tipo de grana fina do "essexito" de Cabo Frio consta de um plagioclásio mais básico, pertencendo ao limite inferior da Bytownita, com Ab_1 An_1 — Ab_1 An_8, deduzido do ângulo de extinção 27°49' na face (001). Os componentes escuros são os mesmos que no tipo anterior. O teralito de grana fina da ilha de São Sebastião não apresenta semelhança com este tipo de teralito. O plagioclásio é mais básico que o do tipo de grana grossa, com An_{64}, porem não se aproxima da bytownita de Cabo Frio. Os elementos coloridos dominam este teralito de grana fina da ilha de São Sebastião.

Quimicamente nota-se uma certa semelhança entre o "essexito" de Cabo Frio e o teralito da ilha de São Sebastião como mostra o quadro XII. Ao lado dos tipos destas duas localidades vão algumas análises de verdadeiros essexitos, dadas pelo proçprio WRIGHT e que não apresentam semelhança nenhuma com o seu tipo de essexito, na realidade um teralito sem nefelina.

e) TIPOS HIPABISSAIS E EFUSIVOS

Observando-se o quadro VIII verifica-se que em Cabo Frio houve maior diferenciação para termos básicos, como o limburgito e monchiquito, enquanto na ilha de São Sebastião ha maior número de diferenciados alcalinos como microfoiaito, sodalita-microfoiato, sodalita-fonolito e sodalita-traquito que em Cabo Frio correspondem apenas tinguaito e nefelina-aplito. A presença de tipos como limburgito mostra uma afinidade enorme com o magma olivina-basáltico em Cabo Frio.

f) CONCLUSÃO

Esta rápida comparação entre a série alcalina da ilha de São Sebastião e a de Cabo Frio entre os membros comuns a ambas

localidades demonstrou que ha uma certa similitude nas duas intrusões, de caracter petrográfico, químico, tectônico e de jazimento. No entanto, se essa semelhança é grande com os plutonitos, já com os diferenciados texturais cada ocorrência apresenta seus tipos peculiares, demonstrando que as rochas alcalinas embora com raizes idênticas assumem "côr" local governada pelas condições peculiares à sua "mise-en-place"

B — ITATIAIA

O maciço alcalino do Itatiaia foi estudado por A. R. LAMEGO (44) do ponto de vista da geologia geral. Os dados disponiveis, portanto, são poucos para permitirem uma comparação com o maciço alcalino da ilha de São Sebastião. As análises químicas da série alcalina apresentadas possuem o defeito de não serem acompanhadas da espécie da rocha referida e as descrições petrográficas de M. CAMPOS são muito superficiais.

O maciço do Itatiaia, como o da ilha de São Sebastião, consta quase que exclusivamente de tipos plutônicos, de granulação grosseira.

Pelo quadro XV verifica-se que na série da ilha de São Sebastião ha muito maior diferenciação do que na série do Itatiaia. Com estudos petrográficos mais acurados, deve-se admitir a possibilidade de encontrar-se maior diferenciação no maciço do Itatiaia.

QUADRO XV

ITATIAIA	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO
— Nordmarkito	— Nordmarkito
— Pulaskito	— Biotita-pulaskito
— ausência	— Pulaskito
— Sodalita-sienito	— ausência
— Nefelina-sienito	— Nefelina-sienito
— Foiaito	— Foiaito
— ausência	— Essexito-foiaito
— ausência	— Essexito
— ausência	— Teralito
PLUTONITOS	

1 — NORDMARKITO

Consta mineralogicamente de *albita, micropertita, anortoclásio, quartzo, biotita, aegirina, augita, arfvedsonita* e, accessoriamente, *apatita* e *magnetita,* no maciço do Itatiaia. Na ilha de São Sebastião o nordmarkito não apresenta arfvedsonita e aegirina é substituida pela aegirinaugita. A textura da rocha da ilha de São Sebastião é miarolítica ou hipidiomórfica, ao passo que o nordmarkito da Itatiaia não possue referência alguma à sua textura. A ocorrência do nordmarkito é exatamente como na ilha, aflorando tanto na orla, na encosta, como nos picos culminantes do maciço.

2 — PULASKITO

O pulaskito possue textura granular no Itatiaia, tendo a seguinte composição mineralógica: *anortoclásio, albita, aegirina, biotita,* e como accessórios *apatita, titanita* e *magnetita.* Acha-se descrita sob o n.º 311, procedendo de Bemfica, Campo Belo, e designada como sienito; pela composição mineralógica trata-se de um pulaskito normal. Este pulaskito do Itatiaia compara-se ao biotita-pulaskito da ilha de São Sebastião pelos seus atributos, porquanto o pulaskito da ilha, descrito sob o n.º 13, é um pulaskito com barkevicita e com nefelina e sodalita, minerais estes ausentes do pulaskito do Itatiaia.

3 — SODALITA-SIENITO

Não ocorre na ilha de São Sebastião nenhuma eruptiva alcalina de tipo plutônico, cujo feldspatoide seja exclusivamente a sodalita.

4 — NEFELINA-SIENITO

No Itatiaia, segundo depreende-se das descrições petrográficas succintas, a maioria das rochas alcalinas é constituida de nefelina-sienito, com textura granítica. Muitas das rochas descritas como foiaitos, são verdadeiros nefelina-sienitos por não possuirem a textura clássica do tipo original de Foia, Portugal. Aliás, J. M. Campos (44) reconhece esse fato nas suas próprias descrições petrográficas.

Os nefelina-sienitos do Itatiaia constam de *sanidina, anortoclásio, biotita, hornblenda sódica, augita,* e como accessórios ocorrem *titanita, apatita* e *magnetita.* A *nefelina* ocorre ora intersticialmente ora sob a forma de inclusões. Estas rochas são muito parecidas com as da ilha de São Sebastião, faltando-lhes porem

o piroxênio formando uma série diopsídio-aegirina ou com o anfibólio a série diopsídio-barkevicita-arfvedsonita. A textura é a mesma, e o conjunto dos accessórios tambem, notando-se a falta de minerais de zircônio. Quimicamente ambos os nefelina-sienitos são comparados no quadro XVI.

5 — FOIAITO

Os foiaitos do maciço do Itatiaia, isto é, os nefelina sienitos com abundante nefelina e feldspato traquitoide, constam mineralogicamente de *nefelina, anortoclásio, sanidina, hornblenda sódica* e, accessoriamente, *titanita* e *magnetita*. Difere, pois, do foiaito da ilha de São Sebastião que não possue sanidina e por outro lado possue piroxênio representado pela aegirinaugita. Accessoriamente o foiaito da ilha de São Sebastião possue apatita, alem da titanita e magnetita.

Quimicamente ambos os foiaitos são comparados no quadro XVI.

Alem destas similitudes petrológicas e químicas, as rochas do maciço do Itatiaia, como as do de São Sebastião, diferenciam-se para os bordos em termos supersaturados como o nordmarkito. As Agulhas Negras, ponto culminante do maciço, (2.787.4 m) são constituidas de nordmarkito, exatamente como se observa no maciço da ilha de São Sebastião, cujos picos culminantes são igualmente de nordmarkito (Papagaio, 1.307 m) (São Sebastião, 1.379 m) (Serraria, 1.285 m). Para explicar esta diferenciação LAMEGO (44) adota a teoria agpaítica de *U*SSING, desenvolvida por FERSMANN quando estudou as localidades de UMPTECK e LUJAVR-URT (Russia), admitindo que a diferenciação fez-se ao contrário da ordem normal de segregação, cristalizando-se primeiro os mineiros claros como a nafelina e o feldspato e, em seguida, os componentes escuros como a aegirina. No Itatiaia, bem como na ilha de São Sebastião não se pode admitir a idéia de uma diferenciação agpaítica; nas rochas dessas duas ocorrências examinada pelo autor a ordem de segregação observada foi a normal, isto é, sempre os fêmicos precederam os siálicos. Não se nota nem nefelina, sodalita ou feldspatos idiomórficos como no caso estudado por FERSMANN. O critério de VOGT (78) aplica-se inteiramente ao caso das rochas alcalinas do Itatiaia e da ilha de São Sebastião. Apenas, em algumas rochas da ilha de São Sebastião, fato que tambem ocorre em Cabo Frio (85) a biotita precedeu os piroxênios e anfibólios sódicos na cristlização. Este fato é comum aos nefelina-sienitos em geral segundo afirma JOHANNSEN (40, p. 95, IV volume): *"The sequence of crystalization in the Nepheline-Syenites follows the usual laws and only difers from that in granites*

QUADRO XVI

	ITATIAIA	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO		ITATIAIA
	NEFELINA SIENITO	NEFELINA SIENITO	FOIAITO	FOIAITO
SiO_2	56.20	56.39	59.90	59.72
Al_2O_3	22.12	19.46	19.10	19.55
Fe_2O_3	1.60	1.45	2.20	1.71
FeO	1.31	4.20	1.90	1.65
MgO	0.80	1.00	1.50	1.35
CaO	1.56	1.93	1.90	1.94
Na_2O	7.72	6.20	6.40	5.34
K_2O	6.46	5.44	5.20	6.20
TiO_2	0.84	0.82	0.77	0.92
P_2O_5	0.03	0.95	0.40	0.14
MnO	0.15	0.19	0.16	0.14
P. F	1.28	1.47	0.90	0.96
TOTAES	100.07	99.50	100.33	99.69

ANALISE QUIMICA

by its diferent mineral composition; Apatite, Titanite, Eudyalite and Eucolite, the rare iron ores, and the Titanium and Zirconium silicates come first. These are followed by Diopside ,Biotite and Brown Hornblend; and these by Feldspar. The Nepheline may be earlier or later than the other light minerals or it may even be the very last to crystallize. The other pyriboles and their period may extend even to the very latest, so that the Aegirine needles may form rims around Feldspar or Nepheline. The laws of crystallization, as given by Vogt are strictly followed"

QUADRO XVII

COMPOSIÇÃO MOLECULAR

	ITATIAIA	ILHA DE SÃO SEBASTIÃO		ITATIAIA
	NEFELINA SIENITO	NEFELINA SIENITO	FOIAITO	FOIAITO
SiO_2	66.0	67.1	69.0	69.6
Al_2O_5	15.0	13.4	12.7	13.0
Fe_2O_3	0.8	0.6	0.9	0.7
FeO	1.6	4.0	1.8	1.5
MgO	1.6	1.7	2.7	2.3
CaO	2.2	2.3	2.3	2.4
Na_2O	8.5	6.9	6.9	5.9
K_2O	4.3	4.0	3.7	4.6
TOTAES	100.0	100.0	100.0	100.0
Peso Mol.	145.6	147.41	148.78	146.0

USSING creou este tipo de segregação para explicar massas ijolíticas e urtíticas, rochas riquíssimas em nefelina idiomórfica, enquanto na ilha de São Sebastião e no Itatiaia não existem testemunhos de tais rochas pois uma provavel reação com o gnais encaixante não destruiria os relitos do processo. O ponto fraco de FERSMANN é admitir para a diferenciação agpaítica um magma original composto de uma mistura de nefelina, feldspato e aegirina, magma este de concepção evidentemente teórica e de existencia imaginativa. A. R. LAMEGO (44, p. 20) cae, pois, em contradição ao admitir uma diferenciação agpaítica para o Itatiaia, contra a prova da ordem normal de segregação observada nas suas rochas alcalinas, ao mesmo tempo que admite a origem a partir de uma matriz basáltica por cristalização fraccionada. Se provem de um magma basáltico evidentemente a diferenciação não pode ser agpaítica.

As semelhanças entre o maciço de São Sebastião e do Itatiaia podem ser resumidas em:

1 — Composição química idêntica do nefelina-sienito.
2 — Composição química idêntica do foiaito.
3 — Composição mineralógica muito semelhante do nefelina-sienito, foiaito e nordmarkito.
4 — Ausência total de minerais de zircônio.
5 — Semelhança textural e igualdade de jazimento no gnais arqueano.
6 — Subordinação às mesmas linhas de fratura tectônica.
7 — Predomínio dos tipos plutônicos.
8 — Os bordos do maciço (orla, encosta e cume) compostos de tipos mais ácidos (pulaskito e nordmarkito).
9 — Ausência de calcáreo. Afirma LAMENGO, referindo-se à teoria de SHAND (44, p. 30): "Esta teoria não tem o menor apoio nos maciços brasileiros que tivemos ensejo de estudar, e sobretudo no grande maciço do Itatiaia, encravado em meio de rochas gnaíssicas com ausência quase absoluta de calcáreos, mesmo nas visinhanças"

C — POÇOS DE CALDAS

O maciço alcalino de Poços de Caldas, Estado de Minas Geraes e na fronteira com o Estado de São Paulo, com uma área de 600 km² aproximadamente, foi estudado em primeira mão por O. A. DERBY (18) e posteriormente, de u a maneira mais completa por J. MACHADO (53) em 1888. Posteriormente, OTAVIO BARBOSA (3) escreveu em 1934 uma nota sobre algumas rochas da região. O trabalho que melhor serve a estudos comparativos é o de J. MACHADO dado o seu cunho petrográfico. Segundo este último autor as rochas do planalto de Poços de Caldas são as seguintes:

1 — SIENITO NEFELINICO GROSSEIRO
2 — SIENITO NEFELINICO DE GRANA FINA
3 — NEFELINA-SIENITO-PORFIRO
4 — OLIVINA-DIABASIO
5 — QUARTZO-DIORITO

1 — SIENITO NEFELINICO GROSSEIRO

Mineralogicamente estes sienitos são compostos de *ortoclásio, nefelina, augita,* tendo como accessórios *titanita, melanita, sodalita* e *mica magnesiana.* A descrição da rocha é feita em uma linguagem obsoleta, porquanto trata-se de um trabalho do século pas-

sado quando a petrografia começou a tornar-se uma ciência; no entanto o autor procurou atualizar as descrições de J. MACHADO em alguns tópicos e n'outros conservou mais ou menos o seu estilo.

O ortoclásio apresenta-se todo ele geminado segundo Carlsbad, com cristais do tamanho de 1 cm em média, tendo como inclusões gránulos de magnetita e augita. A nefelina ocorre em secções quadradas na maior parte das vezes, havendo secções hexagonais normais ao eixo de simetria senário. Como inclusões existem agulhas de augita, frequentemente bolhas de agua, grãos de pirita e magnetita. Nas rochas do tunel da Cia. Mogiana de Estradas de Ferro, entre Prata e Cascata ha um anel de reação em torno da nefelina consistindo numa corôa de agulhas de augita. A nefelina altera-se comumente em cancrinita. A augita ocorre com hábitus acicular e fibro-radiado, muitas vezes formando bolas de bastonetes e outras vezes leques. A côr é sempre verde. Pleocroismo Z -verde, Y -amarelo e X -verde amarelado. (Pela descrição vê-se que a augita é mais do tipo da aegirinaugita) O angulo de extinção apresenta valores de -36.° a mais de 50.°, sendo muito grande a semelhança desta augita com a rica em sódio. Os accessórios são a titanita e a melanita principalmente. Subordinadamente ocorrem sodalita e biotita. Esta rocha aflora entre Prata e Cascata e tambem entre o morro do Selado e a cidade de Poços de Caldas.

Na mesma rocha, porem de outra procedência, a serra do Barreiro, existe ainda alem desses minerais, o epidoto em agulhas de 0.036 mm até 0.006 mm. A augita da rocha da serra do Barreiro é uma acmita segundo J. MACHADO.

2 — NEFELINA-SIENITO DE GRANA FINA

O traço mais notavel na petrografia das rochas alcalinas do planalto de Poços de Caldas é a passagem do nefelina-sienito de grana grossa (textura hipidiomórfica) ao nefelina-sienito de grana fina (textura microgranular) que se pode designar como microfoiaito (32). J. MACHADO observou esta passagem gradual na serra do Selado e acha que o sienito de grana fina deve ser chamado de rochas dioríticas ou mesmo em certos casos fonolitos. Pela descrição de MACHADO, chega-se à conclusão de que a textura dessas rochas de grana fina é microgranular porfirítica, isto é, composta de uma base microgranular com alguns fenocristais dispersos escassamente. Os fenocristais são designados como parte grosseira e a base microgranular como parte fina.

A parte grosseira é formada de ortoclásio, nefelina e sodalita, tendo tambem augita e a parte de grana fina é de augita muito abundante, ortoclásio, nefelina e sodalita. A augita possue côr verde, com forte pleocroismo, reconhecendo-se pela descrição feita

que se trata de aegirina ou aegirinaugita. Dos accessórios o mais raro é a wolastonita, parecendo estar sempre associada à augita e à nefelina. A titanita tambem ocorre raramente.

Numa outra rocha, procedente dos campos de Caldas, a finura da granulação aumentou, tornando-se dificil distinguir o ortoclásio da nefelina. Nesta rocha a wolastonita é muito abundante, já mencionada nas rochas da serra do Selado.

Apresenta-se em indivíduos grandes, com forma colunar irregular, com uma clivagem pronunciada paralelamente ao eixo longitudinal. Alem desses minerais ocorre o epidoto e a titanita.

No ocidente da cidade de Poços de Caldas ocorre outra rocha deste tipo, designada sob o n.º 39, que apresenta abundante lavenita e foi analisada quimicamente.

CONCLUSÃO

Comparando-se os sienitos nefelínicos descritos por J. MACHADO (53) e os da ilha de São Sebastião nota-se que não existe semelhança na composição mineralógica. Em ambas as ocorrências, porem, encontra-se o nefelina-sienito hipidiomórfico passando a microfoiaito, porem em Poços de Caldas este fato é o dominante na geologia do maciço alcalino. Na ilha de São Sebastião o nefelina-sienito apresenta como feldspato dominante o anortoclásio intercrescido com a albita, às vezes até atipertítico, enquanto no nefelina-sienito descrito por MACHADO o feldspato dominante é o ortoclásio. Quanto ao piroxênio tambem são grandes as diferenças, pois em Poços de Caldas é seguramente uma aegirina. Quanto aos accessórios acentuam-se as diferenças; em Poços de Caldas todas as rochas alcalinas do grupo dos sienitos nefelínicos apresentam minerais de zircônio, de cálcio e a fluorita. Encôntram-se, em ambos os tipos de sienito, lavenita, wolastonita, melanita e zirconita. A riqueza em zirconita e badeleita é extraordinaria no magma alcalino de Poços de Caldas. São comuníssimos os pegmatitos de nefelina-sienito com fluorita rosea e vieiros hidrotermaes com badelita e zirconita. R. R. FRANCO (23) em recente trabalho demonstrou que a zirconita é secundária nos vieiros, formada a custa de badeleita. Zirconita primária somente ocorre como mineral de segregação magmática, dispersa nos sienitos sem formar concentrações de valor econômico; as jazidas comercialmente exploraveis de zirconita são todas de origem secundária, formada às expensas da badeleita primitiva.

Estes fatos todos mostram claramente as grandes diferenças entre os meciços de Poços de Caldas e da ilha de São Sebastião. Outra diferença é que na ilha de São Sebastião o núcleo do maciço é constituido de nefelina-sienito com a periferia de pulaskito a nordmarkito; em Poços de Caldas falta o pulaskito e o nordmar-

kito e, conquanto o núcleo das serras todas todas seja de nefelina-sienito e foiaito, a periferia é de microfoiaito. Finalmente encontra-se em Poços de Caldas o nefelina-sienito-pórfiro, que falta completamente na ilha de São Sebastião.

O quadro XVIII refere-se à comparação entre um sienito nefelínico de grana grosseira, entre Cascata e Prata, com um microsienito com lavenita, do ocidente de Poços de Caldas, e o nefelina-sienito da ilha de São Sebastião.

QUADRO XVIII

COMPOSIÇÃO QUIMICA

	POÇOS DE CALDAS		ILHA SÃO SEBASTIÃO
	MICROFOIAITO	NEFELINA-SIENITO	NEFELINA-SIENITO
SiO_2	53.10	52.75	56.39
Al_2O_3	22.50	22.55	19.46
Fe_2O_3	5.10	3.65	1.45
FeO	—	—	4.20
MgO	0.15	0.15	1.00
CaO	2.15	1.85	1.93
Na_2O	8.49	8.10	6.20
K_2O	6.48	7.05	5.44
TiO_2	0.81	—	0.82
P_2O_5	—	—	0.95
MnO	—	—	0.19
P. F	1.65	3.60	1.47
TOTAES	100.43	99.70	99.50

3 — NEFELINA-SIENITO-PORFIRO

Não foi encontrada esta rocha no maciço alcalino da ilha de São Sebastião.

4 — OLIVINA-DIABÁSIO

Mais uma provavel relação genética entre as rochas alcalinas e o magma basaltico do Brasil meridional (trapp do Paraná) é dada pela ocorrência de um olivina-diabásio no planalto de Poços de Caldas. Tanto nesta ocorrência, como na ilha de São Sebastião, as raizes gabróicas são dadas pela presença de olivina em membros básicos da série.

O olivina-diabásio ocorre na estação de Mato Seco, sendo constituido de *plagioclásio* (MACHADO não cita a composição) geralmente geminado pela macla polissintetica da albita, às vezes combinada com periclinio, de *augita* e *olivina* como componentes essenciais. A olivina ocorre em grãos e em cristais arredondados, comumente transformada em serpentina verde. Secundariamente ocorre a *biotita* e accessoriamente a *apatita* e a *magnetita* com um pouco de *viridita*.

Esta rocha não foi encontrada na ilha de São Sebastião. Ocupando o seu lugar como elo básico figura o teralito que ocorre na práia da Armação e na ponta das Canas.

5 — QUARTZO-DIORITO

"Nas vizinhanças de Monte Santo corre de leste para oeste uma extensa serra com cêrca de meia milha de largura, com altura média, que se prolonga até o rio Pardo, composta de uma rocha muito diferente dos tipos até aqui descritos" assim se exprime J MACHADO. A serra consta de quartzo-diorito de textura granular muito uniforme, composto principalmente de plagioclásio (J. MACHADO não dá a sua composição) e quartzo, e secundariamente de piroxênio verde, hornblenda e mica. Accessoriamente ocorre apatita, magnetita e pirita. O piroxênio é um hipersténio e de outra variedade monoclínica não especificada. Alem destes minerais ocorre a escapolita.

O aparecimento desta rocha na area das eruptivas alcalinas de Poços de Caldas é um acontecimento importante para comparar com a ilha de São Sebastião onde igualmente ocorrem rochas de composição quartzo-diorítica e quartzo-andesítica. Na ilha as relações entre estas eruptivàs ácidas e as rochas alcalinas são nitidas quanto à idade, sendo as eruptivas alcalinas mais antigas. Em Poços de Caldas J. MACHADO não apresenta nenhuma informação a respeito das relações entre o quartzo-diorito e o maciço alcalino. A única referência que se pode fazer é a coincidência apenas de rochas quartzo-dioríticas em dois maciços alcalinos conspícuos. Quais as relações de parentesco nada se pode adiantar na falta de estudos a respeito.

O jazimento de Poços de Caldas tem sido considerado vulcânico, idéia esta lançada primeiramente por DERBY (18) devido à configuração particular do planalto que apresenta uma depressão interna circunscrita por uma guirlanda de serras, exatamente segundo o feitio de uma grande cratera. Não ha porem provas de vulcanismo. As rochas encontradas no planalto são do tipo plutônico (nefelina-sienito e foiaito) passando a tipos intermediários (microfoiaito e nefelina-sienito-pórfiro) com raros tipos efusivos (fonolitos e leucita-traquitos). Este conjunto de rochas é facilmente compreendido pelo tipo de intrusão que teve como soalho as estruturas gnaíssicas arqueanas e o tecto sedimentar constituidos de rochas das séries São Bento e Passa-Dois. O mecanismo da intrusão, que gerou as estruturas fósseis do sistema de Santa Catarina no planalto de Poços de Caldas já foi abordado pelo autor (24). Não houve vulcanismo típico, porem uma intrusão em camara de baixo "pt" devido ao tecto sedimentário, conforme mostra o tipo das rochas constituido de núcleos de granulação grosseira passando na periferia e superiormente (onde descia na camara magmática o "pt") gradualmente a tipos microcristalinos. A existência de fonolito deve-se às fendas de contração por resfriamento, abertas na cúpola da camara magmática por onde vasou, posteriormente, o magma. Comprova-se a existência de fonolitos somente em diques e assim mesmo comparativamente escassos.

D — IPANEMA

Como o jazimento da ilha de São Sebastião, as rochas alcalinas de Ipanema são do tipo plutônico com um único representante filoniano. A intrusão não chegou ao vulcanismo declarado apezar do tecto sedimentário da série Itararé-Tubarão, de idade permocarbonífera, composta essencialmente de arenitos e tilitos neste local. A ocorrência de Ipanema proporcionou o melhor trabalho sobre rochas alcalinas, até o presente publicado em vernaculo, tendo sido estudada por VIKTOR LEINZ (49). A esta semelhança textural entre ambas as localidades contrapõe-se um jazimento bastante diferente. As rochas encaixantes compõem-se de gnais, granito e filito no soalho e no tecto arenitos, tilitos e finalmente mármore. A presença do calcáreo em Ipanema põe novamente em fóco a questão da influência desta rocha na gênese das eruptivas alcalinas. Um fato deve, porem, ser imediatamente destacado no Brasil: as jazidas de apatita e magnetita coincidem sempre com a presença de calcáreo encaixante, às vezes formando nódulos sacaroides no seio das massas apatíticas e de magnetita como se observa em Jacupiranga, Estado de São Paulo.

As rochas descritas por LEINZ (49) são as seguintes:

1 — ORTOCLASIO-AEGERINITO; 2 — ORTOCLASIO-LUSITANITO; 3 — UMPTEKITO; 4 — NORDMARKITO; 5 — SHONKINITO-PORFIRO.

Os quatro primeiros tipos são de plutonitos e o quinto é uma hipabissal. Em nenhum dos plutonitos referidos aparece nefelina, sendo o carater alcalino dado pela presença de piroxênios e anfibólios sódicos. Comparando-se com a série alcalina da ilha de São Sebastião verifica-se que apenas ha de comum em ambas o nordmarkito. Em Ipanema o quartzo do nordmarkito proveio de uma reação do magma com o arenito encaixante; no caso da ilha de São Sebastião é provavel que o quartzo tambem proviesse de contribuição exótica. A maior dissemelhança reside na presença de enormes massas apatíticas e de magnetita em Ipanema, fato inexistente no jazimento da ilha de São Sebastião. O volume das rochas alcalinas da ilha de São Sebastião não pode ser comparado com o das de Ipanema, bem como a uniformidade textural e de composição mineralógica da primeira ocorrência não pode igualmente ser comparada com a extrema variação experimentada em Ipanema, segundo V LEINZ (49, p. 30): "Como as observações microscópicas já revelaram, as rochas de Ipanema são sujeitas a mudanças rápidas de composição"

Para caracterizar quimicamente o magma de Ipanema, LEINZ utiliza-se dos valores de NIGGLI: "Um caracteristico geral do magma de Ipanema é o seu teor baixo em "al" e alto em "alk" Mineralogicamente este fato significa que os álcalis não são fixados sob a forma de "foid" ou "feldspato" porem sob forma de piroxênios e anfibólios alcalinos. Na ilha de São Sebastião os valores de "al" são sempre maiores que os de "alk" como se vê abaixo:

1 — TERALITO: Al — 183; Alk — 71.
2 — ESSEXITO: Al — 204; Alk — 144.
3 — NEFELINA-SIENITO: Al — 190; Alk — 157
4 — PULASKITO: Al — 185; Alk — 152.
5 — BIOTITA-PULASKITO: Al — 210; Alk — 144.
6 — FOIAITO: Al — 187; Alk — 158.

Em Ipanema a relação entre "al" e "alk" é a seguinte:

1 — ORTOCLASIO-AEGIRINITO: Al — 45; Alk — 160.
2 — ORTOCLASIO-LUSITANITO: Al — 45; Alk — 160.
3 — AEGIAPITO (Apatitito rico em aegirina): Al — 5; Alk — 30.
4 — SHONKINITO-PORFIRO: Al — 190; Alk — 165.

QUADRO XIX

OCORRÊNCIAS	SÉRIES		JAZIMENTO	INTRUSÃO	RELAÇÃO/Al_2O_3	CARACTERES
ITATIAIA	Nordmarkito Pulaskito Sodalita-sienito Nefelina-sienito Foiaito	Fonolito	PLUTONICO	GNAIS GRANITO	PERALCALINAS METALUMINIFERAS PERALUMINIFERAS	Ausência de minerais de zirconio
SÃO SEBASTIÃO	Nordmarkito Biotita-pllaskito Pulaskito Nefelina-sienito Foiaito Essexito-foiaito Essexito Teralito	Bostonito Microfoiaito Sodalita-micro-foiaito Nefelina-sienito aplito Microteralito Sodalita-traquito Sodalita-fonolito	PLUTONICO E HIPABISSAL	GNAIS	METALUMINIFERAS PERALUMINIFERAS	Ausência de minerais de zirconio
CABO FRIO	Nordmarkito Pulaskito Umptekito Nefelina-sienito "Essexito"	Bostonito Nefelina-aplito Tinguaito Monchiquito Limburgito	PLUTONICO E HIPABISSAL	GNAIS	PERALUMINIFERAS PERALCALINAS	Minerais de zirconio (zirconita, lavenita, rosenbuschita e rinkita)
POÇOS DE CALDAS	Nefelina-sienito Foiaito	Foiaito-pórfiro Fonolito Microfoiaito	PLUTONICO E HIPABISSAL	GNAIS ARENITOS FOLHELHOS	METALUMINIFERAS	Riqueza em zirconita, badeleita. Lavenita e wolastonita
IPANEMA	Ortoclásio-aegirinito Ortoclásio-lusitanito Umptekito Nordmarkito	Shonkinito-pórfiro	PLUTONICO E HIPABISSAL	QUARTZITO FILITO MARMORE TILITO ARENITO	PERALCALINAS METALUMINIFERAS	Riqueza em apatita e magnetita

Somente o shonkinito-pórfiro, desta relação de Ipanema, apresenta valores de "al" superiores aos de "alk" porquanto nesta rocha ocorre nefelina. Este fato significa que tambem os álcalis existem combinando com os feldspatoides. Analisando-se essa relação em comparação com a da ilha de São Sebastião conclue-se imediatamente pela grande dissemelhança entre ambas as occorrências. Ipanema, segundo LEINZ, constitue um tipo de diferenciação muito local afirmando: "Esta discrepância pode ser interpretada não como um indício de um magma completamente diferente, porem como um índice de que a restrita província magmatica de Ipanema representa uma pequena camara magmática com uma composição química particular (valores de "alk" altos e de "al" baixos). Esta província passou isoladamente o seu ciclo de diferenciação"

Não existe, pois, a possibilidade de serem semelhantes as ocorrência de Ipanema e da ilha de São Sebastião. O tipo de Ipanema deve ser idêntico ao de Jacupiranga e de Anitápolis, possuindo todos calcáreo na rocha encaixante e séries alcalinas quase iguais com jazidas de apatita e magnetita, cabendo a estudos comparativos futuros a palavra definitiva a respeito.

O quadro XIX resume a comparação entre os quatro jazimentos considerados.

4.ª Parte

ERUPTIVAS QUARTZO-DIORITICAS

1 — *GEOLOGIA GERAL*

As eruptivas quartzo-dioríticas são representadas por tres tipos petrográficos, o plutônico, hipabissal e efusivo. O tipo plutônico é constituido por um quartzo-diorito, de granulação média, que aflora encaixado no gnais facoidal, nomeadamente em tres lugares: 1 — caminho do bairro do Perequê ao de Castelhanos, na vertente leste, 2 — Baia de Castelhanos e 3 — espigão divisor entre a práia Vermelha e a das Enxovas. Esta eruptiva não apresenta, até o momento, nenhuma relação estrutural com as alcalinas e acha-se sempre encaixadas nas estruturas arqueanas. Torna-se, assim dificil conhecer a sua idade exatamente, contrastando com os demais tipos hipabissal e efusivo intimamente relacionados com as eruptivas alcalinas. O problema geológico desta eruptiva consiste em duas alternativas; a primeira seria considera-la uma paleo-eruptiva baseando-se no fato de atingir somente estruturas antigas de gnais e a segunda admitir uma relação comagmatica com os tipos hipabissal e efusivo que mostram caracteres bem recentes,

caso em que se tornaria uma eruptiva moderna. Infelizmente os dados disponiveis não permitem a adoção de uma solução definitiva por enquanto.

O tipo hipabissal é representado por um quartzo-microdiorito encontrado no maciço de São Sebastião. Esta rocha passa texturalmente ao quartzo-andesito, efusivo, mostrando que na realidade trata-se de uma mesma rocha com variação textural. Nos diques estreitos assume textura nomeadamente aplítica, panalotriomorfa e excepcionalmente panidiomorfa. No cume do Zabumba (1.025 m) observa-se este comportamento, havendo gradual passagem do quartzo-microdiorito ao quartzo-andesito, de sorte que esta nomenclatura é mais uma atenção à textura do que a tipos diferentes de rochas. A composição mineralógica, descrita na petrografia, é idêntica para ambos os tipos justificando seu parentesco.

O tipo efusivo deveria mais acertadamente ser denominado porfirítico pois a sua textura holocristalina e o seu jazimento em diques indicam ausência de vulcanismo típico. E' representado por um quartzo-andesito, nomenclatura esta discutida na parte petrográfica seguinte, que aflora abundantemente na ilha tanto na orla litoranea como no seu interior. Os pontos de melhor observação são no Costão Barra-Velha (Encantado) (fotos 17 e 18), Cachoeira do Engenho d'Agua, Perequê, Cume do Zabumba, Cerro do Baepí, Práia das Enxovas. O quartzo-andesito acha-se em diques orientados NE-SW havendo um dique que se prolonga desde o costão da Barra-Velha até ao pé da escarpa de falha do morro do Baepí.

O quartzo-microdiorito e o quartzo-andesito cortam as eruptivas alcalinas (nordmarkito) no cume do Zabumba, e acham-se entre o nordmarkito, no morro do Baepí, e o gnais facoidal, em um dique ao pé da escarpa de falha desse morro, como se vê na fig. 10. Esta relação estrutural indica idade mais moderna destas rochas em comparação com as demais eruptivas da ilha. Ademais mostram-se sempre preenchendo linhas de fraturas recentes como os falhamentos em blocos do maciço alcalino, fáto que indica que os tipos plutonicos alcalinos ja se achavam em superfície, elevados epeirogeneticamente, para permitir tipos hipabissais e efusivos cortando suas estruturas. O fato, tambem, de cortar o gnais facoidal no canal de São Sebastião indica que a erupção do quartzo-andesito deu-se quando este ja se encóntrava constituido de molde ao gnais facoidal achar-se em superfície para proporcionar a textura porfirítica tão acentuada, ou que pelo menos toda a zona de extrusão estivesse, como hoje está, em superfície.

MAAK (52) considera em Fortaleza, município de Tibagí, Estado do Paraná, uma eruptiva desta natureza que admite provir de uma diferenciação do magma basáltico rético. Na ilha de São Sebastião existe a possibilidade de se adotar o ponto de vista

daquele autor, porem os dados disponiveis não permitem ainda, no momento, confirmar nenhuma explicação.

2 — *PETROGRAFIA*

QUARTZO-DIORITO

Textura hipidiomórfica

Lâmina 46

Procedência: Caminho Perequê-Castelhanos: Cota 670 m.

Composição mineralógica: 1 — Quartzo; 2 — Andesina; 3 — Augita; 4 — Mirmequita; 5 — Apatita; 6 — Magnetita.

Caracteres geológicos: Aflorando ao longo do caminho que liga a práia de Castelhanos ao Perequê, na vertente leste, ocorre um quartzo-diorito em boas exposições. A rocha tem granulação média, cor esverdeada, aparecendo agulhas brancas dos feldspatos ripiformes. Quando fresca possue um brilho sedoso, e alterada torna-se marron. Os componentes opacos são dificeis de serem distinguidos. Este quartzo-diorito aflora, igualmente, na baía de Castelhanos, encaixado no gnais facoidal, e no caminho que liga a práia Vermelha à práia das Enxovas. Suas relações de campo mostram sempre sua íntima associação com o gnais facoidal. faltando elementos para se observar quais as relações possiveis com as eruptivas alcalinas.

Caracteres microscópicos: Os principais componentes deste quartzo-diorito são o piagioclásio e augita. O plagioclásio é composto de uma andesina An_{40}, com hábitus ripiforme que lembra a textura ofítica. Observando-se as relações entre o feldspato e o piroxênio verifica-se que a augita é mais velha pois cresce em detrimento das táboas de feldspato. Em torno de muitos cristais de andesina existe uma aureola mirmequítica, indicando que a reação com o quartzo deu-se numa fase posterior à segregação desse plagioclásio. A andesina apresenta-se, na maioria dos cristais, geminada polissinteticamente pela macla da albita, notando-se escassamente alguns geminados de Carlsbad. Os cristais zonados são raros e sempre alterados, fato que impediu a determinação da sua composição.

O piroxênio é composto de uma augita $Z:c = -43.^{o}$. Tem cor levemente amarelo-violácea, sem pleocroismo. A maior parte dos cristais acha-se bem desenvolvida, com idiomorfismo e hipidiomorfismo, sendo raros os indivíduos xenomórficos. A augita encontra-se muito alterada quase sempre. São comuns as inclusões de magnetita e de apatita.

Dos componentes claros o quartzo é o menos frequente e o último a cristalizar-se ocorrendo intersticialmente entre os prin-

cipais componentes. Possue frequentemente inclusões de apatita acicular, chegando alguns cristais a atingir 1.5 mm de tamanho.

Os accessórios são a apatita e a magnetita. A apatita ocorre sempre idiomórfica e na forma de inclusões no piroxênio, quartzo e feldspato, com hábitus acicular. A magnetita não é menos abundante, porem apresenta-se xenomórfica, em pequenos grãos, e tambem sob a forma de cristais esqueléticos, o que indica sua cristalização nos estádios finais da rocha.

QUARTZO-MICRODIORITO

Textura microgranular porfirítica

Lâminas: 31 e 52. Fotomicrografia n.º 23.

Procedência: Cume do Zabumba. Cota 1.025 m.

Composição mineralógica: 1 — Quartzo; 2 — Oligoclásio; 3 — Andesina; 4 — Mirmequita; 5 — Augita; 6 — Magnetita; 7 — Apatita.

Caracteres geologicos: Este é um tipo curioso de eruptivas ácidas. Apresenta granulação finissima, holocristalina, com reflexos cinzentos claros, deixando aparecer nessa base pequenos fenocristais de piroxênio e feldspato muito dispersos. Quando alterada adquire cor castanha clara até beige, salpicada de pontos escuros dos componentes opacos. Ocorre em diques de espessura variavel, cortando o gnais facoidal e o nordmarkito do maciço de São Sebastião. Suas relações com as eruptivas alcalinas são bem nítidas e indicam a natureza recente deste magma sobre aquele. Esta rocha é extremamente resistente à denudação e graças a esta propriedade forma saliências topográficas por erosão diferencial.

Caracteres microscópicos: A textura desta rocha é microgranular porfirítica, consistindo numa base microgranular holocristalina de oligoclásio e augita intersticial, com fenocristais dispersos de andesina e augita. O quartzo somente ocorre na base.

O feldspato consta de duas gerações, sendo a primeira mais básica composta de uma andesina e a segunda de um oligoclásio. A andesina acha-se em fenocristais geminados polissinteticamente pela macla da Albita, muito esparsos, parcialmente corroida nos bordos. Serve de matriz poikilítica para a augita disposta em granulos sem orientação alguma. Ao contrário da andesina, o oligoclásio é muito abundante e ocorre somente na base microgranular sob a forma de ripas finas geminadas polissinteticamente. Muitas vezes os seus indivíduos exibem a macla de Carlsbad ou então combinação Carlsbad-albita. A mirmequita ocorre numa aureola em torno dos cristais de oligoclásio, geralmente entre os indivíduos de quartzo e os de oligoclásio, indicando que se trata

de uma reação entre esses minerais nos estágios inferiores da cristalização da rocha.

O quartzo foi o último componente a cristalizar-se e porisso apresenta-se em indivíduos xenomórficos ocupando posição intersticial entre os principais componentes. O quartzo não é abundante, fato importante para a sistemática pois impede de classificar a rocha como um microtonalito. Este mineral não exibe nenhuma deformação clástica nem modificações óticas como extinção ondulante; este fato comprova a idade recente desta erupção, pois é conhecida a suscetibilidade do quartzo para apresentar sinais de quaesquer esforços que a rocha tenha sofrido.

A augita é rarissima como fenocristal. Geralmente a sua geração foi microgranular intersticial entre as táboas de feldspato da base. Este aspecto lembra muito a textura intergranular dos diabásios. A augita tem cor levemente amarelada, sem apresentar pleocroismo. O valor de Z:c, é igual a -52°. Os accessórios são muito escassos, representados pela magnetita e apatita. Esta ocorre quase sempre com hábitus acicular e a magnetita em cristais xenomórficos.

QUARTZO-ANDESITO

Textura porfirítica

Lâminas, 9, 44, 45, 26, 37 — Fotomicrografia n.° 24.

Procedência: 9 — Cachoeira do Engenho d'Agua.
44 — Costão Barra Velha
45 — Caminho Perequê-Castelhanos
26 — Cerro do Baepi
37 — Práia das Enxovas.

Composição mineralógica: 1 — Andesina; 2 — Augita; 3 — Oligoclásio; 4 — Mirmequita; 5 — Biotita; 6 — Quartzo; 7 — Magneto-ilmenita; 8 — Apatita.

Caracteres geologicos: Esta rocha é uma das mais comumente encontradas na ilha de São Sebastião. Acha-se sempre em diques e derrames em quase todos os pontos do litoral e no interior do maciço alcalino e gnaíssico. Os seus diques orientam-se segundo as linhas de fraturas tectônicas NE-SW Macroscopicamente possue cor cinzenta escura, consistindo numa base de granulação finissima onde são encontrados os fenocristais de 5 a 10 mm de tamanho compostos principalmente de plagioclásio e secundariamente de piroxênio. O plagioclásio é facilmente distinguido graças à sua geminação, clivagem e tambem pela cor, do piroxênio. Apezar da coloração cinzenta escura da base, possue ela reflexos claros devido o reflexo da luz nos componentes claros.

O quartzo-andesito exibe o melhor afloramento no costão da Barra Velha (foto n.º 18) onde se vê do lado do mar, o dique de alimentação do derrame em superfície sobre o gnais facoidal.

Caracteres microscópicos: O quarto-andesito exibe uma textura porfíritica tipica com uma geração de fenocristais composta exclusivamente de andesina e augita e uma base microgranular holocristalina de oligoclásio, augita, mirmequita, biotita, quartzo e os accessórios. O emprego do termo textura porfíritica adotado pelo autor é o da escola norte-americana, isto é, o seu uso não implica em duas gerações obrigatórias dos mesmos componentes segundo o conceito de ROSENBUSCH, porem numa geração de fenocristais e outra microgranular (parcial ou totalmente vitrea) podendo os indivíduos de uma faltar na outra. Esta rocha, da mesma maneira, não pode ser considerada um andesito-pórfiro ou dioritopórfiro devido ao tamanho dos fenocristais de acordo com o conceito da escola norte-americana" *the United States Geological Survey uses porphyry to indicate the occurrence of larger crystals in a finer groundmass, irrespective of whether the prominent crystals are of a different generation from those in the groundmass or not*" (40, p. 41, vol. I). Segundo TYRREL (76, p. 113) afirma os pórfiros são somente rochas de jazimento hipabissal e não efusivo: "*A porphyry is a hypabissal form of a plutonic magma, exhibiting one or more of the minerals as phenocrystals in an aphanitic groundmass*" Tratando-se esta rocha de uma fase hipabissal, porem com pequeno desenvolvimento dos fenocristais, o autor acha preferivel o emprego do termo quartzo-andesito.

O feldspato ocorre em duas gerações. Os fenocristais são compostos de andesina e os microcristais de oligoclásio. A andesina varia de tamanho entre 5 a 10 mm, geminada quase sempre segundo a macla polissintética da albita ou combinada albita-periclínio. Uma pequena parte é encontrada geminada segundo Carlsbad e mesmo alguns indivíduos mostram combinação das tres maclas. A andesina tem a composição de Ab_{68}, não raramente zonada, com os bordos de oligoclásio. Geralmente os fenocristais de andesina acham-se agrupados em lotes de 5 a 8 cristais, havendo no entanto indivíduos isolados esporadicamente. Os microcristais da segunda geração são os mais abundantes. Compõem-se de oligoclásio com forma de ripas como na textura ofitica, em cujos interstícios ocorrem o quartzo e o piroxênio. Este oligoclásio é encontrado sempre geminado pela lei da albita e em combinação albita-carlsbad.

A mirmequita ocorre geralmente nos bordos dos cristais de oligoclásio, entre os cristais de quartzo e os de plagioclásio. As relações destes dois minerais são, pois, as mesmas que foram observadas no quartzo-microdiorito.

O componente colorido é a augita, tendo Z:c igual a-52°. Apresenta-se, como o plagioclásio, em duas gerações. Os fenocristais são bem menores dos que os de andesina, significando que a andesina pelo seu idiomorfismo precedeu o piroxênio na cristalização. Esta mesma relação observa-se na base microgranular onde todo o piroxênio é intersticial entre os cristais de oligoclásio, fato que indica a precedência do plagioclásio sobre o piroxênio e os aspectos intergranular da textura. A augita da base é mais abundante e acha-se na maior parte uralitisada, em contraste com o oligoclásio que sempre está bem conservado.

A biotita é um componente colorido que somente ocorre na base, sendo porem muito rara . Os seus indivíduos são xenomórficos, com fraco pleocroismo devido a sua alteração e ocupam posição intersticial entre os demais componentes.

O quartzo não é muito frequente. Encontra-se em pequenos grãos intersticiais entre o piroxênio e o oligoclásio na base, não apresentando nenhum sinal de deformação clástica e nem de extinção ondulante. Sua pequena quantidade não permite classificar a rocha como um dacito, porem simplesmente quartzo-andesito.

Os accessórios são constituidos pela magnetita e pela apatita. A magnetita é ilmenítica, ocorrendo xenomórfica na base, sob a forma de inclusões nos demais componentes. A apatita tem hábitus prismático com bôas secções hexagonais normais aos E_6.

ANALISE QUíMICA

N.° 7.327
Laboratório da Produção Mineral, Rio de Janeiro, D.F.
Analista: Frida Giornai.

SiO_2	62.7
Al_2O_3	14.6
Fe_2O_3	3.1
FeO	4.0
MgO	2.2
CaO	3.7
Na_2O	3.6
K_2O	3.9
TiO_2	1.3
ZrO_2	nihil
MnO	0.09
P_2O_5	0.19
P.F.	1.0
TOTAL	100.38

QUARTZO-ANDESITO —— COMPOSIÇAO NORMATIVA

OXIDOS	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	P.F.	TOTAL
PERCENTAGEM	62.7	14.6	3.1	4.0	2.2	3.7	3.6	3.9	1.3	0.19	1.0	100.38
PROP. MOLE.	10450	1431	194	556	550	661	581	415	162	19	1.0	1.0
QUARTZO	2681											16.11
ORTOCLASIO .	2490	415										22.80
ALBITA	3486	581					581					30.39
ANORTITA	870	435				435						11.95
DIOPSIDIO	169					169						1.97
	169				169							1.69
	169			169								2.24
HIPERSTENIO	31			31								0.40
	381				381							3.81
MAGNETITA ..			194	194								4.41
ILMENITA				162					162			2.43
APATITA						57				19		0.67
TOTAL												99.87

Composição normativa

1	— Quartzo	16.11
2	— Ortoclásio	22.80
3	— Albita	30.39
4	— Anortita	11.95
5	— Diopsídio	5.90
6	— Hiperstênio	4.21
7	— Magnetita	4 41
8	— Ilmenita	2.43
9	— Apatita	0.67
	P F	1.00
	TOTAL.	99.87

5.ª Parte

DEPOSITOS RECENTES

Compreendem os depósitos recentes da ilha de São Sebastião sedimentos incoerentes aluviais, marinhos ou fluviais, de idade holocênica. E' indicador desta cronologia recente a disposição topográfica, ocupando tais sedimentos o fundo dos vales atuais e o cinto costeiro insular. São todos de fonte terrigena (75) distribuidos em dois ambientes de sedimentação, — continental e marinho.

1 — *DEPÓSITOS CONTINENTAIS*

Os depósitos continentais constam de talus e de aluviões. Os primeiros acham-se ao longo do pé das escarpas do maciço montanhoso da ilha. Os depósitos mais rudáceos estão situados ao pé da escarpa de falha do morro do Baepí, junto a uma parede quase vertical, na face voltada para o canal de São Sebastião. Litologicamente constam de blocos de pedras de composição das rochas encontradas na ilha: gnais, pulaskito, nordmarkito e quartzo-andesito principalmente. As dimensões são variáveis, indo desde os seixos até matacões de 8 m de diâmetro. Partes destes depósitos sofreram retrabalhamento pela agua, seguido de um pequeno transporte e depositaram-se ao longo de um vale "fossil" que atualmente vae da escarpa do Baepí ao Engenho d'Agua (foto 26) Os aluviões fluviaes acham-se sedimentados junto a foz dos rios, onde os cursos responsaveis possuem um perfil de equilibrio capaz de permitir a deposição por perda total de gradiente. A juventude

da drenagem não permite grande extensão destes depósitos fluviais. A maior distribuição horizontal é encontrada no Perequê e em Castelhanos, devido aí acharem-se os dois sistemas fluviais mais evoluidos da ilha, o Ribeirão Perequê que se divide no curso médio em Ribeirão das Tocas e da Agua Branca, e o Ribeirão do Engenho, que recebe tambem o Ribeirão da Figueira. A parte baixa destes rios mostra todos os sinais fisiográficos da senilidade: sedimentação, meandramento divagante, lagôas e brejos. Litologicamente os depósitos são constituidos de argila (com textura lutácea, estrutura horizontal, com lentes de areia e cascalho, conformando uma larga planície no Perequê e em Castelhanos) e tambem de cascalho. O cascalho acha-se no talveg dos rios, com seixos provenientes de todas as rochas encontradas na ilha. Os seixos mais comuns são os de basalto, quartzo-andesito, oligoclasio-gnais, gnais facoidal e nordmarkito. Principalmente os seixos de quartzo-andesito por serem muito resistentes são mais selecionados dos que os demais, e apresentam um polimento maior. O contorno dos seixos é sub-angular caracteristico dos depósitos rudáceos onde há vigoroso movimento de agua e pequeno transporte. Na práia das Enxovas observa-se um depósito de cascalho fluvial, na dejeção do Ribeirão das Enxovas na práia. Este cascalho, ao contrário, apresenta-se bem trabalhado, muitos com contorno discoidal, fazendo lembrar uma possivel interferência do mar. (Foto 20)

Apezar da relativa tranquilidade do canal de São Sebastião, os rios que aí desembocam não possuem delta, porem barras. A razão da ausência do regime deltaico é explicada pelas vigorosas correntes marinhas que percorrem o canal, ora operando em um sentido ora em outro, no mesmo dia. A carga dos rios encontra, pois, um transporte de grande competência e capacidade, que impede o desenvolvimento de um delta.

2 — *DEPÓSITOS MARINHOS*

Os depósitos marinhos estão situados geralmente entre duas pontas gnássicas que servem de apoio para a sedimentação. Na ausência de estruturas gnáissicas, onde existe direção previlegiada de abrasão segundo NE-SW a costa não possue endentação e, como consequência, desaparecem as pontas e as práias que nelas se apoiam, adquirindo a feição de costeira ou costão. Alem das pontas gnássicas necessária à sedimentação marinha, a tranquilidade da agua, fato que significa em outros termos competência e capacidade, constitue o segundo fator da deposição. Ao longo do canal de São Sebastião, onde a competência é menor e o poder abrasivo tambem, existe o maior número de práias. Um exame atento do mapa mostra a vigência dessas condições fisiográficas.

Litologicamente os depósitos marinhos são constituidos de areia e de cascalho, sendo este último menos abundante.

Os depósitos arenosos coincidem com as práias e estão situados entre duas pontas. Os principais são:

I — *Litoral do Canal*:

a — Práia do Veloso
b — Práia do Curral
c — Práia do Bexiga
d — Práia Grande
e — Prainha
f — Práia da Fazenda
g — Práia das Cabras
h — Práia do Perequê
i — Práia do Taquanduva
j — Práia do Engenho d'Agua
k — Práia do Pequeá
l — Práia do Saco Grande
m — Práia de Ilhabela
n — Práia do Indaiá
o — Prainha
p — Práia do Barreiro
q — Práia do Viana
r — Práia do Siriuba
s — Práia de Garapocaia
t — Práia do Pinto
u — Práia da Armação

II — *Litoral Norte*:

a — Prainha
b — Práia do Jabaquara
c — Práia da Fome
d — Práia do Fogo

III — *Litoral Leste*:

a — Prainha
b — Práia da Serraria
c — Práia da Caveira
d — Práia da Guamixama
e — Práia do Eustaquio
f — Práia do Gato
g — Práia dos Castelhanos
h — Práia Mansa
i — Práia Vermelha
j — Práia da Figueira
k — Práia das Galhetas

IV — *Litoral Sul*:

a — Praia do Bonete
b — Práia das Enxovas
c — Práia de Indaiauba

A natureza dessas areias é muito variavel, dependendo da rocha matriz adjacente, pois quase não ha transporte para o material arenoso. A textura vae desde a areia grosseira, junto a locais onde o gnais é a rocha dominante, à areia fina nas costas de oligoclásio gnais e eruptivas alcalinas de grana fina. De um modo geral a textura desses depósitos arenosos é muito grosseira, devido a ausência de trabalhamento pelo mar e proximidade imediata da rocha matriz.

Os únicos depósitos de valor econômico que ocorrem nos sedimentos marinhos são as areias ilmeníticas da Práia das Enxovas e de propriedade do Sr. Rafael Ara. A análise química dessas areias cedida pelo seu proprietario, é a seguinte:

SiO_2	3.800
Fe_2O_3	11 462
FeO	34.096
TiO_2	46.016
MnO, ZrO_2	2.406
Outros componentes	2.220
TOTAL	100.000

Esta análise indica que o minério é de ótimo teor, sendo a areia constituida quase que exclusivamente de ilmenitá e magnetita.

Outro tipo de depósito marinho é de textura rudácea, constituido de cascalho. Este cascalho, como a areia, provem de rocha matriz adjacente e embora bem trabalhados não sofreram nenhum transporte apreciavel. A presença destes depósitos está previamente condicionada a maior competência e capacidade do mar; acham-se assim nas costas mais batidas pelas ondas e em pontos onde as correntes marinhas vão de encontro à costa. O cascalho produzido pela arrebentação forma depósitos principalmente na costa sul enquanto os de origem de correntes marinhas estão situados no canal na ponta de Taquanduva e nas Pedras Miudas.

Alem destes dois tipos principais de depósitos marinhos recentes ha um tipo de textura lutácea que ocorre no fundo da enseada da Barra Velha. São vasas que formam maguas nos trechos onde o mar é raso e a movimentação da agua é quase nula, faltando habilidade ao veículo para maior competência e capacidade.

CAPITULO II

DISCUSSÃO DA COLUNA GEOLOGICA

A cronologia destas formações examinadas sob o título "Formações geológicas" é incontestavelmente assunto dificil de ser estabelecido com segurança. Faltam elementos estratigráficos e paleontológicos. No caso de rochas metamórficas e eruptivas não ha possibilidade de emprego desses processos clássicos da estratigrafia, a menos que estejam relacionadas com rochas sedimentares de idade conhecida. Os únicos dados disponiveis para uma referência cronológica são muito gerais, baseados em fatos litológicos, tectônicos e fisiográficos.

O quadro XX mostra a coluna geológica estabelecida para as formações da ilha de São Sebastião a custa daqueles dados da observação.

1 — *ARQUEANO* (Provavel)

A série metamórfica da ilha de São Sebastião consta de oligoclásio-gnais, gnais facoidal, hornblenda-gnais e biotita-gnais cuja idade segundo discussão anterior é considerada arqueana por definição. Ainda não se positivou a idade arqueana no Brasil dentro de uma base científica. Geralmente as séries metamórficas que exibem alto metamorfismo, pouca laminação e granitização são consideradas arqueanas por definição. Coube a HART crear esse defeito sistemático ao considerar tais rochas arqueanas por ocuparem posição estratigráfica inferior na coluna geológica brasileira e por serem muito semelhantes à série laurenciana da America do Norte. Convem notar que a série metamórfica dos montes Apalaches, na Nova Inglaterra, U.S.A., foi durante muito tempo considerada arqueana e posteriormente verificada a sua idade paleozóica, mostrando toda ela alta cristalinidade e metamórfismo. O critério simplesmente petrográfico adotado para o arqueano do Brasil fatalmente terá induzido a muitos erros na cronologia das formações metamórficas cristalinas. Entretanto o autor, feita esta ressalva, é forçado atribuir idade arqueana àquelas rochas metamórficas da ilha de São Sebastião por apriorismo.

QUADRO XX

COLUNA GEOLOGICA DA ILHA DE SÃO SEBASTIÃO

DADOS	CRONOLOGIA			FORMAÇÕES
	ERA	PERIODO	EPOCA	
FISIOGRAFICOS	CENOZOICA	QUARTENARIO	HOLOCENICA	DEPOSITOS RECENTES
				— (*Discordancia*) —
TECTONICOS	MESOZOICA	POST JURASSICO	?	ERUPTIVAS ACIDAS
				— (*Discordancia*) —
TECTONICOS		JURASSICO	SUPERIOR?	ERUPTIVAS ALCALINAS
				— (*Discordancia*) —
LITOLOGICOS E TECTONICOS		TRIASSICO	RETICO	ERUPTIVAS BASICAS
				— (*Discordancia*) —
LITOLOGICOS	ARQUEOZOICA	ARQUEANO		GNAIS E GRANITO

2 — *TRIASSICO* (*Retico possivelmente*)

As bases tomadas para considerar as eruptivas básicas da ilha de São Sebastião da época rética são em parte litológicas e em parte tectônicas. Entretanto estes dados não são decisivos e o seu valor muito discutivel.

A fidelidade à direção NE-SW dos diques das eruptivas básicas, concordando com as estruturas gnaíssicas, falam fortemente a favor de seu sincronismo com a emersão do magma basáltico do Brasil meridional, cujos afloramentos no arqueano acham-se em diques isorientados. Simultaneamente ambas as ocorrências mostram a vigência de um tectonismo de tensão que começou a operar-se a partir do triássico, embora as linhas de fratura NE-SW sejam talvez de reativação mais antiga. No Distrito Federal ocorrem basáltos idênticos aos da ilha de São Sebastião e são considerados réticos, filiados ao trapp do Paraná, pelos autores que os estudaram (55).

Os dados litológicos apoiam-se na petrografia e por definição são precários. Infelizmente não foi possivel ao autor obter uma análise química dos basaltos da ilha de São Sebastião para compara-los, nesse particular, com os basaltos da serra Geral. Entretanto os basaltos da ilha de São Sebastião, petrograficamente, apresentaram grande semelhança com os basaltos réticos da serra Geral como por exemplo a ausência de metamorfismo, usualmente encontrado nas eruptivas básicas antigas (laurencianas e algonquianas) convertidas hoje em metabasitos; ao lado desse carater a semelhança reside ainda em pobreza de apatita, alto teor em Fe_2O_3 (magnetita) e ausência de olivina conforme já foi discutido.

— *JURASSICO*

O. H. LEONARDOS (50), coloca no rético a emersão do magma alcalino, enquanto D. GUIMARÃES (28) é de opinião que a atividade magmática alcalina ainda se prolonga pelo jurássico. Em Poços de Caldas foi encontrada uma bréccia alcalina englobando um seixo de meláfiro, indicando que a erupção alcalina deu-se quando já havia terminado a básica. Deve-se pois admitir que a atividade alcalina foi logo imediata à básica, porem com um certo tempo necessário a consolidação do derrame básico. Deve ter havido um certo intervalo entre uma erupção e outra para possibilitar um jazimento como o de Lages, Santa Catarina, onde um "stock" fonolítico perfurou o campo basáltico e foi interessar um tecto sedimentar da série Rio do Rastro e Estrada Nova (2). A opinião de D. GUIMARÃES deve ser aceita por estas razões, ficando

a atividade alcalina datada preferencialmente no Jurássico, tanto mais que na serra do Quartel, no maciço de Poços de Caldas, ha arenitos não perturbados que FERNANDO DE ALMEIDA (*) considera cretácicos, capeando as eruptivas alcalinas.

Na ilha de São Sebastião existe, igualmente, prova de que o magma alcalino foi posterior ao básico; na práia do Bonete, canto oeste, ha um dique de nordmarkito cortando outro de diabasio, ambos encaixados no gnais facoidal. (Foto 14)

O. BARBOSA (4) opina que em Poços de Caldas houve mais de uma erupção alcalina, separadas por longo período de tempo tendo a primeira gerado os plutonitos e a segunda, bem moderna, gerado os tipos efusivos. Este autor coloca no siluriano ou no algonquiano a primeira atividade magmática alcalina responsavel pelos maciços de rochas fundamentalmente plutonicas, sendo um defensor severo desta idéia. Supõe este autor que os maciços alcalinos constituidos de rochas de granulação muito grosseira, formaram-se com um tecto muito espesso, da ordem de alguns quilómetros, e porisso a sua denudação foi um processo muito longo até o estado presente e somente uma erosão vinda desde o algonquiano ou mesmo siluriano teria habilidade para arrazar esse pressuposto tecto.

Esta presunção não encontra apoio nos fatos pois típos plutônicos como foiaitos, nefelina-sienitos passam gradualmente a típos texturais mais finos e mesmo efusivos, de sorte que supor duas erupções para Poços de Caldas no sentido de explicar a coexistencia de tipos plutônicos ao lado de efusivos não procede petrogeneticamente. Foi DERBY (17) quem primeiramente observou essa transição de tipos plutonicos para efusivos segundo a palavra do prof. JUDD: " .raras vezes era apresentado à sociedade um escrito contendo fatos tão importantes. Estava reservado ao Sr. Derby provar que rochas plutônicas contendo nefelina passam a massas vulcânicas que são verdadeiros fonolitos. Isto foi claramente estabelecido por meio de observações feitas no campo" Igualmente J. MACHADO verificou que nas serras de Poços de Caldas que o foiaito e nefelina-sienito, passam gradualmente ao tipo de textura microgranular ou microgranular porfirítica, como sejam os microfoiaitos. Os diques de fonolito encontrados, bem como de foiaito tambem, posteriores, pertencem à última fase de consolidação do "stock" de Poços de Caldas. O tecto da camada intrusiva, contraindo-se por respriamento partiu-se em inúmeras fraturas de tensão. Nessas fendas o núcleo do "stock" ainda fundido, forneceu novo material magmático que veio se cristalizar nas fraturas dentro de um novo "pt" indiscutivelmente

---

(*) Comunicação verbal.

mais baixo, gerando os tipos texturais mais finos. Baseando-se na presença de diques posteriores de fonolito e foiaito, não ha razão para se supor duas erupções.

Igualmente, até o presente, ninguem conseguiu exhibir uma fotografia mostrando contato a frio do Gondwana sobre foiaitos ou nefelina-sienitos em Poços de Caldas.

O argumento da necessidade de um tecto espesso para gerar tipos plutônicos como o foiaito e nefelina-sienito que obrigatoriamente faz recuar a idade da erupção muito alem do jurássico, no siluriano ou algoquiano tambem não é decisivo. A questão da existência de tipos plutônicos de rochas alcalinas a 1400 m aproximadamente na ilha de São Sebastião e 3000 m no Itatiaia, não significa que essa intrusão tenha sido algonquiana ou siluriana para conceber um tecto preterito capaz de produzir texturas tão grosseiras com uma espessura de 2 a 3 quilómetros. V LEINZ (49) demonstrou que tipos plutônicos ocorreram numa intrusão que tinha por tecto apenas um fragil manto da série Itararé-Tubarão composto de arenitos e tilitos, como no caso de Ipanema. Em Poços de Caldas com um tecto sedimentar das séries São Bento e Estrada Nova formaram-se plutonitos e rochas intermediárias como microfoiaitos, sem haver um derrame de lavas. A verdade é que os tectos das camaras magmáticas intrusivas alcalinas não precisam ser formidavelmente espessos. Parece que a condição principal é a tranquilidade na cristalização, como aliás demonstra a uniformidade textural que existe em maciços conspícuos como o Itatiaia e São Sebastião. Esta tranquilidade é uma condição do tectonismo de tensão. Os atributos químicos das rochas indicam, segundo SHAND (71, p. 191) as condições físico-químicas em que se cristalizaram. Os tipos metaluminíferos, como os da ilha de São Sebastião, cristalizaram-se a uma moderada temperatura e com maior concentrações de volateis, condição esta que não exige tecto possante. Segundo DERBY (18) é possivel que numa erupção alcalina como a da ilha de São Sebastião nem tenha havido tecto gnaissico, o qual poderia ter sido substituido por um cogumelo de efusivas. Essa cupula fonolítica passaria inferiormente e gradualmente aos tipos mais grosseiros. O aspecto atual seria o resultado da denudação desse chapeu fonolítico devido a epirogênese do bloco. No entanto, o tipo de diferenciação no topo dos plutônitos, conduzindo a formação de tipos com quartzo como o nordmarkito indica que o gnais encaixante não teria sido extranho aos processos magmáticos.

A erupção da ilha de São Sebastião não precisa pois ficar sediada no algoquiano ou no siluriano para explicar a existência de tipos plutônicos, bem como não procede a idéia de que houve duas erupções recorrentes, uma mais antiga e separada de outra mais moderna por um longo tempo geológico. A denudação de um

tecto espesso poderia muito bem ser feita do jurassico até o presente, sem necessidade de deslocação da erupção para o algonquiano ou siluriano. Depois do levantamento epirogênico da ilha a velocidade da erosão foi muitas vezes multiplicada, graças ao possante gradiente da rede fluvial e teria assim competência e capacidade para um rápido desgaste do tecto pressuposto. Ademais, mais importante do que o tecto, como já foi visto, são a existência de volateis para gerar texturas grosseiras. A textura miarolítica do nordmarkito da ilha mostra claramente a intervenção desses compostos volateis. Alem dos volateis desempenham papel preponderante na formação de texturas grosseiras a tranquilidade de cristalização e a temperatura moderada, que somente pode ser obtida próximo à superfície para a rápida difusão do enorme graidente térmico da intrusão.

Bastante elucidativo é o artigo de ESPERS LARSEN (48) onde este autor descreve um batolito de 600 km de comprimento (provavelmente 1.600) por 100 km de largura, composto de quartzo-diorito e tipos dele diferenciados e cuja intrusão deu-se no cretáceo médio. O tecto da intrusão é constituido de rochas sedimentares e hoje acha-se exposto pela erosão. Este batolito levou 70.000.000 de anos para consolidar-se. Comparando-se tal fato com o pequeno "stock" alcalino da ilha de São Sebastião, de 27 km por 9 km, observa-se que ha possibilidade da intrusão alcalina ter-se dado no jurássico e ter sido denudada até o presente, pois uma massa centenas de vezes maior, com um tecto sedimentar, deu tipos plutônicos e foi denudada até o presene.

A conclusão a que se chega é que não ha incompatibilidade geológica nenhuma em datar no jurássico a erupção alcalina na ilha São Sebastião, como acontece com os jazimentos de Ipanema, Lages e Poços de Caldas.

4 — *POST-JURASSICO.*

Na ilha de São Sebastião ocorre um facto que deve ser estudado pelos petrologistas, — a existência de eruptivas ácidas andesíticas cortando eruptivas alcalinas, e portanto indicando que são post-jurássicas. A idade certa desta erupção não pode ser determinada por falta absoluta de elementos positivos. As únicas informações disponiveis são que jazem em diques tectônicos, acompanhando a direção NE-SW e que cortam as rochas alcalinas. O quartzo-andesito parece preencher linhas de falhas muito modernas, pois é encontrado na linha de falha responsavel pela escarpa do morro do Baepí, indo passar no seu prolongamento, pela Pontinha e costão da Barra Velha. Considerando-se estes fatos a idade dessa erupção ficaria do jurássico ao eocênico, quando se deram as acomodações isostáticas e epirogênicas que são

responsaveis pelo falhamento escalonado da serra do mar. Na falta de maiores esclarecimentos é melhor considerar as eruptivas ácidas como post-jurássicas.

5 — *HOLOCENO*

O carater dos depósitos terrígenos, incoerentes, da ilha de São Sebastião que lhes indica a idade mais recente, reside na sua disposição no fundo dos vales atuais e ao longo do cinto costeiro. A época holocênica é marcada a custa de elementos fisiográficos, mercê da disposição topográfica atual. Este, aliás, constitue o critério de MORAES-REGO (58): " .Sob esse título são compreendidos depósitos inconsistente acarretados pelos agentes externos atuais. São obvias as razões: esses depósitos são formados pelo favor da disposição topográfica produzida depois do último movimento epirogênico registrado"

CAPITULO III

TECTONICA

O tectonismo mesozóico da crosta terrestre, que culminou no começo do cenozóico, é admitido ter começado no Brasil no fim do Triássico e começo do período jurássico baseando-se no grande derrame basáltico do trapp do Paraná. Sincronicamente o mesmo fato ocorreu na Africa do Sul e um pouco mais tarde na India. A esta acomodação isostática efetuada por grandes derrames de compensação, admite-se tambem ter sobrevido o rejuvenecimento de antigos eixos de dobramentos laurencianos no Brasil meridional orientado segundo NE-SW (69, p. 13) por fraturas. Ha a considerar, pois, duas fases distintas porem relacionadas, sendo uma de fraturas de tensão com expulsão do magma básico e posteriormente alcalino e outra de falhamento e epirogênese.

Ao longo destas linhas de fraturas irrompeu o magma alcalino segmentado do basáltico, formando "stocks" de tamanho variavel e de várias espécies de jazimento. As erupções alcalinas do sul, porem, são de natureza um tanto diversa das setentrionais por diversos caracteres, como se pode comparar no quadro abaixo:

Jazimentos Meridionais	Jazimentos Setentrionais
1 — "mise-en-place" continental	— "mise-en-place" oceânica
2 — Rochas plutônicas e filonianas	— Rochas vulcânicas
3 — Idade jurássica	— Idade cretácica
4 — Tectonismo NE-SW	— Tectonismo N-S

Examinando-se as ocorrências de rochas alcalinas do Brasil setentrional verifica-se que são de um caracter bem diverso das meridionais. Enquanto estas acham-se no continente ou na plataforma continental, as do norte compreendem ilhas do chamado tipo oceânico sem relação alguma com o pedestal continental, como provam as fossas que as limitam (Ilhas da Trindade, Fernando de Noronha, rochedos de São Pedro e São Paulo). Outro carater já de natureza petrográfica, reside no tipo textural das rochas. Os maciços alcalinos meridionais consistem em tipos filonianos e plu-

tônicos; os próprios fonolitos encontrados não são de natureza vulcânica, porem alojam-se em fraturas de tensão às vezes na própria cúpula foiaitica do "stock" Nas ocorrências do norte os fonolitos são a rocha exclusiva, e caracteristicamente vulcanicos, associados a basalto. A idade das alcalinas meridionais é considerada jurássica, enquanto D. GUIMARÃES opina pela cretácica para as setentrionais. O tectonismo dominante nessas ilhas oceânicas parece ter sido N-S, sem haver confirmação de estudos recentes.

A prova de que o tectonismo que afetou a ilha de São Sebastião obedeceu a direção NE-SW é estrutural. No campo observam-se diques de basalto NE-SW bem como diques positivamente recentes de quartzo-andesito copiando a mesma direção. A configuração do maciço alcalino com aspecto elítico, tendo o eixo maior orientado NE-SW favorece igualmente essa afirmação. O tectonismo seguiu a direção NE-SW por se tratar de uma direção estrutural, a dos antigos eixos de dobramentos laurencianos e huronianos, e portanto previlegiada e operou-se por fraturas de tensão solidárias com essa direção; tais fraturas foram preenchidas pelo magma basáltico e posteriormente pelo alcalino subsidiário (a precedência do magma basáltico já foi discutida adrede). Esta fase deu-se sem epirogênese, fato aliás comprovado pelo carater plutônico das rochas alcalinas envolvidas e tambem filoniano das eruptivas básicas. Já a segunda fase do tectonismo caracterizou-se por uma epirogenese ao longo dessas fraturas NE-SW produzindo falhamento escalonado em todo o litoral meridional do Brasil. A prova de que o falhamento e epirogênese são posteriores a manifestação do magma basáltico e alcalino, alem da menção feita do caracter plutônico e filoniano dos tipos petrográficos encontrados, reside em falhas que interessam as rochas alcalinas e a elevação de seus tipos plutônicos a 1.379 m acima do nivel do mar. As falhas que interessam o maciço alcalino podem ser constatadas no morro do Baepí, (conformando uma escarpa quase vertical de altura variavel entre 600 e 800 metros) no maciço da Serraria e no de S. Sebastião. O falhamento da ilha foi escalonado, em parte, pois percebe-se topograficamente a escada de blocos com o lado abrupto voltado para SE, como se nota na Serra do Dom, Serra do Mar e Ilha de São Sebastião que formam três patamares distintos. Na ilha de S. Sebastião ha falhas, comprovadas exclusivamente pela topografia, tanto do lado SE como NW parecendo que o lado mais rejeitado é constituido pela vertente SE. Geralmente nos "stocks" acontece normalmente a subsidência das paredes por serem linhas de menor resistência, fato este que parece ter-se realizado no "stock" alcalino combinado com o falhamento em blocos das estruturas gnáissicas da Serra do Mar.

A prova desse falhamento escalonado NE-SW interessando não só a ilha de São Sebastião porem a geomorfologia de todo o

litoral do Brasil meridional é exclusivamente topográfica. Não pode ser considerado fortuito o alinhamento das ilhas de Santo Amaro, Alcatrazes, São Sebastião, Buzios, Vitoria, Porcos, Ilha Grande, Cabo-Frio e outras menores intermediárias.

Outra prova do tectonismo com recente elevação do bloco costeiro é fisiográfica; a maioria dos cursos da drenagem correm para o interior do planalto fugindo da serra do Mar enquanto poucos tributários descem para o mar. Considerando-se que a juventude destes cursos da vertente do mar é patente é que seu gradiente é enorme, não se notam ainda fenômenos de capturas e nem depósitos piemônticos dada a recente instalação dessa rede; do contrário, se estes rios fossem mais antigos, já teriam capturado os do planalto, tipicamente antecedentes. O único caso de captura da drenagem antecedente do planalto é o do Ribeira de Iguape devido a natureza calcárea das rochas, onde poude assim evoluir rapidamente seu perfil de equilibrio recuando as cabeceiras alem da crista da serra do Mar e capturar a mais importante drenagem planaltina que verte para o mar. A ausência de fenômenos de captura é um fato generalizado que demonstra quanto recente é esta drenagem e portanto como recente tambem foi o movimento epirogênico responsavel pelo falhamento e levantamento da serra do Mar.

Resumindo a tectônica da ilha de São Sebastião deve-se dizer que a direção das fraturas de tensão foi NE-SW caracterizada inicialmente por intrusões do magma básico e alcalino e finalmente por epirogênese e falhamento do bloco com rejeito maior na face SE. A partir da ilha de Cabo Frio a direção tectônica obedece à direção N-S. De Martonne, E. (54) já observára essa tectônica da ilha afirmando: *"A ilha de São Sebastião, de facil accesso e felizmente cartografada pela comissão de Exploração do Litoral, apresenta-se como um bloco basculado para o continente, cuja frente abrupta está virada para o oceano"*

Comparando-se estas direções tectônicas da costa leste do Brasil com a oeste do Sul da Africa observam-se notaveis coincidências. Bacelar Bebiano, J. (8) estudando a geologia do arquipélago de Cabo Verde refere-se minuciosamenteà tectônica dessas ilhas portuguesas: "As ilhas do Sal, Bôa Vista e Maio, de idade manifestamente mais antiga do que as restantes deste Arquipélago, formando um grupo alinhado que pertence a um único pedestal submarino, assim como a forma adelgaçada da primeira destas ilhas leva nos a conjecturar que foram formadas ao longo de uma fratura na crosta sub-oceânica, com direção aproximada N-S; esta direção que se aproxima bastante de N é denominada usualmente sub-meridiana. Esta fratura parece pertencer a uma direção tectônica dominante neste arquipélago, pois, como vimos,

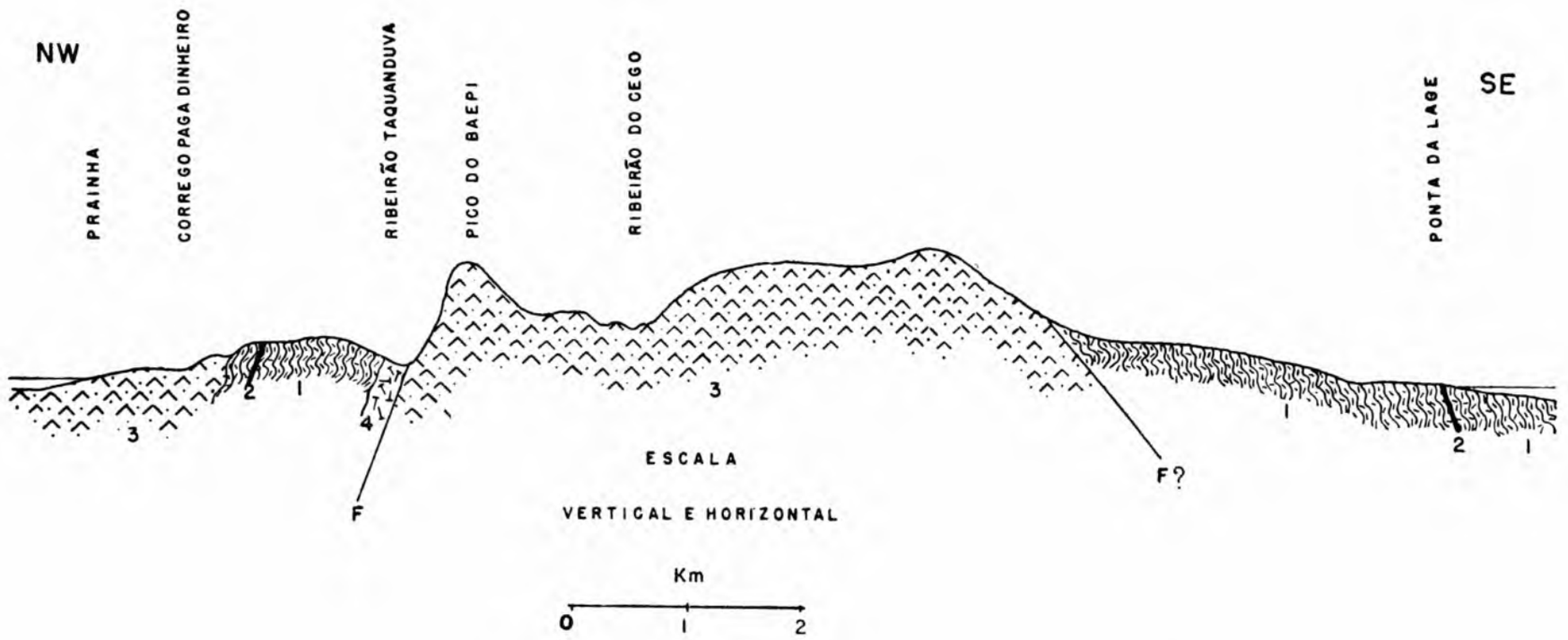


FIG. 10

SECÇÃO GEOLÓGICA ATRAVEZ DO MACIÇO DA SERRARIA

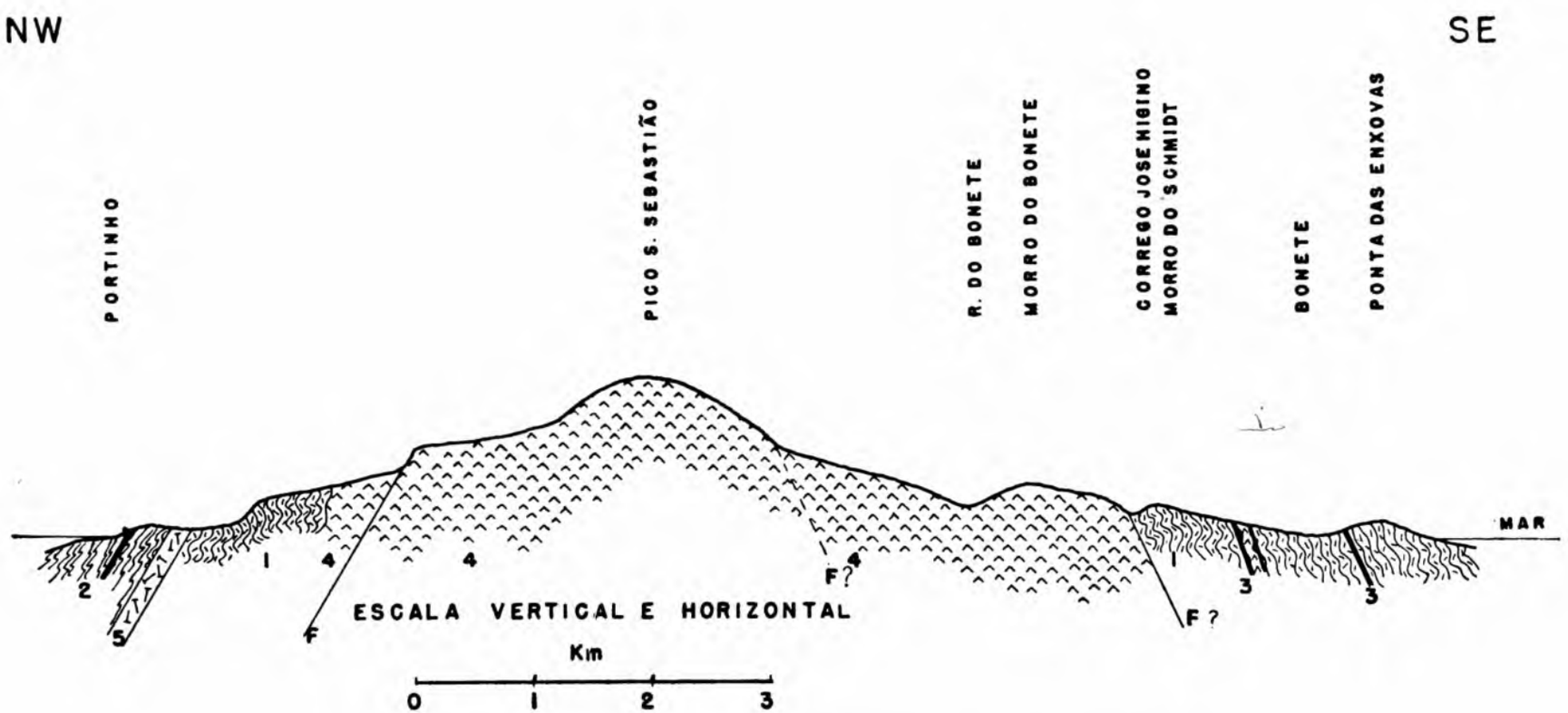


FIG. 11

SECÇÃO GEOLÓGICA ATRAVEZ DO MACIÇO DE SÃO SEBASTIÃO

existe na ilha de São Nicolau a falha do Campo da Preguiça com a mesma direção norte-sul, que deslocou os calcáreos marinhos do Monte Focinho.

O alinhamento das ilhas de Santo Amaro, S. Vicente, Santa Luzia e ilheus Branco e Razo que pertencem a um soco submarino bem distinto do antecedente, as formas alongadas das ilhas de Santa Luzia, S. Nicolau e ilheu Branco, bem como a existência de baixas profundidades (3.465 m). situadas a oeste da ilha de Santo Antão, lembrando um vulcão submarino, parece-nos indicar que estas ilhas foram formadas ao longo de uma fratura com uma direção muito proxima de W-E.

Alem destas fraturas principais que supomos terem existido, ainda se observam outras secundárias, de importância puramente local, nos vales das ribeiras Grande ou do Despenhadeiro e das Patas da ilha de Santo Antão. Por estas fraturas introduziu-se o magma vulcânico tendo dado origem aos multiplos filões e diques com direções dominantes NE-SW que orientaram o vale da ribeira Grande num rumo sensivelmente paralelo à costa.

Na ilha de São Tiago, a grande riba marinha do monte de Santa Clara, que desce verticalmente da altitude de 548 m até o mar, foi provavelmente produzida por uma falha geológica com direção NE-SW O vale da ribeira Negra deve tambem a sua origem a uma outra falha com direção igual à antecedente."

Esta tectônica não se identifica com a operada na ilha de São Sebastião onde a direção dominante e principal é NE-SW, enquanto nas ilhas vulcano-alcalinas do Brasil setentrional é mais parecida com a de Cabo Verde, pois a direção dominante parece ser N-S.

Du Toit (21) apresenta na fig. 7 da sua obra um mapa onde faz a restauração do continente sul-americano com ligação ao africano, segundo a teoria de Wegener; aí pode-se observar a existência no sul da Africa, desde Angola até o Kalahari, de linhas de fratura tectônica dirigidas NE-SW exatamente como ocorre no sul do Brasil e denominadas "post-triassic uplifts"

Conclue-se que a tectônica que afetou as costas brasileiras é idêntica à africana ocidental. Existe um paralelismo de direção entre a tectônica da Africa do Norte e o Brasil setentrional, como tambem existe paralelismo entre a tectônica da Africa ocidental meridional e o Brasil meridional. Na primeira a direção é N-S e na segunda NE-SW Betim Paes Leme, A. que trabalhou a bordo da corveta alemã "Meteor" publicou no boletim da Sociedade de Geologia de França (État des Connaissances géologiques sur le Brésil, 4a. ser. tom. XXIX, 1929) um trabalho afirmando que

existem entre a Africa e o Brasil três cristas médias, paralelas, tendo-se a impressão de que se trata de cadeias de montanhas, geralmente com 2.500 m de altura sobre uma base de 5.000 m de profundidade. Estas cristas seguem a direção N-S, grosseiramente paralelas às costas brasileiras e africanas. Sobre a crista mediana acha-se a ilha vulcânica de Santa Helena e tambem a de Assunção. A direção NE-SW nota-se nos "saharidas" segundo os estudos de CHUDEAU, R. (Réchèrches sur la tectonique de l'Afrique Occidentale, B. Soc. Geol. Fr. Tom. XVIII, 1918) e foi magnificamente cartografada. Os "saharidas" são rochas cristalinas com eixos de dobramento NE-SW de idade pregothlandiana provavelmente, e que foram rejuvenescidos por falhamento no fim do mesozóico e começo do cenozóico, exatamente como as rochas cristalinas antigas do Brasil meridional (arqueano e algonquiano).

A tectônica que afetou a ilha de São Sebastião não constitue, portanto, nenhum caso especial, porem foi a mesma que operou ao longo de todo o litoral do Brasil meridional e tambem na Africa sul-ocidental, havendo uma notavel coincidência nos eventos, nas estruturas atingidas e na direção operante.

CAPITULO IV

GEOMORFOLOGIA

O relevo do Estado de São Paulo tem sido analisado por diversos autores nacionais e extrangeiros, tornando-se um campo eleito para contradições quanto ao número e idade das superfícies de erosão. Os trabalhos mais importantes são os de WASHBURNE (81) REGO (59), PRESTON JAMES (39) e E. DE MARTONNE (54).

MORAES REGO (59) admite duas superfícies de erosão, sendo uma eocênica que liga o topo peneplanizado das serras quartziticas à "cuesta" de Botucatú e que denominou *paleógena* e outra pos-pliocênica ou chamada *neógena* responsavel pelo modelado atual. Já PRESTON JAMES (39) admite 3 superfícies de erosão respectivamente a 1.000. 1.400-1.500 e 1.700-1.800 metros. DE MARTONN considera 4 superfícies, a) Pre-permiana, b) das cristas, c) dos campos e d) neogena.

Do exame da tese desses autores chega-se a conclusão que são três opiniões distintas e irreconciliaveis. O defeito desses autores consiste em especular somente com dados topográficos, baseados em levantamentos pouco corretos, sem levar em consideração na exegese do relevo dados mais positivos fornecidos pela estrutura, tectônica, natureza da rocha, e foram assim conduzidos a uma cronologia falsa da denudação.

Não constitue objetivo do autor e nem é oportuno discutir as idéias desses autores referidos. Convem por em reparo que, segundo o conceito de DAVIS, o peneplano é uma topografia senil resultante de um ciclo de erosão consumado. Dentro deste conceito verifica-se que em São Paulo somente é encontrado resto de um antigo peneplano aparente perfeitamente no topo senil das serras do cristalino e sobre as chapadas cretáceas do interior. No cristalino acha-se a 1.000 metros em média (Serras de São Francisco, Jaraguá, Boturuna, Japí, etc.) e sobre as estruturas cretáceas a 800 e 900 metros em média. Verifica-se que ha uma certa inclinação desse peneplano produzida pela elevação epeirogênica do cenozóico. Abaixo desta superfície preterita existe uma topografia com vários niveis dados pela estrutura e resistência das rochas (1.° nivel da cuesta devido as estruturas concordantes da série São Bento entre arenito e basalto, 2.° nivel das cristas da

série Passa-Dois protegidas por leitos de silex e 3.º nivel, o inferior de todos).

A idade desta segunda topografia, sem entrar na discussão dos seus niveis, é post-eocênica, pois provem do levantamento epeirogênico que elevou todas as estruturas do sistema de Santa Catarina e série Baurú a 1.000 metros de altura, movimento ascendente este considerado desde o cretáceo superior até o eocênico.

A idade do peneplano, residual nesses monadnocks, fica sendo pre-eocênica e post-cretácica inferior, andar neocomiano) (28) e o levantamento epeirogênico que remodelou o litoral brasileiro meridional, tempo este calculado em 60 milhões de anos para mais, suficientemente longo para uma topografia evoluir até a peneplanização.

Para maior clareza poderiamos denominar a superfície mais antiga de peneplano cretáceo e a topografia abaixo deste nível de superfície moderna. Como conciliar estas duas topografias fundamentais com superfícies existentes em cotas mais elevadas a 1.300 metros na Ilha de São Sebastião, 1.600 a 2.000 em Campos de Jordão e quase 3.000 metros no Itatiaia e Caparão sinão considerando o desnivelamento em blocos falhados das estruturas cristalinas arqueanas e algonquianas envolvidas. O carater do falhamento em blocos escalonados é um argumentos habil para explicar a elevação de compartimentos de um mesmo peneplano a níveis diferentes por epeirogênese, segundo o rejeito dos blocos. Note-se que todas estas superfícies acham-se inclinadas para NW e as cristas das falhas orientadas NE-SW O escalonamento e a inclinação mostram que se trata de uma mesma superfície de erosão falhada e basculada a diversos níveis por imposição tectônica e não de diferentes superfícies gliptogenéticas segundo entende E. DE MARTONNE. Na escarpa da Mantiqueira, que suporta as superfícies de cota de 1.600-2.000 metros como Campos de Jordão e de quase 3.000 metros como o Itatiaia observa-se a juventude da drenagem que verte para o Paraíba, a ausência de capturas e de depósitos piemônticos, prova fisiográfica da idade recente deste escarpamento, fato já analisado a propósito da escarpa da serra do Mar. Estes fenômenos indicam que a elevação da Mantiqueira é contemporânea da serra do Mar e que as superfícies de erosão alí existentes não são várias, porque a tanto não houve tempo necessário para sua modelagem, porem uma única que foi fraturada em diversos níveis pela tectônica de blocos falhados e escalonados com adernamento para NW Este fato DE MARTONNE não considerou quando admitiu a superfície dos Campos de Jordão sendo diferente da do Itatiaia e do Jaraguaá. Em recente trabalho, apresentado no 2.º Congresso de Engenharia de Minas e Geologia, reunido em Outubro no Rio de Janeiro, A. R. LAMEGO

teve a oportunidade de desenvolver com raro brilho a argumentação da contemporaneidade da serra do Mar com a da Mantiqueira e a sua origem por desabamentos em blocos falhados e adernados para NW

Os altos dos campos de Jordão, maciço do Itatiaia e Ilha de São Sebastião, que se acham completamente peneplanizados como demonstra a sua topografia, são restos de uma mesma superfície de erosão senil que foi rejuvenecida a partir do eocênico com a elevação do país por epeirogênese, acompanhada de falhamento em blocos escalonados, um dos quais deu origem à ilha de São Sebastião segundo a propria opinião de DE MARTONNE (54, p. 531): *"A ilha de São Sebastião, de facil acesso e felizmente cartografada pela Comissão de Exploração do Litoral, apresenta-se como um bloco basculado para o continente cuja frente está virada para o oceano"*

Na ilha de São Sebastião, bem como na quase totalidade do chamado "Brasil Tropical Atlântico" de DE MARTONNE, não ha absolutamente cristas culminantes apalachianas. A crista culminante da ilha de São Sebastião tem por estrutura um "stock" alcalino, maciço e falhado, nada havendo na estrutura que a identifique com a drenagem apalachiana. DE MARTONNE pretende exprimir com termo apalachiano uma adaptação dos rios às linhas de menor resistência da estrutura e ponto em destaque as mais resistentes. Evidentemente a drenagem apalachiana geneticamente não se refere a este caso. Os rios do Brasil meridional, na parte que correm sobre o cristalino, numa estrutura dobrada muito complicada com falhamentos, formam uma drenagem tectônica copiando as linhas de fraturas recentes ou as direções regionais do gnais. Na drenagem apalachiana dá-se justamente o contrário; a drenagem em lugar de postcedente como a nossa é antecedente. Os rios em lugar de acompanharem a estrutura cortam normalmente o eixo das dobras em gargantas denominadas "gap" por se tratar de cursos antecedentes-consequentes que corriam previamente numa superfície sedimentar primitiva que capeava a estrutura dobrada inferior. Com o evento de movimentos ascendentes os cursos removeram a capa sedimentar e passaram a dissecar a região dobrada com as mesmas direções antecedentes, sem respeitar a nova estrutura. Basta examinar-se na carta geográfica os rios dos montes Apalaches dos EE. UU. para constatar-se que todos cortam normalmente o eixo dos dobramentos vindo desembocarem na costa atlântica, como o Delaware, Susquehanna, Potomac e Savannah. Os rios da região da Serra do Mar e Mantiqueira, para serem apalachianos deveriam nascer em Minas Gerais e correrem de NW para SE, furando os escarpamentos tectônicos ou estruturais da

Serra da Mantiqueira, serra Quebra Cangalha e serra do Mar, vindo desembocarem no mar. O que se verifica é justamente ao contrário, isto é, uma adaptação à estrutura e às linhas de fratura tectônica coincidentes, sendo porisso uma drenagem postcedente. Não é correto admitir-se para a drenagem sobre a estrutura dobrada do Brasil meridional o tipo apalachiano, mesmo porque falta um dos requisitos fundamentais como seja a cobertura sedimentar prévia (Plano Costal) sobre a estrutura dobrada. A área cristalina esteve sempre em erosão fornecendo material terrígeno para a sedimentação do sistema de Santa Catarina e série Baurú, o que implica dizer desde o carbonífero até o cretáceo que vem perdendo peso e consequentemente elevando-se por mecanismo isostatico.

Na ilha de São Sebastião ao lado desta topografia senil dos picos, referente ao antigo peneplano cretácico, observa-se uma topografia juvenil devido ao rejuvenescimento produzido pelo recente levantamento epeirogènico que deu origem a ilha, e elevou os plutonitos alcalinos a mais de 1300 metros de altitude. Esta topografia juvenil foi inaugurada no eocênico e vem sendo trabalhada até o presente. A extrema resistência das rochas, apezar do enorme gradiente dos rios, proporcionou uma evolução pequena no estágio. No maciço da Serraria a topografia acha-se na passagem para a maturidade. A drenagem denuncia muito claramente esta maior evolução fisiográfica deste maciço; tem ele o aspecto de um largo planalto profundamente dissecado, contrastando com a topografia do maciço de São Sebastião que parece ser mais uma crista produzida por falhamento do que por erosão. As formas senis encontradas nos cumes gnáissicos satelites do maciço alcalino, geralmente a 400 metros de altitude, são referentes ao mesmo peneplano e colocadas posteriormente em níveis diversos por solicitação tectônica. O caso mais típico é o do morro do Cantagalo, cujo cume acha-se peneplanizado. Entre este cume e o Baepí, cujo pico está a 1.000 metros, existe uma falha possante, com um escarpamento quasi vertical que atinge a 800 m no comprimento maior, demonstrando que por disnivelamento é possivel fazer coincidir ambos os cumes. Estes disnivelamentos da antiga superfície cretácea em vários andares por imposição tectónica resultam aparentemente em níveis de erosão escalonados, cuja origem em lugar de fisiográfica é tectônica por excelência.

O lado SE da ilha de São Sebastião, o voltado para o oceano atlântico, não apresenta escalonamento. Consta de uma face abrupta bastante dissecada pela erosão (25).

A drenagem da ilha acha-se solidária com a estrutura e a tectônica. No trecho compreendido no maciço alcalino é radial, adaptando-se à estrutura quando atinge as formações arqueanas. No gnais arqueano os rios são geralmente subsequentes, havendo

um caso de "drenagem apalachiana" dado pelo rio Perequê. Este rio perfura as cristas mais resistentes de gnais, normalmente ao eixo das dobras, na altura do Perequê, em numero de três gargantas. Esta passagem porem não constitue uma garganta apertada, porem uma seladura bem larga, visivel somente do alto dos picos ou de avião.

Nesta parte da ilha houve possibilidade de uma adaptação apalachiana devido as oscilações de nivel experimentadas pela costa. Comprova-o a existência de terraços marinhos pouco figurados que serão analisados adiante a propósito do modelado costeiro. Com o abaixamento da costa ou movimento eustático responsavel pela escultura dos terraços a drenagem do Perequê fazia-se exatamente como hoje, somente em nivel superior ao das cristas gnáissicas, sobre um plano costal, e em numero de três e paralelas, conforme vê-se no mapa topográfico da Comissão Geográfica e Geológica. Com o seguinte levantamento costeiro, provavelmente por epigenia, o rio Perequê perfurou as três cristas continuando a evoluir seu perfil, com tributários subsequentes à esquerda e à direita, exatamente como no tipo apalachiano. Embora não existam provas de uma cobertura sedimentar marinha previa sobre esta região, capeando as três cristas gnáissicas, houve possibilidade de sua existência quando a costa achava-se mais imersa, provavelmente no pliocêno, durante uma invasão eustática ou epeirogênica. Com o levantamento do litoral negativa ou positivamente a drenagem do Perequê retiraria todo o plano costal e passaria a adaptar-se como um rio apalachiano até o estado atual de sua evolução. As cristas culminantes da ilha, como já foi discutido, não são apalachianas, conforme supoz DE MARTONNE (54). O tipo de drenagem apalachiana acha-se muito bem apresentado, discutido e ilustrado por VON ENGELN (79, p. 339 a 367). Da leitura da análise feita sobre a topografia e adaptação fluvial apalachiana adquire-se a convicção que, salvo casos como o rio Perequê, não ha absolutamente nenhum elemento para se atribuir à drenagem sobre a estrutura dobrada arqueana e algonquiana do Brasil Meridional o tipo apalachiano.

2 — O MODELADO COSTEIRO

Ha uma absoluta independência entre o ciclo de erosão fluvial e o marítimo, fato que significa modelados independentes também, cujas condições foram postas em evidência por D. W JOHNSON (41). Ambos podem ter-se originado da mesma modificação de nivel e porisso podem caminhar paralelamente, porem com carater independente um do outro. A emergência costal, se grande, pode trazer um novo ciclo fluvial e se gradual apenas acelera o mesmo ciclo. A submergência introduz um novo ciclo ma-

rinho, porem não acarreta modificação alguma no ciclo fluvial. Na ilha de São Sebastião parece ter havido uma submergência, provavelmente contemporânea dos depósitos da série Barreiras, que gerou os terraços marinhos hoje mal testemunhados a uma altitude de 20 a 30 metros graças a uma emergência gradual, pois não afetou o ciclo fluvial, apezar do afogamento pleistocênico generalizado de toda a costa meridional do Brasil que proporcionou o tipo bem conhecido e familiar dos rios afogados e das rias.

O ciclo marinho atual apresenta-se na juventude do processo atacando uma costa do tipo de submergência. A prova de que a costa da ilha, bem como de todo o litoral meridional é de submergência é dada pelas rias, pelos cursos afogados. A prova de que o processo acha-se na juventude é o tipo de costa de abrasão, crenada, localmente denominada costeira quando baixa e costão quando alta. Os depósitos marinhos são escassos e estão sempre dispostos entre duas pontas rochosas, principalmente de gnais, exatamente como no perfil da evolução de uma costa de submergência na juventude (41, p. 283). Devidas às condições particulares do canal de São Sebastião, como a ausência de arrebentação, existência de correntes poderosas, a costa apresenta-se fisiograficamente mais evoluida no processo, embora ainda se encontra na juventude. Domina neste canal a sedimentação causada pelo jogo das correntes marinhas e pela dejeção fluvial. Os maiores depósitos costeiros coincidem com a barra dos rios e variam segundo a importância da dejeção fluvial. Os depósitos do Perequê são os mais importantes porquanto situam-se na barra da maior rêde fluvial do canal. Outros depósitos ocorrem no Taquanduva, Engenho-d'Agua e Ilhabela. Os demais depósitos marinhos retificando o litoral são de menor importância e situam-se nas práias mencionadas no capítulo da geologia. Fóra do canal a costa da ilha apresenta-se crenada, formando usualmente costeiras de abrasão, localmente costões como em toda a península do Boi. As práias são escassas indicando mais uma vez a juventude do processo abrasivo.

Não pode haver dúvidas quanto o tipo de submergência da costa da ilha de São Sebastião. Segundo JOHNSON (41, p. 186) a definição de costa de emergência é a seguinte: *"The typical shoreline of emergence is the costal plain shoreline, resulting from the emergence of a submarine or sublacustrine plain"* Na costa da ilha de São Sebastião não se encontra nenhum atributo dessa natureza fisiográfica. A. R. LAMEGO (45) já tinha chamado a atenção para o tipo de costa de submergência do Brasil meridional, assinalando que o crescimento do litoral dava-se a custa da sedimentação marinha, mais intensamente nos pontos onde se encontravam as barras dos rios, verdadeiras fornecedoras de materia

prima, como por exemplo na planície de Campos onde desemboca o Paraíba, na do Juqueriquerê onde desemboca o rio do mesmo nome, etc..

Da existência de pequenos depósitos marinhos formando as práias e pequenas planícies com a do Pequeá, bem como do tipo generalizado de abrasão da costa, conclue-se que o litoral insular está na juventude e portanto muito longe da sua retificação.

Alem deste ciclo atual erosivo marinho, que foi discutido, existem testemunhos de um ciclo anterior segundo indicam os terraços marinhos que se erguem ao sul da ilha, no canal, na cota de 20 a 30 m de altitude. Na ponta da Sela, observa-se a presença de tais terraceamentos. Igualmente são encontrados no Bonete, Enxovas, Ponta da Pirabura e saco do Eustaquio. Esse nivel de 20 a 30 metros forma um traço uniforme no modelado da costa. A generalidade desta forma e a sua topografia indicam de que se trata de terraços marinhos; o topo acha-se completamente planificado e horizontal. A erosão fluvial, na superfície peneplanizada cretácica, esculpiu sem duvida uma topografia senil, porem esta superfície acha-se adernada hoje em virtude do falhamento em blocos do litoral com basculamento para NW Assim, as superfícies planas e horizontais são de origem marinha porquanto são mais recentes do que as esculpidas pela erosão fluvial e não se apresentam portanto perturbadas. Os movimentos experimentados pela costa foram todos verticais, sem fraturas, depois de encerrado o tectonismo eocênico.

A existência desses terraços corresponde a um levantamento costal epeirogênico depois do eocênico, quando o litoral já estava morfologicamente estabelecido, e situado no pliocênico segundo Moraes Rego (59). Este autor considera tal fato como um abaixamento epeirogênico que possibilitou a extensa sedimentação terrígena continental do país. Entretanto a falta de um depósito frontal fossilífero não permite diagnosticar a época desse afundamento, mesmo porque a fauna pliocênica não difere essencialmente da holocena marinha. E' mais acertado afirmar que a costa sempre vem se levantando, e que o afogamento dos rios é fenomeno custatico, mascarando a ascenção epeirogenica, no quaternario, por controle glacial. Essa submergência, segundo Moraes Rego (59) deu-se no pleistocênico e provavelmente foi proveniente de movimento eustático positivo.

O diagrama abaixo mostra a história do modelado costeiro da ilha de São Sebastião.

CRONOLOGIA	TECTÔNICA
1 — Cretáceo superior ao Eocênico	1 — Falhamento escalonado em blocos e origem da ilha
2 — Pliocêno	2 — Levantamento epeirogênico Terraceamento marinho
3 — Fim do Pliocêno	3 — Levantamento gradual da costa Aceleramento do ciclo fluvial
4 — Pleistocêno	4 — Submergência costal. Costas afogadas (Movimento Eustatico positivo).

Opina MORAES REGO (59, p. 25) *"Na parte setentrional da costa é facil vislumbrar a imersão da topografia eo-quaternária, e talvez mesmo da anterior. A evolução desenvolvida ou a amplitude da imersão tornam pouco notaveis os acidentes; a configuração está longe de oferecer as complicações do tipo dalmata"*

O problema mais sedutor do momento reside na questão se ha ou não um levantamento atual da costa. No caso da ilha de São Sebastião pode-se afirmar com segurança que o tipo da costa é de submergência, não revelando nenhum sinal de levantamento que autorize enquadra-lo num tipo genético de emergência, de acordo com o conceito de JOHNSON.

O afogamento eustatico positivo foi produzido pelo degelo da epoca glacial submergindo a topografia costal estabelecida em ciclo anterior. A costa, porem, acha-se em elevação desde o cretaceo, porque o escudo cristalino vem perdendo peso desde esse período, por erosão, e consequentemente por ajustamento isostatico vem subindo gradualmente. O afogamento por movimento eustatico positivo, porem, mascarou completamente essa ascenção costal e gerou pelo afogamento do modelado costal anterior, o tipo de submergencia atual.

CAPITULO V

CONCLUSÕES

São as seguintes conclusões a respeito da geologia da ilha de São Sebastião.

1 — As formações encontradas na ilha de São Sebastião são: *a*) *Granitos e gnais, b*) *Eruptivas Básicas, c*) *Eruptivas Alcalinas, d*) *Eruptivas Quartzo-dioríticas* e *e*) *Depósitos Recentes.*

2 — O *Arqueano,* petrograficamente, não difere do arqueano conhecido no sul do Brasil. Apresenta os seguintes tipos de rochas: a) Gnais facoidal, b) Oligoclásio-gnais. c) Hornblenda-gnais d) Biotita-gnais e e) Microclina-granito. Distribue-se geralmente nas bordas da ilha, porem suas estruturas penetram pelo interior do maciço alcalino dividindo-o em três núcleos, respectivamente o do Serraria, o de São Sebastião e o da península do Boi. A estrutura do arqueano apresenta-se em dobras isoclinais, com direção NE-SW e mergulho de 55.° a 70.° W Nas partes da costa onde as estruturas são arqueanas a direção das camadas de gnais influem na sua morfologia, impondo-lhes uma orientação NE-SW facilmente percebida no mapa. (Fig. 3).

3 — A estratigrafia do arqueano é a seguinte: 1 — Gnais facoidal, 2 — Hornblenda-gnais, 3 — Biotita-gnais e 4 — Oligoclásio-gnais.

4 — As *Eruptivas Básicas* constam, petrograficamente, de basaltos com as variedades texturais porfiríticas e pilotaxítica e diabásios intergranulares. São rochas comparaveis às eruptivas do trapp do Paraná, compostas mineralogicamente de labradorita, augita, apatita, magnetita e pirita algumas vezes. Caracterizam-se por uma excepcional riqueza em magnetita ao lado de correspondente pobreza em apatita e ausência de olivina. A falta deste mineral insaturado não incompatibiliza a linhagem destes basaltos como descendentes do magma primário olivina-basáltico; este tipo enriqueceu-se em sílica ao perfurar a crosta siálica por se tratar de um processo lento de emersão com tempo necessário para eliminar a olivina por reação de saturação.

5 — A idade das Eruptivas Básicas é presumidamente rética, baseando-se precariamente na identidade petrográfica e tectônica com os basaltos do trapp do Paraná e com os que ocorrem no arqueano do Brasil meridional.

6 — As *Eruptivas Alcalinas* são compostas fundamentalmente de plutonitos, com raros representantes hipabissais e porfiríticos alojados em fraturas de tensão nos plutonitos. Os plutonitos formam a seguinte série: 1 — Nordmarkito, 2 — Biotita-pulaskito, 3 — Pulaskito, 4 — Nefelina-sienito, 5 — Foiaito, 6 — Essexito-foiaito, 7 — Essexito e 8 — Teralito. As hipabissais são: 1 — Bostonito, 2 — Microfoiaito. 3 — Sodalita-microfoiaito, 4 — Nefelina-sienito-aplito, 5 — Microteralito. As porfiriticas são: 1 — Sodalita-fonolito e 2 — Sodalita-traquito. A composição mineralógica da série plutônica é dada no quadro I.

7 — Da série plutônica foram analisados quimicamente: 1 — Teralito (n.º 39), 2 — Essexito (n.º 6). 3 — Nefelina-sienito (n.º 21), 4 — Pulaskito (n.º 13), 5 — Biotita-pulaskito (n.º 28), 6 — Foiaito (n.º 10), dispostos segundo o valor crescente do teor em SiO_2, ordem esta estabelecida em todos os diagramas.

8 — A composição química da série alcalina plutônica acha-se caracterizada segundo: A — Diagramas de variação, B — Diagrama do Índice álcali-cálcico e C — Composição molecular e em átomos metálicos (incluindo o valor da soma dos átomos de metal e de oxigênio).

9 — A custa do diagrama geral de variação linear, baseado nas percentagens da análise química da série alcalina plutônica, conclue-se que as relações entre as curvas do grupo da alumina (Al_2O^3) e dos álcalis (Na_2O, K_2O) e as curvas do grupo da cal (CaO) da magnésia (MgO) e dos óxidos de ferro (FeO, Fe_2O_3) não obedecem a regra geral, porem apresentam discrepâncias devidas ao comportamento dos álcalis que, nas rochas alcalinas, tambem se acham ligados à composição química dos piroxênios e anfibólios alcalinos. O diagrama I mostra as relações entre estes dois grupos antipatéticos.

10 — Com o emprego do diagrama de variação linear da alumina (Al_2O_3), obtido com valores das proporções moleculares segundo dados da tabela I, conclue-se que somente o Biotita-pulaskito (rocha n.º 28) apresenta corindon normativo por ser um tipo peraluminífero, enquanto o Teralito (n.º 39). o Essexito (n.º 6) o Nefelina-sienito (n.º 21), o Pulaskito (n.º 13) e o Foiaito (n.º 10) são metaluminíferos. O diagrama II mostra as relações entre a curva da alumina e a dos álcalis, e a tabela II os dados que caracterizam ambos os tipos peraluminiferos e metaluminíferos.

11 — Utilizando-se o diagrama de variação linear da sílica, obtido com os valores das proporções moleculares dados na tabela I, conclue-se da relação entre a curva da sílica real e as curvas dos minerais normativos em número de 4 associações (a) feldspatoides mais olivina, b) faldspato mais olivina, c) feldspato

mais hiperstênio e d) diopsídio} que na série não ha quartzo normativo, segundo o diagrama III.

12 — O uso do diagrama do índice álcali-cálcico de autoria de M. A. PEACOCK (61), permite concluir quanto à classificação da série alcalina segundo a relação entre a cal e os álcalis. Pelo diagrama IV verifica-se que a composição da série tem um índice alcalino (46,40) segundo a norma estatuida por aquele autor.

13 — O emprego da composição molecular da série alcalina mostra realmente a contribuição dos óxidos analisados não mais em gramas como na análise ordinária, porem em peso molecular o que é mais racional. A tabela V indica a composição química segundo os pesos moleculares e a IV a soma dos pesos moleculares sem recalcar a 100%, numero este que ROSENBUSCH, H. (66) denominou "Zahl"

14 — A composição da série alcalina plutônica em átomos metálicos apresenta a percentagem dos átomos de Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na e K, representada na tabela VII. A custa desta composição em átomos metálicos, verifica-se que a rocha mais rica em Si não é o foiaito (n.º 10), que na série de análises químicas ocupava o lugar do membro mais ácido (59.90% de SiO_2), porem o biotita-pulaskito (n.º 28). O carater mais ácido do biotita-pulaskito é comprovado no campo onde passa gradualmente a nordmarkito, membro este que possue quartzo na sua composição mineralógica. Conclue-se, graças a este processo, que a rocha mais ácida não é realmente a que possue, às vezes, o maior teor de SiO_2, porem aquela que possue mais átomos de Si, e nesta série é o biotita-pulaskito. Igualmente conclue-se, com a utilização deste processo, que a rocha mais rica em Al é o biotita-pulaskito, comprovando a sua natureza peraluminífera e a existência de corindon normativo.

15 — O uso do processo da soma dos átomos metálicos e dos de oxigênio, comparando-se entre si os totais, serve para indicar a consanguinidade dos tipos considerados. Compulsando-se os dados da tabela VIII conclue-se que todos os membros da série alcalina plutônica são parentes, com absoluta identidade de composição de átomos metálicos e de oxigênio que não pode ser devida sinão à composição química de um mesmo magma. Apenas o teralito afasta-se ligeiramente por se tratar justamente do elo mais básico com parentesco mais gábrico do que propriamente alcalino. Estas discrepâncias são fenómenos naturais na diferenciação.

16 — Quanto à diferenciação da série alcalina conclue-se que ela se fez paralelamente à ordem normal de segregação dos minerais, isto é, a medida que se caminha para os elos mais diferenciados diminue o ponto de segregação dos minerais da composição da rocha. O diagrama n.º 5 ilustra a marcha da diferenciação. Em

todo o processo da diferenciação observa-se que foi seguida a ordem normal de segregação, tendo em algumas rochas a biotita sido mais antiga do que os piroxênios e anfibólios sódicos, fato assinalado por JOHANNSEN (40, p. 95, vol. IV) A ordem agpaítica de FERSMANN não tem absoluta defesa neste caso, e nem no Itatiaia onde A. R. LAMEGO (44) embora em contradição, a defendeu.

17 — Conclue-se pelo tipo plutônico generalizado da série alcalina que o jazimento é plutônico, estando as eruptivas alcalinas encaixadas no gnais arqueano na forma de um "stock" de forma elítica, orientado NE-SW, com o eixo maior de 27 km, e NW-SE com o eixo menor de 9 km. Este jazimento não discrepa dos caracterizados por uma intrusão em rochas metamórficas, secundariamente eruptivas, perfurando areas estaveis por epeirodiatresis.

18 — A ausência de calcáreo, o volume das rochas alcalinas, a diferenciação seguida e a segregação mineralógica, desfavorescem a teoria de DALY, na sua aplicação à origem da série alcalina da Ilha de São Sebastião Isto não implica em negar, no que fôr possivel, a teoria de DALY no caso de alguns maciços alcalinos brasileiros como Ipanema, Jacupiranga e Anitápolis, justamente os que formam jazidas de valor econômico de apatita e magnetita. Estes dados estão mais de acordo com a teoria de BOWEN, isto é, origem das eruptivas alcalinas a partir de uma matriz basáltica, de composição química adequada, mediante certas condições, por um processo de cristalização fraccionada.

19 — Comparando-se as eruptivas alcalinas da ilha de São Sebastião com as de Cabo Frio, Itatiaia, Poços de Caldas e Ipanema, únicas que dispunham de estudos petrológicos, verifica-se que existe semelhança somente com o maciço do Itatiaia, podendo ambas as ocorrências serem consideradas comagmáticas. Em alguns pontos ha similitudes com as eruptivas de Cabo Frio, porem a diferença principal reside na ausência de minerais de zircônio na ilha de São Sebastião. O quadro XIX resume a comparação entre estes cinco maciços alcalinos.

20 — A idade das eruptivas alcalinas é considerada Jurássica, de acordo com a opinião de DJALMA GUIMARÃES (28). Realmente ela é posterior à das eruptivas básicas pois na práia do Bonete ocorre um dique de nordmarkito cortando outro de diabásio, ambos encaixados no gnais facoidal. O argumento de que para gerar tipos plutônicos texturalmente uniforme em grandes massas seria necessário um tecto formidavelmente espesso e, consequentemente, a intrusão teria que ficar sediada no eopaleozóico ou mesmo algonquiano para proporcionar o necessário tempo geológico para a erosão denuda-lo, não é decisivo. VIKTOR LEINZ (49) demonstrou que tipos plutônicos alcalinos ocorreram numa intrusão que teve por tecto um manto pouco espesso de sedimentos

da série Itararé-Tubarão em Ipanema. O mesmo fato é observado em Poços de Caldas com um tecto do sistema de Santa Catarina (séries São Bento e Estrada Nova). O tecto na ilha de São Sebastião poderia ser pouco espesso, ou mesmo no seu lugar apenas ter existido um cogumelo de efusivas, porquanto mais importante do que a espessura do tecto para gerar plutonitos são as condições físico-químicas do magma, a presença de volateis e cuja presença deve-se a textura grosseira das eruptivas alcalinas. Segundo SHAND (71) os tipos metaluminíferos como os da ilha de São Sebastião demandam temperatura moderada, que só é possivel com um tecto pouco espesso para irradiar o gradiente termico do "stock" e maior concentração de volateis. LARSEN (48) descreve um batolito do cretáceo médio, de 600 x 100 km, como tecto sedimentar, constituido de diorito, que atualmente se acha denudado. Se um volume muito maior de eruptivas, formando um batolito,poude ser intrusivo no cretáceo médio e já se achar erodido, com muito maior verosimilhança o pequeno "stock" alcalino da ilha de São Sebastião pode ficar no jurássico, havendo tempo geológico suficiente para a denudação do seu pressuposto tecto.

21 — As *Eruptivas Ácidas,* compostas de quartzo-diorito, quartzo-microdiorito e quartzo-andesito, são as mais recentes devido cortarem as eruptivas alcalinas plutônicas. Ocorrem em diques tectônicos orientados NE-SW com excepção do quartzo-diorito cujos afloramentos não indicam as suas relações estruturais. As eruptivas ácidas cortam o nordmarkito no cume do Zabumba (1.025 m), tratando-se de um tipo efusivo cortando um plutônico, fato que indica que o nordmarkito já se achava nas condições topográficas atuais para permitir estas relações entre rocha encaixante e encaixada. Graças a esta indicação estrutural as eruptivas ácidas (quartzo-microdiorito e quartzo-andesito) devem ser consideradas post-jurássicas. REINHARD MAACK (52) em uma tese apresentada ao 2.º Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia intitulada *Notas Preliminares sobre uma nova Estratigrafia do Devoniano no Estado do Paraná,* chama a atenção para eruptivas deste tipo, classificadas como andesito-porfirito, que ocorrem em Fortaleza, município de Tibagí, e que considera produto de diferenciação do magma basáltico e de idade post-triássica.

22 — Os depósitos terrígenos, aluviais, marinhos e fluviais, que ocorrem na ilha de São Sebastião são considerados quaternários recentes pelo fato de se disporem nos vales da topografia atual e no cinto costeiro. Litológicamente constam de areias, argilas, cascalho e talus.

23 — O tectonismo que afetou a ilha de São Sebastião não difere do que atuou em todo Brasil meridional, estando estreitamente ligado à gênese da serra do Mar e da Mantiqueira. A di-

reção das fraturas de tensão é NE-SW havendo dois episódios distintos. No primeiro deram-se as erupções basálticas e as alcalinas subsidiárias, e no segundo o falhamento em blocos escalonados, adernados para NW com atividade magmática de natureza andesítica preenchendo as fraturas tectônicas.

24 — O modelado do litoral caracteriza uma costa de submergência submetida a um processo fisiográfico na juventude.

25 — O modelado do interior da ilha consta de uma antiga superfície de erosão senil, — o peneplano cretácico, fraturada em diversos niveis pelo jogo dos blocos falhados após o levantamento epeirogênico que elevou os plutonitos alcalinos a mais de 1.000 m de altura. Os restos desta topografia acham-se ligeiramente adernados para NW por imposição tectônica. O ciclo de erosão moderno é o responsavel pela geomorfologia atual, achando-se a topografia em plena juventude, tendo nos picos culminantes os restos do peneplano antigo ou em cotas mais baixas sobre as estruturas de gnais devido ao jogo das falhas.

26 — A drenagem é radial sobre as estruturas de rochas alcalinas, passando as subsequente sobre as de gnais. No rio Perequê observa um caso de adaptação "apalachiana" perfurando este curso três cristas gnáissicas devido aos movimentos de subsidência e posterior exhondação do plano costeiro, onde vertia consequentemente para o mar.

BIBLIOGRAFIA

1 — BACKLUND, HELGE G. — 1933 — **On the mode of intrusion of Deep-Seated Alkaline Bodies.** — Univ. Upsala, Geol. Inst., Bull., Vol. 24, pp. 1 a 24.

2 — BARBOSA, OCTÁVIO — 1934 — **Eruptivas de Lages Santa Catarina** — Serv. Geol. e Min. (Brasil), Bol. 69, pp. 23.

3 — 1934 A — **Nota sôbre algumas rochas da região de Poços de Caldas.** — Acad. Bras. Ciên., ano 6, pp. 211-219.

4 — 1936 — **Notas Preliminares sôbre o Planalto de Poços de Caldas e suas possibilidades Económicas.** — Serv. Fom., Prod. Mineral, (Brasil), Avulso 8, pp. 1-33.

5 — BARTH, T. F. W. — 1934 — **Die Entstehung der Gesteine.** — Julius Springer, Berlim, pp. —

6 — 1936 — **The Crystallization Process of Basalt.** — Am. Journ. Sci., Vol. 31, n.º 185, pp. 321-351.

7 — BAUER, H. — 1890 — **Mineralogische und Petrographische Nachrichten aus dem Thale Ribeira de Iguape, Brasilien.** — Mit. d. Naturw. Ver., Regensburg, Bd. 4, I, pp. 64-68. II, pp. 22-40.

8 — BEBIANO, J. BACELAR — 1932 — **A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde.** — Serv. Geol. de Portugal. Com., tomo 18, pp. 275.

9 — BOWEN, N. L. — 1928 — **The Evolution of the Igneous Rocks.** — Princeton University Press. Princeton, N. J., pp. 332.

10 — 1945 — **Phase equilibria bearing of the origin and diferentiation of Alkaline Rocks.** — Am. J. Sc., Vol. 243-A, pp. 75-89.

11 — 1914 — **The system Forsterite-Diopside-Silica** — Am. J. Sc., Vol. 38, n.' 225, pp. 207-264.

12 — BRANNER, J. CASPER — 1915 — **Geologia Elementar.** — 2.' Ed. Liv. Francisco Alves, Rio de Janeiro, pp. 288.

13 — BRÖGGER, W. C. — 1920 — **Die Eruptivgesteine des Kristianagebiets, IV: Das Fengebiet in Telemarken.** — Vid. Ak. Skr., I, n.º 2.

14 — CAMPBELL, CHARLES D. — 1939 — **The Kruger Alkaline Syenites of Southern British Columbia.** — Am. J. Sc., vol., 237, n.º 8, pp. 527-549.

15 — COM. GEOG. E GEOL. DO ESTADO DE S. PAULO — 1915 — **Exploração do Litoral - 1.ª Secção.**

16 — DALY, R. A. — 1933 — **Thé Igneous Rocks and the Depths of the Earth.** — 2.' ed. Mac-Graw Hill Book Co. N. York, pp. 598.

17 — DERBY, ORVILLE A. — 1888 — **Sôbre as rochas nefelínicas no Brasil.** — Rev. de Eng., pp. 121-123 e 133-136.

18 — 1887 — **On Nepheline Rocks in Brazil; with special reference to the Association of Phonolite and Foyaite.** — Geol. Soc., London, Quart. Journ., vol. 43, Pt. I, pp. 457-473.

1891 — **The Tinguá Mass.** — Part. 2, Geol. Soc. London, Quart. Jour., vol. 47, pp. 251-265.

19 — 1891 — **On the Magnetite ore districts of Jacupiranga and Ipanema, São Paulo, Brazil.** — Am. J. Sc., vol. 41, pp. 308-311.

20 — 1850 — **On the age of Brazilian Gneiss Series.** — Am. J. Sc., vol. 19, pp. 324-325.

21 — DU TOIT, ALEX — 1927 — **A Geological Comparison of Soutr America with South Africa.** — Carneg. Inst., Washington, Publ. 381, 157 pp.

22 — FRANÇA, ARY — 1944 — **Notas sôbre a Geografia da Ilha de São Sebastião.** — Assoc. Geogr. Brasil, ano 4, Bol. 5, pp. 49-59.

23 — FRANCO, R. R. — 1945 — **Minerais de Zirconio na região de Poços de Caldas** — Univ. S. Paulo, Fac. Fil. Cien. e Let., Bol.. 49, Mineralogia n.º 7. pp. 7-28.

24 — FREITAS, R. O. DE — 1943 — **As Estruturas Fósseis do sistema de Santa Catarina no Planalto de Poços de Caldas** — Assoc. Geogr. Bras., ano 3, Bol. 3, pp. 25-37.

25 — 1944 — **Geomorfogenese da Ilha de São Sebastião** — Assoc. Geogr. Bras., ano 4, Bol. 4, pp. 16-30.

26 — 1944 — **Jazimento das rochas Alcalinas no Brasil Meridional** — Miner. e Metal., vol. 8, n.' 43, pp. 45-48.

27 — GRAEFF, FRANZ F. — 1887 — **Mineralogisch-Petrographische Untersuchung von Elaolithsyeniten von der Serra de Tinguá, Prov. Rio de Janeiro, Brasilien** — Neues Jahrb. f. Min. und Geol., Bd. 2, pp. 222-262.

28 — GUIMARÃES, D. — 1936 — **Quadro Crono-Geológico do Brasil** — Miner. e Metal., vol. 1, pp. 65-71.

29 — 1939 — **Metalogênese e a teoria Migratória dos Elementos** — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom. (Brasil), Bol. 24.

30 — 1925 — **Estudo de algumas Rochas relacionadas com as fontes Minerais de Araxá e outras** — Serv. Geol. e Min. (Brasil), Bol. 9, pp. 98.

31 — 1933 — **A Província Magmática do Brasil Meridional** — Serv. Geol. e Min. (Brasil), Bol. 64, pp. 78.

32 — HATCH AND WELLS — 1936 — **The Petrology of the Igneous Rocks.** — George Allen & Unwin. London, pp. 368.

33 — HOGBOM, A. G. — 1895 — **Ueber das Nephelinsyenitgebiet auf der Insel Alnoe.** — Geol. Foeren., Stockh., Bd. 17. pp. 100-214.

34 — HOLMES, ARTHUR — 1930 — **Petrographic Methods and Calculations** — T. Murby, London, pp. 515.

35 — 1918 — **The Basaltic Rocks of the Arctic Region** — Min. Mag., vol. 18, pp. 180-223.

36 — HUNTER, M. e ROSENBUSCH, H. — 1890 — **Ueber Monchiquit, ein Camptonitisches Ganggstein aus der Gefolgschaft der Elaeolithsyenite.** — Tscher. Min. u. Petrogr., Mit., Bd. 11, pp. 445-466.

37 — HUSSAK. E. — 1890 — **Ueber Leucit-Pseudokrystalle im Phonolith (Tinguait) der Serra de Tinguà, Estado Rio de Janeiro, Brazilien** Neves Jahrb. f. Min. u. Geol., Bd. 1, pp. 166-169.

38 — IHERING, H. Von — 1887 — **A Ilha de São Sebastião** — Museu Paulista, Rev., vol. 2, pp. 129-164.

39 — JAMES, PRESTON — 1933 — **The Surface Configuration of Southeastern Brazil** — Assoc. Am. Geogr., An., vol. 33, n.º 3, pp. 165-193.

40 — JOHANNSEN, ALBERT — 1937 — **A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks** — The Chicago University Press, Chicago, 4 Vols.

41 — JOHNNSON, D. W — 1938 — **Shore Processes and Shoreline Development** — John Wiley & Sons, N. York, pp. 584.

42 — KENNEDY, W. Q. — 1933 — **Trends in Differentiation in Basaltic Magmas** — Am. J. Sc., vol. 25, pp. 239-256.

43 — KUPLETSKI, B. M. e FERSMANN, A. E. — 1928 — **Umptek and Lujavr-Urt. II, Physiogeographical Characteristics, Petrography, Mineral Localities** — Moscow, pp. 398.

44 — LAMEGO, A. R. — 1936 — **O Maciço do Itatiaia e Regiões Circundantes** — Serv. Geol. e Min. do Brasil, Bol. 88, Rio de Janeiro, D. F.

45 — 1940 — **Restingas na Costa do Brasil** — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. e Min., Bol. 96, pp. 63.

46 — 1937 — **Teoria do Protognais** — Serv. Geol. e Min. (Brasil), Bol. 86, pp. 73.

47 — 1946 — **Analise Tectonica e Morfologica do Sistema da Mantiqueira** — Tese apresentada ao 2.º Cong. Panamericano de Eng. de Minas e Geologia. Rio de Janeiro, D. F. Outubro de 1946.

48 — LARSEN, ESPER S. — 1945 — **Time required for the Cristallization of the great Batholith of Southern and Lower California** — Amer. Journ. Sci., vol. 243-A, pp. 399-416.

49 — LEINZ, VIKTOR — 1940 — **Petrologia das Jazidas de Apatita de Ipanema** — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom., Bol. 40, pp. 52.

50 — LEONARDOS, O. H. e OLIVEIRA, A. I. — 1943 — **Geologia do Brasil** Min. Agr., Serv. Inf. Agr., Ser., Did., n.º 2, 2.ª ed., 782 pp.

51 — MAACK, REINHARD — 1946 — **Geologia e Geografia da Região de Vila Velha (Estado do Paraná) e Considerações sôbre a Glaciação Carbonífera no Brasil** — Arq. Mus. Paranaense, vol. 5, pp. 305.

52 — 1946 — **Notas Preliminares sôbre uma Nova Estratigrafia do Devoniano do Paraná** — Tese apresentada ao 2.º Cong. Panamericano de Eng. de Minas e Geologia. Rio de Janeiro, D. F Outubro de 1946.

53 — MACHADO, JORDANO — 1888 — **Beitrag zur Petrographie der Sudwestlichen Grenze zwischen Minas Geraes und S. Paulo** — Tscher. Miner. u. Petr. Mit., Bd. 9, pp. 329-360.

54 — MARTONNE, E. DE — 1943 — **Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico** Rev. Bras. de Geog., ano 5, n.º 4, pp. 523-550.

55 — MORAES, L. J., BARBOSA O. e GUIMARÃES, D. — 1935 — **Geologia e Petrologia do Distrito Federal e Imediações** — Esc. de Minas de Ouro Preto, An., n.º 26, pp. 7-83.

56 — MORAES, REGO L. F. — 1933 — **Contribuição ao Estudo das Formações Predevonianas de São Paulo** — Inst. Astr. e Geogr., Est. São Paulo, 43 pp.

57 — 1926 — **Jazida de Magnetita de Anitapolis** — Serv. Geol. e Min. (Brasil), Bol. 21, pp. 70.

58 — (Sem data) — **A Geologia do Estado de São Paulo** — Dep. de Estr. de Rodagem, pp. 153.

59 — 1932 — **Nota sobre a Geomorfologia de São Paulo e sua Genesis** — Inst. Astr. e Geogr., Est. São Paulo, 28 pp.

60 — OSANN, A. — 1903 — **Beitrage zur Chemischen Petrographie** — vol. I, 101 pp. Stuttgart.

61 — PEACOCK, M. A. — 1931 — **Classification of Igneous Rocks Series** — Journ. Geol., vol. 39, n.º 1, pp. 54-57

62 — PISSIS, A. — 1842 — **Memoire sur la position Géologique des terrains de la partie Australe du Brésil, et sur les Soulevements qui, à divers époques, on changé le relief de cette contrée** — Acad. Sc. Paris, Comptes Rendus, t. 14, pp. 1.044-1.046.

63 — QUENSEL, P. — 1913 — **The Alkaline Rocks of Almunge** — Geol. Inst. Univ. of Upsala, Bull., vol. 12, 129 pp.

64 — RAMSAY, W. e HACKMANN, V — 1894 — **Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola** — Soc. de Géog. de Finlande, Bul., vol. 11, n.º 2, pp. 79-81 e 225.

65 — ROSENBUSCH, H. — 1922 — **Elemente der Gesteinlehre** — 4.ª ed., Stuttgart.

66 — 1901 — **Elemente der Gesteinlehre** — 2.ª ed., Stuttgart.

67 — 1887 — **Mikroskopische Physiographie** — 2.ª ed., Stuttgart.

68 — 1937 — **Mikroskopische Physiographie der Petrographisch Wichtigen Mineralien** Bd. 1, 2 hft., Spezieller Teil Von O. Mugge, Stuttgart.

69 — SERVIÇO DO FOMENTO DA PRODUÇÃO MINERAL — 1943 — **Brasil 1942** — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom., Bol. 56, pp. 74.

70 — SERVIÇO DE HIDROGRAFIA (Brasil) — 1937 — **Brasil, Costa Sul,** Canal de São Sebastião — Carta da Marinha do Brasil, folha 1614. Escala 1:50.000. Rio de Janeiro, D. F.

71 — SHAND, S. J. — 1943 — **Eruptive Rocks** — 2.ª ed., Wiley & Sons, N. York, pp. 444.

72 — 1945 — **The Present Status of Daly's Hypothesis of the Alkaline Rocks** — Amer. Journ. Sci., vol. 243-A, pp. 495-507.

73 — 1921 — **The Igneous complex of Leeuwfontein, Pretoria** — Trans. Geol. Soc. S. Africa, vol. 24, p. 232.

74 — 1921 — **The Nepheline Rocks of Sekukuniland** — Trans. Geol. Soc. S. Africa, vol. 24, p. 111.

75 — TWENHOFEL, W. — 1932 — **Treatise on Sedimentation** — 2.ª ed., Baltimore, pp. 996.

76 — TYRREL, G. W. — 1929 — **The Principles of Petrology** — E. P Dutton & Co., N. York, pp. 349.

77 — USSING, N. V. — 1911 — **Geology of the Country Around Julianehaab, Greenland — Meddel. om** Gronland, vol. 38, 66 pp..

78 — VOGT, J. H. L. — 1921-23 — **The Physical Chemistry of Crystallization and Magmatic Differentiation of the Igneous Rocks.** — Jour. Geol., vol. 29, n.º 4, 5, 6, 7, pp. 318-350, 426-443, 515-539, 627-649, e vol. 30, p. 611, 659 e vol. 31, p. 233 e 407.

79 — VON ENGELN, O. D. — 1942 — **Geomorphology** — The Macmillan Co., N. York, 655 pp.

80 — VON LASAULX, A. — 1885 — **Ueber das Vorkommen von Elaeolith-Syeniten und Editen zu Diesen Gehoeringen Elaeolith-Porphyren aus der Serra D'Itatiaia Westlich von Rio de Janeiro, Brasilien** — Niederrein. Gesel., Sitz. 1885, pp. 231-323.

81 — WASHBURNE, C. — 1930 — **Petroleum Geology** — Com. Geogr. e Geol., Est. S. Paulo, Bol. 22, 282 pp.

81 A — (Trad. de J. PACHECO) — 1939 — **Geologia do Petroleo no Est. de S. Paulo** — Dep. Nac. Prod. Min., pp. 228.

82 — WASHINGTON, H. S. — 1919 — **Chemical Analises of Rocks** — 3.ª ed., John Wiley & Sons, N. York, pp. 271.

83 — 1899 — **The Petrographical Province of Essex County, Mass** — Journ. Geol., vol. 7, pp. 53-56.

84 — WILLIAMS, J. FRANCIS — 1891 — **The Igneous Rocks of Arkansas** — Ark. Geol. Surv., vol. 2, An rept. 1890. pp. 39-40 e 55-71.

85 — WRIGHT, F EUGENE — 1901 — **Die Foyaitisch-Theralitischen Eruptiv-Gesteine der Insel Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasilien.** — Tscherm. Min. u. Petr. Mit., Bd. 20, pp. 233-259 e 273-306.

EXPLICAÇÃO DA FIGURA 10

1 — **Gnais facoidal** (Arqueano)
2 — **Diabasio e basalto** (Retico)
3 — **Eruptivas alcalinas** (Jurassico)
4 — **Quartzo-andesito** (Post-Jurassico)

EXPLICAÇÃO DA FIGURA 11

1 — **Gnais facoidal** (Arqueano)
2 — **Oligoclasio-gnais** (Arqueano)
3 — **Diabasio e basalto** (Retico)
4 — **Eruptivas alcalinas** (Jurassico)
5 — **Quartzo-andesito** (Post-Jurassico)

FOTO 1
Práia da Garapocaia
Diques de quartzo cortando o oligoclásio-gnais segundo NE-SW

FOTO 2
Ponta do Barreiro
Afloramento de hornblenda-gnais

FOTO 3
Ponta do Viana
Contacto entre o biotita-gnais e o gnais facoidal

FOTO 4
Pedreira do Saco Grande
Dique de quartzo no gnais facoidal

FOTO 5
Ponta da Siriuba
Afloramento de oligoclásio-gnais

FOTO 6
Pedreira do Saco Grande
Intrusão de microclina-granito no gnais facoidal

FOTO 7
Práia do Bonete — Lado oeste
Dique de basalto (n.º 36) cortando o gnais facoidal NE-SW

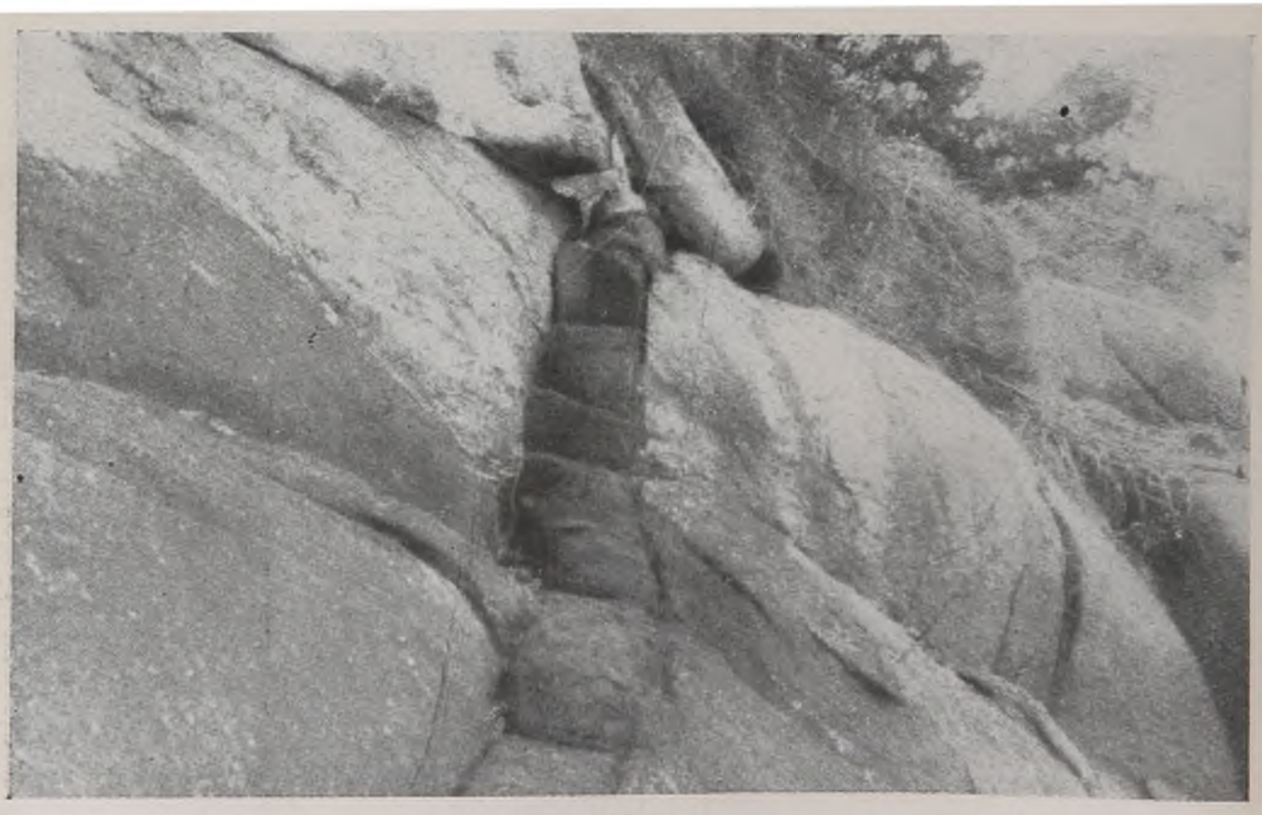


FOTO 8
Ponta da Armação
Dique de basalto cortando o oligoclásio-gnais segundo NE-SW

FOTO 9
Práia do Bonete
Dique de diabásio intergranular (n.º 34) cortando o gnais facoidal segundo NE-SW

FOTO 10
Práia da Indaiaúba
Dique de diabásio intergranular (n.º 38) cortando o arqueano segundo NE-SW.

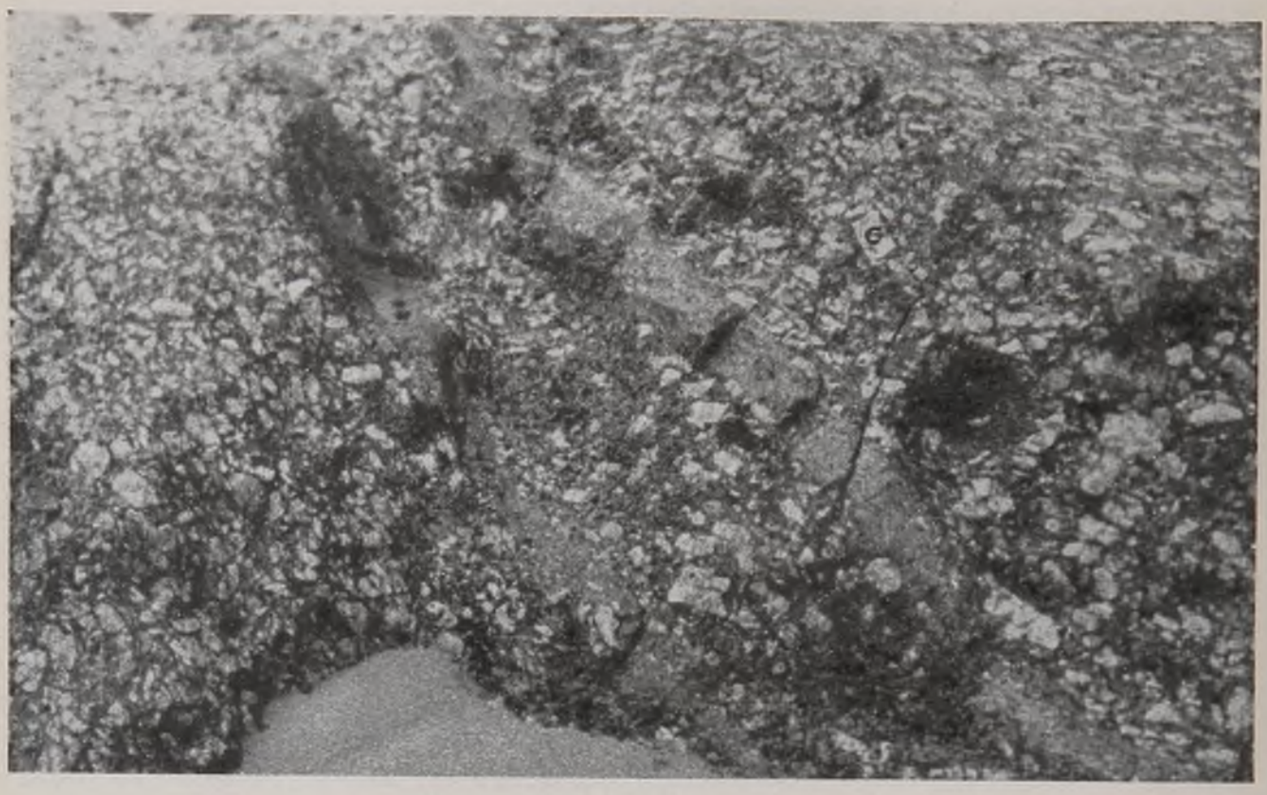


FOTO 11
Práia do Bonete
Dique de nordmarkito cortando o gnais facoidal

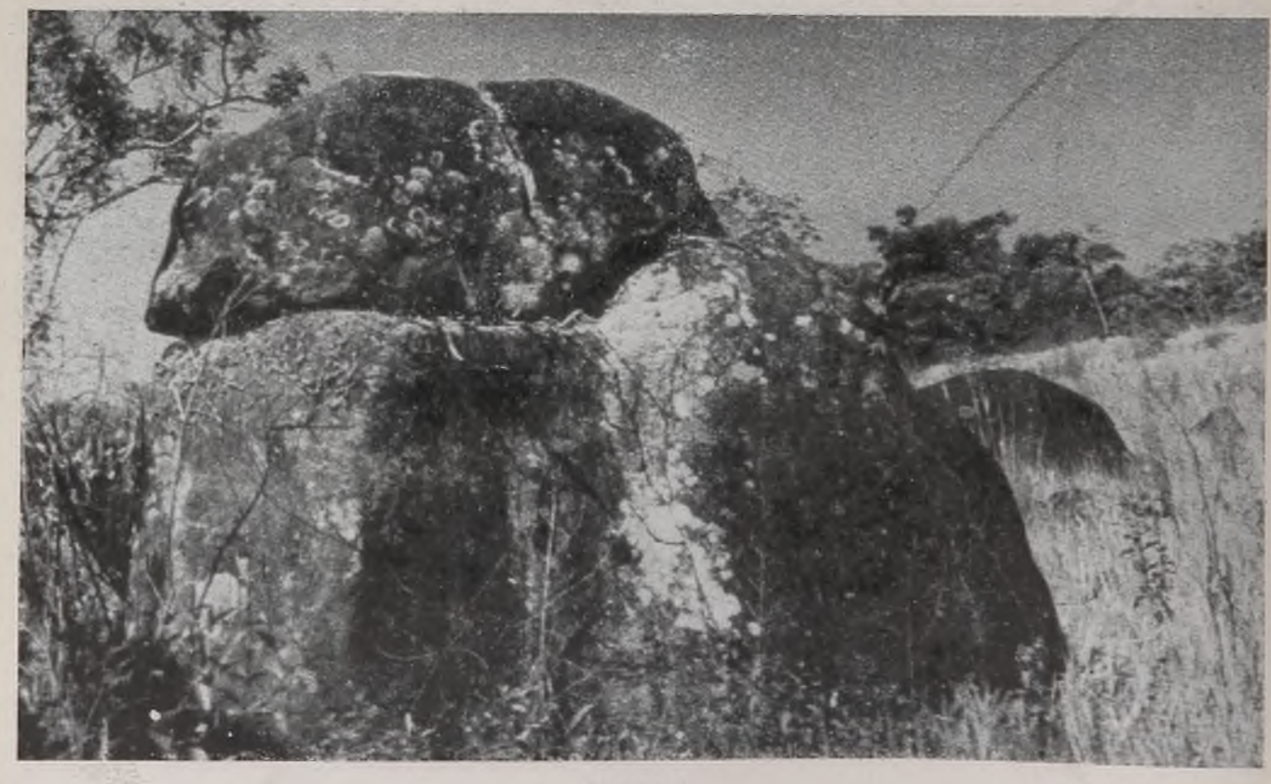


FOTO 12
Crista do Taquanduva
Afloramento de Pulaskito

FOTO 13
Pedra do Chapeu — Práia do Viana
Dique de sodalita-traquito (n.º 27) cortando o essexito-foiaito

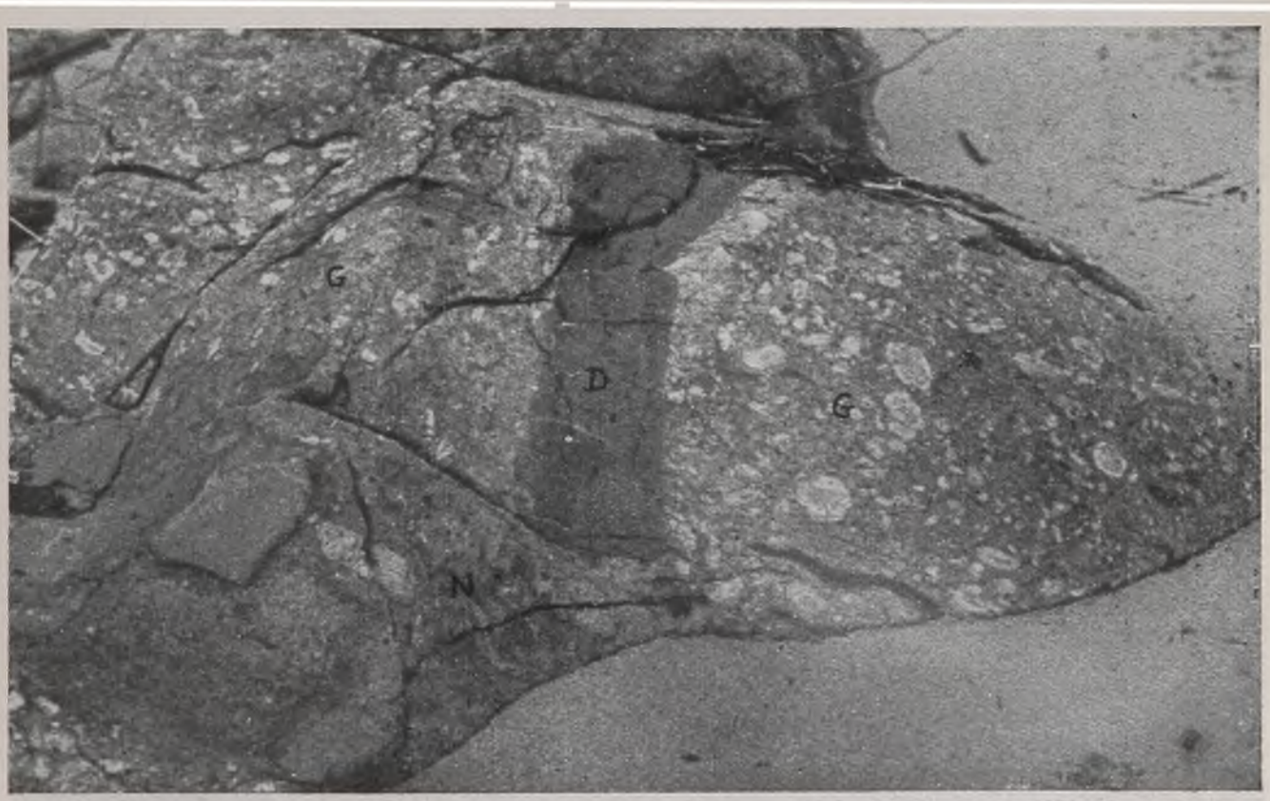


FOTO 14
Práia do Bonete
Intrusão de nordmarkito cortando um dique de diabásio tendo como rocha encaixante o gnais facoidal

FOTO 15
Práia da Armação
Afolramento de teralito (n.º 39)

FOTO 16
Ponta das Canas
Afloramento de teralito (n.º 40) cortado por microteralito

ERUPTIVAS QUARTZO-DIORITICAS

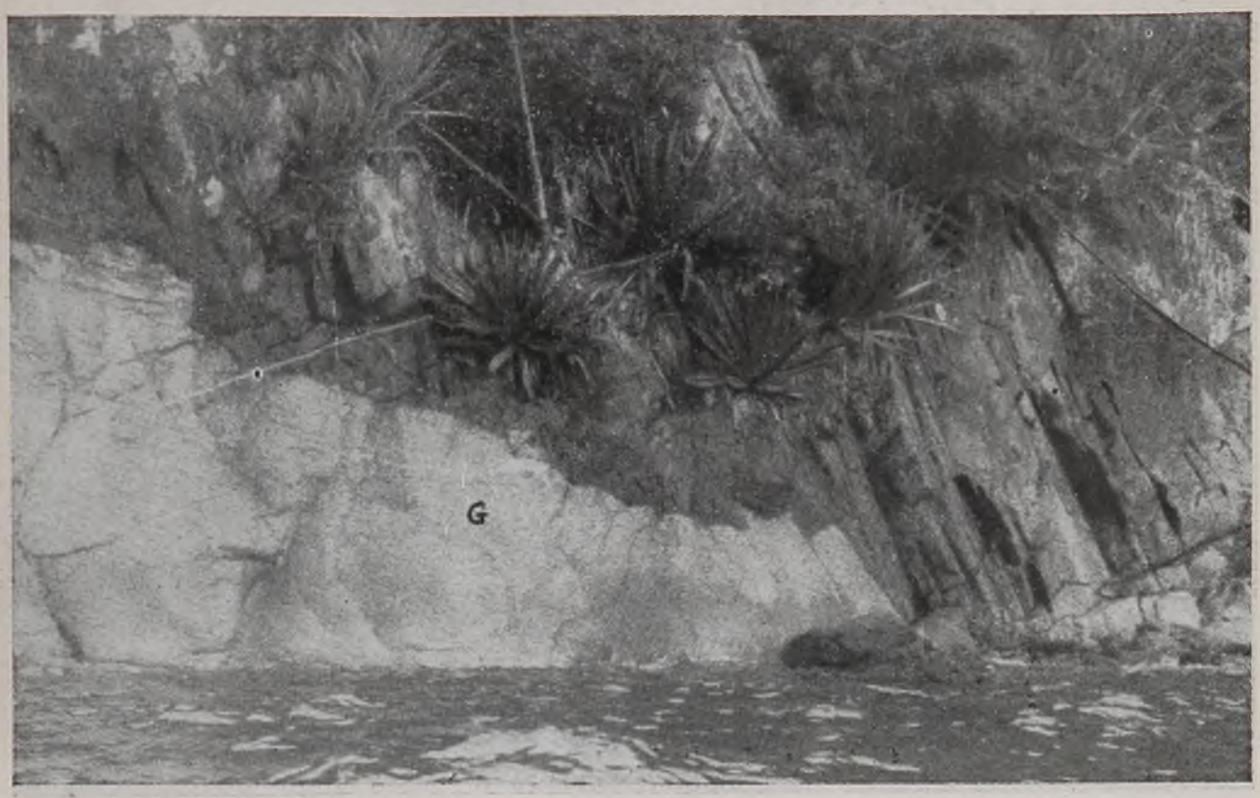


FOTO 17
Costão da Pontinha — Encantado
Dique de quartzo-andesito cortando o gnais facoidal

FOTO 18
Costão da Pontinha — Encantado
Dique de quartzo-andesito cortando o gnais facoidal

FOTO 19
Pedras Miudas
Depósito recente rudaceo constituido de cascalho marinho

FOTO 20
Práia das Enxovas
Depósito recente rudaceo constituido de cascalho fluvial

FOTO 21
Pequeiá
Planície arenosa de deposição marinha recente. Ao fundo a boca sul do canal com terraceamento marinho no continente

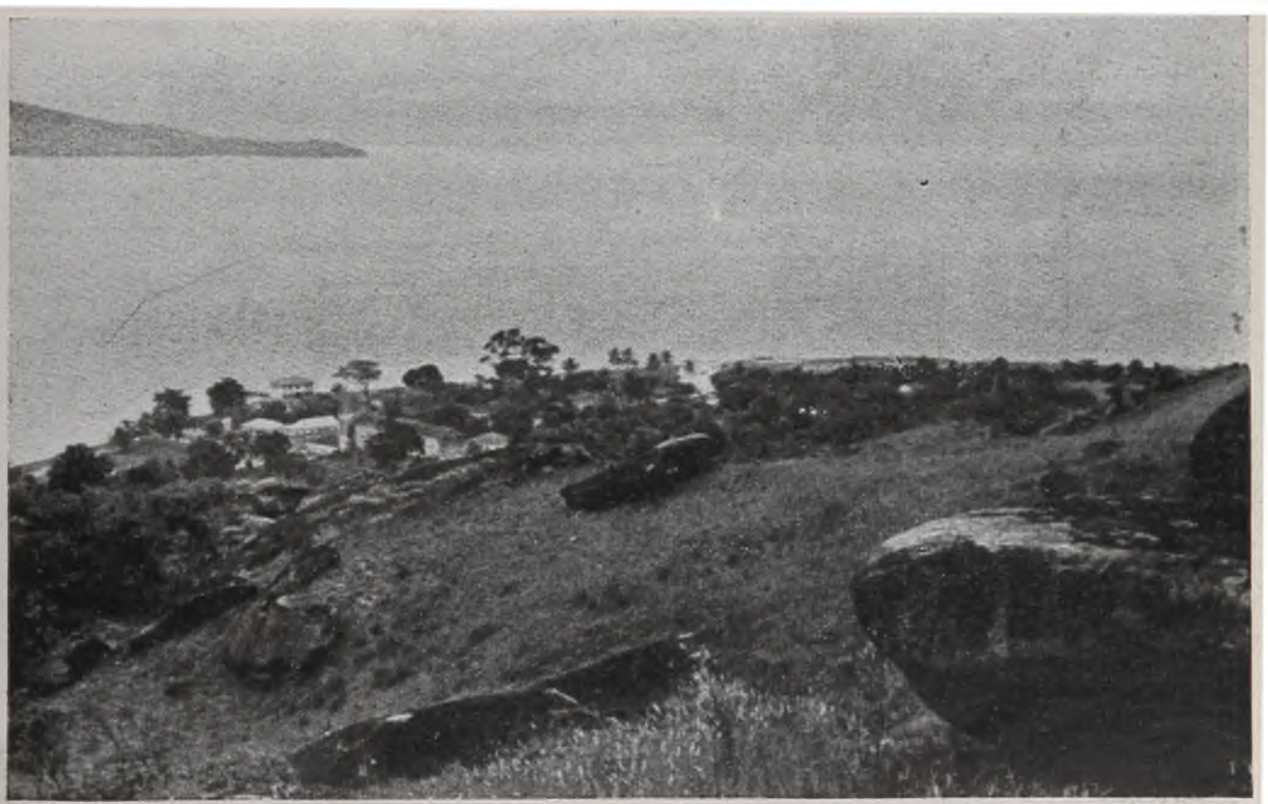


FOTO 22
A cidade de Ilhabela
Construida sobre depósitos arenosos recentes. Vista tomada do alto do morro do Cantagalo, com a baía de Caraguatatuba.

FOTO 23

Práia do Bonete

Tipo comum de depósito arenoso marinho entre duas pontas gnaíssicas orientadas segundo a estrutura NE-SW

FOTO 24

Práia de Castelhanos

FOTO 25
Morro do Cantagalo
Falha NE-SW no gnais facoidal com rejeito de 5 metros
Ao fundo o maciço alcalino de S. Sebastião

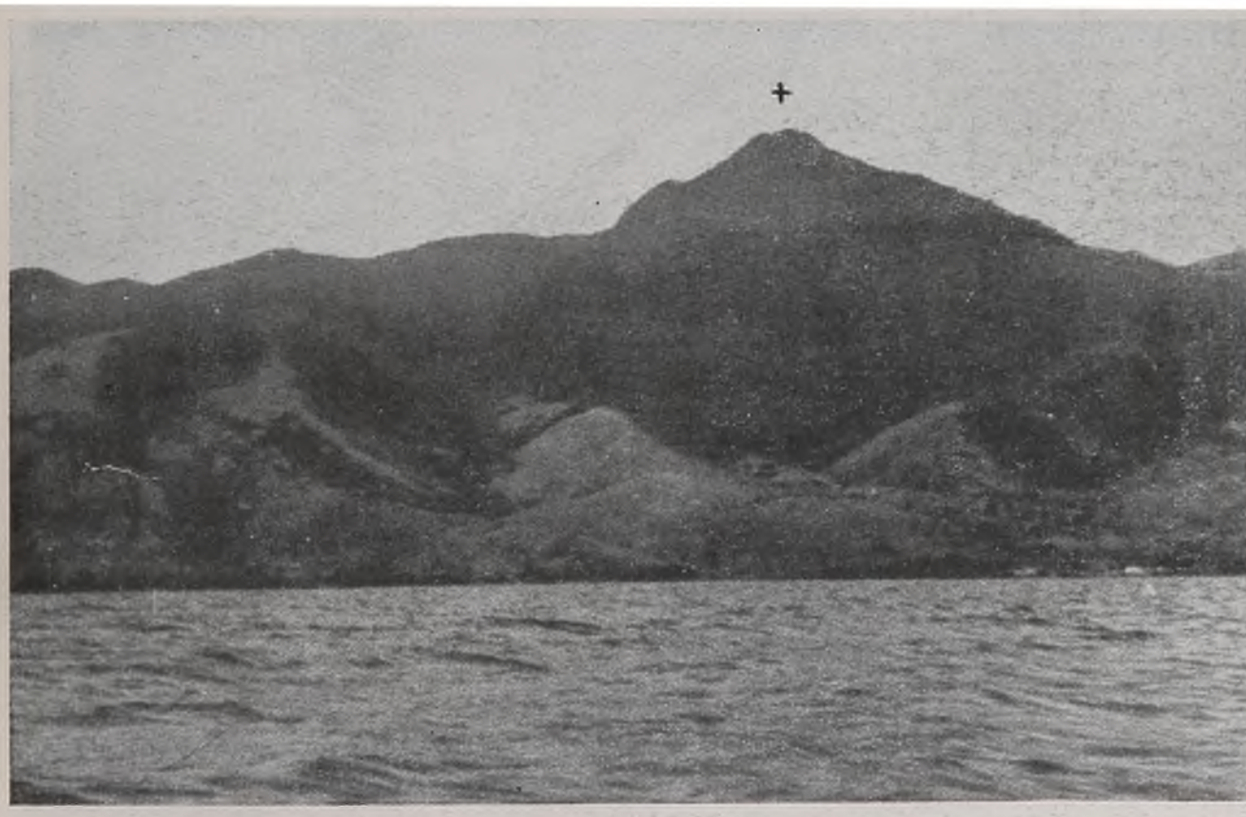


FOTO 26
Pico do Baepí — Maciço da Serraria
Escarpamento de falha NE-SW com cerca de 800 metros

FOTO 27
Ponta do Urubú — Canal de S. Sebastião
Estruturas de gnais mergulhando para oeste, intensamente erodidas pelo mar

FOTO 28
Práia das Cabras
Dique de oligoclásio-gnais paralelos a veios de quartzo demonstrando a recurrência tectonica segundo NE-SW

FOTO 29
Ponta do Ribeirão
Tipo comum da morfologia das pontas gnaíssicas orientadas segundo NE-SW

FOTO 30
Ponta das Enxovas (vista do Bonete)
Tipo de costa de abrasão em estruturas gnaíssicas dirigidas segundo NE-SW

FOTO 31

Maciço de São Sebastião
Crista peneplanizada do peneplano cretácico atacada pelo novo ciclo de erosão

FOTO 32

Morro do Cantagalo
Restos da topografia senil do peneplano antigo sobre as estruturas gnaíssicas, adernado para NW.

FOTO 33
Crista gnaíssica do Taquanduva
Restos do peneplano antigo desnivelados abaixo das cristas do maciço alcalino por imposição tectônica.

FOTO 34
Pedra do Rodamonte
Forma de erosão em estruturas alcalinas

FOTO 35
Península do Boi
Costa de submergência, com típicas rias, do lado oeste da península do Boi em estruturas alcalinas.

FOTO 36
Maciço de São Sebastião
Aspecto dos dois niveis de erosão encontrados na ilha

FOTO 37
Pedra da Mesa
Curioso tipo de abrasão em costa de estrutura gnaíssica

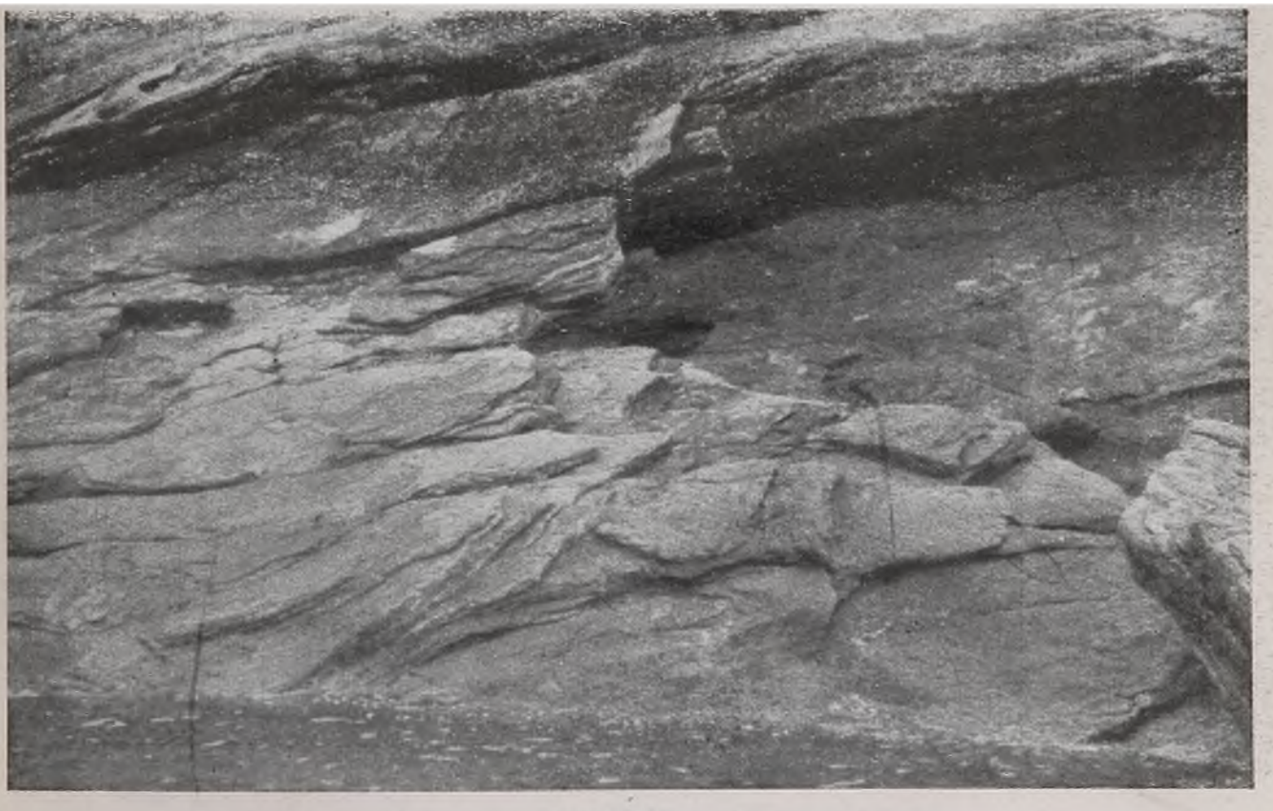
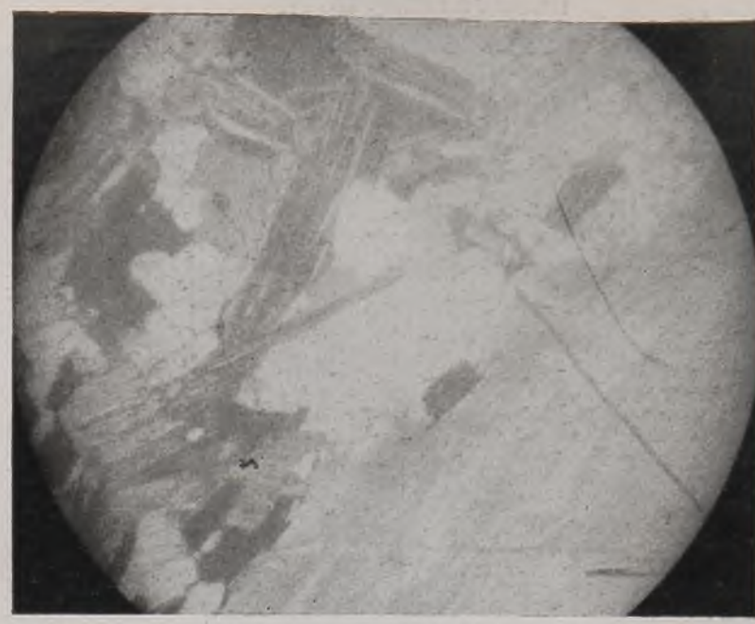
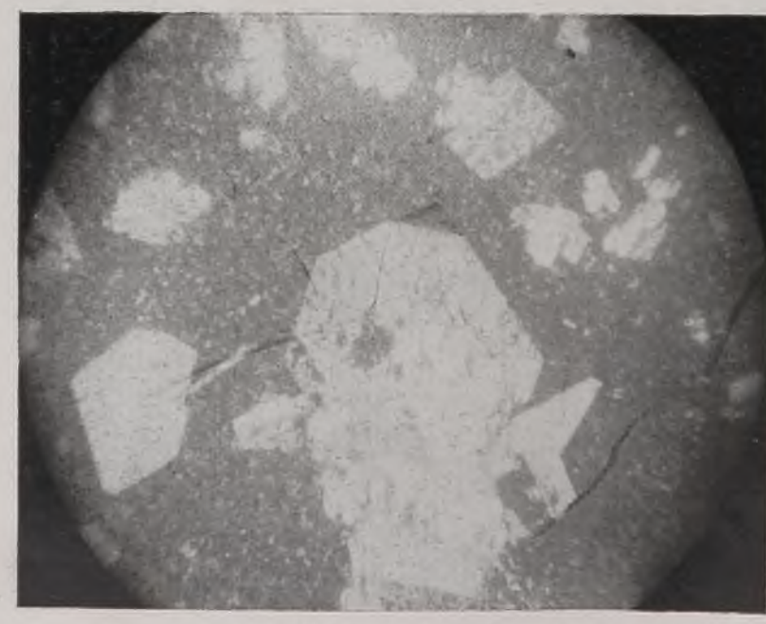


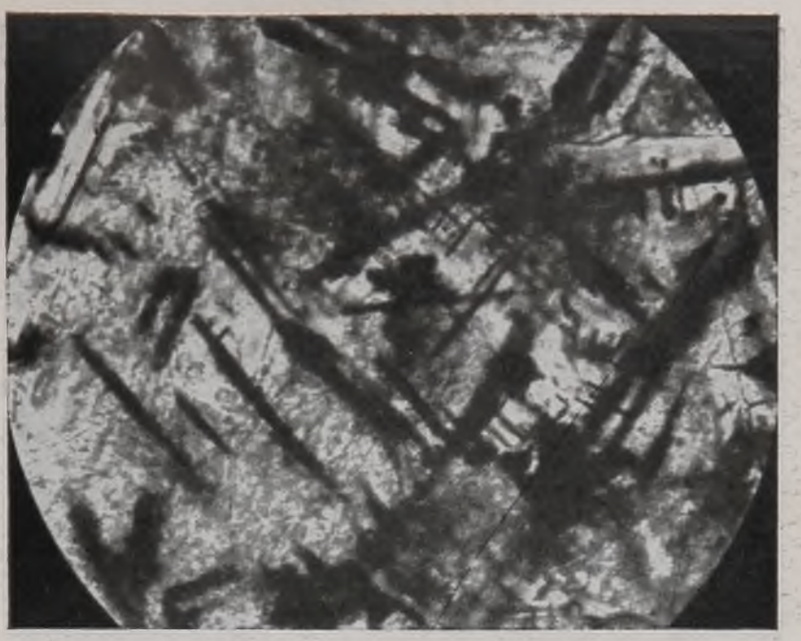
FOTO 38
Tipo de modelado das costeiras em estruturas gnaíssicas



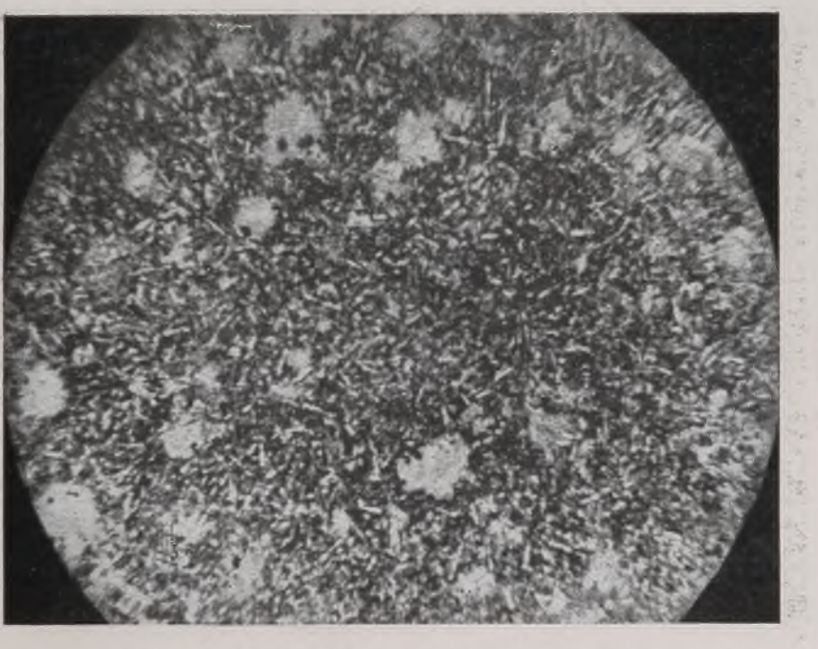
FOTOMICROGRAFIA 1
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 1-C



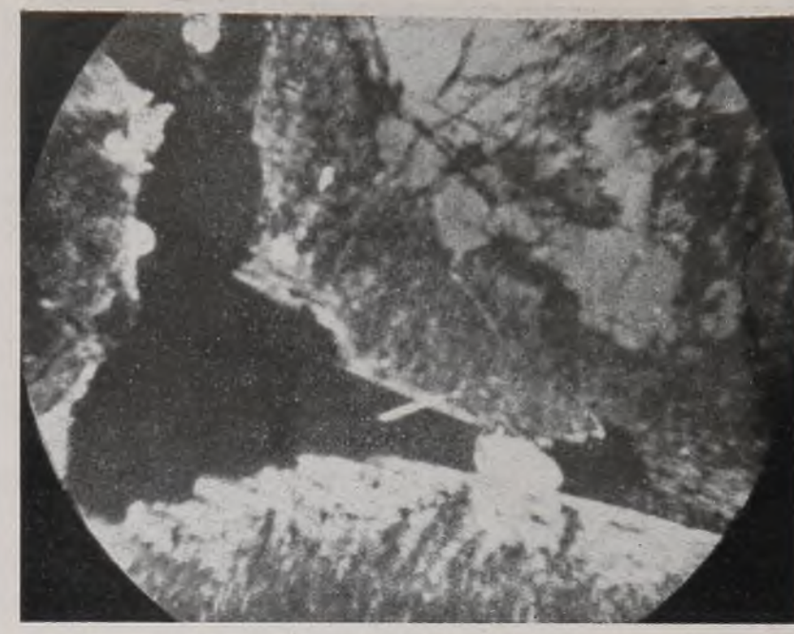
FOTOMICROGRAFIA 2
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 4-A



FOTOMICROGRAFIA 3
Nicoes paralelos — 720 X — Lamina 4-A

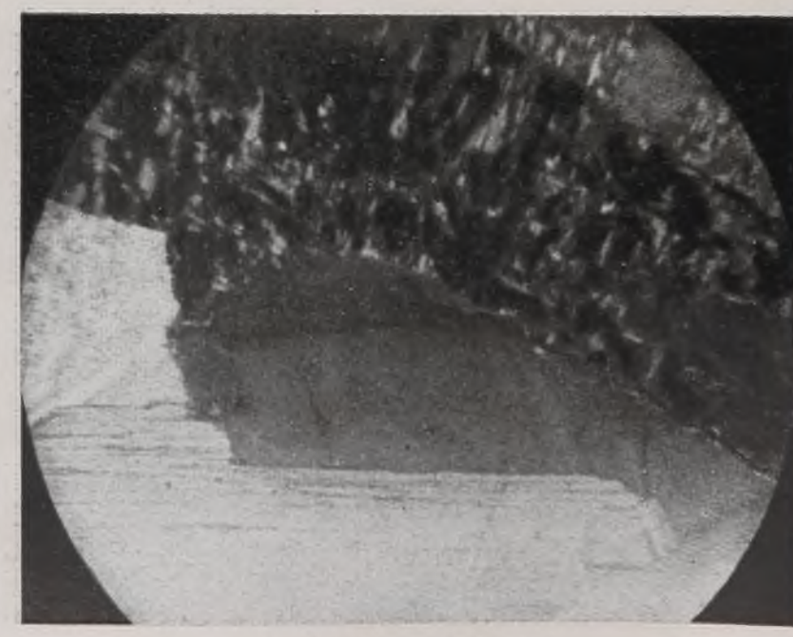


FOTOMICROGRAFIA 4
Nicoes paralelos — 46 X — Lamina 42



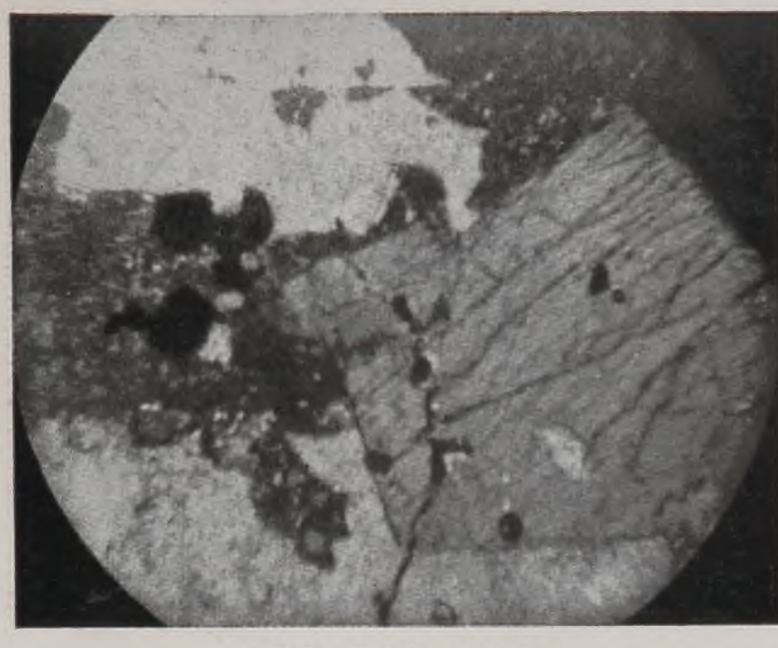
FOTOMICROGRAFIA 5

Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 16



FOTOMICROGRAFIA 6

Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 28

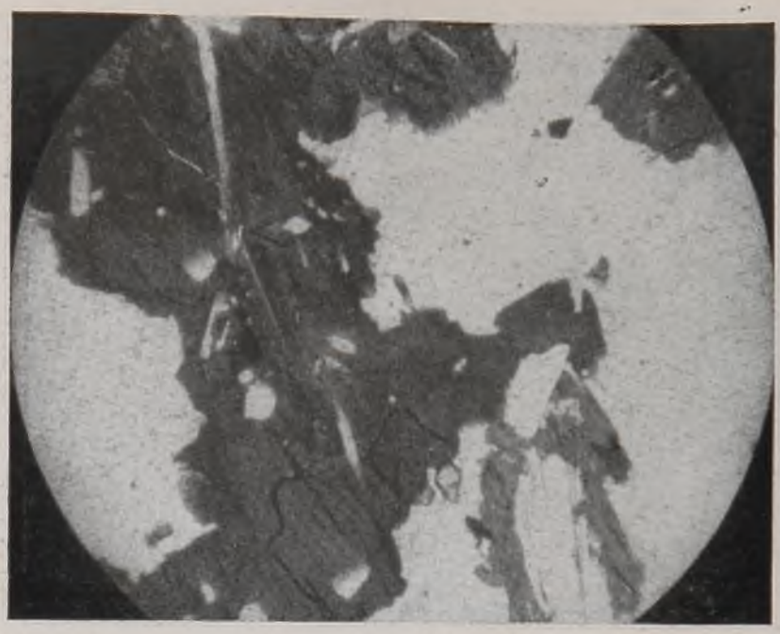


FOTOMICROGRAFIA 7

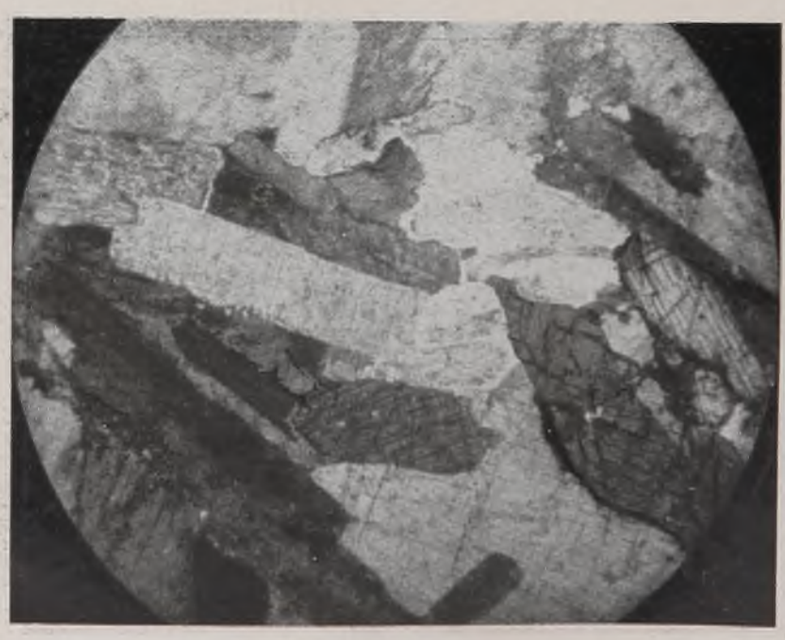
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 13

FOTOMICROGRAFIA 8

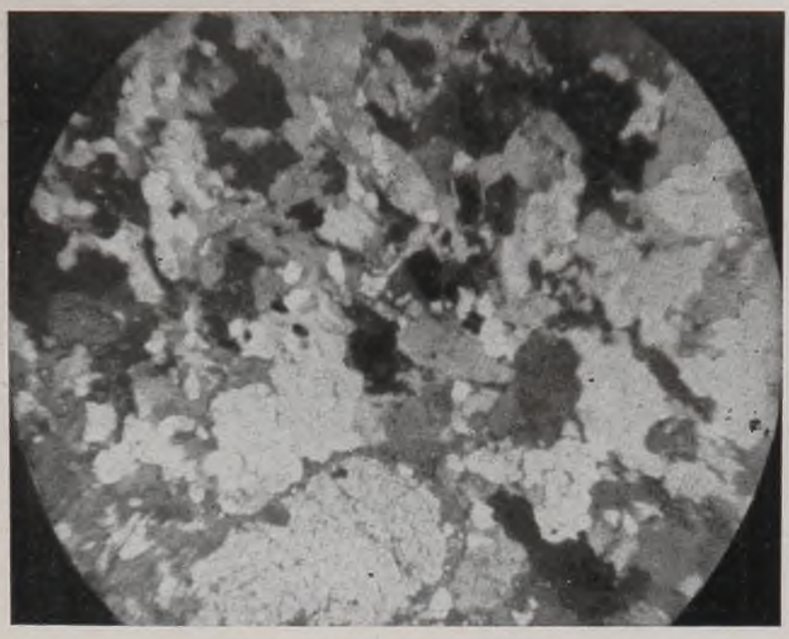
Nicoes paralelos — 26 X — Lamina 21



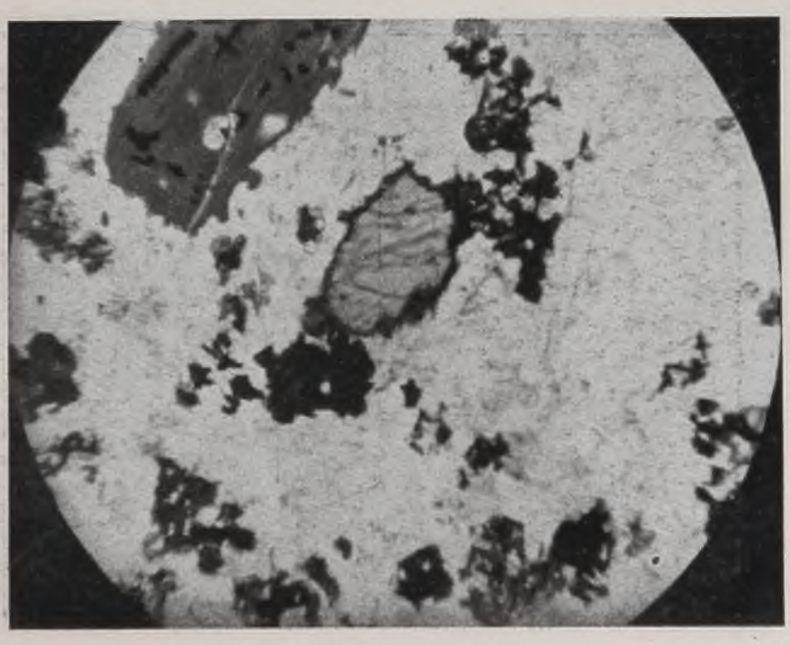
FOTOMICROGRAFIA 9
Nicoes paralelos — 26 X — Lamina 21



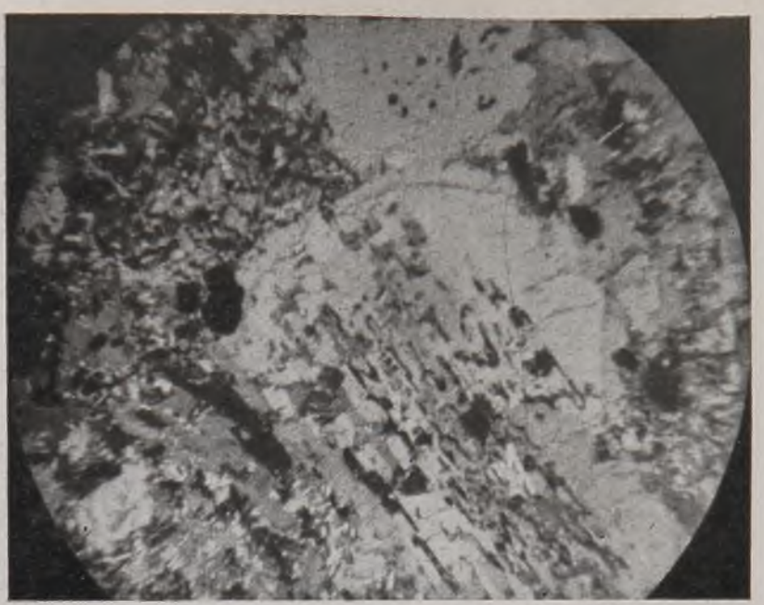
FOTOMICROGRAFIA 10
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 10



FOTOMICROGRAFIA 11
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 5

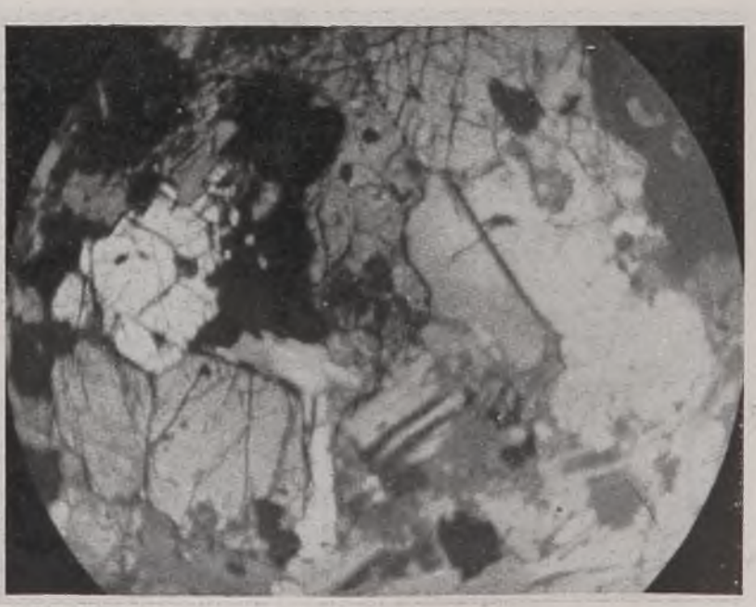


FOTOMICROGRAFIA 12
Nicoes paralelos — 26 X — Lamina 6



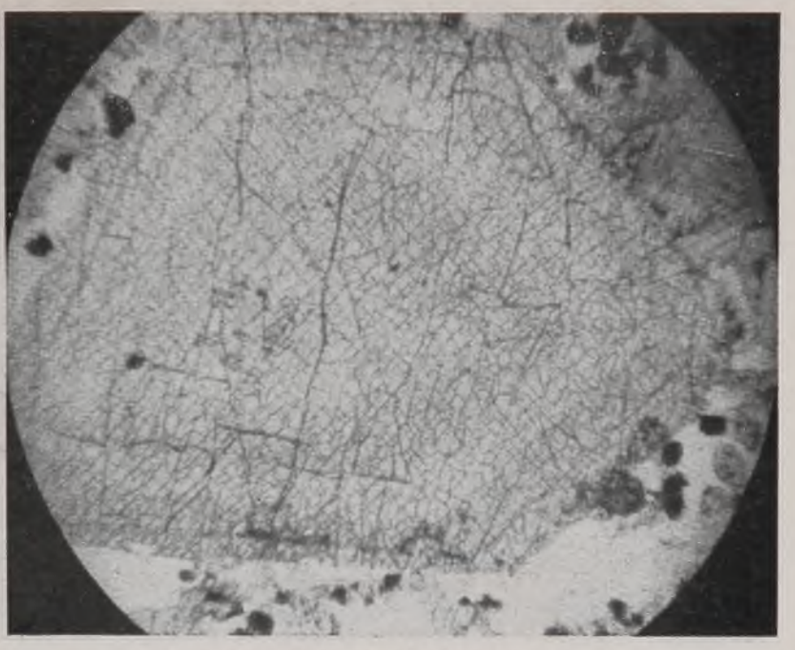
FOTOMICROGRAFIA 13

Nicoes paralelos — 26 X — Lamina 6



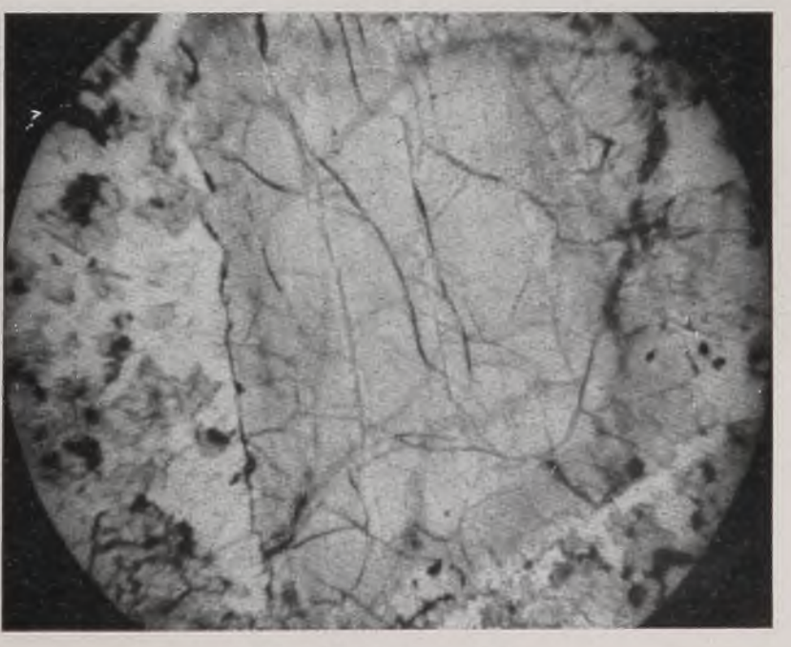
FOTOMICROGRAFIA 14

Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 39



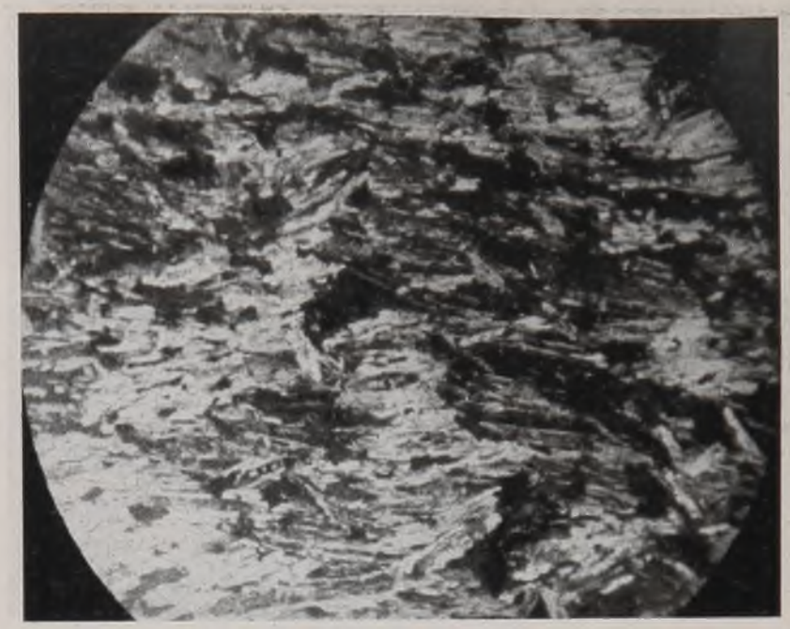
FOTOMICROGRAFIA 15

Nicoes paralelos — 26 X — Lamina 40



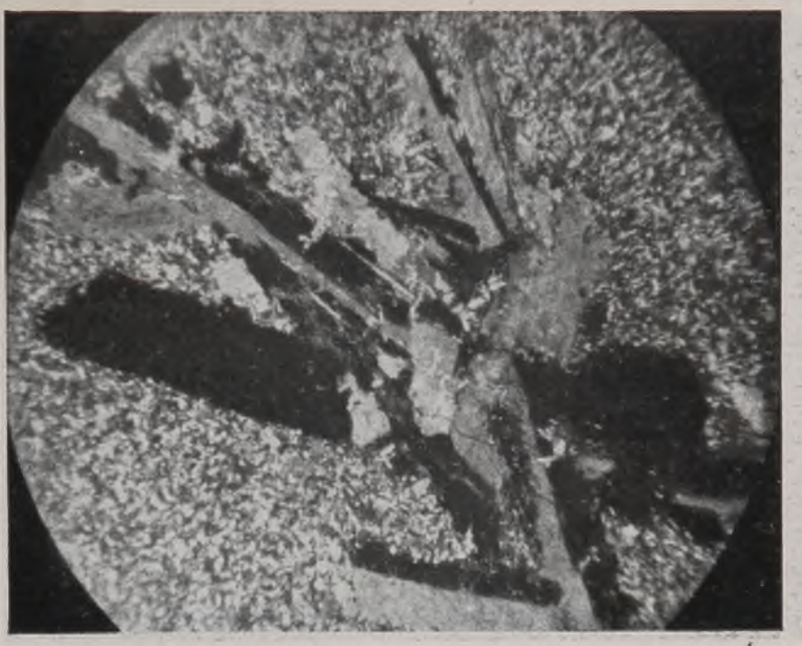
FOTOMICROGRAFIA 16

Nicoes paralelos — 26 X — Lamina 40

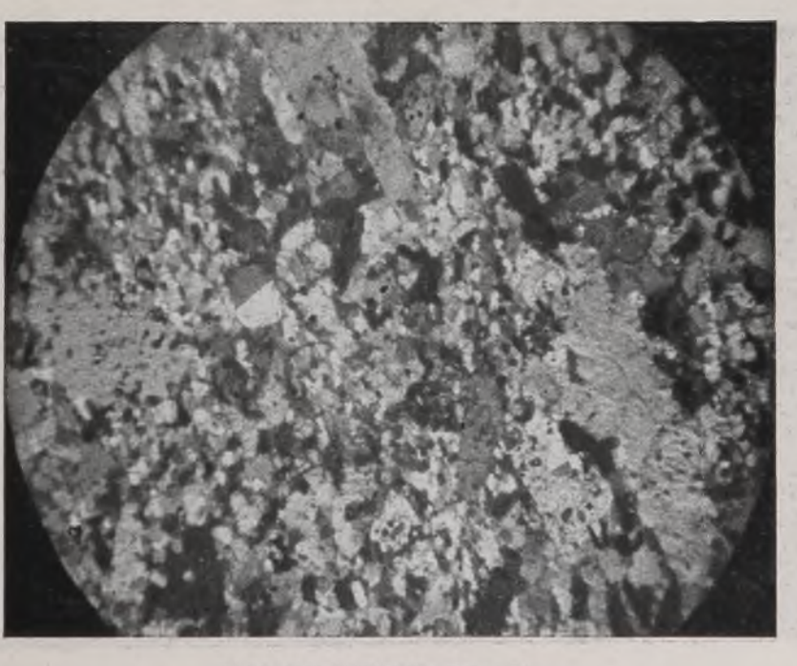


FOTOMICROGRAFIA 17
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 53

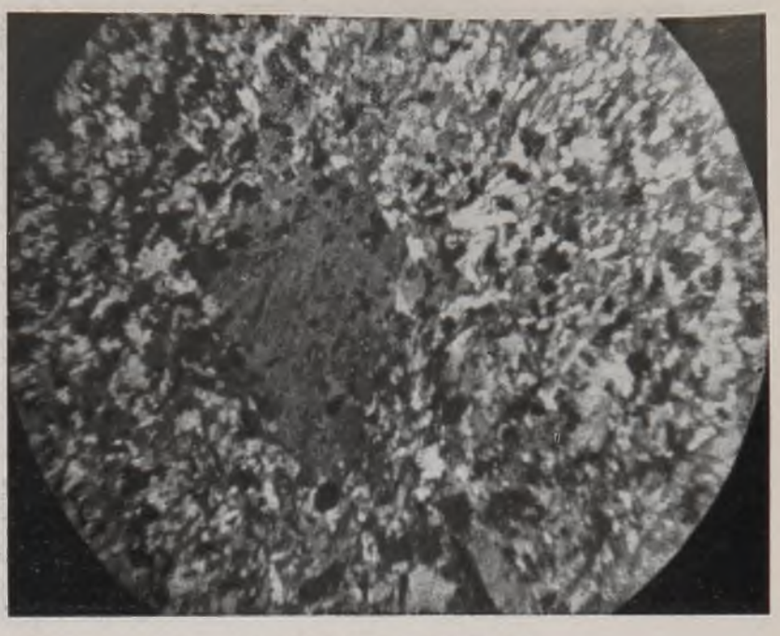
FOTOMICROGRAFIA 18
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 27



FOTOMICROGRAFIA 19
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 22

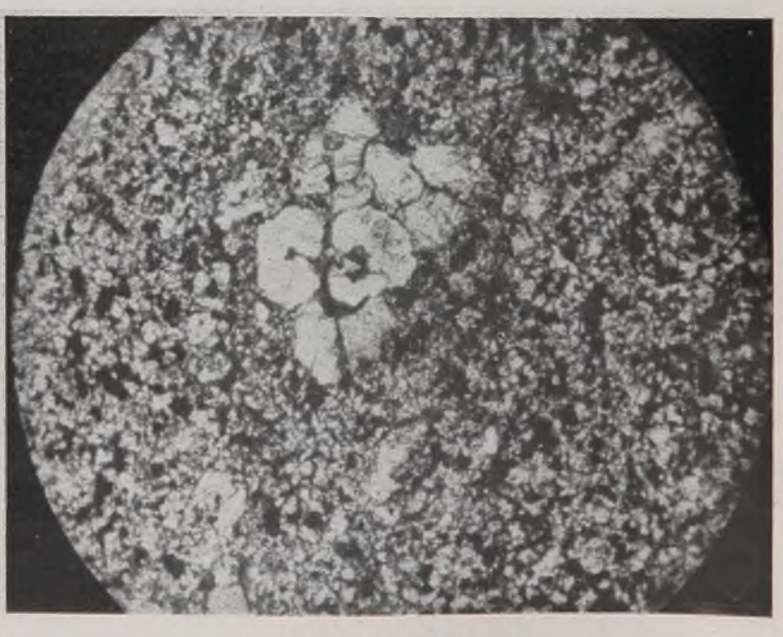


FOTOMICROGRAFIA 20
Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 14



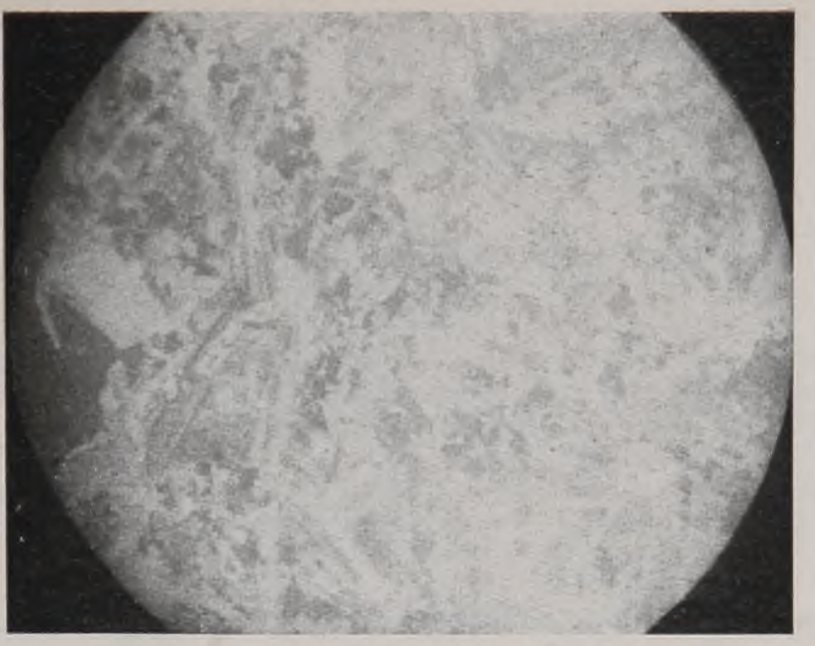
FOTOMICROGRAFIA 21

Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 11-B



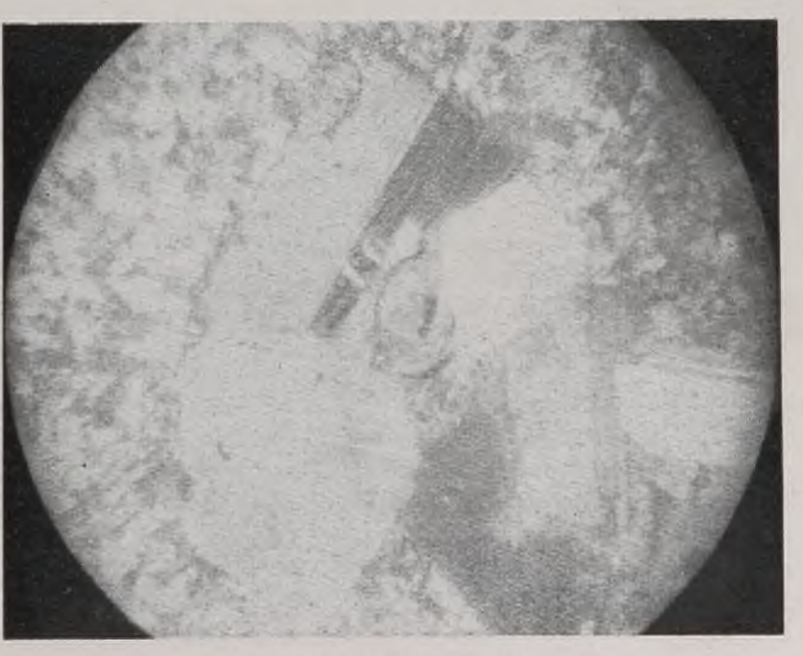
FOTOMICROGRAFIA 22

Nicoes paralelos — 46 X — Lamina 41



FOTOMICROGRAFIA 23

Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 31



FOTOMICROGRAFIA 24

Nicoes cruzados — 26 X — Lamina 9

EXPLICAÇÃO DAS FOTOMICROGRAFIAS

1 — **Gnais Facoidal:** Aspecto da textura exhibindo cristais de biotita com deformação plastica, com a classica forma de folhas imbricadas. O cristal grande é de microclina, tendo nas bordas mirmequita e quartzo.

2 — **Basalto porfiritico:** Aspecto da textura porfiritica da rocha mostrando belos cristais idiomorficos de augita. O cristal maior, geminado segundo {100}. A base é finissima, porem holocristalina microlitica.

3 — **Basalto porfiritico:** Aspecto da magnetita esqueletiforme da base com um aumento de 720 vezes.

4 — **Basalto pilotaxitico:** Aspecto da textura pilotaxitica. Os cristais maiores, xenomorficos, são de augita. A labradorita somente ocorre na base sob forma microlitica.

5 — **Nordmarkito:** Cavidade miarolitica. Nessas cavidades ocorrem cristais idiomorficos de albita e quartzo, de idade mais recente.

6 — **Biotita-pulaskito:** Secção mostrando um grande cristal de anortoclasio-albita geminado segundo Carlsbad. A albita acha-se toda em laminas polissinteticas no anortoclasio. O outro cristal grande é de biotita, caracterizado pela sua clivagem conspicua.

7 — **Pulaskito:** Lamina exhibindo um cristal idiomorfico de barkevicita, principal componente femico dessa rocha. Os pontos pretos são inclusões de magnetita.

8 — **Nefelina-sienito:** Aspecto mais importante da composição mineralogica desta rocha, consistindo na associação diopsidio-aegirina-barkevicita-arfvedsonita. O cristal longo tem o nucleo de diopsidio, que se apresenta bem claro na fotomicrografia. Acha-se ele envolvido por uma pelicula fina de aegirina ou aegirinaugita, dificil de se determinar devido sua estreiteza. Segue-se imediatamente o crescimento do cristal como anfibolio formando uma serie; o elo que se segue imediatamente à frinja de aegirina ou aegirinaugita é barkevicita, terminada nos bordos com um filme, tambem estreito, de arfvvedsonita bem verde. O elo aegirinico ou aegirinaugitico pode faltar na sequencia do concrescimento piroxenio-anfibolio. O outro cristal mais escuro é composto exclusivamente por barkevicita.

9 — **Nefelina-sienito:** Aspecto de um grande cristal de barkevicita com bordas de arfvedsonita. Em baixo veem-se alguns cristais da serie arfvedsonita-barkevicita com nucleo diopsidico.

10 — **Foiaito:** Secção mostrando a textura traquitoide do anortoclasio. Os cristais mais escuros são de aegirinaugita.

11 — **Essexito-foiaito:** Aspecto da textura hipidiomorfica com uma base microgranular. O cristal, grande e incolor, é de diopsidio com bordas de barkevicita.

12 — **Essexito:** Fotomicrografia exhibindo os grandes cristais de lepidomelana com inclusões de magnetita e apatita.

13 — **Essexito:** Secção mostrando o fato mais importante desta rocha, — a textura pseudo-porfiritica com os fenocristais de oligoclasio exhibindo forte concrescimento cuneiforme de sodalita e nefelina, perfeitamente analogo a uma textura hebraica.

14 — **Teralito:** (n.º 39). Aspecto grosseiro da textura. Observa-se a abundancia de magnetita e de augita.

15 — **Teralito:** (n.' 40). Aspecto de uma titanaugita mostrando zonamento alternado de camadas titaniferas com camadas sem titanio, numa secção {001}.

16 — **Teralito:** (n.º 40). Aspecto de um cristal de olivina com corona de enstatita.

17 — **Bostonito:** Aspecto da textura bostonitica, com microlitos de feldspatos mais ou menos alinhados.

18 — **Sodalita-traquito:** Secção exhibindo magnifica textura traquitica, com um fenocristal de anortoclasio geminado segundo carlsbad.

19 — **Sodalita-fonolito:** Aspecto da textura porfiritica mostrando os fenocristais de anortoclasio, sanidina e sodalita, numa base holocristalina microlitica de sanidina, nefelina, sodalita e aegirinaugita.

20 — **Microfoiaito:** Aspecto tipico da textura mostrando os cristais de micropertita ripiformes na base, microgranular de nefelina e sodalita. Os cristais de micropertita possuem os bordos corroidos com penetração da base. Os elementos opacos são escassos, xenomorficos e microgranulares.

21 — **Sodalita-microfoiaito:** Aspecto tipico da textura panalotriomorfica equigranular das rochas hipabissais, com um fenocristal de sanidina corroido nos bordos com penetração da base micro-granular.

22 — **Microteralito:** Aspecto da textura mostrando panalotriomorfismo, e notando-se a abundancia dos elementos coloridos e opacos.

23 — **Quartzo-microdiorito:** Aspecto da textura. O feldspato ripiforme é oligoclasio, encerrando intersticialmente a augita e o quartzo. No ponto de contato entre o oligoclasio e o quartzo existe tambem mirmequita.

24 — **Quartzo-andesito:** Grupo de cristais de andesina geminada polissistetiticamente combinada com a macla de carlsbad. Observa-se, ao lado, a base microgranular holocristalina.