NÃO CIRCULA

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Maciços Alcalinos do Itatiaia e de Passa Quatro

(Sudeste do Brasil):

Contribuição à Geologia e Petrologia

DEDALUS - Acervo - IGC

30900013590

Tese de doutoramento apresentada

por

EVARISTO RIBEIRO FILHO

Adalberto
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO *Norman Hay*
Rui Xistaul
B. 15

MACIÇOS ALCALINOS
DO ITATIAIA E DE PASSA-QUATRO
(Sudeste do Brasil)

CONTRIBUIÇÃO À GEOLOGIA E PETROLOGIA

TESE DE DOUTORAMENTO APRESENTADA

por

EVARISTO RIBEIRO FILHO

- 1963 -

ÍNDICE

	<u>Páginas</u>
Introdução e trabalhos anteriores	1
1 - Terminologia e métodos	3
2 - Mapas e delimitação da área	4
3 - Geologia regional	6
4 - Rochas do embasamento cristalino	7
Biotita-gnaissse	7
Hornblenda-biotita-gnaissse	7
Hornblenda-gnaissse	8
Gnaissse granítico	8
Gnaissse quartzítico	8
Gnaissse migmatítico	8
Anfibolito	9
Biotita-gnaissse alcalino	9
5 - Sedimentos.	
Sedimentos clásticos	10
Talus	11
6 - Rochas de intrusão alcalina.	
<u>Sienitos e nefelina-sienitos</u>	12
Sodalita-nefelina-sienito	13
Nefelina-microsienito	14
Hornblenda-nefelina-sienito	14
Biotita-hastingsita-sienito	15
Aegirina-sienito	15
Aegirinaugita-hornblenda-sienito ..	16
Biotita-nefelina-sienito pegmatóide	16
Sienito porfirítico	16
Sienito com xenólitos	16
Nefelina-sienito bandeado	17
Tinguaito com pseudo-leucita	18
Pulaskitos	19
<u>Foiaítos</u>	21
Nefelina-sodalita-foiaíto	21
Microfoiaíto	21
<u>Quartzo-sienitos</u>	22
Quartzo-sienito glomérulo porfiróide	23
Normarkito porfirítico	23

Nordmarkito equigranular.	23
Nordmarkito de granulação grossa.	24
Nordmarkito granular miarolítico.	24
Granito alcalino.	24
7 - Brechas.	
Considerações gerais.	25
Descrição macroscópica.	27
Microscopia das brechas.	28
Classificação.	
Quartzo-microsienito passando a brecha..	30
8 - Milonitos.	31
9 - Diques.	31
10 - Halos pleocróicos.	32
11 - Petrogênese das rochas alcalinas do Itatiaia.	34
12 - Gênese das brechas.	41
13 - Maciço alcalino de Passa Quatro.	43
14 - Conclusões.	48
15 - Resumo.	50
16 - Agradecimentos.	52
17 - Referências bibliográficas.	53

Ilustrações

2 Mapas geológicos
1 Mapa com os afloramentos descritos.
1 Perfil geológico.
1 Bloco diagrama.
23 Fotomicrografias.
26 Fotomacrografias.

INTRODUÇÃO e TRABALHOS ANTERIORES

Algumas das ocorrências de rochas alcalinas do Brasil já haviam sido descritas, antes que a atenção geral dos geólogos e petrólogos estivesse voltada para os seus problemas petrológicos, petrográficos, estruturais e genéticos. Assim é, que em 1887, Derby¹¹ escreve sobre as rochas alcalinas do Brasil, citando os foiaítos, sienitos e fonolitos do Itatiaia, além de mencionar o fato de que a primeira notícia sobre as rochas sieníticas do Brasil, fôra dada por Lasaulx, ao descrever uma amostra do Itatiaia, enviada por Bauer. Ainda é Derby¹² que em 1889, num trabalho sobre os picos altos do Brasil, fala da atividade vulcânica que teria ocorrido na região do Itatiaia. Daí por diante, alguns geólogos e geomorfólogos, interessaram-se por investigar a área de rochas alcalinas do Itatiaia, sob diversos aspectos.

Em 1905, Dunsen¹⁴, num estudo sobre a flora do Itatiaia, dá um resumo da geologia regional, no qual estão citadas as cinco amostras alcalinas estudadas por Backstrom, entre as quais está o "alcali sienito quartzífero" das Agulhas Negras.

Em 1925, Oliveira⁵⁴, num estudo sobre as épocas metalogenéticas do Brasil, cita os magmas fioaíticos como relacionados ao diastrofismo hercíniano.

Em 1936, Lanego⁴⁵ descreve a geologia e petrografia, além de discutir os aspectos relativos à gênese do maciço alcalino do Itatiaia. Este trabalho pioneiro tem o mérito de ser acompanhado pelo mapa geológico da enorme área, classificada então como a segunda do mundo, com 1.224 km² de rochas alcalinas.

Em 1938, Pinto⁵⁹ menciona as ocorrências de bauxito do Itatiaia.

Em 1944, 1947, 1951 e 1956, Freitas^{22,23,24,25}, estudando as ocorrências de rochas alcalinas do Brasil meridional, estabelece a relação das intrusões destas rochas insaturadas com fenômenos correspondentes, ligados ao tectonismo da Serra do Mar e Mantigueira. Admite ainda para o caso especial do Itatiaia, uma origem mista, ou seja, plutônica e vulcânica.

Em 1947, Guimarães³⁰ defende a tese da origem das rochas alcalinas por diferenciação de um magma básico, relacionado ao derrame basáltico que atingiu grande área do sul do Brasil. Ressalta por outro lado, a importância do ambiente tectônico.

Em 1957, Pierson, Haynes e Ribeiro Filho⁵⁸, ao citarem anomalias radioativas detectadas nas rochas alcalinas do Itatiaia, recomendam um levantamento pormenorizado da área.

Em 1959, Mau e Coutinho⁵¹ estudaram veio carbonático com terras raras e tório, no Maciço do Itatiaia.

Todos os outros trabalhos abaixo mencionados, abordaram principalmente aspectos geomorfológicos da região do Itatiaia e das zonas circundantes.

Silveira⁶⁷, De Martone⁹, Rich⁶¹, Domingues¹³, Ruellan⁶²,⁶³, Ab'Saber e Bernardes¹, King⁴², e Maack⁴⁸ discutiram essencialmente os problemas concernentes à possível glaciação pleistocênica do Itatiaia, acumulando argumentos que a comprovam.

Em 1955, Odman⁵³, esclarecendo que não seria possível um trabalho conclusivo, tanto pela escassez do tempo quanto pelo pequeno número de observações, salienta principalmente dois argumentos contrários à glaciação pleistocênica do Itatiaia: a origem dos panelões e cancelas por intemperismo, e a dificuldade de harmonizar-se a linha de neve perene com as altitudes máximas do Itatiaia.

Mais recentemente, Ebert¹⁶ volta ao tema abordado pelos autores que o precederam, para demonstrar as evidências da glaciação pleistocênica na parte nordeste do maciço alcalino.

Em 1961, Teixeira⁷¹, estudando o relevo e padrões de drenagem do Itatiaia, menciona os fenômenos ligados à intrusão de um dique anelar de tinguaito.

Parece estranho que tenhamos escolhido para assunto da nossa tese de doutoramento, uma área como esta do Itatiaia, que já fôra motivo para algumas investigações petrográficas - geológicas e geomorfológicas. Entretanto o fizemos, primeiro, por tratar-se de uma extensa área, que apesar de estar próxi

ma aos dois maiores centros demográficos e industriais do País, perdurava com a geologia mal conhecida. Muitos dos problemas petrográficos, petrológicos, genéticos e estruturais, bem como as relações que entre eles existem, estavam a merecer melhor estudo. Fomos levados a executar este trabalho, também por acreditarmos que a constante e natural evolução dos conhecimentos geológicos, particularmente os referentes às rochas alcalinas, tão estudadas nos últimos anos, abre novas perspectivas e possibilidades para observações e interpretações. Corroboram com as razões já citadas, a certeza que tínhamos, de que tanto as condições materiais, como a facilidade de acesso ao local, permitiriam elaborar um mapa geológico em escala conveniente, bem como, abordar aspectos ainda não ventilados pelos geólogos que nos antecederam.

TERMINOLOGIA e MÉTODOS

A classificação das rochas e os termos texturais empregados nas descrições litológicas do presente trabalho, foram baseados principalmente nos compêndios de Heinrich³⁴, Johansen⁴⁰, e Williams, Turner e Gilbert⁷⁷.

Para definir a granulação foi adotado o critério de Williams et alii, segundo o qual, são rochas de granulação fina aquelas que possuem a maioria dos grãos com diâmetro inferior a 1 mm; são de granulação média, quando entre 1 e 5 mm; de granulação grossa, quando entre 0,5 e 3 cm; muito grossa quando maior que 3 cm.

Ao termo que define a rocha, quando necessário, foi adicionado o nome de um ou mais minerais acidentais. Quanto maior a porcentagem do mineral accidental, tanto mais próximo estará o seu nome da palavra que define a rocha. Assim, nefelina-sodalita-foiaíta qualifica um foiaíta que contém nefelina e sodalita, porém este último em maior porcentagem.

Para facilitar a identificação e contagem dos feldspatóides, algumas lâminas foram atacadas por ácido clorídrico concentrado e posteriormente coradas por azul de metileno diluído (Wahlstrom 76).

A composição modal das rochas foi determinada aplicando-se o Contador por pontos, "Point Counter" (Chayes^{5,6}).

As amostras para análise química foram coletadas obedecendo-se a relação existente entre a granulação média da rocha, precisão da análise e quantidade de amostra (Laffite⁴⁴).

MAPAS e DELIMITAÇÃO da ÁREA

A área das nossas investigações geológicas, encravada na serra da Mantiqueira, está situada próxima à Br-2, no trecho desta estrada que liga o Rio de Janeiro a São Paulo. Abrange terras dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, localizadas nos municípios de Resende, Itanhandu, Passa Quatro, Cruzeiro, Lavrinhas e Queluz. Como principais pontos de referência temos as cidades de Itatiaia e Engenheiro Passos, ambas no estado do Rio de Janeiro e situadas respectivamente nos trechos compreendidos entre os marcos quilométricos 155 e 168 da Br-2 (via Presidente Dutra).

As principais vias de acesso são as rodovias Br-2 e Rio-Carambu (Br-50), e as estradas que ligam as três cidades mineiras de Itamonte, Itanhandu e Passa Quatro.

O sistema de drenagem da região, abrange rios que fazem parte da bacia do rio Paraíba, entre os quais podem ser mencionados alguns da vertente sul, como o rio do Salto, rio Palmital, rio Itatiaia, rio Campo Belo, e rios que pertencem à drenagem da bacia do Paraná tais como o rio Capivari, rio Verde e rio Aiuruoca.

Neste nosso trabalho trataremos de dois corpos distintos de rochas alcalinas, que, para facilidade de explanação, serão denominados Maciço do Itatiaia e Maciço de Passa Quatro, por estarem localizados próximos às cidades de mesmo nome. Ab'Saber e Bernardes¹, fazem referência ao Maciço de Passa Quatro, denominado de serra ou maciço de Queluz por Ruellan, e que constitui um bloco monolítico isolado do Maciço do Itatiaia pela garganta do Registro.

O único mapa geológico da região foi executado por Lamego⁴⁵, na escala de 1:600.000, sendo portanto inadequado pa-

ra o levantamento geológico com os pormenores necessários ao nosso trabalho.

O mapa altimétrico executado em 1957, por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A., por solicitação do Ministério da Agricultura, abrange somente 1/3 da área total a ser coberta pelo mapa geológico. Esta área, que está situada na parte central da região pesquisada, corresponde ao território de propriedade do Parque Nacional do Itatiaia.

Para solucionar esta dificuldade de mapa base, foi então elaborado um mapa planimétrico, por extensão periférica do mapa pré-existente, de modo a cobrir toda a região de interesse. Este mapa planimétrico complementar, foi construído pelo processo de triangulação radial gráfica, aplicando-se o método de decalque ("Hand Templet Method"), através do qual se tornou possível a obtenção de pontos suplementares de controle na parte periférica, a partir de pontos de controle tirados do mapa executado pela Cruzeiro do Sul S.A. Estes pontos suplementares permitiram assim, que os pormenores das fotografias aéreas fossem transferidos corretamente, por meio de câmara clara fotogramétrica ("Aero-Skechmaster").

Durante a elaboração do mapa geológico, as observações de campo foram inicialmente compiladas em mapa com a mesma escala das fotografias aéreas (1:25.000). Posteriormente, para facilidade de publicação, os dados assim obtidos foram transportados para um outro mapa reduzido à escala de 1:50.000. Noutro de escala 1:100.000, construído pela junção de mapas municipais, estabelecemos a relação dos corpos alcalinos do Itatiaia e de Passa Quatro.

No Itatiaia, as linhas de contacto das rochas alcalinas com o embasamento cristalino, admitidas como verificadas, não correspondem a contactos lado a lado, de rochas no estado fresco, mas sim, a zonas de contacto acompanhadas no campo e com precisão variável entre 20 e 100 metros. Isto decorre, naturalmente, do intenso intemperismo a que as rochas estão sujeitas a à densa cobertura vegetal.

As linhas de demarcação dos contactos inferidos foram estabelecidas por dedução das observações de campo e por

foto-interpretação.

No caso dos sienitos, brechas e quartzo-sienitos, em que a passagem de um para outro tipo de rocha é gradual, as linhas de contacto quase sempre marcam as zonas de transição.

O mapa executado abrange uma área total de 600 km^2 , dos quais somente 221 km^2 correspondem a rochas alcalinas. Os sienitos e foiaítos perfazem uma área de 190 km^2 , os quartzo-sienitos 21 km^2 , e as brechas 10 km^2 .

Durante tôdas as fases de execução do mapa geológico, contamos com a valiosa colaboração do colega Faustino Penalva.

GEOLOGIA REGIONAL

Na área estudada afloram rochas metamórficas do Pré-Cambriano brasileiro, constituindo diferentes tipos de gnaisses, com xistosidade predominante entre N-NE, mergulhando para o sul de 20 a 80° .

Na maior parte da área estas rochas são de difícil observação, por se apresentarem com espesso manto de decomposição.

Mesmo nas zonas de contacto com as rochas sieníticas, a xistosidade regional persiste, o que de certo modo indica que se a intrusão alcalina causou deformações nas rochas do embasamento, estas não se evidenciam.

Alguns diques de rochas básicas e também de rochas alcalinas afaníticas cortam os gnaisses.

Em um afloramento somente, pudemos observar evidências de fenitização parcial do gnaisse. Entretanto, o estado de alteração das rochas não permitiu que a passagem do gnaisse a gnaisse fenitizado, fôsse melhor estudada.

São estas rochas do embasamento cristalino, que limitam os dois corpos de rochas alcalinas, que se salientam na topografia, tanto por modelarem relêvos de maiores altitudes, quanto por constituírem bons afloramentos na maior parte da área em que ocorrem.

As rochas alcalinas do Itatiaia apresentam grande diversificação na granulação, na textura, no arranjo dos componentes minerais, e consequentemente no aspecto macroscópico.

Embora formem corpos de dimensões médias, quando comparados às intrusões de rochas alcalinas de outras partes do globo terrestre, confirmam a regra estabelecida por Backlund³, quanto à variabilidade dos tipos petrográficos, pois ali ocorrem diferentes tipos de rochas, como sejam: sienitos, nefelina-sienitos, sodalita-nefelina-sienitos, sodalita-sienitos, aegirina-sienitos, aegirinaugita-hornblenda-sienito, hornblenda-sienito, biotita-hornblenda-sienito, biotita-sienito, sienito bandado, quartzo-sienitos, foliitos e brechas.

As rochas sieníticas se distinguem principalmente pela variação no conteúdo de máficos, pela desigualdade nas proporções de nefelina e pelas modificações texturais.

Na escarpa sul do maciço alcalino do Itatiaia, a leste de Engenheiro Passos, ocorrem sedimentos clásticos admitidos como pertencentes à bacia terciárias de Resende, cobertos parcialmente por espesso manto de talus. Este talus é formado por seixos e blocos dos vários tipos de rochas alcalinas que existem no Itatiaia, e em menor percentagem por seixos e blocos de gnáisses.

Os dois corpos de rochas alcalinas, o do Itatiaia e o de Passa Quatro, situados à esquerda do vale do rio Paraíba, com ele contrastam por apresentarem um desnível de 2.000 metros, entre o vale e a região do planalto.

ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO *

Biotita-gnáisse: ocorre na estrada Rio-Caxambu, e com mais frequência na estrada para Mauá.

São rochas de granulação média e grossa, textura granoblástica e xistosidade nítida, onde faixas de biotita sobressaem. Em várias amostras o ortoclásio é o feldspato mais frequente, enquanto o plagioclásio um mineral subordinado. Amostras há, em que a percentagem de plagioclásio aumenta, sem contudo chegar a igualar-se à percentagem de ortoclásio. Os cristais de biotita são lamelares e alongados imprimindo à rocha nítida xistosidade.

Biotita-hornblenda-gnáisse: ocorre em vários afloramentos da estrada para Mauá. É uma rocha escura de granulação média, textura granoblástica, com a xistosidade bem marcada pe-

* Ver mapa dos afloramentos.

las faixas claras e escuras que se alternam. Os cristais de ortoclásio e quartz são equigranulares. A albita forma cristais sub-idiomorfos maiores, porém existe em menor porcentagem que o ortoclásio. A hornblenda é o máfico mais abundante. Está presente tanto em cristais alongados segundo a xistosidade, como em cristais maiores não orientados. Os cristais de biotita são lamelares e bem orientados.

Hornblenda-gnaiss: ocorre nas fazendas Dois Irmãos e Valparaíso, próximo ao contacto sudoeste do maço alcalino. É uma rocha clara, de granulação média, textura granoblástica e com a xistosidade proeminente graças às faixas regulares de hornblenda. Contém principalmente albita, ortoclásio perfitico, quartz, hornblenda e pequena porcentagem de biotita. Nestes hornblenda-gnaiss são comuns bandas escuras formadas por concentração de biotita. Nestas bandas há também cristais de diopsídio, isolados ou inclusos na biotita.

Gnaiss granítico: aflora em vários cortes da estrada do Registro para as Agulhas Negras, e no trecho da estrada Rio-Caxambu compreendido entre Registro e a Capelinha. É uma rocha clara, de granulação média e de textura equigranular. Os componentes mineralógicos principais são feldspato e quartz. Subordinadamente existe biotita, hornblenda, granada e ilménita.

Gnaiss quartzítico: ocorre no caminho de Mauá para as Agulhas Negras, próximo ao contacto com as alcalinas. É uma rocha semelhante ao gnaiss-granítico, com maior porcentagem de quartz.

Gnaiss migmatítico: aflora numa pedreira próxima ao km 12 da rodovia Rio-Caxambu, no município de Queluz. Este afloramento está localizado perto da zona de contacto com o corpo alcalino de Passa Quatro. Esta rocha se caracteriza pela estrutura gnáissica predominante e pela abundância de estruturas semelhantes a dobras ptigmáticas. Ao longo do afloramento aparecem áreas de rocha clara, de textura granular e rica em granada, cujas dimensões dos cristais variam de milímetros até 10 cm. Há também faixas claras pegmatóides, quartz-feldspáticas, que exibem textura gráfica e grandes cris -

tais centimétricos de biotita.

A rocha gnáissica apresenta estrutura fitada, constituída por faixas escuras, ricas em biotita, que se alternam irregularmente com faixas claras de estrutura granular-gnáissica.

Na análise microscópica desta rocha preferimos distinguir duas partes. Estudo da rocha escura de estrutura gnáissica e estudo da rocha clara, de textura granular e rica em granada.

A rocha escura contém ortoclásio e plagioclásio (andesina) idiomorfos ou sub-idiomorfos, biotita, quartzo, granada e minerais opacos.

A rocha clara é rica em quartzo e granada, embora contenha subordinadamente ortoclásio, plagioclásio, biotita e minerais opacos (Fotos 1, 2, 3 e 4).

Anfibolito: ocorre próximo à margem esquerda do ribeirão Bonito e a sudeste dos três Picos, em contacto com biotita-gnaisses. É uma rocha escura, de granulação fina e com textura granoblástica. A atitude de sua xistosidade. E-W mergulhando para o sul, coincide com a das encaixantes comuns, os gnaisses. Os minerais constituintes desta rocha são grandes cristais ou agregados de hornblenda, quartzo, andesina e biotita. Alguns veios claros, compostos de quartzo e feldspato cortam o anfibolito.

Biotita-gnaisse alcalino: aflora próximo à zona de contacto do embasamento cristalino hornblenda gnáissico, com as rochas sieníticas, a oeste do rio Carrapato, afluente do rio Paraíba e na região da fazenda Dois Irmãos.

Trata-se de uma rocha leucocrática em que listras claras e escuras se alternam regularmente, infundindo-lhe gnaissificação proeminente.

A textura é granoblástica, a estrutura gnáissica e a granulação variável de fina e média conforme a listra que se considere. Nas listras claras, constituídas principalmente de albita e ortoclásio a granulação é fina. Nas listras escuras compostas principalmente de biotita e hornblenda a granulação varia de fina a média.

Na composição mineralógica encontramos albita e ortoclásio (90,2%), quartzo (1,6%), biotita (3,8%), hornblenda (1,4%), minerais opacos, zirconita, titanita e fluorita (3,0%).

Há zonas em que o biotita-gnaiss contém faixas xistosas formadas de cristais alongados de biotita e augita.

A análise química bem como a composição mineralógica desta rocha poderiam sugerir sua formação a partir de gnaiss posteriormente fenitizado pelo magma alcalino. Entretanto as relações de campo e a análise petrográfica não fornecem elementos seguros quanto à possibilidade de gênese por processo metassomático (Foto 5 e 6).

SEDIMENTOS

Em parte da escarpa sul do maciço alcalino, desde as proximidades de Engenheiro Passos a oeste, até a estrada para Mauá, a leste, o contacto das rochas alcalinas com o embasamento cristalino está coberto por sedimentos clásticos admitidos como pertencentes à bacia terciária de Resende, bem como por espessos depósitos de talus.

Sedimentos clásticos: as camadas avermelhadas, amareladas, ou ainda esverdeadas destes sedimentos são constituídas de argilitos, siltitos, arenitos e arenitos conglomeráticos não consolidados. Existe a possibilidade das rochas alcalinas do Itatiaia terem contribuído para a formação destes sedimentos. Neste caso, deveríamos encontrar entre os minerais pesados, alguns daqueles que são comuns somente nas alcalinas, como é o caso da titanita. A análise dos minerais pesados revelou a presença de minerais componentes das rochas do embasamento, tais como ilmenita, zirconita, granada, turmalina e monazita. Entretanto, não encontramos, como seria de se supor, a titanita, mineral pesado, frequentemente e às vezes abundante - mente observado nos sienitos, nefelina-sienitos e foiditos do Itatiaia.

A ausência de titanita nestes sedimentos poderia ser explicada das seguintes maneiras:

1.ª A contribuição das rochas sieníticas para a formação dos sedimentos seria muito pequena, quando comparada com

a grande quantidade de clásticos provenientes do gnaiss regional. Neste caso, a titanita, por estar muito diluída entre os outros minerais pesados mais comuns, raramente seria encontrada.

Convém salientar, entretanto, que esta diluição é pouco provável diante da estabilidade da titanita (Milner⁵²), e da proximidade das rochas alcalinas da bacia sedimentar.

2ª A deposição dos sedimentos efetuou-se em época em que a erosão, transporte e deposição, eram ativos sobre o teto gnáissico que recobria as rochas alcalinas.

Preferindo esta segunda explicação, cremos que os frequentes blocos de rochas alcalinas que aparecem como que afundados nos sedimentos terciários, podem ser originados por fenômenos posteriores à deposição dos sedimentos, mas contemporâneos à deposição do talus.

Talus: é constituído de blocos dos vários tipos de rochas alcalinas que ocorrem no Itatiaia e em Passa Quatro, com dimensões variáveis de centímetros a alguns metros. Há blocos enormes que superam a 100 metros cúbicos. Os matacões de gnaisses são menores e menos frequentes. Tanto os blocos de rochas alcalinas como os de gnaisses, estão total ou parcialmente imersos numa matriz mais fina que varia de argilosa a conglomerática. São comuns os blocos de rochas alcalinas que exibem decomposição esferoidal. Muitas vezes os seixos ou pequenos blocos das rochas alcalinas apresentam uma capa de bauxitização, ainda que internamente persista um núcleo de rocha mais fresca. Lugares há, em que estes seixos e blocos de alcalinas alteradas, constituem verdadeiros depósitos de bauxito, alguns dos quais já em exploração.

As linhas de contacto do depósito de talus com as rochas alcalinas, bem como com os sedimentos da bacia terciária, não podem ser traçadas com precisão, porque não há contacto nítido entre estas rochas.

ROCHAS DA INTRUSÃO ALCALINA

Aproximadamente metade da área de ocorrência das rochas alcalinas está compreendida em terras que pertencem ao

Parque Nacional do Itatiaia, subordinado ao Ministério da Agricultura.

A intrusão alcalina do Itatiaia é de conformação externa aproximadamente alíptica, com eixo maior na direção NW-SE. O limite NW está no estado de Minas Gerais, no local denominado Capelinha, e a SE está no estado do Rio de Janeiro próximo à cidade de Itatiaia.

Da área total de 221 km², 190 km² correspondem a sienitos e foiaítos; 10 km² a brechas e 21 km² a quartzo-sienitos.

Tal como acontece em outras regiões do mundo onde ocorrem rochas alcalinas, as rochas do Itatiaia apresentam variações quanto ao jazimento, à textura, à granulação, à cor, e quanto à composição mineralógica. Dêste fato decorrem os diferentes aspectos das rochas, reconhecíveis mesmo macroscopicamente. As diferenças texturais e de coloração nem sempre correspondem a variações proporcionais na composição mineralógica.

No mapa geológico serão diferenciados somente três tipos de rochas alcalinas, ou sejam, os sienitos e foiaítos, quartzo-sienitos e brechas magmáticas. Este critério adotado na execução do mapa, nem de longe expressa as variações que existem em cada um destes tipos de rochas, que pela irregularidade com que se sucedem ou se alternam, são de delimitação impraticável. Entretanto, no correr da descrição petrográfica, situaremos os locais em que ocorrem as diferentes rochas e anexaremos ao trabalho um mapa das ocorrências. Os locais em que afloram rochas com concentração de nefelina, titanita, quartzo e xenólitos serão marcados no mapa geológico.

NEFELINA-SIENITOS e SIENITOS

Ocorrem nas imediações da sede do Parque Nacional do Itatiaia, na estrada do P.N.I. para a estação da TV Tupi, nas proximidades do barraco de Mauá e às margens do rio Preto e do rio Itatiaia. São rochas de cor clara a cinza, de granulação variável de fina a grossa e de textura granular ou granular-traquítide. Os cristais de microperthita são sub-idiomorfos a idiomorfos. Os cristais de albita são raros. A nefelina existe em por

centagens variáveis, chegando até a 40,6% da rocha, sob a forma de cristais sub-idiomorfos. Nas rochas em processo de alteração, a limpidez dos cristais de nefelina contrasta com o aspecto embaciado dos feldspatos. Os minerais máficos mais comuns são aegirina-augita e biotita. Hornblenda é menos frequente. Os minerais acessórios são principalmente titanita, apatita e magnetita. A zirconita é rara. Em alguns afloramentos, os cristais idiomorfos e bem desenvolvidos de titanita, que atingem mais de 0,5 cm, ressaltam pela abundância. Há também afloramentos onde a sodalita é bastante proeminente, para que preferíssemos a classificação da rocha como nefelina-sodalita-sienito.

Há cortes da estrada da sede do P.N.I. para a TV Tupi, em que o nefelina-sienito se apresenta com zonas pegmatóides, com grandes cristais de ortoclásio, nefelina e biotita (Foto 7).

Em algumas lâminas evidencia-se a textura poiquilitica onde os cristais xenomorfos de hornblenda contém inclusões de titanita, apatita, zirconita e de biotita. São mais raras as inclusões de titanita, apatita e zirconita na biotita. Entretanto, há lâminas que mostram inclusões de zirconita ou de apatita, na biotita, formando halos pleocróicos.

Em algumas lâminas os minerais máficos apresentam a associação diopsídio-hornblenda, em outras hornblenda-augita, e às vezes somente arfvedsonita-biotita.

São comuns os cristais de aegirina-augita que exibem uma parte central verde clara, rodeada por uma orla de verde mais intenso, com pleocroísmo mais acentuado.

Sodalita-nefelina-sienito: aflora em alguns cortes da estrada entre o abrigo Macieiras, localizado a 14 km da sede do P.N.I., e a estação da TV Tupi. Aparece como manchas dentro do nefelina-sienito e dos foiaítos, sem contactos definidos. É uma rocha de granulação grossa, leucocrática e de textura granular a traquitóide. Seus constituintes mineralógicos são micropertita sob a forma de cristais sub-idiomorfos, ou em ripas idiomórficas, nefelina e sodalita. Biotita muscovita e plagioclásio são raros. Os minerais acessórios, também

raros, são a titanita, apatita e magnetita.

Nefelina-microsienito: ocorre à altura do km 10 da estrada que liga a sede do P.N.I. à estação da TV Tupi, onde constitui um dique que corta o nefelina-sienito. Ocorre também formando manchas dentro dos sienitos e foiaítos. É uma rocha de coloração cinza, granulação fina a muito fina e de textura hipidiomórfica granular. Há faixas em que os cristais alongados de biotita estão orientados. Na sua composição mineralógica observamos micropertita, nefelina, ripas de aegirina, hornblenda e biotita. São raros os cristais idiomorfos de oligoclásio. Os minerais acessórios são titanita, magnetita, pirita e apatita.

Este mesmo tipo de rocha aflora também em algumas zonas das rochas que formam a estrutura anelar no limite nordeste do maciço alcalino. Ali os sienitos e nefelina-sienitos, predominantemente de granulação grossa ou média, apresentam partes em que a granulação passa a fina, sem que haja possibilidade de se delinear estas transições, tal a frequência e irregularidade com que se verificam. O estudo microscópico destas rochas, revelou a existência de textura hipidiomórfica granular e da seguinte composição mineralógica: micropertita, nefelina, biotita, hornblenda, titanita, magnetita e apatita. As variedades locais diferem principalmente quanto à maior ou menor porcentagem de nefelina e titanita. Há afloramentos, como é o caso da Pedra do Leão, em que o nefelina-microsienito passa a microsienito, por ausência completa de nefelina.

Hornblenda-nefelina-sienito: esta rocha constitui manchas dentro do nefelina-sienito, à altura do Km 5 da estrada da sede do P.N.I. para a TV Tupi. É uma rocha cinza, com zonas de concentração de minerais escuros, de granulação grossa e de textura granular-poiquilitica.

A porção clara da rocha é constituída de micropertita, nefelina, hornblenda, biotita, e tem como minerais acessórios a titanita, apatita, magnetita, zirconita e fluorita. São raros os cristais de plagioclásio.

As partes escuras apresentam-se sob a forma de agregados cristalinos "schlieren", cujas dimensões variam de 1 a 5 cm.

Estes agregados, formados principalmente de hornblenda e biotita, muitas vezes evidenciam estrutura orientada. Os grandes cristais de hornblenda, com textura poiquilitica, contém inclusões de biotita, de aegirina-augita e dos minerais acessórios.

Há alguns cristais de hornblenda que estão parcialmente transformados nas bordas, em hastingsita. São mais raros os cristais de hornblenda, com bordos azulados de arfvedsonita.

Biotita-hastingsita-sienito: aflora à altura do km 7 da estrada da sede do P.N.I. para a estação da TV Tupi. Está relacionada aos nefelina-sienitos da região, ao lado dos quais aparece constituindo manchas irregularmente distribuídas. É uma rocha clara, de granulação média, textura granular-traquitóide, que exhibe uma estrutura fitada, originada por faixas escuras com concentração de biotita e hastingsita.

A orientação das ripas ou dos cristais alongados de biotita, hastingsita e titanita, salienta a textura granular-traquitóide das faixas escuras.

Os constituintes minerais desta rocha são: microper^{ti}ta, nefelina, hornblenda, hastingsita e biotita. A titanita é o acessório mais abundante. Subordinadamente aparecem a apatita, zirconita e magnetita.

Os cristais de hastingsita, na maioria são idiomorfos, apresentam-se com coloração verde azulado, e às vezes, estão geminados segundo o plano 100.

Aegirina-sienito: ocorre nos cortes da estrada do P.N.I. para a TV Tupi, à altura do km 12 e a 1500m de altitude. Constitui pequenas manchas irregulares não orientadas, dentro dos nefelina-sienitos. É uma rocha leucocrática, ainda que macroscopicamente dê idéia de rocha escura. Apresenta granulação grossa, textura granular-traquitóide e zonas mais escuras por enriquecimento em ripas aciculares de aegirina. Na composição mineralógica observamos microper^{ti}ta xenomorfa, albita, biotita, aegirina e os minerais acessórios titanita, magnetita, apatita e zirconita. Os cristais de albita são geralmente idiomorfos. Os cristais de biotita estão na maioria transformados em aegirina. São comuns os grandes cristais de aegirina que

contêm pequenas inclusões de biotita, com contôrnio irregular semelhantes a bordas de corrosão.

Alguns cristais de biotita com inclusões de zirconita, exibem halos pleocróicos (Foto 8).

Aegirinaugita-hornblenda-sienito: esta rocha forma manchas irregularmente distribuídas, dentro do hornblenda-nefelina-sienito já descrito, que aflora a altura do km 5 da estrada P.N.I.-TV Tupi.

É uma rocha cinza escura, de granulação fina e de textura hipidiomórfica granular orientada. Os minerais que a compõem são micropertita, hornblenda, aegirina-augita, titanita, apatita, magnetita e zirconita. São raros os cristais de albita, hastingsita e de arfvedsonita.

Os cristais de hornblenda, comumente contêm inclusões de aegirina-augita, de titanita e de magnetita.

Bitotita-nefelina-sienito pegmatóide: constitui manchas dentro dos sienitos. Os melhores afloramentos desta rocha podem ser observados nos cortes da estrada P.N.I.-TV Tupi. É uma rocha clara, com grandes cristais de pertita e de biotita. Os cristais de pertita atingem 5cm, e alguns cristais de biotita ultrapassam 1cm. Há locais em que a nefelina é tão abundante quanto a pertita, mas sempre de menores dimensões. Além de pertita, biotita e nefelina, a rocha contém hornblenda, titanita e apatita (Foto 9).

Sienito porfirítico: aflora à altura do km 12 da estrada Registro-Agulhas Negras. É uma pequena ocorrência dentro da área das brechas. É uma rocha cinza, de textura porfirítica. Os fenocristais de anortoclásio são alongados, mas com dimensões inferiores a 1cm. Além de anortoclásio a rocha contém raros cristais alongados de biotita, com inclusões de apatita. Na matriz muito fina, somente a apatita pode ser identificada. Os cristais de anortoclásio exibem bordas irregulares, causadas por corrosão magmática.

Sienito com xenólitos: esta rocha aflora numa pequena cachoeira de um afluente do rio Capivari, à altura do km 36,5 da estrada Rio-Caxambu. Aflora também na região de Vargem Grande.

O sienito é uma rocha clara, de granulação média a fina, com textura hipidiomórfica granular. Os constituintes minerais são micropertita, sob a forma de cristais xenomorfos ou ripas idiomorfas, biotita, hornblenda e diopsídio. Os minerais acessórios são titanita, apatita e magnetita.

Os xenólitos são de biotita-gnaíse, com dimensões variáveis de poucos centímetros a 50cm.

Nefelina-sienito bandeado: ocorre às margens do córrego Taquaral, próximo à usina elétrica do Hotel Simon, constituindo matacões de dimensões variáveis, que são aproveitados como pedras para revestimento e ornamentação de edifícios.

Não conseguimos localizar o afloramento desta rocha estranha, embora não a tenhamos encontrado em outras áreas do maciço. Difere dos nefelina-sienitos comuns do maciço, mais na estrutura e textura do que na composição mineralógica. A estrutura é bandeadada, com faixas claras e escuras que se alternam paralelamente. A espessura destas faixas varia de poucos milímetros a 5 centímetros, sendo que as faixas centimétricas são as mais frequentes. São raros os casos em que apófises de uma das faixas atravessam a outra.

No estudo microscópico desta rocha distinguimos duas partes. O estudo das faixas escuras (nefelina-biotita-sienito) e o das faixas claras (nefelina-sienito) (Foto 10 e 11).

A banda escura é de textura fina, microgranular hipidiomórfica, e contém os seguintes minerais: micropertita, oligoclásio, biotita, nefelina, sodalita e os minerais acessórios titanita, apatita, magnetita e fluorita. Se fôsse o caso de uma rocha distinta, poderia ser classificada como nefelina-biotita-sienito.

A banda clara é de granulação grossa, com cristais idiomorfos e sub-idiomorfos, orientados perpendicularmente à direção das faixas, mostrando uma estrutura em pente. Na composição mineralógica foram identificados micropertita, nefelina, biotita, oligoclásio, sodalita, titanita, apatita, fluorita e magnetita.

Pela análise modal, podemos então observar que a principal diferença mineralógica entre as duas bandas, está na por

centagem de oligoclásio e biotita, que é bem mais elevada na banda escura. Por outro lado, na banda clara a nefelina é mais abundante.

Se este bandeamento foi provocado por diferenciação e enriquecimento em minerais máficos nas bandas escuras, pelo desenvolvimento das bandas claras num estado semi-sólido por diferenciação rítmica, ou ainda por um processo de filtração, "filter pressing" (Wahlstrom⁷⁴), é um problema que está por ser resolvido. De qualquer maneira, porém, a estrutura em pente, formada por grandes cristais da banda clara, crescidos perpendicularmente à direção das bandas, sugere a possibilidade de explicar-se o fenômeno por injeção de material pobre em máficos, na fase final da intrusão magmática.

Tinguaíto com pseudo-leucita: em Poços de Caldas, tinguaítos com pseudomorfos de leucita já haviam sido observados por Derbyll e por Hussak*, e mais recentemente foram estudados e descritos por Ellert¹⁸. No Itatiaia ainda não haviam sido citados, provavelmente porque além de não formarem bons afloramentos, existem em pequena área, quando esta é comparada com a extensão das ocorrências dos outros tipos de rochas comuns no maciço. Encontra-se no corte da estrada, três quilômetros ao norte do Hotel Monte Parnaso.

O tinguaíto com pseudo-leucita do Itatiaia, é uma rocha de cor cinza escura, com textura microcristalina, de granulação fina, com algumas ripas centimétricas de ortoclásio micropertítico que sobressaem na massa afanítica. Os pseudomorfos possuem a forma aproximada de icositetraedros, são de distribuição irregular e às vezes estão mutuamente concrecidos. As dimensões destes pseudomorfos são variáveis de milímetros até 10 centímetros de diâmetro. Nas seções dos maiores pseudomorfos, pode-se distinguir uma borda de 1 a 2 mm, mais

* Conforme citação de Ellert¹⁸.

clara e microcristalina. São comuns os pseudomorfos com inclusões de agregados centimétricos, constituídos de aegirina, titanomagnetita, apatita e biotita. A porção clara do pseudomorfo, consta de uma associação de ortoclásio, anortoclásio, albita e oligoclásio, com nefelina.* A textura é radial (Foto 12).

Pulaskitos: ocorrem na região da Capelinha, no morro do Urubu e na parte N-nordeste do maciço. Em todos estes locais, os pulaskitos formam zonas irregulares dentro dos nefelina-sienitos, dos quais se distinguem pela mudança de textura e pelo decréscimo na porcentagem de nefelina. Todas as amostras estudadas são de rochas claras, de granulação média, textura granular-traquitóide, que apresentam muita semelhança na composição mineralógica. Seus constituintes minerais são micropertita, nefelina, biotita, diopsídio ou augita, titanita, apatita e magnetita. Os cristais de hornblenda e de oligoclásio são raros.

TABELA 1

Composição modal do sienito bandeado

MINERAIS	Amostras	
	1	2
Micropertita	70,5%	70,5%
Oligoclásio	1,8	13,2
Nefelina	26,5	3,6
Sodalita	x	x
Biotita	1,2	12,7
Titanita	x	x
Apatita	x	x
Magnetita	x	x
Fluorita		
Soma	100.0%	100.0%
P.E.	2,61	2,62

1- Banda Clara

2- Banda Escura

x- Porcentagem inferiores a 0,1%

*Determinação pelo método de "Debye - Scherrer (difração de Raios X); realizada no Depart^o de Mineralogia da F.F. C.L. da U.S.P.

TABELA 2
Composição modal

MINERAIS	Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Microperthita	84,2%	59,4%	74,7%	73,8%	81,3%	72,2%	90,4%	85,3%	91,2%	64,2%
Albita	0,5	-	-	-	-	-	-	0,8	-	6,7
Nefelina	5,1	40,6	11,7	18,4	1,9	20,3	-	-	1,9	-
Sodalita	-	-	1,3	3,2	9,0	-	0,2	-	-	-
Aegirina-augita	-	x	-	-	2,8	6,0	-	-	1,4	-
Aegirina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,3
Augita	-	x	5,4	-	-	-	-	-	-	-
Diopsídio	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-	-
Hornblenda	1,8	x	3,0	3,0	-	-	1,7	4,2	x	-
Riebeckita	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Biotita	4,5	x	0,2	0,3	1,5	x	2,2	4,4	3,8	0,9
Titanita	1,9	x	1,5	0,5	1,7	0,3	2,3	x	1,2	x
Apatita	1,1	x	x	0,1	x	x	0,2	2,0	x	x
Magnetita	0,9	x	2,2	0,7	1,8	1,2	3,0	0,5	0,5	0,9
Zirconita	x	-	-	-	x	-	-	-	x	x
Soma	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
P. E.	2,56	2,63	2,67	2,61	2,56	2,53	2,62	2,64	2,60	2,76

- 1- Nefelina-sienito - Caixa d'água do Hotel Simon.
 2- Nefelina-sienito - km 8 da estrada P.N.I. - TV Tupi.
 3- Sodalita-nefelina-sienito - km 8 da estrada P.N.I. - TV Tupi.
 4- Sodalita-nefelina-foiaíto - Estação da TV Tupi.
 5- Nefelina-sodalita-foiaíto - Barraco de Mauá.
 6- Nefelina-foiaíto - Lago Azul, sede do P.N.I.
 7- Microsienito - Pedra do Leão.
 8- Pulaskito - Planalto, no caminho para o Barraco de Mauá.
 9- Pulaskito - Margem do rio Preto, próximo à Maromba.
 10- Aegirina-sienito - km 12 da estrada P.N.I. - TV Tupi.
 x- Porcentagens inferiores a 0,1.

FOIAÍTOS

Na literatura geológica, o termo foiaítoco tem sido aplicado de maneira um tanto ampla, definindo ora a composição mineralógica, ora classificando a textura da rocha. No nosso trabalho optamos pela classificação textural, de acordo com Johannsen⁴⁰. Chamaremos de foiaíto todas as rochas com textura traquitóide e composição mineralógica semelhante a nefelina-sienito.

Os foiaítos do Itatiaia são rochas cuja coloração varia de clara a cinza, com granulação de média a grossa e de textura traquitóide. Os cristais de pertita ou de micropertita apresentam-se em ripas idiomorfas distribuídas quase sempre sub-paralelamente. A nefelina, que é abundante, às vezes mostra-se alterada em cancrinita. Os minerais máficos são hornblenda, riebeckita, aegirina-augita e biotita. Os minerais acessórios são a titanita, apatita e magnetita. São raros os cristais de sodalita.

Os foiaítos ocorrem em filamentos distintos, ou formando manchas dentro dos sienitos. Podem ser observados nas proximidades da estação da TV Tupi, perto do Hotel Simon, nos cortes da estrada do P.N.I. para o Lago Azul, às margens do rio Preto, e na região da Vargem Grande.

Nefelina-sodalita-foiaíto: aflora nos cortes da estrada nas imediações do Lago Azul, na sede do P.N.I. e próximo ao barraco da Mauá. Aparece como diferenciação local dentro do corpo de nefelina-sienito e foiaíto. É uma rocha clara, de granulação média e de textura traquitóide. Na composição mineralógica contém micropertita, nefelina, sodalita, riebeckita, e biotita. Os minerais acessórios são titanita e magnetita.

Microfoiaíto: ocorre nos mesmos locais em que foram observados os foiaítos, constituindo zonas em que as rochas apresentam variação na granulação. Assim é que rochas de granulação média, passam gradativamente a rochas de granulação fina a muito fina. A textura é traquitóide e os constituintes minerais são micropertita idiomorfa ou sub-idiomorfa, raros cristais de albita, nefelina abundante, às vezes alterada em

cancrinita. A aegirina-augita é o mineral máfico mais frequente. A hornblenda e biotita estão em menor porcentagem. Alguns cristais de aegirina-augita e hornblenda estão intercrescidos. Os minerais acessórios são a titanita, apatita e magnetita. Algumas amostras evidenciam desenvolvimento de calcita secundária.

QUARTZO-SIENITOS

Generalidades: As rochas delineadas no mapa e classificadas como quartzo-sienitos, afloram numa grande extensão do planalto do Itatiaia, e estão localizadas mais ou menos na parte central do contorno externo da intrusão alcalina. Estão em contacto com os sienitos e com as brechas, ocupando uma área estimada em 21 km², o que corresponde a 9,5% do total da área abrangida pelas rochas alcalinas.

No mapa geológico, empregamos a denominação quartzo-sienito de maneira genérica, para designar rochas alcalinas com quartzo em porcentagens variáveis de 2 a 27,5%, numa graduação crescente das zonas de contacto para a parte central do maciço.

Nos cortes da estrada do Registro para as Agulhas Negras, compreendidos entre os quilômetros 15 e 17, pode-se observar a passagem gradativa de rochas alcalinas com pouco quartzo, para rochas ricas em quartzo que passam a nordmarkito típico, e finalmente a granitos alcalinos.

Os quartzo-sienitos são as rochas que modelam as regiões altas do relevo do planalto do Itatiaia, tais como as Agulhas Negras, Pedra do Altar e Prateleiras. Quando diaclasadas e sulcadas, dão origem às enormes e profundas canceluras das rochas do planalto.

Quartzo-sienitos: ocorrem nas zonas de contacto com as brechas e com os sienitos. São rochas claras, de granulação grossa a média e de textura hipidiomórfica granular. Na composição mineralógica foram identificados micropertita, quartzo intersticial, raros cristais de aegirina-augita, riebeckita e hornblenda azul. Os minerais acessórios são titanita, magnetita e apatita.

Quartzo-sienito glomérulo-porfiróide: esta rocha aflora à altura do km 3 da estrada Registro-Agulhas Negras, na zona de contacto do gnaiss com as rochas alcalinas, e também na região do Brejo da Lapa. Em quase todos os locais em que ocorre, já se encontra em avançado estágio de alteração.

É uma rocha clara, de granulação média, mas com glomérulos cinzentos de feldspato, que se realçam do restante da rocha. Estes glomérulos, que à primeira vista poderiam ser confundidos com fenocristais zonados de feldspato, constituem na realidade, agregados cristalinos formados por cristais geminados de oligoclásio, que se acham envolvidos por ortoclásio e facilmente distinto pelo seu menor índice de refração. Há glomérulos nos quais se pode observar a passagem de oligoclásio a ortoclásio límpido e finalmente a ortoclásio alterado. As dimensões destes glomérulos, variam de 0,5 a 1,5 cm. Além dos glomérulos, a rocha contém ortoclásio sob a forma de cristais sub-idiomorfos, quartzo intersticial ou intercrescido com ortoclásio, formando textura gráfica. Subordinadamente aparecem a hornblenda, magnetita, titanita e apatita. Alguns cristais de hornblenda mostram-se parcialmente cloritizados.

Tanto a textura, quanto a alta porcentagem de quartzo (8,6%), levaram-nos a não classificar esta rocha como nordmarkito (Foto 13).

Nordmarkito porfirítico: aflora a 400 metros do abrigo Rebouças, no corte da estrada que vai desta localidade ao abrigo Massena. Trata-se de uma rocha clara, de textura porfirítica. Algumas ripas de micropertita sobressaem da massa de granulação fina. Quanto à composição mineralógica citamos a micropertita ripiforme ou sob a forma de cristais sub-idiomorfos. Estes às vezes exibem orla límpida, mais sódica, contrastando com a parte central embaciada. Os cristais de quartzo são granulares e intersticiais, raramente intercrescidos com ortoclásio. Subordinadamente, a rocha contém ainda arfvedsonita, biotita, magnetita, titanita e apatita. (Foto 14).

Nordmarkito equigranular: é encontrado em afloramentos nos cortes da estrada para o abrigo Massena, em contacto grada

tivo com o nordmarkito descrito acima. É uma rocha clara, de granulação média e de textura hipidiomórfica granular. Seus constituintes minerais são micropertita sub-idiomorfa ou ripiforme, quartzo, arfvedsonita, aegirina-augita, biotita, magnetita e titanita. Os cristais de quartzo são granulares e intersticiais.

Nordmarkito de granulação grossa: ocorre nos cortes da estrada do Registro para as Agulhas Negras, na zona de contacto com as brechas. É uma rocha cinza rosada, de granulação grossa e de textura hipidiomórfica granular. São frequentes as cavidades miarolíticas milimétricas, preenchidas por cristais de quartzo e de micropertita.

Na composição mineralógica ressalta-se a alta porcentagem de micropertita, que corresponde a 92,5% da rocha. Ocorrem pequenos cristais intersticiais de quartzo. Subordinadamente foram encontrados hornblenda, aegirina-augita, magnetita, titanita, apatita, pirita e clorita (Foto 15).

Nordmarkito granular miarolítico: aflora na região das Agulhas Negras e das Prateleiras. É uma rocha clara, de granulação grossa, de textura hipidiomórfica granular e com abundantes cavidades miarolíticas preenchidas parcialmente por cristais de quartzo e de micropertita. As cavidades miarolíticas, que normalmente são de dimensões milimétricas, às vezes ultrapassam 1 cm. Em algumas destas cavidades maiores, encontramos cristais geminados de quartzo, com mais de 2 cm de diâmetro.

Os constituintes mineralógicos desta rocha são micropertita, às vezes zonada, quando então a orla externa é mais rica em albita que a porção central; quartzo intersticial, aegirina-augita, biotita, arfvedsonita, titanita e magnetita.

Os cristais de arfvedsonita são geralmente zonados, com a parte central de cor parda tendendo ao verde, circundada por arfvedsonita verde azulada. Os cristais de albita e de antipertita são raros.

Granito alcalino: ocorre a 900 metros do abrigo Rebouças na estrada para o abrigo Massena. O nordmarkito, por enriquecimento em quartzo, passa gradativamente a granito alcali-

no.

O granito alcalino do Itatiaia, é uma rocha clara, de granulação média, equigranular e de textura granofírica. Seus componentes mineralógicos são essencialmente micropertita e quartzo. Não contém anfibólio nem piroxênio. A biotita é menos frequente que a magnetita, titanita e siderita. Subordinadamente há também apatita, fluorita e opala.

Os cristais de micropertita estão intensamente inter-crescidos com cristais de quartzo, formando a textura granofírica.

BRECHAS

Considerações gerais: Coutinho, em 1956, foi o primeiro autor a mencionar a bracha do Itatiaia num guia organizado para o X Congresso de Geologia da S.B.G. (não publicado). Segundo o autor citado, "a descrição petrográfica sugere para esta rocha origem eruptiva, provavelmente em conduto vulcânico, próximo à superfície". Penalva⁵⁶, em 1962, quando elaborávamos o mapa geológico do Itatiaia, descreveu as brechas magmáticas da região.

As brechas magmáticas do Itatiaia formam dois corpos distintos, mas com características geológicas e petrográficas semelhantes, entre os quais afloram os quartzo-sienitos.

Ambos os corpos constam na maior parte, de rochas fragmentárias relacionadas à mesma intrusão alcalina que originou o maciço. Ocupam uma área de 10 km² na região do planalto, perfazendo 5% da área total de rochas alcalinas. Formam dois corpos alongados segundo a direção NW-SE, localizados a noroeste das Agulhas Negras, onde as altitudes oscilam de 2.000 a 2.400 metros.

As brechas estão em contacto com os quartzo-sienitos e com tinguaitos porfiróides, que passam gradativamente a brechas típicas, sem que os limites possam ser delineados. Por essa razão, os tinguaitos e as rochas alcalinas afaníticas relacionadas às brechas, e às vezes parcialmente brechadas, foram também incluídas na área das brechas. As rochas alcalinas afaníticas, encontradas nas zonas limítrofes entre brechas e quartzo-sienitos, foram observadas em massas irregularmente distri-

TABELA 3

Composição modal dos quartzo-sienitos e do granito alcalino

MINERAIS	Amostras						
	1	2	3	4	5	6	7
Microperthita	89,5%	94,2%	88,8%	86,7%	87,7%	79,2%	70,5%
Oligoclásio	-	-	-	-	x	-	-
Quartzo	2,4	2,9	5,7	5,8	8,6	19,0	27,5
Aegirina-augita	-	0,5	-	x	-	x	-
Hornblenda	-	0,5	-	-	-	-	-
Riebeckita	-	-	-	3,5	-	1,8	-
Arfvedsonita	-	-	3,4	-	-	-	1,0
Biotita	4,7	x	0,4	0,5	1,1	x	x
Titanita	x	x	x	0,6	1,1	x	x
Magnetita	3,0	1,9	1,7	2,9	1,5	x	1,0
Apatita	0,4	x	x	-	x	-	x
Fluorita	-	-	-	x	-	x	x
Siderita*	-	-	x	-	-	-	x
Pirita*	-	-	-	-	x	-	-
Opala*	-	-	-	-	-	-	x
Clorita*	-	-	-	-	x	-	-
Soma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P.E.	2,54	2,57	2,58	2,50	2,61	2,53	2,59

- 1- Quartzo-sienito porfirítico- km 13 da estrada Registro-Agulhas.
 - 2- Nordmarkito de granulação grossa- Estrada Rebouças-Massena.
 - 3- Nordmarkito porfirítico - Estrada Rebouças-Massena.
 - 4- Nordmarkito miarolítico - Prateleiras e Agulhas Negras.
 - 5- Quartzo-sienito glomérulo-porfiróide - Brejo da Lapa.
 - 6- Nordmarkito equigranular - Estrada Rebouças-Massena.
 - 7- Granito alcalino - Estrada Rebouças-Massena.
- x- Porcentagens inferiores a 0,1.
- *- Minerais secundários.

buidas dentro das zonas das brechas.

As melhores exposições das rochas brechadas pertencem ao corpo que aflora nas proximidades do Brejo da Lapa, e que daqui por diante, aparecem nos cortes da estrada para as Agulhas Negras, especialmente entre os quilômetros 10,2 e 11,5, bem como na estrada dos Carvoeiros, que desce para Serra Negra (Fotos 17 e 18).

As brechas localizadas pouco a noroeste da Pedra do Altar, mostram igualmente a passagem de quartzo-sienitos a brechas, através de rocha fina não brechada, evidenciando-se dêste modo, o mesmo fenômeno já observado no outro setor das brechas.

Descrição macroscópica

Macroscopicamente as brechas podem ser diferenciadas por três características essenciais: natureza dos fragmentos, forma e dimensões dos fragmentos e relação quantitativa matriz-fragmentos.

Natureza dos fragmentos: os fragmentos mais comuns são os de grandes cristais de ortoclásio ou de anortoclásio, e de rochas alcalinas traquitóides ou afaníticas. As cores dos fragmentos são de tonalidades variáveis entre cinza claro, cinza escuro, cinza avermelhado, castanho avermelhado ou castanho. Esta diversificação de cores deve-se em grande parte à alteração a que estas rochas estiveram sujeitas. Não foram observados fragmentos de gnaisses nem de sienitos de granulação grossa.

Forma e dimensões dos fragmentos: quanto à forma e dimensões também há grande variação. Existem fragmentos visíveis somente ao microscópio, como existem aqueles que chegam a um metro de diâmetro. Entre estes limites extremos, há blocos com diâmetros entre 20 e 50 cm, embora predominem os de 1 a 5 cm.

Os fragmentos são na maioria angulosos ou sub-angulosos e aproximadamente equidimensionais. Alguns fragmentos mostram-se arredondados.

Adotando o critério de Fisher²¹, computaremos como fragmentos somente os de dimensões superiores a 2 mm.

Relação porcentual volumétrica matriz-fragmentos: na transição do tinguaito para rocha fina brechada, e finalmente para brecha típica, pode-se observar o aumento gradual do número dos fragmentos. Tanto nos cortes da estrada Registro-Ag^ulhas Negras, como nos afloramentos ao norte de Pedra do Altar, pudemos observar brechas com menos de 10% de fragmentos, que passam a brechas nas quais as porcentagens de fragmentos e matriz se equilibram. Em outras ocorrências, contudo, os fragmentos correspondem a mais de 70% da rocha, como é o caso das brechas que ocorrem nos cortes da estrada dos Carvoeiros para Serra Negra, e da brecha situada pouco ao sul do km 12,1 da estrada da Registr^c -Agulhas Negras.

A coloração das brechas, depende da cor dos fragmentos e da cor da matriz, variando naturalmente com o tipo da relação porcentual matriz-fragmentos. Embora haja grande variação na cor dos fragmentos, predomina a cor cinza esverdeada da matriz, porque esta geralmente excede a 50% da massa total. Na matriz esbranquiçada das brechas submetidas a intenso intemperismo alítico, sobressaem os fragmentos cinzentos ou castanhos de rochas afaníticas ou traquitóides.

Microscopia das brechas

As brechas do Itatiaia podem ser classificadas pelas seguintes características: textura da matriz, sua composição mineralógica e natureza, forma e dimensões dos fragmentos. Embora as brechas sejam heterogêneas quanto a todos estes caracteres distintivos, pode-se observar que a variação mais evidente reside na textura da matriz e na natureza dos fragmentos.

Textura da Matriz: a matriz é invariavelmente constituída por uma massa fina microcristalina. A textura pode ser granular, traquitóide ou ainda fluidal. Às vezes, em uma só lâmina podemos ver setores que exemplificam os três tipos de textura. Em algumas brechas a matriz consiste de massa afanítica, com esferolitos produzidos por devitrificação.

Composição mineralógica da matriz: a matriz das brechas compõe-se de massa afanítica fel^lspática, cuja natureza não foi possível identificar, acrescida de porcentagens variáveis de clorita, pirita, magnetita, calcita, siderita, apatí-

ta, biotita e sericita. Em algumas brechas do contacto com os quartzo-sienitos, a matriz possui pequena porcentagem de quartzo microcristalino.

Fragmentos: tanto macroscópica quanto microscópicamente, foi possível observar que os fragmentos, apesar de heterogêneos na forma, nas dimensões, no arredondamento e na litologia, constituem ainda o melhor fator para se distinguir os diferentes tipos de brechas do Itatiaia, desde que se obedeça ao seguinte critério:

Tipo a - brechas com predominância de fragmentos ou fenocristais de feldspato.

Tipo b - brechas com predominância de fragmentos de rochas.

Tipo c - brechas mistas (fragmentos de feldspato e de rochas, mais ou menos nas mesmas proporções).

Tipo d - brechas com fenocristais de feldspato e com pseudo-leucita.

Tipo e - brecha monolítica (com fragmentos de uma só rocha).

Tipo a: aflora nos cortes da estrada Registro-Agulhas Negras, no trecho compreendido entre os marcos quilométricos 11 e 13. Estas brechas apresentam uma matriz feldspática e afanítica, com textura granular-traquitóide, e às vezes com estrutura fluidal. Esta torna-se mais evidente ao redor dos fenocristais ou fragmentos. Na composição mineralógica da matriz, além de feldspato foram identificados biotita, clorita, sericita, apatita, siderita, calcita, pirita e magnetita. Os fragmentos, bem como os fenocristais não fragmentados, são de ortoclásio e de anortoclásio.

A quantidade de fragmentos não atinge 10%.

Tipo b: os melhores afloramentos deste tipo de brecha, estão na estrada dos Carvoeiros, que desce para Serra Negra, cujo início está à altura do km 12 da estrada Registro-Agulhas Negras. As brechas descritas acima, em que predominam os fragmentos de feldspato, passam gradativamente a este outro tipo, com fragmentos heterogêneos na litologia, na forma e nas dimensões.

A matriz é de textura microgranular ou traquitóide, exibindo às vezes estrutura fluidal. Aqui também a textura fluidal é mais evidente ao redor dos fragmentos. Além da massa fel-

aspática, a matriz contém clorita, calcita, siderita, apatita, biotita, pirita e magnetita. Em algumas lâminas a matriz apresenta zonas de massa vítrea marron, com esferolitos produzidos por devitrificação.

Os fragmentos são de rochas alcalinas traquíticas ou afaníticas, de coloração cinza, castanha e castanha esverdeada. Alguns fragmentos mostram estrutura fluidal.

Alguns afloramentos possuem amostras que evidenciam cloritização intensa dos minerais máficos.

Tipo c: ocorre em toda a área das brechas. As características mineralógicas e texturais da matriz são as mesmas dos tipos descritos acima. A diferença entre este tipo e os anteriores está na relação quantitativa de fragmentos de feldspato e de rochas, que aqui é mais ou menos de 1:1.

Tipo d: aflora à altura do km 3,0 da estrada que sai do Hotel Monte Parnaso para a serra. O tinguaito com pseudoleucita que também aflora neste local, gradativamente passa a este tipo de brecha, que difere de todas as demais, por conter pseudoleucita. É uma brecha cinza escura, com textura microgranular ou traquitóide. Na matriz que é constituída de uma massa muito fina, destacam-se alguns cristais de ortoclásio, anortoclásio, biotita, magnetita e apatita.

Os fragmentos são de ortoclásio, de anortoclásio ou de rochas traquitóides.

Na zona brechada são raros os pseudomorfos centimétricos, comuns no tinguaito com pseudoleucita em contacto com as brechas.

Tipo e: ocorre pouco ao sul do km 12,1 da estrada Registro-Agulhas Negras, na região da Capelinha e em algumas zonas milonitizadas do planalto. São brechas de atrito, de origem diferente das descritas anteriormente, e sem qualquer relação com os dois corpos de brechas delineados no mapa geológico. Estas brechas estão geralmente silicificadas.

Quartzo-microsienito passando a brecha: aflora nas zonas de transição do quartzo-sienito para brechas, em ambos os corpos de brechas. Descrevemos esta rocha neste capítulo em que estamos tratando das brechas, porque, apesar de não apre-

sentar características microscópicas de rocha brechada, no campo pode-se perceber a passagem gradativa do quartzo-sienito para brecha, através desta rocha.

Microscòpicamente, o aspecto que chama a atenção, é a estrutura fluidal e a abundância de pirita. É uma rocha cinza clara, de textura microgranular, com cristais na maioria xenomorfos. Algumas ripas sub-idiomorfas de ortoclásio, que se sobressaem na massa microcristalina, apresentam as bordas irregulares. Além de ortoclásio a rocha contém biotita, siderita, apatita, magnetita, pirita, clorita e quartzo intersticial.

MILONITOS

As zonas milonitizadas são frequentes na região do planalto onde afloram os quartzo-sienitos. Tanto nas imediações das Prateleiras como no caminho para as Agulhas Negras e para Mauá, são comuns as ocorrências de milonitos, já intemperizados, e por isto mesmo, muitas vezes difíceis de serem distinguidos de diques de rochas alcalinas de granulação fina.

O milonito de maior espessura (1,50 m) está exposto a 500m do abrigo Rebouças, na estrada para o abrigo Massena. Tem direção E.W. e mergulha 50° para o norte. Aqui o quartzo sienito de granulação média a grossa, foi transformado numa rocha de granulação muito fina, agora bastante alterada. Na parte central da zona milonitizada, há uma faixa de rocha mais escura, com 0,5m de espessura, que sugere a intrusão de um dique através da rocha fendilhada e triturada.

DIQUES

Os gnaisses e as rochas alcalinas do Itatiaia são cortados por numerosos diques, com espessuras variáveis de poucos centímetros a alguns metros, geralmente com direção N-NE.

As rochas alcalinas são cortadas por diques de tinguaitos, de microsienitos bem como por outras alcalinas, cuja granulação muito fina aliada ao estado de alteração, não permitiu um estudo pormenorizado.

Os gnaisses do embasamento cristalino são atravessados por diques de rochas alcalinas finas, e por diques escuros, provavelmente de natureza diabásica.

HALOS PLEOCRÓICOS

Os halos pleocróicos observados nas biotitas de algumas das rochas alcalinas do Itatiaia poderiam ser interpretados sob dois aspectos. Como antigos halos formados nas rochas pré-cambrianas do teto gnáissico, posteriormente assimilado pelas rochas alcalinas, ou como halos mais recentes, primitivamente originados nas próprias rochas alcalinas.

Na discussão deste problema alguns fundamentos devem ser assentados:

1- de acordo com Henderson³⁵⁻⁶, Henderson e Bateson³⁷, Henderson e Turnbull³⁸, Rankama⁶⁰ e Hayase³³ o escurecimento dos halos pleocróicos é proporcional à ionização causada por partículas alfa, ou seja, proporcional à radioatividade e ao tempo de atuação do núcleo da inclusão.

2- De acordo com Holland e Kulp e Kulp et alii⁴³, desde que admitamos que a mitamictização é causada por bombardeamento radioativo, segue-se que a intensidade da destruição, será afetada pela estabilidade inerente a cada mineral, pelo tempo e pela atividade total das partículas alfa do mineral incluso.

3- Os halos pleocróicos, geralmente observados em rochas do Pré-Cambriano, já foram também encontrados em rochas do Paleozóico, e até mesmo do Terciário.

Assim é que Joly⁴¹ cita halos no granito Mourne do Terciário. Henderson³⁶ encontrou-os em rochas com menos de 400 milhões de anos. Hayase³³ identificou halos em granitos do Cretáceo e do Terciário. Henderson³⁵ menciona seis tipos de halos pleocróicos identificados em rochas de todas as idades geológicas.

4- Nas rochas do embasamento cristalino da região do Itatiaia, não foram identificados halos pleocróicos, apesar da abundância de biotita.

5- Em algumas rochas do contacto, em que provavelmente

te houve fenitização parcial, também não foram observados halos pleocróicos.

6- O aegirina-sienito que aflora à altura do km 12 da estrada do P.N.I. para a TV Tupi, contém halos pleocróicos em cristais xenomorfos de biotita, incluídos em cristais maiores de aegirina. Em alguns destes cristais inclusos de biotita, há evidências de que houve transformação parcial de biotita em aegirina. Por outro lado a interpenetração de cristais de ortoclásio e plagiosclásio, também sugere processos metassomáticos com produção de feldspatos alcalinos.

7- Com exceção do caso citado acima, as biotitas com halos estão em rochas insaturadas, ricas em nefelina e sodalita (sienitos e foiaítos com sadalita e nefelina).

8- As ocorrências das rochas que exibem halos pleocróicos, estão em plena zona de sienitos, na metade da distância entre o contacto com o embasamento e com os quartzo-sienitos, em cotas variáveis entre 1.500 e 2.400 metros.

9- Nas rochas em que provavelmente houve fenitização parcial do gnaiss, o processo não foi suficientemente intenso ao ponto de produzir feldspatóides. Entretanto as biotitas com halos pleocróicos estão somente em rochas nefelínicas, às vezes com sodalita.

10- As rochas quartzo-feldspáticas, quando submetidas a processos metassomáticos alcalinos (fenitização), originam rochas em que a porcentagem de quartzo decresce e os cristais de biotita são total ou parcialmente substituídos por aegirina, à medida que o fenômeno se desenvolve (Eckermann¹⁷, Strauss e Truter⁶⁹, Mathias⁵⁰ e Turner e Verhoogen⁷⁴).

Dois argumentos poderiam ser aventados em oposição a halos pleocróicos do Mesozóico, ou seja, halos formados originalmente nas rochas alcalinas do Itatiaia. O primeiro, seria o de que as rochas alcalinas são recentes demais para que pudessem conter biotitas com halos. O segundo argumento, sem dúvida mais convincente, refere-se ao fato de haver halos em cristais de biotita parcialmente transformada em aegirina, o que indicaria biotitas oriundas de rochas gnáissicas posteriormente assimiladas pelo magma alcalino.

Por outro lado, o fato de não se ter encontrado halos nas rochas gnáissicas do embasamento cristalino, bem como a presença de halos em cristais idiomorfos de biotita nos nefelina-sienitos e foiaítos, torna difícil a explicação, tanto pela assimilação de rochas biotíticas do teto gnáissico, quanto pela formação de fenito reomórfico.

A presença de feldspatóides nas rochas portadoras de halos significa que, se estas tivessem sido originadas por fenitização, o processo deveria ter se dado com intensidade suficiente para transformar a biotita em aegirina. Este fenômeno não pode entretanto ser generalizado para as rochas que contêm halos em cristais idiomorfos de biotita, destituídos de qualquer evidência de substituição por aegirina.

Além das dificuldades mencionadas acima, há os casos já citados de halos pleocróicos encontrados em rochas até do Cenozóico, e ainda a relação entre radioatividade e o escurecimento dos halos.

Se os halos pleocróicos estão em biotitas provenientes de rochas do teto gnáissico do Pré-Cambriano, ou naquelas segregadas no magma alcalino, ou ainda se os halos se formaram tanto em biotitas antigas incorporadas pelas rochas alcalinas, mas também em biotitas geradas pelo magma alcalino, é um problema que somente poderá ser resolvido com determinações geocronológicas. Acreditamos, contudo, na maior probabilidade dos halos terem se formado nas biotitas segregadas pelo magma alcalino.

PETROGÊNESE DAS ROCHAS ALCALINAS DO ITATIAIA

O aspecto genético das rochas alcalinas do Itatiaia, foi abordado por Derby¹² em 1889, que sem entrar nos pormenores dos eventos que teriam dado origem ao maciço, acreditava que o Itatiaia constituía exemplo de região vulcânica.

Freitas²⁶ estabeleceu a relação das intrusões alcalinas com o tectonismo da serra do Mar e serra da Mantigueira, admitindo para o caso do Itatiaia uma origem plutônica-vulcânica.

Guimarães^{30,31} relaciona a gênese das rochas alcalinas

aos derrames basálticos que atingiram o sul do Brasil.

Lamego⁴⁵ foi, sem dúvida, quem mais se deteve no estudo da gênese do maciço alcalino do Itatiaia. Discordando da idéia de Derby quanto ao vulcanismo, adotou a teoria da origem plutônica, por diferenciação agpaítica.

Várias teorias já foram sugeridas com o objetivo de explicar a gênese das rochas alcalinas. Discutiremos algumas daquelas que poderiam ser propostas para o caso das rochas do Itatiaia:

1- Dessilicificação de magma basáltico ou granítico por assimilação de calcário (Daly^{7,8}, Shand^{64,65,66}).

Esta teoria, cuja possibilidade de aplicação tem sido tão discutida, e até mesmo negada (Bowen⁴), não tem apoio algum no maciço do Itatiaia, que está limitado unicamente pelas rochas gnáissicas. Mesmo nas vizinhanças de toda a região estudada, não são conhecidas ocorrências de calcários.

2- Diferenciação magmática relacionada e influenciada por movimentos tectônicos epirogênicos (Harker³²).

O embasamento cristalino no sul do Brasil, foi atravessado por algumas intrusões alcalinas dispostas ao longo de duas direções principais. A primeira, no sentido NE, compreende as ocorrências de Lajes, Itapirapuã, Cananéia, Jacupiranga, Serrote, Ipanema, São Sebastião, Itatiaia, Gericinó, Tinguá, Medanha e Cabo Frio. A segunda direção, no sentido NW e quase normal à primeira, abrange as intrusões de São Sebastião, Poços de Caldas, Araxá, Salitre e Serra Negra. (Ellert¹⁸).

Guimarães³⁰⁻¹, ressalta a importância do ambiente tectônico na gênese das nossas rochas alcalinas. Freitas^{op.cit.}, também o faz, quando associa as intrusões alcalinas ao tectonismo responsável pela formação das serras do Mar e da Mantiqueira. Por outro lado Leinz⁴⁷ já reconheceu a existência de duas linhas de tensão no sul do Brasil. Uma paralela à linha da costa e outra perpendicular à primeira, teriam possibilitado a subida do magma basáltico.

Cremos que independentemente do processo magmático, por desenvolvimento de magma alcalino primário, ou por diferenciação a partir de magma basáltico, à luz dos fatos já citados,

deve ter havido influência do ambiente tectônico na formação das rochas alcalinas do Itatiaia, alinhadas segundo as direções tectônicas.

3- Cristalização fracionada de magma basáltico: os magmas basálticos, responsáveis pela formação de rochas que ocupam amplas áreas distribuídas nos vários continentes, evidenciam que no curso da diferenciação magmática, podem dar frações finais correspondentes a traquitos, sienitos ou nefelinasienitos. A diversificação no grau de insaturação das variedades magmáticas, parece estar ligada ao próprio magma primário.

No Brasil, vários autores concordam na relação entre tectonismo, derrames basálticos e intrusões alcalinas na parte meridional do país.

Freitas²³ menciona a semelhança entre as intrusões alcalinas de São Sebastião e Itatiaia, dadas como comagmáticas e originadas por diferenciação de magma basáltico, pelo processo de cristalização fracionada normal.

Guimarães³⁰ considera que no Brasil as rochas alcalinas originaram-se da atividade do magma basáltico, nas áreas adjacentes às de maiores deslocamentos epirogênicos.

Almeida², estudando a geologia e petrologia do arquipélago de Fernando de Noronha, opina sobre a origem daquela província de rochas alcalinas a partir de magma basáltico alcalino.

A semelhança petrográfica com algumas ocorrências já descritas, a ausência de calcários, as relações tectônicas, bem como o volume da intrusão, constituem argumentos favoráveis à gênese das alcalinas do Itatiaia, por diferenciação magmática a partir de matriz basáltica.

Há complexos alcalinos ígneos, onde os diferentes tipos de sienitos estão associados a quartzo-sienitos e a granitos. Se de um lado há exemplos citados a favor da origem independente para as rochas saturadas e insaturadas, não há negar que existem casos em que a relação gradual dos dois tipos de rochas, sugere uma origem a partir do mesmo magma primário.

Tiley⁷³, ao estabelecer a sequência da diferenciação nos complexos ígneos alcalinos, distinguiu duas classes gerais

de associação:

- A- Complexos com nefelina-sienitos, mas em que a série termina com quartzo-sienito ou com granito.
- B- Complexos que contém granito, mas em que a série termina com nefelina-sienito.

Julgamos que o maciço alcalino do Itatiaia constitui mais um exemplo a ser acrescentado àqueles mencionados por *Tiley op.cit.*, para o caso de complexos alcalinos cuja série termina com quartzo-sienito e com granito.

Nas nossas observações de campo, e posteriormente pelo estudo microscópico das rochas, pudemos verificar que no Itatiaia há uma transição gradacional de termos insaturados ricos em feldspatóides, que passam a rochas saturadas e finalmente a rochas super-saturadas. Esta transição progride das bordas do contacto com o embasamento cristalino, para a parte central do maciço. Assim é, que da periferia para o centro do maciço, afloram nefelina-sienitos, nefelina-sodalita-sienitos, nefelina-foiaitos, sienitos, pulaskitos, quartzo-sienitos, com proporções variáveis de quartzo que passa a granito alcalino.

Os afloramentos em que a heterogeneidade nos tipos de rochas alcalinas insaturadas aparentemente invalidariam a sequência apontada acima, poderiam ser explicados como partes da intrusão, onde os processos de difusão não foram capazes de promover a completa homogeneização do magma.

Nos afloramentos de quartzo-sienitos e nordmarkitos do Planalto do Itatiaia, a passagem gradual com enriquecimento progressivo em quartzo é bem mais evidente que nos sienitos com maior ou menor grau de insaturação. A partir do contacto com as brechas para a parte central da área ocupada por quartzo-sienitos, as porcentagens de quartzo variam de 2% ao máximo de 27,5%.

Nos sistemas sintéticos obtidos em fusões experimentais sob pressão de vapor de água, há uma barreira termal no sistema ternário $\text{SiO}_2 - \text{Na Al SiO}_4 - \text{K Al SiO}_4$ que impede a transição de nefelina-sienito para granito através de sienito ou quartzo-sienito. Entretanto, como expõe o próprio *Tiley op.cit.*, há também a possibilidade de explicar-se esta transição, como

sendo o produto da diferenciação de fusões naturais nas quais a composição é modificada por componentes máficos e por notável conteúdo em voláteis.

Outro problema relativo à gênese das rochas alcalinas do Itatiaia é o da possível assimilação das rochas do teto gnáissico, como meio de elucidar-se o enriquecimento em quartzo na região da cúpula magmática. As rochas híbridas do contacto, os xenólitos de gnaisses nas rochas sieníticas, bem como a existência de aegirina-sienito com cristais xenomorfos de biotita (provavelmente oriundos dos gnaisses pré-cambrianos, parcialmente transformados em aegirina), reforçam a possibilidade de ter havido assimilação do teto, principalmente nas zonas onde o quartzo acha-se presente em altas porcentagens. Por outro lado, de acordo com Emmons¹⁹ e Gates²⁸, a textura granofírica constatada em quartzo-sienitos e granitos, pode ser o produto da cristalização fracionada final, em cúpula de sistema fechado, o que poderia ser aplicado ao maciço do Itatiaia.

Leinz⁴⁶ **advoga** que o nordmarkito de Ipanema parece representar a fase final da segregação magmática.

Streckeisen⁷⁰ infere das observações de campo no complexo nefelínico de Ditro, a possibilidade do quartzo dos granitos alcalinos ter-se originado por dissolução de xenólitos do embasamento.

Tiley⁷², usando o exemplo de Skaergaard, assevera que o fracionamento fésico, somente no último estágio pode produzir um resíduo granofírico, e neste caso, provavelmente depois de haver cessado a ação das correntes convecionais.

Não poderíamos terminar esta exposição sobre a gênese das rochas alcalinas, sem tratar das razões que nos levaram a discordar da teoria agpaítica, aplicada ao maciço alcalino do Itatiaia por Lamago⁴⁵.

São classificadas como rochas agpaíticas, os nefelina-sienitos peralcalinos, com anfibólio sódico e aegirina em vez de biotita, hornblenda ou piroxênios diopsídicos. O termo agpaítico foi introduzido por Ussing, para definir rochas que o correm em Ilimaussaq, geradas por um magma, no qual, durante

o processo da segregação magmática, a separação de sodalita, nefelina e microclina antecedeu à cristalização da maior parte dos minerais máficos (Sørensen⁶⁸). Entretanto, nas rochas alcalinas do Itatiaia, os cristais de feldspatoides acupam os espaços residuais, o que lhes imprime o carácter xenomórfico, ao contrário do que sucederia caso fôsse invertida a ordem de segregação. Não foram também observados feldspatoides inclusos em minerais máficos.

Em 1960 Sørensen^{op.cit.} estabeleceu as seguintes regras para o reconhecimento de rochas agpaíticas:

a- As rochas agpaíticas são de baixo conteúdo em Ca e Mg e não contêm biotita, diopsídio e hornblenda. Entretanto todos estes minerais são frequentemente encontrados nas rochas do Itatiaia.

b- As rochas agpaíticas contêm silicatos complexos de Zr e de Ti, em vez de zirconita e titanita. Também quanto a este item as rochas do Itatiaia evidenciam o contrário. Ainda que a zirconita não seja comum, a titanita o é. Nos sienitos, nos foiaítos, nos pulaskitos, nas brechas e nos quartzo-sienitos, a titanita é o mineral acessório que sempre está presente. Em alguns sienitos a titanita é proeminente o bastante, para ser reconhecida macroscopicamente.

c- São rochas com eudialita, em que os carbonatos são raros.

As rochas do Itatiaia não contêm eudialita, mas em algumas amostras identificamos calcita e siderita deutéricas.

d- São rochas nas quais há um excesso de álcalis em relação a alumina, sendo geralmente válida a relação $\frac{Na+K}{Al} > 1,2$

Esta relação, calculada para as rochas do Itatiaia, com base nas análises químicas fornecidas por Lamago⁴⁵, revelou valores inferiores ou iguais a 1,15. A mesma relação, quando calculada em função dos resultados das análises químicas dadas neste nosso trabalho, também fornece valores iguais ou inferiores a 1,15. A média da relação $\frac{Na+K}{Al}$, calculada pelos dados de oito análises químicas é igual a 1,03. Estes resultados constituem mais um argumento contrário à diferenciação agpaítica para as rochas alcalinas do Itatiaia.

TABELA 4

Análises Químicas
(Porcentagens em peso)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	56,20	57,88	60,38	59,56	59,72	59,30	61,40	69,60	66,00
Al ₂ O ₃	22,12	18,34	18,35	19,10	19,55	18,90	19,00	13,90	16,70
FeO	1,31	2,05	1,54	1,95	1,65	0,70	1,80	0,60	1,50
Fe ₂ O ₃	1,60	2,31	1,15	1,91	1,71	1,70	1,60	1,10	1,10
TiO ₂	0,84	1,08	1,20	0,42	0,92	0,55	1,00	0,42	0,29
MnO	0,15	0,15	0,14	0,12	0,15	0,15	0,19	0,05	0,02
P ₂ O ₅	0,03	0,33	0,14	0,27	0,20	0,28	0,36	0,25	0,17
CaO	1,56	2,26	1,22	1,16	1,94	1,40	1,70	1,00	1,80
MgO	0,80	0,86	1,82	1,07	1,35	0,60	0,90	0,30	0,30
Na ₂ O	7,72	6,36	7,28	6,44	5,34	8,50	5,20	4,50	5,70
K ₂ O	6,46	7,50	6,88	6,84	6,20	6,30	6,50	6,00	5,50
H ₂ O ⁻						0,28	0,20	0,78	0,12
H ₂ O ⁺						1,10	0,80	1,00	0,60
CO ₂						0,20	0,10	0,70	0,10
P.F.	1,28	0,96	0,52	1,22	0,96				
TOTAL	100,07	100,08	100,62	100,06	99,69	99,96	100,75	100,20	99,90

- 1- Nefelina-sienito-Capelinha.
- 2- Quartzo-sienito-Alto do Itatiaia.
- 3- Sodalita-nefelina-sienito-Buttner, Mauá.
- 4- Nordmarkito-Agulhas Negras.
- 5- Nefelina-sienito-Estação Biológica do Itatiaia.
- 6- Sodalina-nefelina-sienito-Estação TV Tupi, P.N.I.
- 7- Brecha magnética- km 11 da estrada Registro-Agulhas.
- 8- Nordmarkito-Estrada Rebouças-Massena.
- 9- Biotita-gnaiss alcalino-Fazenda Dois Irmãos.

Análises de 1 a 4 por Marysia Pontoura Leinz e Vera M. Gomes, segundo Lamego⁴⁵.

Análises de 6 a 9 por Aida Espinola, do laboratório do D.N.P.M.

GÊNESE DAS BRECHAS

A interpretação dos fenômenos que deram origem às brechas magmáticas do Itatiaia envolve problemas muito complexos, sujeitos obviamente a contestações várias. As explicações quanto à gênese destas brechas, ainda pouco estudadas, têm muito de especulação. Por esta razão, diante das dificuldades que impedem uma solução conclusiva, preferimos separar neste capítulo, os fatos verificados dos processos que foram inferidos à luz das nossas observações petrográficas e geológicas.

Baseados nas nossas observações podemos asseverar que:

1- Na região do Itatiaia não há evidências que comprovem a existência de rochas efusivas ou de material piroclástico.

2- As brechas do Itatiaia não possuem fragmentos em matriz de origem vulcânica.

3- Nos fragmentos e na matriz das brechas não foram encontradas vesículas.

4- As brechas estão em contacto com sienitos e quartzosienitos de granulação fina, que passam gradativamente a brechas típicas. Do contacto para a parte central da zona de brechas, a porcentagem de fragmentos é crescente.

5- Os fragmentos são quase na totalidade de natureza petrográfica semelhante à das rochas adjacentes.

6- A matriz microcristalina, que é constituída principalmente por massa feldspática, às vezes contém quartzo microcristalino.

7- Não foram identificados fragmentos de gnaiss.

8- Alguns fragmentos de rochas ou de feldspatos contidos nas brechas, exibem bordas de corrosão magmática.

9- As brechas comumente apresentam textura fluidal, muitas vezes proeminente ao redor dos fragmentos.

10- Na composição mineralógica da matriz das brechas, são frequentes os carbonatos, pirita, fluorita e clorita deutéricos.

11- O tinguaito com pseudo-leucita passa a brecha, sem que o contacto possa ser delineado.

As observações citadas nos itens acima, aliadas a algumas características dos fragmentos das brechas, tais como a ausência de seleção, angulosidade, levaram-nos a optar pela origem plutônica. Aliás brechas magmáticas intrusivas não constituem novidade, porquanto já foram mencionadas na literatura geológica por alguns autores, entre os quais destacamos Durrell¹⁵, Fairbairn e Robson²⁰, Gatos²⁷, Goodspeed²⁹ e Parsons⁵⁵.

Cremos que a fase de formação das brechas está associada a intrusão alcalina, rica em voláteis, e deu-se contemporaneamente a ela.

As brechas mostram alterações hidrotermais e são ricas em pirita e carbonato.

Certamente os gases magmáticos, processos de "stoping", fenômenos de colapso das rochas das paredes, e concentração do conteúdo de água na matriz pastosa, desempenharam importante papel na formação das brechas.

Durrell¹⁵ afirma que durante a cristalização da "lama magmática", que representa somente parte da matéria ígnea, pode haver concentração de água correspondente a duas ou três vezes o conteúdo original.

Admitindo-se que a região do Planalto do Itatiaia, onde afloram os quartzo-sienitos e brechas, representa a zona da cúpula de diferenciação magmática, pode-se assumir que na fase final de diferenciação houve aumento da fração gasosa, com consequente desenvolvimento de pressões, capazes de provocar fendas de escape nas rochas alcalinas adjacentes. O magma, forçando as fraturas inicialmente formadas, ao penetrá-las foi ampliando-as, ao mesmo tempo em que arrancava fragmentos e produzia cavidades nas rochas das paredes, por atrito.

O mecanismo intermitente de enriquecimento e alívio de voláteis, processos de "stoping" fragmentando e assimilando porções das rochas encaixantes, bem como os fenômenos do colapso, conjuntamente associados aos possíveis movimentos de subsidência (Penalva⁵⁷), facilitariam destarte o aumento e incorporação dos fragmentos ao magma ascendente, agora transformado em bre-

cha intrusiva.

As brechas monolitológicas, classificadas neste nosso trabalho como brechas do tipo e, são de origem diversa das brechas magmáticas, ainda que possam ter-se formado contemporaneamente.

São brechas de atrito, localizadas em zonas de fraturas, onde houve maior intensidade de milonitização.

MACIÇO ALCALINO DE PASSA QUATRO

O maciço alcalino de Passa Quatro está situado nos municípios de Itanhandu e de Passa Quatro, no estado de Minas Gerais; nos municípios de Lavrinhas e de Queluz, no estado de São Paulo e no município de Resende, no estado do Rio de Janeiro.

Ab'Saber e Bernardes¹ referem-se ao maciço de Passa Quatro como outra porção foiaítica em bloco igualmente monolítico, porém com altitudes mais modestas que as encontradas no Itatiaia. Este corpo alcalino, que Ruellan* designou por maciço ou serra de Queluz está isolado das rochas sieníticas do Itatiaia pela garganta do Registro. O corredor gnáissico que separa os dois maciços, tem a largura mínima de um quilômetro na região do Registro, de onde se alarga para noroeste e para sudeste.

Ao redor das rochas alcalinas estão as rochas do embasamento cristalino, constituído principalmente de biotita-gnaisses e gnaisses graníticos, com xistosidade predominante entre N 40-70 E, mergulhando para o sul. Os afloramentos de quartzito, com igual atitude, são de pequena extensão. Perto da região em que o rio Verde atravessa sobre rochas alcalinas, ocorrem pegmatitos com muscovita e turmalina.

Na escarpa nordeste do maciço, ao lado da rodovia Rio-Caxambu, há espesso manto de talus com blocos de rochas alcalinas parcial ou totalmente bauxitizados, formando depósitos já em exploração para a obtenção de sulfato de alumínio.

Na escarpa noroeste e sudoeste, nas proximidades de Passa Quatro, há também depósitos de piemonte com abundantes blo-

* Conforme citação de Ab'Saber e Bernardes¹.

cos de rochas alcalinas em processo de bauxitização, que eventualmente poderão constituir reservas exploráveis.

Na escarpa sudeste, onde o rio do Salto tem parte das suas nascentes, podem-se observar numerosos trechos em que os ri os correm sôbre enormes blocos de sienitos provenientes do maci de Passa Quatro, diretamente assentados no embasamento gnáissi co no estado fresco.

MAPA

As fotografias aéreas que dispúnhamos, atingiam sômente uma pequena parte da área do maciço de Passa Quatro. Por esta razão, recorremos aos mapas municipais atualizados, executados pelo I.B.G.E. e gentilmente cedidos pelas prefeituras de Passa Quatro, Itanhandu, Resende e pelo próprio I.B.G.E. de São Paulo. Estes mapas, após redução da escala a 1:100.000, foram unidos a fim de que tivéssemos o mapa regional.

A linha de contacto das rochas alcalinas com o embasamento cristalino, foi acompanhada no campo na parte nordeste e noroeste, onde os bons afloramentos são de mais fácil acesso. Na parte restante o contacto é inferido através das observações de campo. O indispensável auxílio da foto-interpretção não foi utilizado por falta de fotografias aéreas.

ROCHAS ALCALINAS

As rochas alcalinas do maciço de Passa Quatro, semelhantes às do Itatiaia, ocupam uma área estimada em 110 km². É possível que aqui ocorram todos os tipos de rochas já descritos na região do Itatiaia. Entretanto, como o nosso objetivo se prendia mais às investigações geológicas do Itatiaia, limitamo-nos a coletar algumas poucas amostras para a análise petrográfica.

Foram encontrados sienitos, nefelina-sienitos, foiaítos, nefelina-microsienitos, nefelina-sienitos porfiróide e tinguaítos porfiróide. O fato de não havermos localizado brechas e quartzos-sienitos, não nos autoriza a eliminar a possibilidade de que estas rochas possam aflorar na porção central do maciço al-

calino, ainda não estudada.

O contórno externo da intrusão alcalina é de forma aproximadamente alíptica, cujo eixo maior, com 17 km, está na direção NE-SW, concordante com a xistosidade regional. O menor eixo, com 8 km, está na direção NW-SE.

A continuidade geomorfológica, as semelhanças petrográficas, bem como a contiguidade, fazem crer que as intrusões alcalinas do Itatiaia e de Passa Quatro foram contemporâneas. É possível que o gnaiss localizado entre os dois maciços, constitua uma cunha de separação do tipo "roof pendants" (Daly⁸). Fig. 1.

Da comparação macroscópica das rochas dos dois maciços, pudemos verificar algumas diferenças entre tipos petrográficos correspondentes, quais sejam.

1- Os nefelina-sienitos do Itatiaia são claros, possuem geralmente cristais de titanita visíveis a olho nu, e os cristais de nefelina são de coloração que tendem para uma tonalidade rosa, enquanto no maciço de Passa Quatro a rocha análoga é cinza, com cristais de nefelina também de cor cinza, e a titanita não é mineral proeminente.

2- Os tinguaítos do Itatiaia são de matriz cinza, enquanto os de Passa Quatro apresentam matriz castanha.

3- No maciço de Passa Quatro não foram encontrados tinguaítos com pseudo-leucita, que ocorre somente em um dos afloramentos do Itatiaia.

Nefelina-sienito glomerular: além dos tipos de nefelina-sienitos comparáveis aos do maciço do Itatiaia, amostramos e estudamos ao microscópio um exemplar diferente de todos quantos havíamos observado. Aflora à altura do km 5 da estrada nova, que está sendo construída a partir do km 33 da rodovia Rio-Caxambu rumo ao Alto das Posses.

Trata-se de uma rocha de coloração cinza, de granulação média e de textura inequigranular. O seu aspecto macroscópico assemelha-se ao granito alcalino do planalto do Itatiaia, com o qual pode ser confundido à primeira vista. Ao microscópio, entre

Fig. 1 - Bloco diagrama topográfico mostrando as relações dos maciços de rochas alcalinas do Itatiaia e Passa-Quatro. A separação entre os dois maciços por uma faixa de rochas gnáissicas, corresponderia a um teto pendente (roof penda

tanto, o que a olho nu se assemelha a quartzo, ou a cristais individualizados de nefelina, evidencia-se como agregados granulares de nefelina e ortoclásio. Estes agregados de dimensões milimétricas, ao microscópio, são de aspecto límpido, e por isto mesmo facilmente reconhecíveis, quando contrastados com a aparência embaçada dos cristais de microperthita.

Além de nefelina, esta rocha se compõe de microperthita sob a forma de cristais idiomorfos e ripiformes, ou em grãos sub-idiomorfos, de ripas aciculares de biotita e de magnetita. (Foto 20).

CONCLUSÕES

- 1º - Os maciços de rochas alcalinas do Itatiaia e de Passa Quatro formam dois corpos isolados, respectivamente com 221km² e 110km².
- 2º - A continuidade geomorfológica, as semelhanças petrográficas, bem como a contiguidade, mostram a provável contemporaneidade e consaguinidade das intrusões alcalinas do Itatiaia e de Passa Quatro.
- 3º - O complexo alcalino do Itatiaia é formado de sienitos, foiaítos, pulaskitos, quartzo-sienitos, granito alcalino, brechas e tinguaito com pseudo-leucita. A existência destes diferentes tipos petrográficos é mais uma consequência da distribuição dos minerais em proporções variáveis e de modificações texturais, do que de diferenças na composição mineralógica.
- 4º - No Itatiaia o complexo de rochas sieníticas constitui uma série em que na fase final da intrusão, houve formação de quartzo-sienitos e de granito alcalino. Os quartzo-sienitos e o granito alcalino representam os últimos termos da transição gradual que progrediu das bordas do contacto com rochas gnáissicas para a parte central do maciço, provocando a passagem de rochas insaturadas à saturadas.
- 5º - A textura granofírica, bem como a falta de orientação dos minerais que compoem o granito alcalino do planalto do Itatiaia, são argumentos favoráveis à origem por diferenciação magnética final em cúpula de sistema fechado.

- 6º - As brechas que ocupam uma área do planalto do Itatiaia estimada em 10 km², são de origem magmática.
- 7º - Quanto à gênese das rochas alcalinas, aceitamos o processo de cristalização fracionada de magma basáltico relacionado a fenômenos tectônicos.
- 8º - As relações entre as porcentagens de Na, K e Al, bem como a composição mineralógica das rochas alcalinas do Itatiaia, tornam difícil a aplicação da teoria agpaítica, como meio de explicar a gênese do processo magmático.
- 9º - O estabelecimento seguro da idade da intrusão das rochas alcalinas dos maciços Itatiaia-Passa Quatro se constitui em difícil problema, devido a ausência de sedimentos associados aos fenômenos plutônicos. Comparando-se com intrusões congêneres do Brasil meridional e levando-se em conta a relação entre a intrusão de rochas alcalinas e o tectonismo que afetou a serra do Mar e da Mantiqueira, poder-se-ia admitir idade Jurássica ou Cretácea. Em futuro próximo esperamos ter os resultados da determinação geocronológica com o que a questão será resolvida.
- 10º - Os cristais de biotita com halos pleocróicos formados por inclusões de zirconita e de apatita devem ter-se originado a partir do mesmo magma que gerou as rochas do complexo alcalino.

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados de estudo geológico-petrográfico da província alcalina Itatiaia-Passa Quatro, localizada na serra da Mantiqueira, nos limites dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Esta região já foi mencionada como exemplo de uma das maiores ocorrências de rochas sieníticas, com área de aproximadamente 1.300 km^2 , conforme estimativa de Lamago⁴⁵. De acordo com os dados do mapa geológico elaborado durante as nossas pesquisas a área de rochas alcalinas é estimada em 330 km^2 , correspondendo a menos da metade da extensão do maciço alcalino de Poços de Caldas, Minas Gerais. Do total desta área, o maciço do Itatiaia compreende 220 km^2 e o de Passa-Quatro 110 km^2 .

Ambos os corpos de rochas alcalinas são de contorno elíptico, sendo que o do Itatiaia tem seu maior eixo, com 31 km , na direção NW-SE e o menor, com 12 km , na direção NE-SW. O maciço de Passa Quatro possui o maior eixo na direção NE-SW e o menor na direção NW-SE, respectivamente com 17 e com 8 km de extensão.

O complexo alcalino do Itatiaia é formado de sienitos, foiaitos, pulaskitos, quartzo-sienitos e brechas. A existência dos diferentes tipos petrográficos é mais uma consequência da distribuição dos minerais em proporções variáveis, bem como de modificações na textura, do que das diferenças mineralógicas.

Principalmente na área do planalto, onde afloram os quartzo-sienitos, há uma transição gradual de rochas saturadas a supersaturadas. Assim é que os teores de quartzo aumentam gradativamente de 2% nos quartzo sienitos em contacto com as brechas, a mais de 5% nos nordmarkitos, e atingem o máximo de $27,5\%$ no granito alcalino que aflora na parte central do maciço.

Os quartzo-sienitos que afloram mais ou menos na região central do maciço alcalino, devem representar a fase final da diferenciação magmática.

A textura granofírica, frequente nos quartzo-sienitos e no granito alcalino do Itatiaia, sugerem cristalização

CAPH-90

final em cúpula de sistema fechado.

O contacto das rochas sieníticas, na maior parte da área, é com gnáisses pré-cambrianos, com orientação predominante N-NE, mergulhando para o sul. A sudeste, o maciço do Itatiaia está em contacto pouco nítido com sedimentos clásticos pertencentes à bacia terciária (?) de Resende e com talus mais recentes que possivelmente recobrem rochas do embasamento cristalino.

As brechas magmáticas do Itatiaia mostram variações quanto à natureza, forma e dimensões dos fragmentos, quanto à relação quantitativa matriz-fragmentos e consequentemente quanto à cor. Além das brechas magmáticas, em algumas zonas ocorrem brechas monolitológicas de origem tectônica.

Para a gênese das rochas alcalinas é admitida uma provável diferenciação a partir do magma basáltico, responsável pela grande atividade vulcânica do Mesozóico, que se estendeu sôbre enorme área ao sul do continente. Por outro lado, é também ressaltada a importância do ambiente tectônico nestes eventos.

Os halos pleocróicos evidenciados em cristais de biotita de alguns dos sienitos e foiaitos do Itatiaia, possivelmente se originaram em biotita primariamente ligadas ao magma alcalino.

Na província alcalina Itatiaia-Passa Quatro há ocorrência de bauxito, algumas das quais já em exploração como fonte de matéria prima para a produção de sulfato de alumínio.

AGRADECIMENTOS

Consignamos os nosso melhores agradecimentos ao Professor Dr. Viktor Leinz, que além de nos ter encaminhado na carreira universitária, estimulou, orientou e criticou este nosso trabalho. Sua execução foi facilitada pela eficiente colaboração dos administradores do Parque Nacional do Itatiaia, Agrônomos Antônio Garcia e Raimundo Girard Barros da Silva. Entre os vários funcionários do Parque Nacional que nos auxiliaram destacamos os Srs. Hélio Gouveia e Fernando Ribeiro. Do P.N.I., sempre que necessário conseguimos abrigo, casas, oficina para pequenos reparos dos veículos, guias e operários para nos acompanhar nos trabalhos de campo.

Ao Dr. José Moacyr V. Coutinho, agradecemos a boa vontade com que se dispôs a contribuir para resolver alguns problemas petrográficos.

Somos gratos ao colega Faustino Penalva, nosso companheiro durante os trabalhos de geologia de campo e coautor do mapa geológico.

A Sra. Melany Thereza Isauk, agradecemos a eficiência na confecção de todas as lâminas petrográficas e seções polidas usadas na realização das nossas pesquisas.

Agradecemos ao Prof. Mauro Ricci por nos ter auxiliado na parte de fotogrametria.

Ao colega Sérgio E. do Amaral somos agradecidos pela ajuda que nos prestou na revisão do texto.

A Sra. Cecilia Pereira Guimarães agradecemos o trabalho de dactilografia e ao Sr. José Roberto Andrade somos gratos pela execução dos desenhos que ilustram o presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Ab'Saber, A.N. e Bernardes, N. (1956) - Vale do Paraíba, serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. Eng.Min. e Met., 24 (143): 284-292.
- 2- Almeida, Fernando F.M. (1955) - Geologia e petrologia do arquipélago de Fernando Noronha. D.N.P.M., Div. de Geol. e Miner., Monografia 13. 181 p.
- 3- Backlund, H.G. (1933) - On the mode of intrusion of deep-seated alkaline bodies. Bull. Geol. Inst. Upsala, 24: 1-24.
- 4- Bowen, Norman L. (1945) - Phase equilibria bearing on the origin and differentiation of alkaline rocks. Am. J. Sci., 243-A: 75-89.
- 5- Chayes, F. (1949) - A simple point counter for thin-section analysis. Am. Miner., 34 (1 e 2): 1-11.
- 6- Chayes, F. and Fairbairn, H.W. (1951) - A test of precision of thin-section analysis by point counter. Am. Miner., 36 (9 e 10): 704-712.
- 7- Daly, R.A. (1918) - Genesis of the alkaline rocks. Jour.Geol. Soc., 26 (2): 97-134.
- 8- _____ (1933) - Igneous rocks and the depths of the earth. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. 598 p.
- 9- De Martonne, E. (1943) - Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. Rev. Bras. de Geogr., 5 (4): 523-550.
- 10- _____ (1944) - Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. Rev. Bras. de Geogr., 6 (2): 155-178.
- 11- Derby, O. A. (1887) - On nepheline rocks in Brazil, with special reference to the association of phonolite and foyaite. Quart. Jour. Geol. Soc., 43: 457 - 473.
- 12- _____ (1889) - Os picos altos do Brasil. Bol.Soc.Geogr. Rio de Janeiro, 5: 13-35.
- 13- Domingues, A.J.P. (1952) - Maciço do Itatiaia. Rev.Bras. de Geogr., 14 (4): 463-471.

- 14- Dunsen, P. (1905) - Sur la flore de la serra de Itatiaia. Arq. do Mus. Nac., 13: 5-6.
- 15- Durrell, C. (1944) - Andesitic breccia dikes near Blairsden, California. Bull. Geol. Soc. Amer., 55 (3): 255-272.
- 16- Ebert, Heinz (1960) - Novas observações sobre a glaciação pleistocênica na serra do Itatiaia. Anais da Acad. Bras. Ciên., 32 (1): 51-73.
- 17- Eckermann, H. von (1948) - The alkaline district of Alnö Island. Sver. Geol. Undersökning, Ser. Ca (36), Stockholm. 176 p.
- 18- Ellert, R. (1959) - Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras da U.S.P., 237 (Geologia 18). 63 p.
- 19- Emmons, R.C. (1953) - Petrogeny of the syenites and nepheline syenites of central Wisconsin. Mem. Geol. Soc. Amer., 52: 71-87.
- 20- Fairbairn, H.W. and Robson, G.M. (1942) - Breccia at Sudbury, Ontario Jour. Geol. Soc., 50 : 1-33.
- 21- Fisher, R.V. (1958) - Definition of volcanic breccia. Geol. Soc. Amer., 69 (8): 1071-1073.
- 22- Freitas, R.O. de (1944) - Jazimento das rochas alcalinas no Brasil meridional. Eng. Min. e Met., 8 (43): 45-48.
- 23- _____ (1947) - Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião. Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras da U.S.P., 85 (Geologia 3). 244 p.
- 24- _____ (1951) - Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. Bol. Fac. Fil., Ciênc. e Letras da U.S.P. 130 (Geologia 6). 120 p.
- 25- _____ (1955) - Considerações sobre a tectônica e a geologia do vale do Paraíba. Eng. Min. e Met., 24 (143): 276-283.
- 26- _____ (1958) - Geologia da barragem do funil. Esc. Eng. São Carlos, U.S.P., Geologia n.7, (Publ. n.21). 13 p.
- 27- Gates, Olcott (1959) - Breccia pipes in the Shoshone Range, Nevada. Econ. Geol. 54 (5): 790-815.
- 28- Gates, R.M. (1942) - Baxter Hollow granite cupola. Am. Miner., 27 (10): 699-711.

- 29- Goodspeed, G.E. (1953) - Rheomorphic breccias. Amer. J. Sci., 251 (6): 453-469.
- 30- Guimarães, D. (1947) - Origem das rochas alcalinas. Bol.Inst. Tec. Ind., 5 . Belo Horizonte. 102 p.
- 31- _____ (1960) - Fundamentos da petrologia e as rochas ígneas do Brasil. D.N.P.M., Div. Fom. Prod. Min., Bol. 107. 410 p.
- 32- Harker, A. (1917) - Pres. Address, Quart.Journ.Geol.Soc., 73: 67-96.
- 33- Hayase, I. (1954) - Relative geologic measurements on granites by pleochroic haloes and the radioactivity of the minerals in their nuclei. Am. Miner., 39 (9 e 10): 761-772.
- 34- Heinrich, E.Wm. (1956) - Microscopic petrography. MacGraw-Hill Book Company, Inc. New York 296 p.
- 35- Henderson, G.H. (1937) - Some new types of pleochroic haloes. Nature, 140, July 31, p.191.
- 36- _____ (1939) - A new method of determining the age of certain minerals. Proc. Roy Soc. London, A-145:591-598.
- 37- Henderson, G.H. and Bateson, S. (1939) - A quatitative study of pleochroic haloes, Part I, Proc.Roy.Soc. London, A-145: 563-581.
- 38- Henderson, G.H. and Turnbull, L.G. (1939). - A quantitative study of pleochroic haloes, Part II, Proc.Roy.Soc. London, A-145: 582-591.
- 39- Holland, H.D. and Kulp, J.L. (1950) - Geologic age from metamict minerals. Science, 111, March 24, p. 312.
- 40- Johannsen, A. (1939) - A descriptive petrography of the igneous rocks, 2^a. ed., 1-3. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois. 318 e 360 p.
- 41- Joly, J. (1923) - Pheochroic haloes of various geological ages. Proc.Roy.Soc. London, A-102: 682-705.
- 42- King, L.C. (1956) - Geomorfologia do Brasil oriental. Rev. Bras. Geogr., 18: 147-256.
- 43- Kulp, J.L. et alii (1952) - Age from metamict minerals. Am. Miner., 37 (9 e 10): 709-718.

- 44- Laffite, P. (1957) - Introduction a l'étude des roches métamorphiques et des gites métallifères. Masson & Cia., Paris. 343 p.
- 45- Lamego, A.R. (1936) - O massiço do Itatiaia e regiões circundantes. S.G.M., Bol. 88. 93 p.
- 46- Leinz, V. (1940) - Petrologia das jazidas de apatita de Ipanema (Est. de S.Paulo), D.N.P.M., Div.Pom.Prod.Min., Bol. 40. 52 p.
- 47- _____ (1949) - Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. Bol. Fac.Fil., Ciên. e Letras da U.S.P., 103 (Geologia 5). 61 p.
- 48- Maack, R. (1957) - Über Bereisungsperioden Und Vereisungsspu ren in Brasilien. Geol. Runds., 42 (3): 547-595.
- 49- Martin, H., Mathias, M. e Simpson, E.S.W. (1960) - The Damara land sub-volcanic ring complexes in south west Africa. XXI Intern.Geol.Congress, part XIII. Copenha gen. 156-174.
- 50- Mathias, M. (1956) -The petrology of the Messum Igneous Com plex, south west Africa. Trans.Proc.Geol.Soc. S. Afr., 59: 23-57.
- 51- Mau, H. e Coutinho, J.H.V. (1959) - Um veio carbonático com terras raras e tório no Maciço do Itatiaia, R.J. Bol. S.B.G., 8 (1): 51-62.
- 52- Milner, H.B. (1952) - Sedimentary petrography. Thomas Murby & Co., London. 666 p.
- 53- Odman, O.H. (1955) - On the presumed glaciation in the Ita tiaia mountain, Brazil. Eng.Min. e Met., 21 (123): 107-108.
- 54- Oliveira, E. (1925) - Épocas metalogenéticas do Brasil.Serv. Geol. e Miner. do Brasil, Bol. 13: 121-127.
- 55- Parsons, W.H. (1960) - Origin of tertiary breccias, Wyoming. XII Int.Geol.Congress, part XIII. Copenhagen. 139-146.
- 56- Penalva, F. (1962) - Brecha magmática do Itatiaia. Bol. S.B. G., 11 (1): 117-124.
- 57- _____ (1963) - Geologia da Região do Itatiaia (Sudeste do Brasil): Morfologia e Tectônica. Tese de Dou toramento apresentada à Fac.Fil., Ciên.Letr. da U. S.P.

- 58- Pierson, C.T., Haynes, D.D. and Ribeiro Filho, E. (1957)-Reconnaissance for radioactive minerals in the southern part of Brazil. U.S. Depart. of Interior, TEM-1098, Washington, D.C. 19 p.
- 59- Pinto, M.S. (1938) - Descoberta de ocorrência de bauxita no Itatiaia. Min. e Met., 8 (15): 183-184.
- 60- Rankama, K. (1954) - Isotopic geology. Pergamon Press Ltda., London. 535 p.
- 61- Rich, L. J. (1953) - Problems in brazilian geology and geomorphology suggested by reconnaissance in summer of 1951. Bol. Fac.Fil.Cien. e Letras da U.S.P.,146 (Geologia 9). 53 p.
- 62- Ruellan, F. (1943) - Comunicação sobre a excursão a Campo Belo e Itatiaia. Bol. C.N.G., 1 (7): 76-79.
- 63- _____ (1953) - O papel das enxurradas no modelado do relevo brasileiro. Bol. Paulista de Geogr.,(13): 5-18.
- 64- Shand, S.J. (1922) - The problem of the alkaline rocks. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 25: 19-32.
- 65- _____ (1943) - Eruptive rocks, 2^a ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 444 p.
- 66- _____ (1945) - The present status of Daly's hypothesis of alkaline rocks. Am. J. Sci., 243-A: 495-507.
- 67- Silveira, J.D. da (1942) - Itatiaia. Anais do IX Congresso Brasileiro de Geografia, 2: 607-619. Rio de Janeiro.
- 68- Sorensen, H. (1960) - On the agpaitic rocks. XXI Int. Geol. Congress, part XIII, Copenhagen. 319-327.
- 69- Strauss, C.A. and Truter, F.C. (1950) - The alkali complex at Spitskop, Sekukuniland, eastern Transvaal. Trans. Proc. Geol. Soc. S. Afr., 53: 81-125.
- 70- Streckeisen, A. (1960) - On the structure and origin of the nepheline-syenite complex of Ditra (Transylvania, Roumania). XXI Int. Geol. Congress, part XIII, Copenhagen. 228-238.
- 71- Teixeira, D. (1961) - Relevo e padrões de drenagem na chaminé vulcânica do Itatiaia. Bol. Paulista de Geogr., (37): 3-12.

- 72- Tiley, C.E. (1950) - Some aspects of magmatic evolution.
Quart. Journ. Geol. Soc., 106 (421): 37-61.
- 73- _____ (1958) - Problems of alkali rock genesis. Quart.
Jour.Geol.Soc., 113 (451): 323-360.
- 74- Turner, F.J. and Verhoogen, J. (1960) - Igneous and metamorphic petrology, 2^a. ed. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. 694 p.
- 75- Wahlstrom, Ernest E. (1950) - Introduction to theoretical petrology. John Wiley & Sons, Inc., New York. 366 p.
- 76- _____ (1955) - Petrographic mineralogy. John Wiley & Sons, Inc. New York. 408 p.
- 77- Williams, H., Turner, F.J. and Gilbert, C.M. (1955) - Petrography: an introduction to the study of rocks in thin sections. W.H. Freeman and Company, San Francisco. 406 p.

FOTOMICROGRAFIAS

FOTOMACROGRAFIAS

ITATIAIA - PASSA QUATRO

MAPA COM OS AFLORAMENTOS DESCRITOS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
DA F.F.C.L.
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

por
Evaristo Ribeiro Filho
1963

- 1963 -

MAPA GEOLÓGICO por
EVARISTO RIBEIRO FILHO e FAUSTINO PENALVA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA da F.F.C.L.
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MAPA GEOLÓGICO DO MACIÇO ALCALINO DO ITATIAIA

Departamento de Geologia e Paleontologia
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras
Universidade de São Paulo

1963

Por
Evaristo Ribeiro Filho
Faustino Penalva