

ROCHAS ALCALINAS E CARBONATITO DE ANITÁPOLIS, ESTADO DE SANTA CATARINA

Por

GERALDO C. MELCHER

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

JOSÉ MOACYR VIANNA COUTINHO

Departamento de Mineralogia e Petrologia, Faculdade
de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade São Paulo.

RESUMO

As rochas alcalinas de Anitápolis, Estado de Santa Catarina, localizaram-se em grande zona de falhamentos em granitos regionais, nos quais a intrusão produziu um sistema de fraturas radiais e concêntricas. Na zona de contato com as alcalinas, os granitos sofreram ligeira fenitização, ocorrendo hidratação dos feldspatos, sua recristalização parcial e formação de piroxênios e anfibólios sódicos em fraturas de todos os minerais. A maior parte das rochas alcalinas são fenitos e sienitos, rochas híbridas de origem metassomática, constituídas por relictos graníticos em uma matriz de feldspatos e egrina-augita neo-formados. Raramente formaram-se nefelina-sienitos. A primeira fase da fenitização teve caráter sódico, porém seguiu-se metassomatose intensa em que os principais elementos aduzidos foram cálcio, magnésio e ferro. A parte central da área alcalina é constituída por ijolitos, melteigitos e biotita-piroxenitos de origem magmática. Pequeno corpo de carbonatito encontra-se encaixado nos piroxenitos e provavelmente constitui resíduo final da cristalização das rochas básicas. Não houve condições para a formação de concentração de apatita por segregação magmática ou enriquecimento residual.

ABSTRACT

The alkaline rocks of Anitápolis, state of Santa Catarina, are located in a large fault zone that cuts granites. The alkaline intrusion produced a system of radial and concentric fractures in the surrounding

granites. Along the outer contact of the intrusion, the granites were slightly fenitized. Feldspars were hydrated and partly recrystallized, sodic amphiboles and pyroxenes being formed along small fractures in all minerals. The major part of the alkaline rocks are fenites and syenites, which are hybrid rocks made up of granitic relics in a matrix of later formed feldspars and aegirine-augite. Nepheline-syenites are rare. The first stage of the fenitization process had a sodic character, but later metasomatism increased mainly the calcium and iron content of the rocks. The central part of the alkaline rocks area is made up of ijolites, melteigites and biotite-pyroxenites of magmatic origin. A small carbonatite body is enclosed in the pyroxenites and probably represents the last residue of crystallization of the basic rocks. No apatite concentration was formed under the prevailing conditions, either by magmatic segregation or by residual enrichment.

INTRODUÇÃO

A intrusão de rochas subsaturadas de Anitápolis situa-se na Colônia Alto Pinheiros, 10 km a nordeste da sede do município de Anitápolis e a 115 km de Florianópolis, por estrada de rodagem. As coordenadas da localidade são: 49°05' Long W e 27°50' Lat. S.

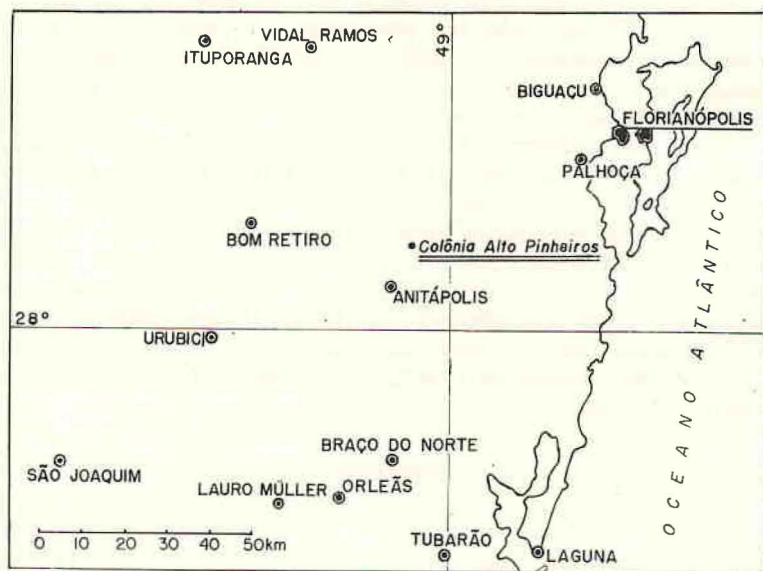


Fig. 1 — Mapa de localização da ocorrência alcalina de Anitápolis.

Moraes Rego e Guimarães (1926) estudaram pela primeira vez a ocorrência de magnetita e as rochas alcalinas do vale do rio Pinheiros. Esses autores descreveram nefelina-sienitos, diques de nefelinito, larvikitos, ijolitos e piroxenitos. As rochas alcalinas cortam granitos que estendem-se por vários quilômetros em tórno da intrusão subsaturada. Também foi observada a ocorrência de calcário rico em magnetita e apatita, que aflora no leito do rio Pinheiros, admitindo aquêles autores constituir êle resto do teto metasedimentar da intrusão granítica. A constituição peculiar dêsse calcário seria o resultado de ação de contato, devida às rochas alcalinas vizinhas. Leonardos (1954) sugeriu a possibilidade de ocorrência de carbonatitos em Anitápolis.

Nos últimos anos, as ocorrências de rochas alcalinas associadas a carbonatitos vêm merecendo a atenção especial de muitos geólogos, seja pelo interêsse de seus problemas genéticos, seja pela importância econômica de concentrações minerais freqüentemente a elas associadas.

O exame mais detalhado da intrusão de Anitápolis pareceu justificado aos presentes autores, objetivando-se contribuir para o melhor conhecimento de um complexo alcalino brasileiro ainda pouco conhecido, e tendo em vista o interêsse de sua comparação com ocorrências congêneres e apreciação de seu possível potencial econômico.

As rochas alcalinas ocupam uma área de aproximadamente 5 km², de ambos os lados do rio Pinheiros, próximo às suas nascentes. As elevações graníticas circundantes, apresentam relêvo muito acentuado, com estreitos vales retilíneos em V, nivelando-se os picos a cêrca de 1 200 m de altitude. No trecho ocupado pelas alcalinas, o vale do rio Pinheiros forma uma depressão elíptica, de relêvo mais suave, com cota mínima de 700 m. Parcialmente recobertas por rochas aluviais recentes, as rochas piroxeníticas situam-se na parte mais baixa e quase plana do vale. De sua menor resistência ao intemperismo e à erosão, resultou a drenagem centrípeta em cujo centro está a intrusão básica.

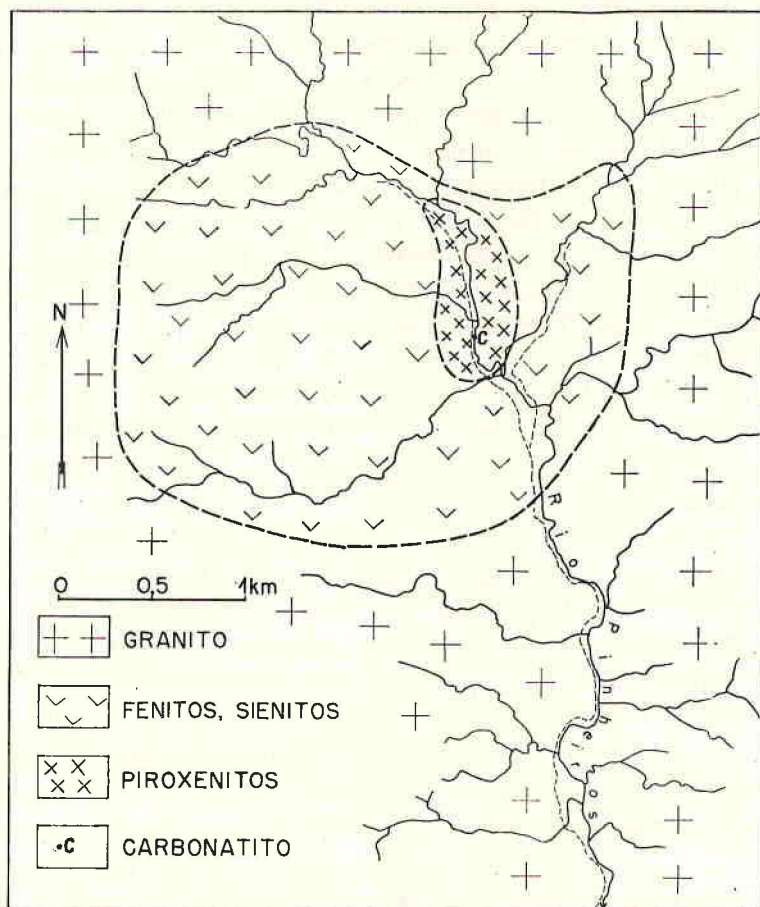


Fig. 2 — Mapa geológico da intrusão alcalina de Anitápolis.

GRANITOS

A intrusão alcalina localizou-se na parte central de um maciço granítico que ocupa área superior a 1 000 km². A este e noroeste da Colônia Alto Pinheiros está capeado por sedimentos paleozóicos a cerca de 6 km da intrusão. Para norte e sul o exame das fotografias aéreas permite inferir a continuidade do batólito por mais de 25 km em cada direção, enquanto a leste a extensão provável ultrapassa 15 km.

Com exceção da zona de contato, afetada pelo magmatismo alcalino, os granitos mostram aspecto notavelmente homogêneo e uniforme. Não exibem nenhuma orientação preferencial e não contêm inclusões ou diferenciações, observando-se apenas algumas variações locais de granulação.

São rochas cinza claras, de granulação média a grossa, em que muitos feldspatos atingem dimensões de 1 cm. A textura é hipidiomórfica granular, sendo a composição mineralógica média, obtida pela análise modal de 8 amostras, a seguinte:

Ortoclásio	39%
Plagioclásio	24%
Quartzo	31%
Biotita (clorita)	3%
Apatita	pr
Magnetita	pr
Zircão	pr
Allanita	pr
Epídoto	pr

Minerais característicos de alteração são sericita e clorita. O feldspato potássico apresenta-se com tendência idiomórfica e freqüentemente possui geminação Carlsbad. São comuns pequenas inclusões de plagioclásio e de quartzo. Muitos indivíduos exibem uma incipiente geminação de microclínio, porém com lamelas ainda não desenvolvidas nitidamente. Uma peculiaridade do feldspato potássico é ainda a freqüência de zoneamento primário, possuindo os núcleos estrutura de microclínio, com características ópticas triclinicas, enquanto as bordas possuem extinção mais aproximada da do ortoclásio.

O plagioclásio ocorre geralmente em cristais menores, também subidiomórficos. São comuns geminações tipo Albita e Albita-Carlsbad. Observa-se nítido zoneamento, com núcleos de An_{30} passando a An_{10-15} nas bordas.

O quartzo é intersticial em algumas amostras, porém quando muito abundante ocorre também em indivíduos idiomórficos com hábito bipiramidal.

A biotita parda constitui o único mineral máfico accidental, sendo freqüente sua cloritização parcial ou total. Os acessórios normais são zircão e apatita, enquanto allanita e magnetita são muito raras.

ESTRUTURA DOS GRANITOS

A homogenidade dos granitos encaixantes e escassez de afloramentos de rocha não intemperizada tornam praticamente impossíveis as observações estruturais detalhadas no campo. Geralmente notam-se nítidos sistemas de diáclases nas rochas expostas. Sua medida não é segura porque mesmo blocos muito volumosos moveram-se nas encostas íngremes da região.

Nítida zona de falha foi observada próxima ao leito do rio Pinheiros, cêrca de 1,5 km ao sul do contato das alcalinas. Ocorrem aí milonitos e brecha de falha, com fragmentos angulosos de granito englobados por matriz milonítica e cataclástica. Nas paredes da falha as rochas são descoloridas e sericitizadas, evidenciando ligeira ação hidrotermal relacionada ao falhamento.

Embora as observações de campo não permitam uma interpretação estrutural, as fotografias aéreas revelam a existência de numerosos e muito nítidos lineamentos que, certamente, devem a sua origem a diáclases e falhamentos (figura 3). Essas fraturas condicionaram a erosão, resultando a abertura de vales quase retilíneos, com profundidade de até centenas de metros e extensão que atinge alguns quilômetros em diversos trechos da região. Não é possível distinguir falhas de simples diáclases através da interpretação das fotografias aéreas. Parece provável, entretanto, que alguns dos lineamentos mais contínuos e extensos correspondam a falhas de considerável magnitude.

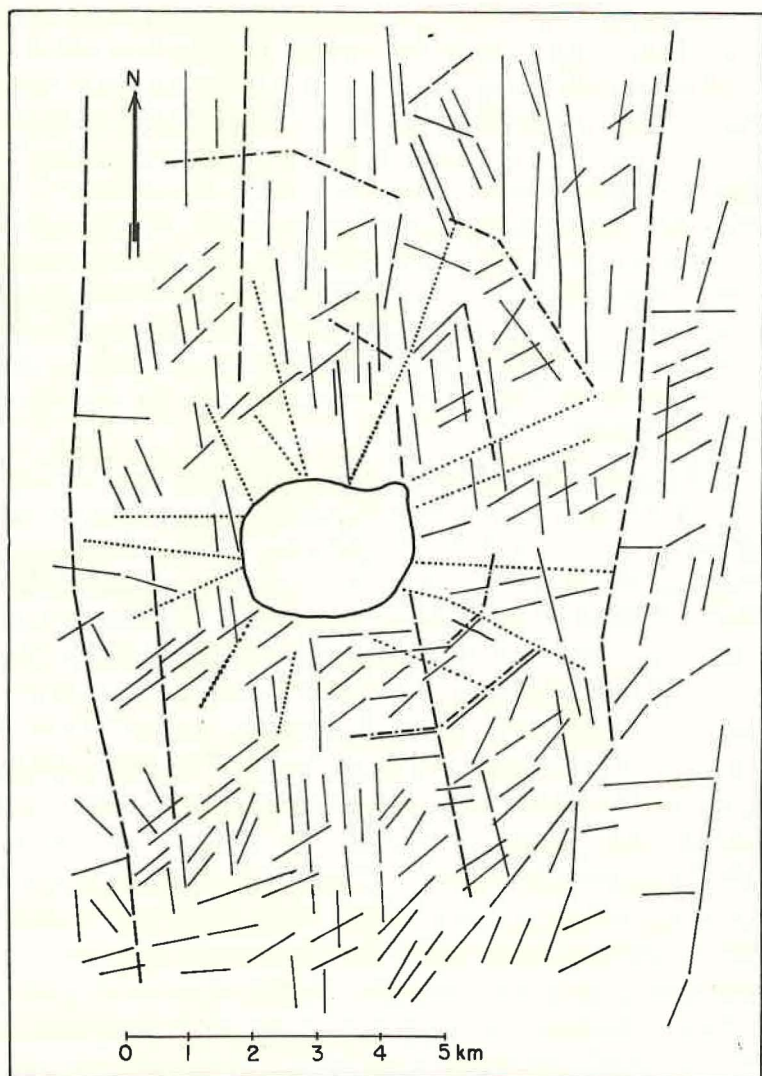


Fig. 3 — Principais linhas estruturais na região da intrusão alcalina de Anitápolis:

Linhas longas e finas: Fraturas, diáclases e lineamentos não discriminados;

Linhas tracejadas: Falhas;

Linhas pontilhadas: Fraturas radiais;

Linhas interpontilhadas: Fraturas concêntricas.

Na região examinada, o sistema de fraturas mais conspícuo orienta-se em direção N-S, sendo cortado por um grupo de diáclases, numerosas, porém menos extensas, com direção média N55E. Na periferia da área ocupada pelas rochas alcalinas, ocorrem alguns lineamentos muito pronunciados, com disposição nitidamente radial ao centro da intrusão. Em parte, essas fraturas coincidem com a direção N55E, regional, porém são mais regulares e extensas do que em pontos afastados do corpo alcalino. A sudeste e noroeste dêste, as direções radiais cortam o sistema regional. Uma indicação clara de fraturamento anelar, concêntrico ao foco magmático é observável cêrca de 4 km a norte e a nordeste do contato das rochas alcalinas.

A interpretação estrutural segura de uma área constituída de granitos homogêneos e profundamente intemperizados será sempre problemática. Entretanto, as observações foto-geológicas são bastante sugestivas e permitem inferir alguns aspectos tectônicos marcantes. A intrusão alcalina localizou-se em importante zona de falhamentos com orientação N-S e largura aproximada de 10 km. Não é possível determinar os rejeitos na área examinada. A eventual movimentação das massas situadas a leste e a oeste da zona de falha, sômente poderia ser verificada fora da área examinada, no contato dos granitos com outras formações. O sistema de diáclases N55E é sugestivo de falhas N-S transcorrentes, em que o bloco a oeste deslocou-se para o sul. Para comprovar a relação genética dessas diáclases com as falhas, seria necessário examinar uma região mais extensa. Parece fora de dúvida que as rochas alcalinas penetraram na zona de falhamentos, que ofereceu menor resistência à intrusão. A maioria dos corpos alcalinos conhecidos na África localizou-se dentro ou próximo de vales de rift, porém a aplicação dessa regra a Anitápolis exigiria o estudo de uma área muito maior. Por sua vez as fraturas radiais e concêntricas ao conduto são caracteristicamente associadas a corpos magmáticos centrais de intrusão forçada.

FENITIZAÇÃO DOS GRANITOS

A fenitização dos granitos encaixantes em Anitápolis constitui exemplo típico das transformações metassomáticas a que são submetidas as paredes dos condutos magmáticos alcalinos em quase tôdas as ocorrências conhecidas. A revisão completa da extensa bibliografia sôbre êsse processo ultrapassa os objetivos dêste trabalho, porém algumas de suas características essenciais são aqui resumidas, para facilidade de comparação.

Descrito pela primeira vez em Fen por Brögger (1921), a fenitização foi estudada minuciosamente por von Eckermann em Alnö (1948) e posteriormente observada por diversos autores, principalmente nas numerosas ocorrências de rochas alcalinas do Sudeste da África. A natureza e a intensidade das trocas metassomáticas e, conseqüentemente, a constituição mineralógica dos fenitos resultantes, diferem nas diversas ocorrências. Dependem da composição inicial das encaixantes e das soluções alcalinas, além de fatores físico-químicos ainda pouco investigados. Numa mesma localidade, o grau de fenitização cresce sempre com a proximidade do contato das rochas ígneas alcalinas. Em casos de metassomatismo intenso, como em Alnö (von Eckermann, 1948) e Messum (Mathias, 1956), alguns fenitos adquiriram composição idêntica à de alcalinas magmáticas, com abundante nefelina, admitindo-se mesmo que grande parte das rochas aparentemente ígneas na realidade são fenitos reomórficos. Em outras ocorrências, a fenitização foi menos intensa, conservando-se quartzo nas rochas encaixantes, junto ao contato das alcalinas.

Resumidamente, algumas transformações petrográficas características da fenitização são as seguintes: 1) ocorrência de esforços dinâmicos, extinção ondulante no quartzo, fraturamento dos feldspatos, texturas cataclásticas; 2) formação de piroxênios e anfibólios em fraturas, em delgados veios e ao redor dos grãos de quartzo, sericitização dos feldspatos, recristalização dos potássicos em soda-ortoclásio e crescimen-

to de albita; 3) diminuição do quartzo, aumento da quantidade de piroxênio, aparecimento eventual de calcita, apatita e fluorita; 4) eliminação total do quartzo, formação de nefelina.

Além das ocorrências citadas, exemplos desses fenômenos foram descritos com algumas variantes em Iivaara na Finlândia (Lehijärvi, 1960), Chilwa em Nyasaland (Garson e Campbell Smith, 1958), Budeda na Uganda (King, 1965), Spitzkop (Strauss e Truter, 1951) e Palabora (Hanekom et al., 1965) na África do Sul.

A fenitização acarreta sempre uma diminuição do teor de sílica das rochas, aumentando em conseqüência os teores dos elementos Na, Al, Ca, Fe, Ti e P dos quais um ou mais podem ainda ser introduzidos metassomáticamente.

Em Anitápolis, alguns dos fenômenos acima resumidos podem ser observados com tôdas as suas características. Os granitos exibem sinais evidentes dos esforços a que foram submetidos em tôda a periferia da intrusão alcalina, até distâncias de muitas centenas de metros do contato. A intensidade desses esforços foi diferente em pontos diversos, crescendo, aparentemente, com a proximidade do contato, embora de maneira pouco regular. Em algumas amostras nota-se apenas forte extinção ondulante do quartzo, em outras os feldspatos foram também fraturados e deformados, aparecendo microfraturas que atravessam todos os minerais. Deformações mais acentuadas chegaram a produzir brechas cataclásticas. Sem dúvida, o fraturamento e a ligeira movimentação a que foram submetidas essas rochas permitiram a penetração das soluções alcalinas, observando-se certa proporcionalidade entre a cataclase e o grau de fenitização.

Von Eckermann (1948) observou em Alnö que no primeiro estágio da fenitização ocorreu uma intensa pertitização dos feldspatos potássicos, simultânea à sua hidratação parcial ou total, formando-se abundante sericita. Posteriormente, o feldspato recristalizou em ortoclásio ou soda-ortoclásio. Parece certo que também em Anitápolis ocorreu fenômeno se-

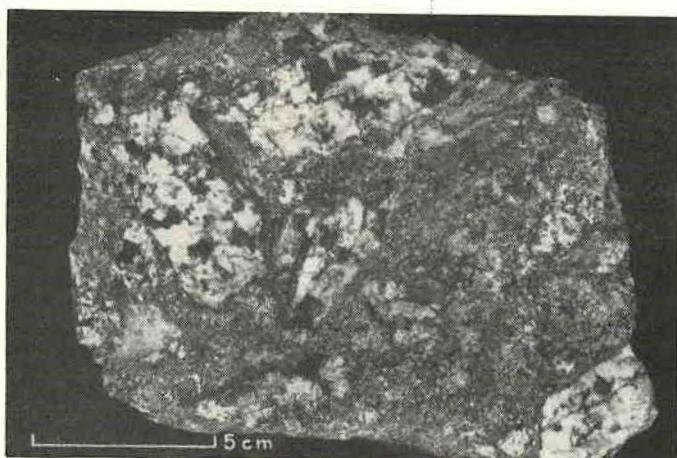


Fig. 4 — Exemplar de fenito mostrando uma das feições estruturais comuns na região, ou seja, o aspecto brechóide com feldspatos ou aglomerados feldspáticos de origem granítica formando fragmentos imersos numa matriz neossomática de composição shonkinítica.

melhante nas rochas graníticas, embora, às vêzes, a distinção microscópica entre alteração intempérica e hidratação metasomática seja duvidosa. Entretanto, observa-se em muitas secções delgadas que os feldspatos são mais alterados em sua parte central, possuindo bordas quase límpidas. Além disso, indivíduos pequenos, intersticiais, freqüentemente são quase inalterados. Esses fatos sugerem uma hidratação inicial de toda a rocha, com posterior recristalização parcial dos feldspatos nas bordas e neoformação de outros indivíduos. Se a alteração fôsse exclusivamente intempérica, deveria processar-se da periferia para o centro e atacar, de preferência, os indivíduos menores da massa intersticial. Como praticamente não ocorre muscovita ou outro mineral hidratado no granito regional, sendo de apenas 1-2% o teor de biotita que, além disso, é conservada nas rochas hidratadas, a fonte presumível da água necessária à sericitização foi o magma alcalino.

Na segunda etapa da fenitização nota-se a formação de egirina em pequenas agulhas ao longo de microfraturas penetrando grãos de quartzo e, especialmente, no contato entre

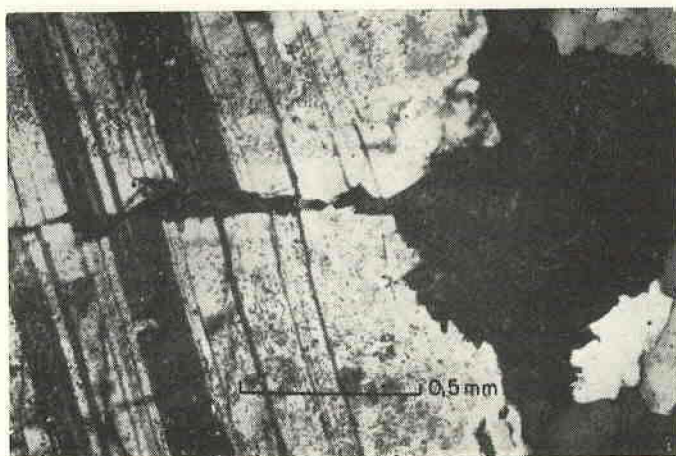


Fig. 5 — Lâmina 34. Nicóis cruzados, Granito fenitizado. Um agregado de agulhas de egrina se avoluma a altura do contato de plagioclásio (à esquerda) com quartzo (à direita). A egrina também se cristaliza em vênula emitida ao longo de microfalha cortando o plagioclásio. Este se apresenta límpido nas vizinhanças da fratura.

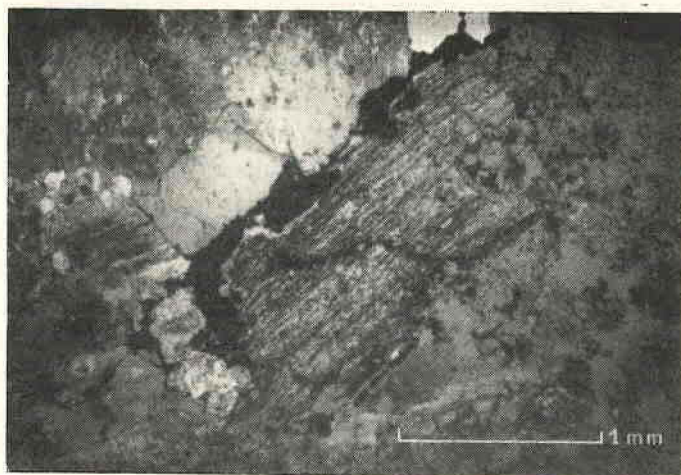


Fig. 6 — Lâmina 34. Nicóis a 45°. Granito fenitizado. Fase inicial de transformação da biotita (cristal inclinado ao centro). Forma-se ao redor, uma fina auréola interna de ortoclásio e uma mais externa de agulhas de egrina (prêto) em contato com os demais componentes síalicos da rocha.

quartzo e biotita. Em alguns casos aparece delgada faixa de mineral claro, provavelmente ortoclásio, entre a biotita e as agulhas de egrina. Também foi observada a ocorrência de anfibólio sódico em pequenos agregados fibrosos. Possui birrefringência baixa, fortemente anômala, $X \wedge c = 0^\circ$ aproximadamente, dispersão acentuada, extinção quase paralela, pleocroísmo X — azul, Y — violeta claro, Z — pardo claro, indicando tratar-se de riebeckita asbestiforme (crocidolita). A biotita encontra-se às vezes corroída, em parte cloritizada e alterada, resultando óxidos de ferro e carbonatos. Veios finíssimos de carbonatos podem atravessar todos os minerais.



Fig. 7 — Lâmina 34. Nicóis a 45° . Granito fenitizado. Fase avançada de transformação da biotita (corpo no centro da foto). O mineral está totalmente fragmentado e associado a ortoclásio secundário, clorita, calcita e egrina. Externamente, separando-o dos restantes minerais graníticos, observa-se uma auréola dupla, quase completa, de ortoclásio por dentro e egrina por fora.

O caráter sódico da metassomatose é ainda evidenciado claramente pelas transformações dos feldspatos. Alguns dos cristais maiores de microclínio apenas recrystalizaram-se nas bordas, formando-se novo feldspato, de difícil identificação exata. Entretanto, ocorrem também indivíduos de microclínio com fraturas preenchidas por egrina, ao longo das quais



Fig. 8 — Lâmina 6. Nicois a 45°. Granito fenitizado. Em cima e em baixo dominam feldspatos. No centro, uma larga faixa de agregado de quartzo. Dentro dêste, e nos contatos com o feldspato de baixo, desenvolvem-se corpos arredondados constituídos de agregados fibrosos de anfibólio sódico. Ainda entre a zona anfifólico-quartzosa e o feldspato inferior formou-se agregado de ortoclásio secundário.

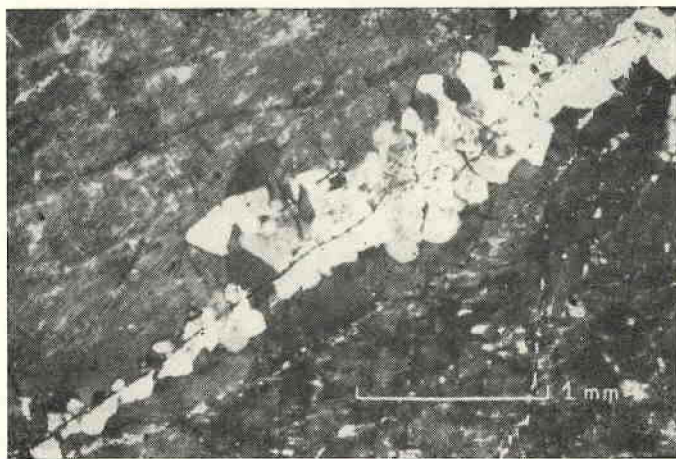
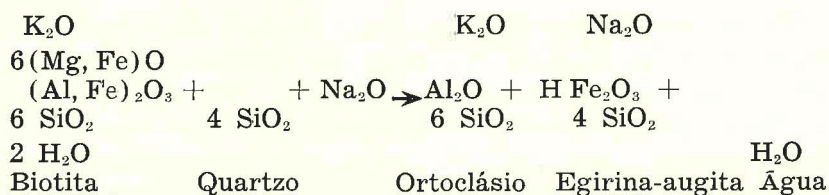


Fig. 9 — Lâmina 25. Nicois cruzados. Granito fenitizado. Finíssima venula preenchida por egrina corta um grande cristal de feldspato potássico (cinza escuro). Dos dois lados desta vênula o mineral está substituído por albita em agregado tendendo à estrutura de pente.

formaram-se pequenos cristais de albita, que substitui o feldspato potássico. Quando essas fraturas atravessam grãos turvos do plagioclásio original do granito, nota-se ligeira recristalização, porém sem modificação sensível da composição. Em outros casos, os grãos primários de oligoclásio, alterados e turvos, foram substituídos na sua periferia por albita límpida, neoformada. Numerosos cristais pequenos de feldspato sódico neoformados ocorrem ainda na massa intersticial dos granitos mais afetados pela cataclase.

As observações acima permitem concluir que, sem dúvida os granitos de Anitápolis foram alterados metassomáticamente por soluções sódicas originárias da intrusão alcalina. A albitização de feldspatos potássicos é fenômeno conhecido. A formação de ortoclásio e egrina, observada no contato entre biotita e quartzo preexistente, corresponde ao seguinte esquema:



Verifica-se que é necessário apenas pequena adição de Na_2O e oxidação parcial do Fe^{++} da biotita.

FENITOS E SIENITOS

Em contato com os granitos, separando êstes da intrusão central de piroxenitos, encontram-se fenitos e sienitos que ocupam mais de 9/10 da área das rochas alcalinas de Anitápolis.

A aplicação rigorosa da nomenclatura das rochas alcalinas magmáticas e metassomáticas na localidade em questão é muito difícil. Segundo von Eckermann (1948), fenitos são rochas alteradas metassomáticamente "in situ" no contato com rochas alcalinas, porém quando houve mobilização ou transporte de magmas híbridos, as rochas resultantes de-

vem receber os nomes próprios dos tipos magmáticos correspondentes. Outros autores, como King e Sutherland (1960), deram grande importância à aplicação exata dessa definição. No caso de Alnö, êsse critério é utilizável porque as estruturas gnaissicas das encaixantes podem ser seguidas no campo e mantêm suas atitudes até mesmo nos fenitos nefelínicos. No contato com as rochas magmáticas, ocorre uma zona de transição com espessura máxima de apenas 20 m, onde os migmatitos fenitizados perderam a sua estrutura original.

Em Anitápolis, os granitos encaixantes são homogêneos e não apresentam qualquer estrutura que pudesse ser seguida para o interior da área ocupada por rochas alcalinas, onde o desaparecimento dessa orientação indicaria a transição de fenitos para sienitos. Por outro lado, mesmo se a discriminação entre rochas designadas por um ou outro termo, baseada nesse critério estrutural, fôsse possível em afloramentos isolados, as relações de campo não poderiam ser estabelecidas nas condições locais de exposição. Por essas razões, no mapa geológico foram englobados sob uma convenção única: fenitos "sensu strictu", rochas possivelmente mobilizadas e outras, em cuja constituição prepondera a contribuição magmática e que provavelmente sofreram movimentação apreciável.

Essencialmente, êsses fenitos e sienitos caracterizam-se pela ausência de quartzo e por uma associação mineralógica relativamente simples: feldspato potássico, plagioclásio sódico e piroxênio sódico, além de quantidades subordinadas de anfibólio sódico, apatita, opacos, titanita e calcita. Entre os feldspatos distinguem-se nitidamente duas gerações, a primeira representada por cristais com diâmetros da ordem de 1 cm, sempre parcialmente alterados, enquanto os feldspatos de segunda geração são homogêneos e têm dimensões em torno de 1 mm. Os piroxênios, por sua vez, ocorrem em indivíduos de tamanhos variados, desde 0,1 mm até 5 cm. A distribuição dêsses minerais nas rochas é extremamente irregular, podendo ocorrer em um mesmo afloramento diferen-

TABELA I

AMOSTRA	4	23	39	39	9	21	33	33	40	5	2	23	5	23	21
Feldspato potássico . . .	94,5	83,0	74,4	76,6	81,0	65,	57,0	56,1	48,8	50,5	45,6	36,6	33,0	22,6	17,8
Plagioclásio ..	pr	8,5	9,4	8,8	1,8	10,	1,8	0,4	8,4	—	—	1,6	0,1	1,0	—
Piroxênio só-dico	3,5	7,5	11,4	14,2	15,8	17,5	27,6	28,7	37,7	46,0	47,2	51,2	60,3	65,0	76,0
Anfibólio só-dico	pr	—	4,4	0,4	0,2	—	—	—	0,5	2,5	7,2	—	1,8	—	—
Apatita	1,0	1,0	0,2	pr	0,2	5,0	12,2	12,0	0,8	—	—	10,2	—	10,8	6,2
Opacos	—	—	0,2	pr	0,2	—	1,2	1,3	—	1,0	—	pr	—	—	—
Titanita	pr	pr	—	—	0,4	—	0,2	1,5	0,2	—	—	0,4	—	0,6	—
Calcita	—	—	—	—	—	—	—	—	3,6	—	—	—	4,4	—	—
	Pulas-kito	Fenito			Pulas-kito	Fenito	Pulaskito		Feni-to	Pulas-kito	Shonkinito				

tes trechos, em que feldspatos ou piroxênios de granulação diversa perfazem, respectivamente 75% do total. Em consequência, existem também numerosas variedades texturais intimamente associadas, o que empresta às rochas um aspecto brechóide (fig. 4). No tipo mais freqüente, a parte mais clara das amostras é formada por feldspatos grandes, que ocorrem em grãos individuais ou em concentrações de contornos irregulares com dimensões de poucos centímetros a vários metros. Nos contatos entre os indivíduos de feldspato, cimentando-os e penetrando-os em delgados veios, ocorrem sempre agregados de piroxênios finos. A matriz entre essas concentrações de granulação grossa é constituída por piroxênios e feldspatos miúdos, que associam-se em proporções diversas.

A constituição variada dos fenitos e sienitos é demonstrada pelas análises modais de algumas amostras típicas, dispostas em ordem de proporção crescente de piroxênio (tabela 1). Nessa tabela, as análises designadas pelos mesmos números correspondem a trechos diferentes de uma mesma amostra heterogênea.



Fig. 10 — Lâmina 9. Nicóis a 45°. Sienito. Em baixo à esquerda um grande feldspato potássico de origem granítica, totalmente alterado e franjado por agregados de soda-ortoclásio muito mais límpido. O restante da foto mostra feldspatos e egrinaugita.

As características de todos os minerais constituintes são praticamente independentes de sua proporção nas rochas. Os feldspatos potássicos grandes, de primeira geração, geralmente apresentam geminação pouco distinta, salvo casos excepcionais em que a geminação em grade do microclínio encontra-se preservada. Todos os indivíduos são turvos e contêm numerosas pequenas inclusões de produtos de alteração que, via de regra, concentram-se no interior dos cristais. Os índices são $N_x = 1,521$, $N_y = 1,525$, $N_z = 1,527$, $2V(—) = 55$ a 79° , sendo mais freqüentes os valores entre 60° e 70° . As zonas mais turvas dos cristais, geralmente apresentam maior ângulo dos eixos ópticos, e contêm micropertita mais abundante do que as partes marginais, mais límpidas. Trata-se de feldspato potássico com características intermediárias entre as do ortoclásio e as da microclínio. Esses feldspatos são praticamente idênticos aos encontrados nos granitos da zona de contato com a intrusão alcalina.

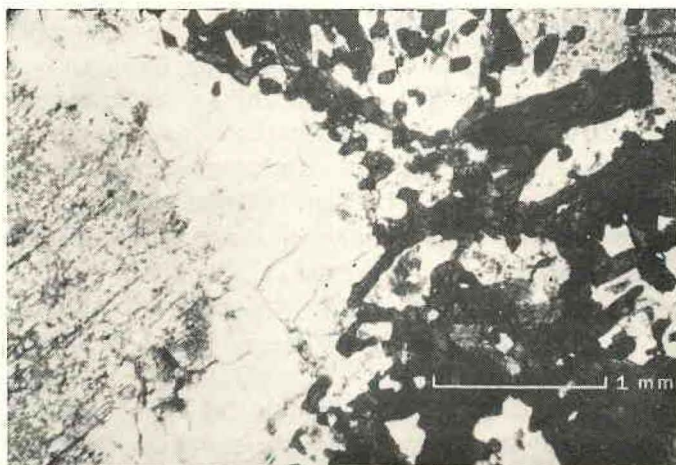


Fig. 11 — Lâmina 9. Nicóis descruzados. Shonkinito. O mesmo fenômeno da figura 10, em zonas mais melanocráticas. À esquerda, grande cristal turvo de feldspato potássico de origem granítica, aureolado por agregado de soda-ortoclásio límpido. O restante mostra a matriz shonkinítica.



Fig. 12 — Lâmina 40. Nicóis a 45°. Shonkinito. A metade inferior direita da foto mostra restos turvos incompletamente transformados de um feldspato de origem granítica. Acha-se rodeado de soda-ortoclásio límpido, que se desenvolveu a sua custa. O restante da foto mostra agregado de egrinaugita e ortoclásio.

Os feldspatos menores, neoformados, apresentam tendência ao idiomorfismo. Geralmente ocorrem em agregados equigranulares, ao redor dos feldspatos maiores, ou constituem concentrações irregulares e delgadas faixas no interior destes. Nas amostras meso ou melanocráticas, associam-se aos piroxênios em textura granular. Os plagioclásios formam intercrescimentos pertíticos com os feldspatos potássicos maiores ou constituem pequenas ripas individualizadas entre os grãos neoformados de ortoclásio.

Entre os minerais máficos predomina augita egrínica, com $N_x = 1,725-1,738$, $N_y = 1,728-1,753$, $N_z = 1,760-1,773$, $Z \wedge c = 18-23^\circ$ e $2V$ próximo a 90° , o que corresponde à eriginaugita com 30% a 40% de egrina. Muitos indivíduos são zonados, com borda mais sódica do que o núcleo, podendo ocorrer, excepcionalmente, variação de 10% até 60% Eg e um mesmo cristal.

Além do piroxênio, em algumas amostras ocorrem anfíbios, que formam prismas individuais ou envolvem parcialmente a egrinaugita. As propriedades ópticas são

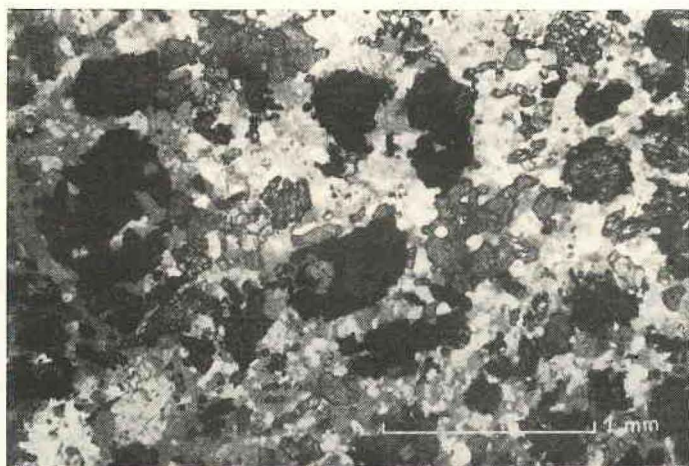


Fig. 13 — Lâmina 33. Nicóis a 45°. Sienito. Soda-ortoclásio e plaquetas de albita formam a matriz para cristais maiores poiquilíticos de egrinaugita. A apatita nesta rocha também é muito abundante.

$N_x = 1,640$, $N_y = 1,648$, $N_z = 1,650$, $2V$ (—) = 50° , $X \wedge c$ próximo a 30° , pleocroísmo X — verde claro, Y — violeta, Z — verde azulado. Trata-se de um anfibólio sódico, possivelmente do grupo da arfvedsonita.

Em diversos pontos da área, os fenitos e sienitos são cortados por veios com espessuras de 10-30 cm, constituídos quase exclusivamente por egrinaugita e titanita. Os prismas de piroxênio alinham-se perpendicularmente às paredes dos veios e alcançam até 10 cm de comprimento. Em um único afloramento, situado na parte nordeste dos sienitos, foi encontrado um nefelina-sienito de granulação média, constituído de feldspato alcalino (50%), nefelina (29%), e piroxênio sódico (19%).

IJOLITOS E MELTEIGITOS

Na parte sudoeste da zona de contato dos piroxenitos com os sienitos que os circundam, encontra-se ocorrência de melteigito que parece cortar os sienitos. Em outros pontos da periferia da área de piroxenitos também foram

observados blocos de ijolito e melteigito, parecendo constituir diferenciação marginal das rochas mais ricas em piroxênio. Diques de ijolito, com espessuras de poucos centímetros, cortam irregularmente os fenitos e sienitos em algumas exposições. O mapeamento exato de todas essas ocorrências é impossível.

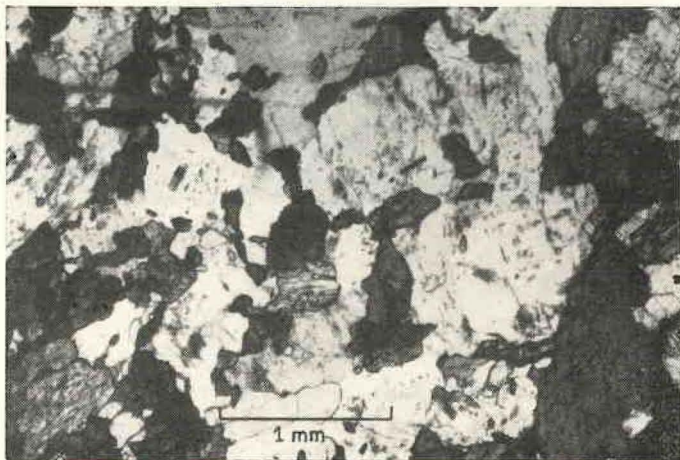


Fig. 14 — Lâmina 31. Nicóis a 45°. Ijolito. Aspecto típico da associação nefelina e augita desta rocha.

São rochas equigranulares, de granulação média a fina, variando a cor de cinza claro a escuro em função da proporção de piroxênio. Algumas lâminas revelam orientação pouco distinta dos constituintes. Uma amostra típica de melteigito é formada por 45% de augita e 40% de nefelina, enquanto magnetita, apatita, biotita e titanita perfazem o restante da rocha. Pirrotita e calcita podem estar presentes. A augita é egrínica, com $N_x = 1,712$, $N_y = 1,722$, $N_z = 1,741$, $Z \wedge c = 35^\circ$ e $2V (+) = 68-74^\circ$. O ângulo dos eixos ópticos é sempre menor na borda e maior no núcleo. A nefelina tem índices $N_o = 1,542$ e $N_e = 1,538$. Provavelmente contém apreciável teor de kaliófilita.

Nas variedades mais ijolíticas, a nefelina pode perfazer até 70% das rochas, decrescendo correspondentemente a proporção de piroxênio, biotita e magnetita. Por outro lado, pode haver notável aumento da quantidade de apatita. As características dos piroxênios são praticamente independentes de sua frequência nas diferentes variedades de ijolito e melteigito.

PIROXENITOS

Na parte nordeste da intrusão alcalina ocorre pequeno corpo de rochas básicas que ocupam uma área de aproximadamente 0,4 km² no trecho mais largo e plano do vale do rio Pinheiros. Em sua maior parte, essas rochas são cobertas por solos e aluviões com espessura de vários metros. Nos poucos afloramentos de rocha viva, sua composição é muito variável, com alternância irregular de trechos ricos em piroxênio com outros, em que ocorre praticamente apenas biotita.

São rochas pretas, holocristalinas, de granulação média. O diâmetro dos piroxênios é da ordem de 1 mm, enquanto os indivíduos de biotita geralmente são maiores (2-3 mm). A composição mineralógica de algumas amostras típicas é a seguinte:

<i>Amostra</i>	I	II	III	IV	V
Piroxênio	52,6%	56,2%	57,0%	62,5%	51,0%
Biotita	38,0	34,0	40,0	29,5	44,0
Apatita	0,1	5,0		3,0	
Magnetita	9,0	3,8	3,0	1,4	4,8
Titanita	0,2	1,0		3,6	0,2
Calcita	0,1				

Os piroxênios freqüentemente são zonados, incolores no núcleo e esverdeados na borda. As características ópticas das



Fig. 15 — Lâmina 10. Nicóis descruzados. Biotita-piroxenito. Augita (alto relêvo, cinza claro) e biotita (diversos tons de cinza a preto) com alguma apatita (branco) e magnetita (preto).

partes centrais e periféricas de dois indivíduos de diferentes amostras são as seguintes:

<i>Amostra</i>	<i>Núcleo</i>		<i>Borda</i>	
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>I</i>	<i>II</i>
N_x	1,686	1,685	1,703	1,706
N_y	1,695	1,692	1,710	1,718
N_z	1,720	1,718	1,728	1,735
$X \wedge c$	$50^\circ (\pm 2^\circ)$	45°	45°	45°
$2V_z$	59°	65°	69°	72°

Estas características indicam tratar-se de augita egirínica, com cerca de 5% de Eg na parte interna dos minerais, passando a proporção de egirina a 10-15% nas bordas.

A biotita é parda, com $N_z = 1,643$ e $2V_{(-)} = 0^\circ$ a 5° . Apresenta a peculiaridade de possuir o plano dos eixos ópticos perpendicular a (010), tratando-se portanto da variedade anomita. O pleocroísmo é X — pardo claro amarelado, Z — pardo escuro.

Minerais opacos, provavelmente titanomagnetita, alguns sulfetos, além de titanita e apatita, são os outros constituintes

dessas rochas, que podem ser classificadas de biotita-piroxenitos. Nomes mais específicos seriam biotita-augitito ou bebedourito. As diferenciações locais em que predomina biotita são glimmeritos ou biotititos.

CARBONATITO

No leito do rio Pinheiros, em afloramento com área de apenas uma dezena de metros quadrados, ocorre a única exposição de carbonatito observada na região. Essa rocha encontra-se circundada completamente por biotita-piroxenitos, sendo o contato visível em quase todo o contorno do afloramento. O carbonatito é branco acinzentado, de granulação grossa e textura sacaróide. Apresenta um bandeamento pouco distinto, produzido pelo alinhamento dos minerais escuros em faixas orientadas para NE. A rocha é constituída essencialmente por carbonato, apatita e magnetita, ocorrendo ainda pequena proporção de biotita, flogopita, sulfetos, olivina parcialmente serpentinizada, anfibólio e columbita.

O carbonato é quase exclusivamente calcita, como se verifica pela análise química que revelou 74,5% de CaO e apenas 2,2% MgO . O carbonatito é portanto em sôvito típico, de acôrdo com a nomenclatura proposta por von Eckermann (1948). A apatita apresenta-se em prismas curtos arredondados, que freqüentemente constituem concentrações alongadas irregulares na rocha. Trata-se de fluor-apatita com $N_z = 1,640$. Quase todos os indivíduos exibem em sua parte central numerosas pequenas inclusões, alongadas na direção do eixo principal c . Algumas dessas inclusões são bifásicas e contêm líquido e bolha gasosa. Tanto o hábito ovóide, como a presença de inclusões, são característicos das apatitas de carbonatitos (Davies, 1956; Melcher, 1963). A biotita é representada por três variedades distintas, identificáveis no resíduo insolúvel da rocha, após eliminação dos carbonatos por ataque com ácido clorídrico. As características ópticas dessas variedades são respectivamente: 1ª — Côr rósea, $N_z = 1,597$, uniaxial negativo, pleocroísmo: X — vermelho rubi, Z — verde

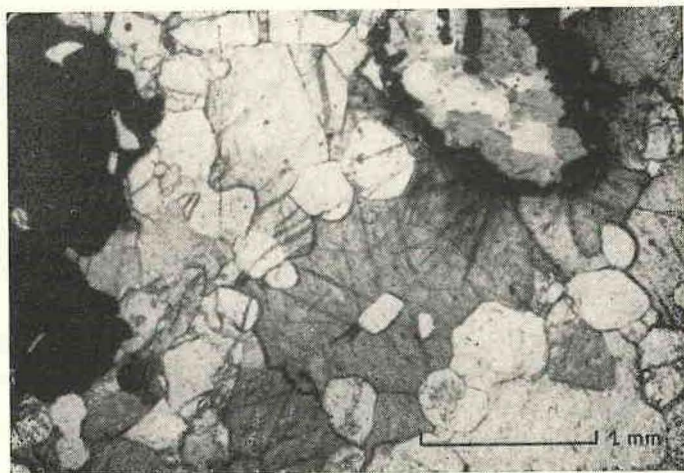


Fig. 16 — Lâmina 11. Nicóis descruzados. Carbonatito. Um corpo arredondado, constituído de serpentina e magnetita secundária delimita o contorno de antigo cristal de olivina. Ao seu redor, penetrando os minerais vizinhos se desenvolvem acículas de mineral não identificado. O restante da foto mostra um aspecto normal de sôvito apatítico, com grandes cristais xenomórficos de calcita incluindo cristais mais ou menos equidimensionais e arredondados de apatita. À esquerda, cristais de magnetita e pirrotita. Biotita e flogopita também são acessórios relativamente abundantes.

claro (obtido em fragmento de 0,1 mm). Este tipo de pleocroísmo, com maior absorção em X é o inverso do normal na biotita. 2ª — Cór verde, $N_z = 1,630$, uniaxial negativo, pleocroísmo: Z — verde escuro, X — verde claro. 3ª — Cór parda, $N_z = 1,645$, biaxial negativo, com $2V = 0 - 5^\circ$, pleocroísmo: Z — pardo avermelhado, X — amarelo. A primeira variedade é portanto uma flogopita, enquanto as duas últimas são biotitas comuns, possivelmente representando diferentes graus de oxidação do ferro. A olivina encontra-se sempre parcialmente serpentinizada. Possui $N_x = 1,655$, $N_y = 1,673$ e $N_z = 1,690$, $2V_{(-)} = 85^\circ$, tratando-se de forsterita (Fa_{10}). A provável presença de columbita é indicada por raros indivíduos de um mineral de cór parda, pleocroísmo fraco de pardo a pardo avermelhado, nítida clivagem, índice de refração superior a 2,0, alta birrefringência, $2V_{(-)} = 60^\circ$ e dispersão $r > v$.

ROCHAS DE DIQUES

Em vários pontos da periferia da área das alcalinas, os granitos encaixantes são cortados por diques de rochas sub-saturadas. Na maioria das vezes, a falta de afloramentos não permite o mapeamento desses diques, encontrando-se apenas alguns blocos de reduzidas dimensões, o que permite inferir espessuras pequenas. Próximo ao leito do rio Pinheiros, cerca de 2 km ao sul do contato com os sienitos, os granitos são cortados por um dique lamprofírico (amostra 37), com espessura de 50 cm e orientação N-S. Possivelmente trata-se da mesma ocorrência descrita por Moraes Rêgo e Guimarães (1926), como “pórfiro-nefelínico” na parte inferior do vale do rio Pinheiros.

As rochas são verde escuras a quase pretas, com textura tinguaítica e matriz afanítica. Um exemplar exhibe textura protoclástica, com fenocristais fraturados de sanidina e piroxênio. A composição mineralógica é exemplificada pelas análises modais seguintes:

Amostra	6a	6a 2ª	6a 3ª	18a	37	43
	%					
f Nefelina . . .	13,5	—	10,0	9	8,0	9,0
e Augita . . .	3,5	—	8,5	6	12,5	7,0
n Apatita . . .	1,0	—	2,5	0,5	4,0	0,5
o Biotita . . .	—	—	1	1	0,5	pr
c Titanita . . .	—	—	pr	pr	pr	—
r Magnetita . .	—	—	pr	—	pr	—
i Ortoclásio . .	—	—	—	4	pr	4,0
s						
Massa fundamen- tal . .	82,0	100,0	78,0	79,5	75,0	79,5

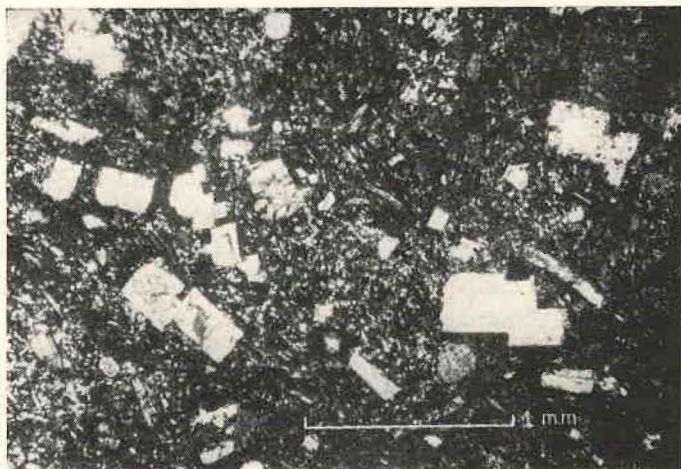


Fig. 17 — Lâmina 11. Nicóis descruzados. Tinguaito. Fenocristais de nefelina, augita e alguma apatita, imersos numa massa fundamental de textura tinguaitica contendo agulhas de egrina, nefelina, ortoclásio, biotita, magnetita, cancrinita e zeólitos.

Como se verifica, os fenocristais formam em geral $\frac{1}{4}$ do volume da rocha. Domina entre êles a nefelina em prismas hexagonais perfeitamente idiomórficos. É normalmente fresca, mas em determinadas amostras pode se apresentar parcial ou totalmente substituída por cancrinita e/ou zeólitos.

O piroxênio segue em abundância como fenocristais idiomórficos em prismas curtos. Trata-se por suas propriedades ópticas de augita sódica com teores variáveis da molécula egrínica entre 10 e 25% (zoneamento).

A apatita, também idiomórfica em prismas hexagonais curtos forma constantemente entre os fenocristais. É especialmente abundante nos tipos mais básicos, o mesmo podendo ser dito em relação à titanita, biotita (esta por vêzes alterando piroxênios) e magnetita.

O ortoclásio, ao contrário do que se poderia prever, não é mineral comum entre os fenocristais. Na amostra 43, mostrou limpidez e 2V suficientemente baixo para se classificar como sanidina. Neste caso, as geminações: Carlsbad, Baveno e Manebach são comuns.

A massa fundamental das rochas de dique, atacada por ácido e corada com azul de metileno, mostra em geral maior proporção de feldspato potássico além de nefelina em quantidades fartas, cancrinita e zeólitos, numa trama de agulhas de piroxênio verde bem mais sódico que os fenocristais. Pelo ângulo de extinção $X \wedge c = 0^\circ - 10^\circ$ parece tratar-se de egirina quase pura.

Em linhas gerais as rochas de dique podem ser classificadas como *tinguaitos*. O teor excepcionalmente elevado de nefelina permitiria, segundo Johansen classificá-los como sussexito, mas preferimos o nome anterior, mais conhecido para rocha texturalmente idêntica e de composição próxima. A rocha 37, mais rica de piroxênios, poderia ser um lamprófiro. Assemelha-se bastante às rochas de diques em encaixantes dos corpos alcalinos de Ipanema, Sorocaba e Itatiaia e também em gnaisses de Itanhaem, classificadas como shonkinito-pórfiros. Na caso particular de Anitápolis, a composição mineralógica aponta semelhanças com o tjösito de Brögger, descrito em Johannsen.

Diques de diabásio afanítico foram também observados. A lâmina confeccionada nada mostra que fuja aos padrões reconhecidos neste tipo litológico. Certamente não pertencem ao ciclo petrogenético alcalino e por isso deixam de ser aqui considerados.

GÊNESE

As limitações impostas pela escassez de afloramentos ao levantamento e à amostragem pormenorizada, além da falta de análises químicas, impossibilitam a caracterização mais precisa das rochas de Anitápolis e tornam, neste trabalho, problemática uma tentativa de interpretação petrológica. Entretanto, alguns característicos do distrito são bastante evidentes e encontram estreitas analogias com áreas congêneres, permitindo inferir que também os processos genéticos foram semelhantes.

A fenitização dos granitos encaixantes foi seguramente comprovada, evidenciando-se a natureza sódica do metassomatismo alcalino nesse estágio inicial da transformação de rochas ácidas em subsaturadas. Com toda a probabilidade, os fenitos e sienitos representam a segunda etapa do mesmo processo. São rochas híbridas em que o paleossoma granítico é representado pelos grandes cristais de feldspato potássico do granito que foram inicialmente hidratados e depois recristalizados em suas bordas, enquanto os piroxênios formaram-se principalmente a custa do neossoma. A preservação dos relictos graníticos com sua textura característica, em meio de uma matriz de minerais neoformados, demonstra que essas rochas constituem o produto de substituição metassomática parcial e que não atingiram o ponto de reomorfismo. Além disso, a extrema variação local de composição e textura das zonas shonkiníticas ou piroxênicas indica que também estas não se originaram por resfriamento normal de uma única fase magmática, porém por injeções sucessivas de fluidos de composição variável. Possivelmente, apenas em trechos limitados, essas frações comportaram-se como verdadeiramente magmáticas.

Cabe ressaltar a semelhança das paragêneses minerais dos sienitos e fenitos com as dos granitos em início de fenitização. Variam apenas as proporções entre os constituintes, faltando nas alcalinas o quartzo e a biotita, que são os minerais cuja reação com soluções sódicas produz ortoclásio e egrinaugita, mais abundantes nessas rochas.

Enquanto certamente toda a biotita dos granitos foi transformada em piroxênio durante a fenitização, essa reação exigiu apenas pequena parte do quartzo inicialmente presente, que deve ter sido eliminado por outros processos. Observa-se a ausência de tipos de rocha com pequena proporção de quartzo, ocorrendo seu desaparecimento brusco no contato entre granitos e sienitos. Lehijärvi (1960) notou fenômeno idêntico em Iivaara.

O balanço químico da formação de fenitos, pulaskitos e shonkinitos a partir de granitos exigiria dados quantita-

tivos mais completos. As tentativas feitas nesse sentido por alguns autores em localidades congêneres ainda não parecem muito conclusivas. Para comparação, resumimos abaixo as trocas de elementos indicadas em algumas áreas fenitizadas:

<i>Localidade</i>	<i>Autor</i>	<i>Elementos adicionados</i>	<i>Elementos removidos</i>
Fen	Brögger (1921)	Al, Na, Ca	Si, K
Fen	Saether (1957)	Al, Na, Ca, K, CO ₂	Si
Alnö	von Eckermann (1948)	Ca, Fe, Ti, K, Ba, CO ₂	Si, Na
Spitzkop	Strauss, Truter (1951)	Al, Na	Si
Iivaara	Lehijärvi (1960)	Al, Na, K	Si

A composição química das rochas de Anitápolis pode ser apenas estimada em primeira aproximação a partir de análises modais. A principal dificuldade reside na determinação dos álcalis através das características ópticas dos pequenos feldspatos potássicos neoformados, que provavelmente contêm teor relativamente elevado de Na₂O. As composições químicas aproximadas de um granito, de um fenito constituído de 75% de feldspato potássico, 10% de plagioclásio e 15% de egrinaugita, e de um shonkinito formado por 70% de egrinaugita e 30% de soda-ortoclásio, seriam respectivamente:

	<i>Granito</i>	<i>Fenito</i>	<i>Shonkinito</i>
SiO ₂	73%	63%	55%
Al ₂ O ₃	13	15	5
FeO		2	10
CaO	1	3	12
MgO		1,5	6
K ₂ O	7	12	5
Na ₂ O	2,5	3,2	5,3

Verifica-se que um aumento da proporção de egrinaugita nas rochas, principal índice da transformação dos granitos

em shonkinitos, acarreta diminuição proporcional do teor de SiO_2 e Al_2O_3 . O teor de K_2O aumenta inicialmente em função da eliminação do quartzo, para depois baixar novamente a medida que progride a fenitização, porém a variação total não deve ultrapassar 3%, sendo a maior parte da soda necessária à formação do piroxênio sódico fornecida pelos plagioclásios que desaparecem gradualmente.

Os principais óxidos adicionados pelos processos metasomáticos são CaO , FeO e MgO , cuja soma elevou-se de 27%. Como as evidências petrográficas demonstram que no início da fenitização dos granitos houve um enriquecimento de Na_2O , é provável que a composição do neossoma metassomático sofreu variações durante o decorrer do processo, sendo inicialmente sódico, para depois tornar-se mais rico em cálcio, magnésio e ferro.

Além dos diques, as únicas rochas magmáticas verdadeiras são, na ordem de consolidação, os ijolitos, melteigitos, piroxenitos e carbonatitos. A disposição dessas rochas no campo é aproximadamente concêntrica e sua composição e textura demonstram a origem ígnea. O carbonatito pode ser considerado como produto da cristalização de um resíduo final magmático, muito rico em voláteis, como CO_2 , P_2O_5 , F , Cl e H_2O .

A interpretação do carbonatito como resto de uma camada de calcário metamórfico seria particularmente inadequada para Anitápolis, onde a intrusão alcalina localizou-se no centro de um grande batólito granítico.

A pequena variedade de rochas magmáticas intrusivas não permite muitas inferências sobre o curso de sua diferenciação e a natureza do magma parental, menos ainda sobre a origem deste. Entretanto as observações feitas coadunam-se com a hipótese de King (1965), que postulou uma série ijolito-carbonatito para as rochas subsaturadas ricas em sódio e cálcio da Uganda, que seriam derivadas de um magma primário de composição melteigito-nefelinitica.

Parece provável que as soluções fenitizantes derivaram de rochas da série ijolito-piroxenito, uma vez que não ocor-

rem outros representantes magmáticos no atual nível de erosão embora não possa ser excluída totalmente a possibilidade de que anteriormente magmas de composição diferente tenham ascendido pelo conduto. Além disso, verifica-se certo paralelismo entre a evolução da composição das soluções metassomáticas e a das próprias rochas ígneas, inicialmente mais sódicas (início da fenitização dos granitos, correspondendo a ijolitos) e mais ricas de Ca, Fe e Mg na etapa final (abundante egrinaugita nos fenitos, correspondendo a piroxenitos). Essa seqüência parece sugerir que a consolidação gradual e concêntrica da seqüência ígnea foi concomitante à emissão de soluções fenitizantes de composição semelhante, possivelmente até o estágio em que as paredes formadas por rocha sólida impediram o escape de líquidos e voláteis. Seguiu-se então o enriquecimento dos voláteis no resíduo final até a sua cristalização como carbonatito.

POSSIBILIDADES ECONÔMICAS

Como em vários outros distritos alcalinos brasileiros, a intrusão de Anitápolis também deve a sua descoberta e primeira divulgação à ocorrência de magnetita, considerada de possível importância econômica. Moraes Rêgo e Guimarães (1926) citam como indícios de minério de ferro cristais aluviais de magnetita, a presença desse mineral no calcário e piroxenito, além de blocos de magnetita nas fraldas dos morros. Esses autores apresentam também várias análises químicas, verificando-se que o material amostrado contém elevados teores de titânio e de fósforo.

O único vestígio atual de antigos trabalhos de pesquisa é uma pequena trincheira, situada a cerca de 200 m da ponta nordeste da área de sienitos e fenitos. Observa-se aí, um veio constituído principalmente por magnetita e biotita, com espessura de 40 cm.

Em toda a região, não foram encontrados indícios promissores de concentrações de magnetita. Parece improvável que qualquer corpo apreciável de minério de ferro tivesse es-

capado às pesquisas feitas em várias ocasiões. Além disso, os altos teores de titânio e de fósforo dificultariam o aproveitamento desse material.

Nos últimos anos, foram realizadas algumas pesquisas para esclarecer a possível existência de quantidades exploráveis de fosfatos em Anitápolis. A relativa abundância de apatita em algumas das rochas da região já foi observada por Moraes Rêgo e Guimarães. As notáveis analogias geológicas com outros distritos alcalinos brasileiros, como Jacupiranga, Serrote e Araxá, onde reservas fosfáticas são exploradas, estimularam essas investigações.

O pequeno volume dos carbonatitos de Anitápolis e a sua localização no leito do rio Pinheiros, onde estão sendo erodidos, excluem a possibilidade de existir uma jazida de apatita residual, formada por processos de intemperismo, à semelhança do que ocorreu em Jacupiranga (Melcher, 1956). Serrote e Araxá. Não pode ser excluída a possível existência de algumas concentrações de apatita nas demais rochas alcalinas do distrito, formadas por segregação magmática ou processos metassomáticos. Entretanto, cabe observar que a área ocupada pelo piroxenito é muito pequena em comparação com ocorrências similares e que portanto a sua contribuição magmática também deveria ser modesta. Além disso, sua posição topográfica, no fundo do vale do rio Pinheiros, tornaria difícil e onerosa qualquer lavra. Finalmente, a existência de corpos de minério fosfático nas rochas híbridas, sieníticas e feníticas, não encontra exemplo na literatura e parece extremamente improvável.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à valiosa colaboração prestada pelos geólogos Brigitte Adelina Melcher e Arnaldo Sobanski durante os trabalhos de campo e de laboratório.

BIBLIOGRAFIA

- BRÖGGER, W. C. — 1921 — *Das Fengebiet in Telemark, Norwegen*. Vidensk. Selsk. Skrifeter, I, Mat-Naturw. Kl., nº 9.
- DAVIES, K. A. — 1956 — *The geology of part of South-East Uganda*. Geol. Surv. Uganda, Mem. nº VIII.
- ECKERMANN, H. von — 1948 — *The alkaline district of Atnö Island*. Sveriges Geol. Unders., Serv. Ca, nº 36.
- GARSON, M. S. e CAMPBELL, SMITH, W. — 1958 — *The geology of Chilwa Island*. Geol. Surv. Nyasaland, Mem. nº 1.
- HANEKOM, H. J., van STADEN, C. M. v. H., SMIT, P. J., PIKE, D. R. — 1965 — *The geology of the Palabora igneous complex*. Geol. Surv. S. África, Mem. 54.
- KING, B. C. e SUTHERLAND, D. S. — 1960 — *Alkaline rocks of Eastern and Southern Africa*. Sci. Progress, vol. 48, nº 191.
- KING, B. C. — 1965 — *Petrogenesis of the Alkaline Igneous Rock Suites of the Volcanic and Intrusive Centre of Eastern Uganda*. Journ. Petrol., vol. 6, nº 1.
- LEHIJÄRVI, M. — 1960 — *The Alkaline District of Iivara, Kusamo, Finland*. Bull. Com. Geol. Finlande, nº 185.
- MATHIAS, M. — 1956 — *The petrology of the Messum igneous complex, South-West Africa*, Trans. Geol. Soc. África, nº 59.
- MELCHER, G. C. — 1965 — *O carbonatito de Jacupiranga*. Fac. Fil. Ci. Letr. São Paulo, Bol. nº 282, Geol. nº 21.
- MORAES REGO, L. F. e GUIMARÃES, D. — 1926 — *Jazida de magnetita de Anitápolis*. Serv. Geol. e Min., Bol. nº 21.
- SAETHER, E. — 1957 — *The alkaline rock province of the Fen area in Southern Norway*. Kgl. Vidensk. Skr., nº 1.
- STRAUSS, C. A. e TRUTER, F. C. — 1951 — *The alkali complex at Spitskop, Sekukuniland, Eastern Transvaal*. Trans. Geol. Soc. S. África, nº 53.