

BOLETIM
DA
Sociedade Brasileira
de
Geologia

VOLUME
1



NUMERO
1

OUTUBRO, 1952

SÃO PAULO, BRASIL

**BOLETIM DA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA**

VOLUME 1 — OUTUBRO DE 1952 — NUMERO 1

Í N D I C E

Nota sobre uma nova jazida de apatita no Sul do Estado de São Paulo. POR PEDRO MACIEL	3
Diques de Arenito em Salto Grande, rio Paranapanema. POR ERNESTO PICHLER	15
Ocorrência de penicatito em Itapeva, São Paulo	23
Fusulinidae do Carbonífero do rio Tapajós, Estado do Pará. POR SETEMBRINO PETRI	30
Clarkecaris, novo gênero de crustáceo Syncarida do Permiano. POR SERGIO MEZZALIRA	46
Novas ocorrências de camadas supostas pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. POR FERNANDO F. M. DE ALMEIDA	53

NOTA SOBRE UMA NOVA JAZIDA DE APATITA NO SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

POR

PEDRO MACIEL

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RESUMO

O autor descreve, sumariamente, uma ocorrência de apatita na zona Sul do Estado de São Paulo.

O depósito está intimamente relacionado a uma intrusão de rochas alcalinas: sienitos, sienitos nefelínicos, sienito-pegmatitos e ijolitos.

As rochas regionais são, principalmente, gnaisses arqueanos, além de quartzitos e xistos. Nas vizinhanças da jazida ocorre dolomito.

Os afloramentos de apatita formam uma ferradura, cujos ramos tem direção Norte. O depósito em si pode ser descrito como uma lente arqueada, situada entre piroxenitos e peridotitos, e sienitos.

Os principais constituintes do minério são a apatita e a magnetita, algumas vezes cimentados por fosfato secundário de natureza não muito definida. Nos limites da lente, no contacto com o piroxenito e o peridotito, encontra-se alguma hornblendita.

A separação da fase apatita-magnetita iniciou-se logo depois do começo da do magma alcalino, provavelmente devido à assimilação de cálcio do dolomito visinho. Uma fase posterior foi representada pela intrusão de pegmatito-sienitos e por ação hidrotermal no corpo do minério.

A extensão conhecida do depósito é 1.300m e sua possança varia de 30m até o máximo conhecido de 80m. A sua profundidade, como foi determinada em sondagens é, pelo menos, 50m, na parte média da lente.

O minério possui teor médio, com P_2O_5 variando desde 24% até 36%.

ABSTRACT

The author describes, briefly, a new occurrence of apatite ore in Southern State of São Paulo.

The deposit is closely related to an intrusion of alkaline rocks: syenites, nepheline-syenites, syenite-pegmatites and ijolites.

The foreign rocks are mostly, Archean gneiss with some related quartzites and schists. In the vicinities of the deposit occurs a bed dolomite.

The outcrops of the apatite ore have a horse-shoe shape, with branches striking North. The deposit itself can be described as an arched lens, lying between pyroxenites and peridotites and syenites.

The major constituents of the deposit are apatite and magnetite, sometimes cemented by secondary phosphate of not well defined nature. Bordering the lens, at the contact with pyroxenite and peridotite, some hornblende is found.

The separation of the apatite-magnetite phase took place just after the beginning of the consolidation of the alkaline magma, probably due to the assimilation of calcium from the near-by dolomite. A further phase has been represented by the intrusion of syenite pegmatites and hydrothermal activity in the body of the apatite ore.

The known length of the deposit is 1,300 mts and its width varies from 30 mts to a maximum observed of 80 mts. Their depth, as determined by drilling, is, at least, 50 mts, in the mean body of the lens.

The ore is of medium grade and its content of P_2O_5 varies from 24% to 36%.

INTRODUÇÃO

Das jazidas de apatita, no Estado de São Paulo, são conhecidas, há muito tempo, as de Ipanema e de Jacupiranga, as quais foram descritas como jazidas de segregação magmática, relacionadas a magmas alcalinos.

Ocorrências de magnetita, relacionadas também com magmas alcalinos, no Morro do Serrote, entre Juquiá e Registro, atraíram a atenção dos pesquisadores para a região, em 1938, alguns anos após a descoberta de alguns veios de baritina, na fralda sul do morro, poucos metros acima do nível do rio Biguá. Os estudos sobre a nova jazida de magnetita foram efetuados por Theodoro Knecht e Jezuino Felicissimo Jr.

A possibilidade de aproveitamento do minério de ferro do Morro do Serrote foi posta fora de cogitações, por motivos diversos, com conseqüente abandono dos estudos. Estes foram retomados anos mais tarde, em virtude de terem sido descobertos importantes depósitos fosfáticos de origem secundária, na aba sul do Morro do Serrote.

Pouco antes da descoberta desses fosfatos, foi requerida autorização para pesquisa em uma área vizinha, onde se pretendia estudar uma ocorrência de minério de ferro. Mais tarde foram descobertos interessantes afloramentos de apatita na área requerida, cuja extensão e possança, revelaram-se consideráveis em estudos posteriores.

Esta nota preliminar trata dessa nova jazida de apatita, de um modo superficial, visando tornar conhecidas sua ocorrência e estrutura e, ainda, tirar algumas conclusões genéticas.

O autor agradece aos Srs. Miran de Barros Latif, Julio Latif e Danton Candido Gomes a permissão para a divulgação de dados que permitiram a execução da presente nota.

SITUAÇÃO

Situa-se a jazida a SW do Morro do Serrote, no local denominado Guaviruva, entre o ribeirão do mesmo nome e o ribeirão Biguá, no Município de Registro, Estado de São Paulo. (Fig. 1)



Fig. 1 — Planta de situação da jazida do Guaviruva

A região é montanhosa. As elevações desenvolvem-se entre as planícies dos rios Ribeira e Juquiá, que acusam, nas imediações, cotas em torno de 20m. As feições orográficas mais conspícuas podem ser consideradas como os últimos contrafortes da Serra do Bananal, que desenvolve-se ao Sul da Estrada de Ferro Santos a Juquiá e, em parte, ao Sul da rodovia Juquiá a Registro.

A região é drenada pelos rios Juquiá e Ribeira, os coletores principais e, ainda, pelos rios Biguá e Guaviruva, formadores do rio Peropava, afluente, por sua vez, do rio Ribeira, pela sua margem esquerda.

A região é servida por estrada de rodagem que parte de São Paulo e, passando por Piedade, atinge Juquiá com 199 km. De Juquiá a estrada demanda Registro, à margem esquerda do rio Ribeira. Juquiá é servida pela Estrada de Ferro Sorocabana, ramal de Santos a Juquiá.

Atinge-se a jazida por uma estrada que serve as imediações do Morro do Serrote e que se inicia à altura do km 211,9. Esta estrada, com cerca de 6 km, passa junto à jazida de fosforita do Serrote e continua por mais 1 km até a jazida do Guaviruva, propriamente dita.

GEOLOGIA

Da constituição geológica da região participam rochas cristalinas arqueanas e proterozoicas, bem como rochas eruptivas mais recentes, além dos sedimentos quaternários das bacias aluviais dos rios das imediações.

Das rochas arqueanas destacamos os gnaisses que ocorrem em grandes áreas, seja formando a Serra do Bananal, seja ao longo da estrada Juquiá-Registro e na parte Sul da mesma. Próximo ao km 215 desta rodovia, existe uma ótima exposição deste gnaiss, atualmente lavrado pelo D.E.R. A rocha é fitada, muito dobrada, com faixas alternadas, ricas em quartzo, umas, e outras, em feldspatos e minerais ferro-magnesianos. O epidoto é frequente, principalmente associado ao quartzo; dos minerais ferro-magnesianos, após a biotita, é muito comum a hornblenda, verde escura. Formando sills no gnaiss, aparece, às vezes, uma rocha verde escura, muito decomposta, laminada paralelamente às paredes da encaixante, como no km 213,3 da rodovia de Registro.

Também intrusivo no arqueano, é um corpo indeterminado de diabásio, que ocorre em Registro, à margem direita do rio Ribeira. Próximo à Serra do Bananal ocorrem lentes de dolomito.

Das rochas tidas como proterozoicas, destacamos: filitos, quartzitos, calcários dolomíticos. Mais afastado, ao longo dos rios Juquiá-Guassú e S. Lourencinho, afloram xistos granitizados tidos como proterozoicos, provisoriamente, por Theodoro Knecht e Jezuíno Felicíssimo Jr. Os filitos encaixam quartzitos no morro da Casa de Pedra e os dolomitos constituem o Morro do Serrote. Posteriores a estas rochas da Série de Minas, temos os granitos profíricos à leste do morro da Casa de Pedra. Granito de relações ainda indeterminadas

com as rochas regionais, ocorre próximo ao Morro do Cardoso, à SW dos afloramentos de apatita.

De idade incerta são as rochas ultra-básicas que existem na região, em estreita ligação com o depósito de apatita, ou seja, piroxenitos e periodotitos. A extensão da ocorrência destas rochas parece ser grande. Sua estrutura, no entanto, está mascarada, quer por intensa decomposição superficial, quer pelo recobrimento contínuo e espesso de material argiloso, pois, hoje, as rochas ultra-básicas ocupam as partes baixas da região, frequentemente embrejadas. Torna-se, assim, difícil a sua mapeação bem como a análise das suas relações para com as outras rochas.

Nitidamente posterior às rochas descritas até agora é um maciço com cerca de 1/4 de quilometro quadrado de extensão conhecida, constituído de rochas alcalinas, sienitos. Mais próximo do Morro do Serrote, afloram ijolitos. Como produto final da consolidação do magma alcalino temos diques de pegmatito, de granulação grosseira, cortando o sienito em várias direções e englobando massas alongadas do mesmo. Os veios de pegmatito carregam, frequentemente, alguma pirrotita, titanita e bastante ilmenita. O sienito, às vezes, mostra uma estrutura gnaissica próximo ao contáto com o piroxenito. Próximo deste contato, são comuns, no sienito, massas de apatita amarela e amarelo-esverdeado e, quando isto se dá, a aegirina, que é o piroxênio que ocorre normalmente no sienito típico da região, aparece em prismas alongados, com 2 a 3 cm de comprimento, de cor verde escura.

Os ijolitos que afloram no Morro do Serrote são produto de diferenciação do sienito, provavelmente devido à assimilação do dolomito que constitui a maior parte do referido morro.

Em uma breve descrição das rochas que mais de perto se relacionam com a gênese da jazida de apatita, pode-se constatar o seguinte:

a — *Peridotito*

Ocupa as partes baixas da região, juntamente com o piroxenito. É uma rocha de granulação média, escura, quasi preta, que, pela alteração superficial mostra-se com cor verde claro, proveniente da formação de minerais serpentínicos. Microscopicamente compõem-se de augita, titano-augita, olivina, ilmenita e magnetita. A olivina é predominante mas cede lugar, pouco a pouco, a augita, à medida que se aproxima do piroxenito. A titano-augita mostra-se ligeiramente rosada, muito pleocrôica, com inclusões como hachuras de ilmenita. Quando escasseia a augita, esta aparece circundando núcleos de titano-augita. A magnetita forma núcleos irregulares na massa da rocha, preenchendo vazios. Como produtos de alteração encontra-se serpen-

tina, hematita e limonita, em fraturas da rocha. A ordem de cristalização seria: titano-augita, ilmenita, olivina, augita e magnetita.

b — *Piroxenito*

Com disjunção em lamínas grosseiras, verticais, mostra-se bem alterado, rico em minerais esverdeados, serpentínicos. É a rocha que mais de perto se relaciona com a jazida de apatita pois, constituindo-se a encaixante do veio, parece ter-se comportado como rocha receptora por excelência da apatita. Forma dentro da apatita cunhas irregulares, verdadeiras "Schlieren". Microscopicamente, compõe-se de augita, titano-augita, pouca olivina, magnetita e ilmenita. A ilmenita apresenta-se hachureando o interior da titano-augita.

c — *Sienito*

Ocupa alguns espigões da região e apresenta-se sob diferentes aspectos, porfíricos e claros, escuros e com granulação muito fina e, ainda, sienitos com estrutura gnaissica.

Microscopicamente, a rocha compõe-se de ortoclásio, aegirina, biotita, apatita, magnetita e ilmenita, titanita, zirconita, pirrotita e calcita. Alguns sienitos do tipo porfírico são muito ricos em nefelina. Os minerais acessórios são muito abundantes, principalmente a apatita e a titanita. A apatita apresenta-se em cristais aciculares ou, então, em prismas de secção exagonal, como inclusões no ortoclásio, na nefelina e na aegirina, que às vezes, corroem e substituem a apatita. A titanita mostra-se com secção rômica, típica, frequentemente maclada, leucogenizada muitas vezes.

A nefelina, quando aparece na rocha, o faz de maneira abundante, em cristais idiomórficos, prismáticos e de secção exagonal, quasi sempre com muitas inclusões, que dispõem-se paralelamente às faces dos prismas. Também aparece em cristais muito pequenos, integrando a massa fundamental que envolve os fenocristais, com a aegirina e ortoclásio.

A aegirina aparece em cristais grandes, corroidos e substituídos por ortoclásio e calcita. Engloba, por sua vez, ilmenita e magnetita, bem como palhetas de mica biotita, esta última com muita frequência. Posterior a todos os minerais descritos, temos calcita, talvez depositada a custa de soluções residuais da consolidação do magma sienítico.

A sequência de cristalização parece ser: ilmenita, magnetita, zirconita-apatita, biotita, aegirina, nefelina, ortoclásio, calcita.

d — *Pegmatito*

Cortando o sienito em várias direções, temos veios de pegmatito, desde alguns milímetros de espessura até dezenas de centímetros. Estes veios cortam também o piroxenito, bem como a formação de apatita.

Microscòpicamente, são constituídos de grandes cristais de ortoclasio, às vezes um tanto intercrecidos com microlina, este intercrescimento ocorrendo, de preferência, nas bordas dos grandes cristais de ortoclasio; encontramos, ainda, biotita, aegirina e aegirina-augita, apatita, calcita, titanita e pirrotita.

A sequência seria: titanita-apatita, biotita e titano-augita, aegirina, ortoclasio e microlina, calcita e pirrotita.

A jazida de apatita

Com a forma de uma ferradura ou de um cinturão aberto, quasi sempre no contacto entre o piroxenito e o sienito, ocorre a formação de apatita, com os extremos do cinturão voltando-se para o Norte, com mergulho praticamente vertical e possança variando de 30m a 80m, na sua porção média.

Na sua parte leste, a formação inicia-se no local denominado Pedro Janeiro, com direção aproximada N-S. Extendendo-se para o Sul, em direção ao local denominado Cágado, a formação vai aumentando de espessura, ao mesmo tempo em que vai sofrendo uma inflexão para oeste, até colocar-se, próximo ao Ferrinho, em direção Leste-Oeste, quando a possança volta a diminuir. A espessura máxima da faixa é alcançada próxima ao Cágado quando atinge 80m. A extensão total de afloramentos é cerca de 1.300m. (Fig. 2)

A oeste e norte da faixa ocorrem os sienitos e, a leste e sul o piroxenito e o peridotito. Próximo ao contacto do sienito há um enriquecimento de magnetita, a apatita mostra-se quasi pura, englobando pequenos núcleos de anfibólio. Este anfibólio deriva dos piroxênios do piroxenito. Próximo ao contacto com o piroxenito temos o desmembramento da formação: a faixa de apatita passa a englobar cunhas da encaixante que vão aumentando de número e de possança, até que se passa, francamente, ao piroxenito. No Cágado, a feição geral da ocorrência muda um pouco. Um pouco abaixo do contacto com o sienito, temos grandes massas de magnetita cimentada por limonita e que, em seus aspectos gerais, são como verdadeiros veios marcando o limite norte da formação de apatita. De estrutura semelhante são certas massas alongadas, constituídas de apatita rica em magne-

tita, parcialmente cimentadas por fosfato secundário e com direção geral 45° NE.

Nos três pontos principais de ocorrência do minério notam-se veios de um material branco, argiloso, que deixa perceber a existência de ortoclásio, nas poucas vezes em que se apresenta, em diversas direções e com espessuras várias. Devem ser considerados, sem dú-

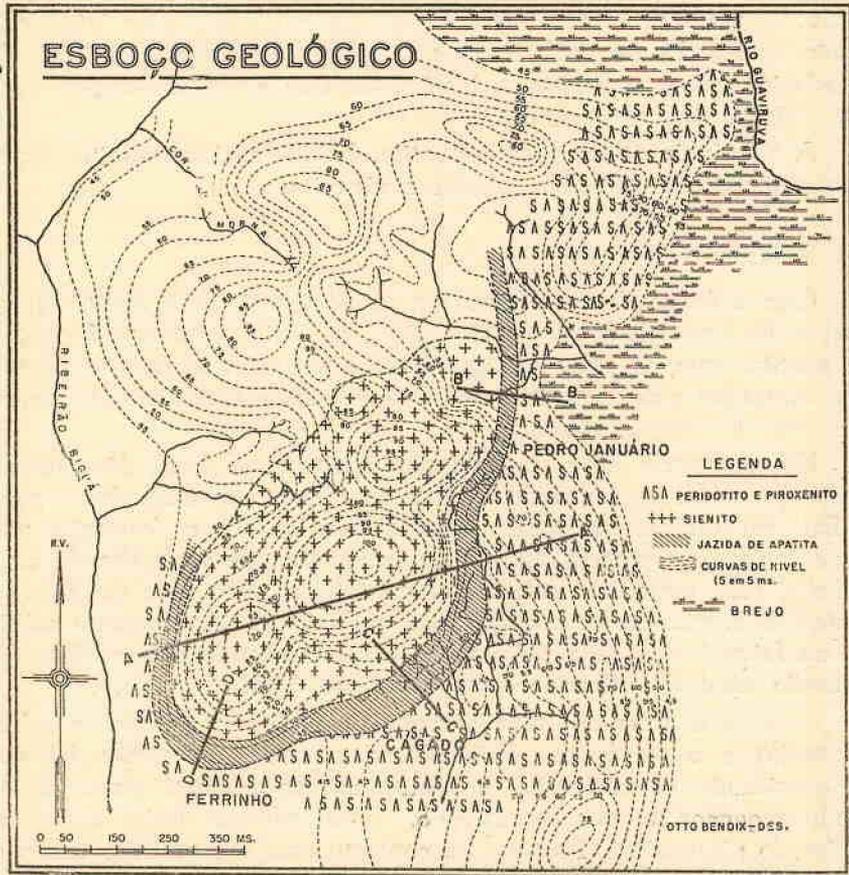


Fig. 2 — Esboço geológico das imediações da jazida.

vida alguma, como manifestações da fase pegmatítica da consolidação do sienito. São comuns, também, embora não disseminados pela formação, massas pardas de calcedônia com muita apatita. Essa calcedônia deve ter-se formado à custa da decomposição das rochas sieníticas. (Fig. 3)

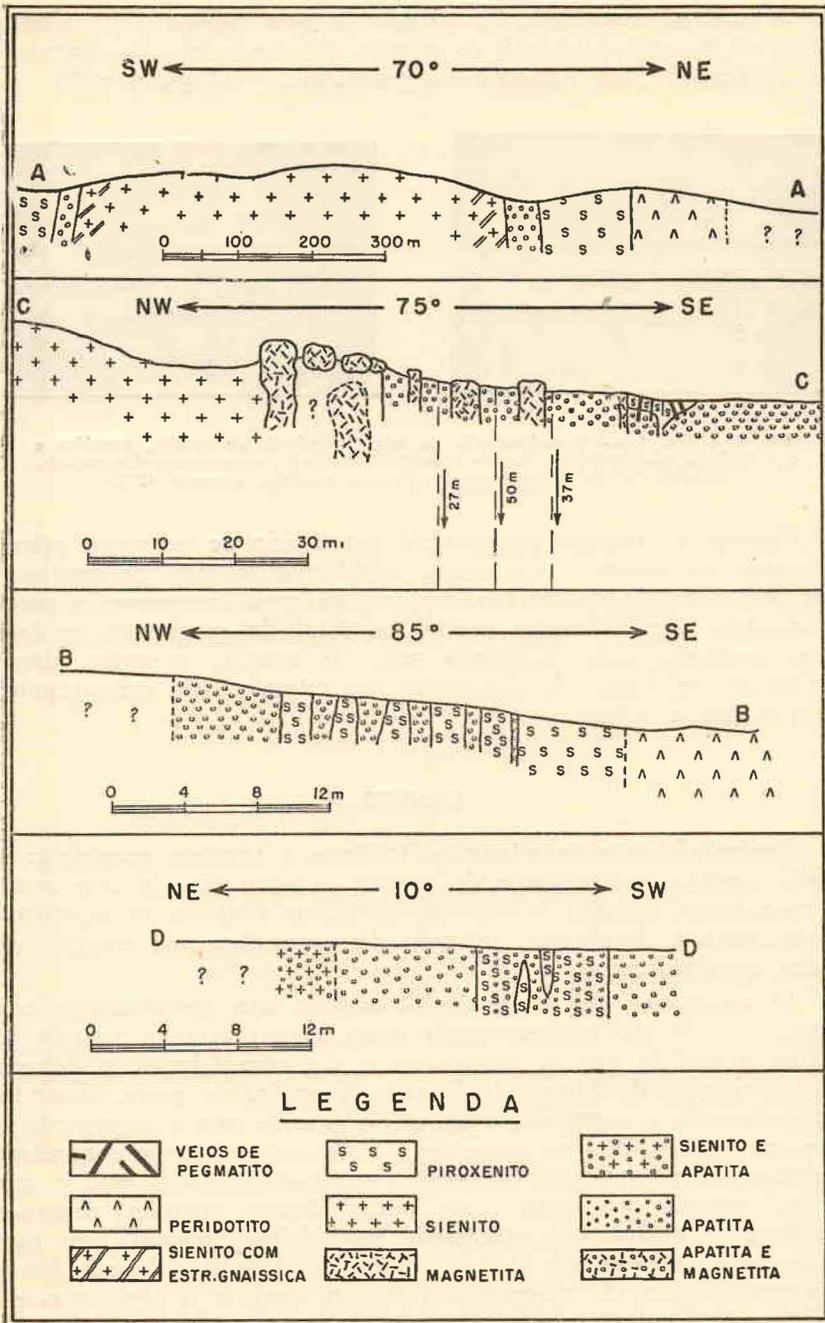


Fig. 3 — Secções geológicas da jazida.

A apatita, raramente, foi substituída pela dahlita (?). Quando isto se dá, os grãos residuais de apatita, arredondados, são cimentados por dahlita (?), em agregados fibro-radiados. (Figs. 4 e 5)

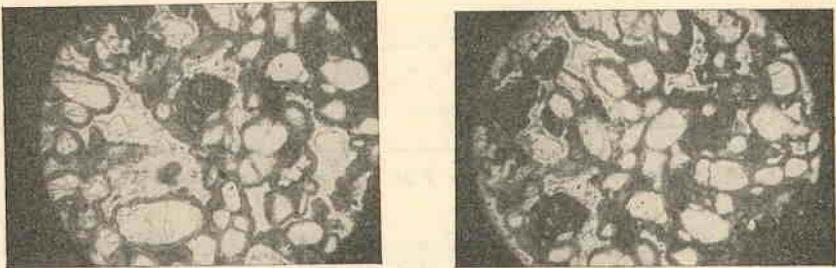


Fig. 4 e Fig. 5 — Fotomicrografia do minério: cristais de apatita, corroídos e arredondados, cimentados por fosfato secundário (dahlita?), de estrutura fibro-radiada, formando geodos. Luz polarizada, nicóis paralelos, aumento 45 X.

Quanto ao minério em geral, é constituído de pequenos prismas exagonais de apatita, juxtapostos, envolvendo cristais de magnetita. Nas partes baixas do terreno, úmidas, há uma desagregação parcial do minério, com alteração parcial ou total da magnetita, tendo-se, como resultado, uma verdadeira areia de apatita, grosseira, tingida por óxidos de ferro. As dimensões dos cristais estão compreendidas entre 0,5mm e 3,0mm.

GÊNESE

Resumindo os acontecimentos, teríamos a seguinte sequência: intrusão sienítica, consolidação do sienito — separação da fase apatita — magnetita?, intrusão da fase segregada, no contacto do sienito com o piroxenito e, finalmente, intrusão de pegmatitos que culmina com ligeira ação hidrotermal.

O mecanismo de diferenciação, embora não perfeitamente comprovado, pode ser esquematizado como segue: após a intrusão do sienito, à medida que se processava a sua consolidação, o dolomito das vizinhanças do Morro do Serrote ia sendo, em parte, absorvido, provavelmente; a contribuição de cálcio permite que a segregação da fase apatita-magnetita se concretize. Este material assim concentrado introduziu-se no contacto do sienito recém-consolidado, com o piroxenito, naturalmente uma zona fraca. Nesta intrusão, separa-se, inicialmente, a magnetita, formando verdadeiros "muros" bem junto ao contacto, como pode ser observado no Cágado; depositadas as primeiras massas de magnetita, começou também a depositar-se a apatita e, à medida que se afastava do contacto com o sienito, ia depositando-se cada vez mais apatita, até que esta dominou completa-

mente, intrometendo-se por entre o piroxenito laminado, englobando-o e impregnando-o. Temos, deste modo, a sequência, dos "muros" de magnetita quasi pura para apatita praticamente isenta de magnetita.

Posteriores à apatita e magnetita foram as manifestações pegmatíticas que, em forma de veias, cortaram o sienito, a apatita e o piroxenito, em várias direções. Uma fase de atividade hidrotermal deve ter se processado após a formação dos pegmatitos, cuja ação fez-se sentir principalmente sobre a apatita, resultando a sua corrosão parcial e formação do cimento de dahllita (?), em zonas fracas do corpo do minério. Soluções ricas em sílica substituíram em parte a apatita e cimentaram os octaedros de magnetita, mostrando os seus moldes após a sua decomposição. Esta silicificação é incipiente e local e talvez com ela estejam relacionados os veios de baritina do Morro do Serrote.

O esquema de diferenciação aqui apresentado é apenas uma tentativa de explicação dos fatos observados em campo. As hipóteses feitas, naturalmente, sofrerão contestações e só um estudo futuro, mais acurado, poderá confirmá-las ou não.

A inexistência de minerais comuns ao sienito, como piroxenios e ortoclasio, indica que deve ter havido um bom espaço percorrido pela fase apatita-magnetita após a sua separação da massa de sienito, pois se assim não fosse, aqueles minerais deveriam ser forçosamente encontrados em associação com o minério, o que não acontece. Deve-se concluir, pois, que o desenvolvimento em profundidade do minério deva ser grande.

CONCLUSÕES

Como conclusões do que foi exposto, podemos destacar:

1 — A origem dos depositos de apatita do Guaviruva está intimamente relacionada à intrusão de rochas alcalinas, que devem ter-se consolidado em profundidade.

2 — A segregação de uma fase magnetita-apatita deu-se após o início da consolidação do sienito, depois do que houve movimentação desta mesma fase e conseqüente intrusão entre o sienito e o piroxenito.

3 — A cristalização dos constituintes desta fase iniciou-se com a separação de magnetita, próximo ao contacto com o sienito, e continuou em direção ao piroxenito, com gradativo empobrecimento de magnetita e correspondente enriquecimento de apatita.

4 — Como últimas manifestações do magma sienítico temos a formação de diques de pegmatitos, ações hidrotermais e silicificação incipiente e localizada.

5 — Como a intrusão da fase magnetita-apatita deu-se em profundidade, o desenvolvimento em profundidade da formação de apatita, agora aflorante mercê da erosão, é função da intensidade com que atuou esta erosão. Si a erosão trabalhou somente o nível superior

da intrusão sienítica, como faz pensar o afloramento restrito das rochas alcalinas na região, que formam somente alguns espigões com pequena área (embora sejam conhecidos afloramentos de rochas alcalinas, muito distanciados entre si, não contínuos) é de esperar-se que a continuidade da formação de apatita, em profundidade, permita a sua exploração até um nível muito inferior àquele correspondente à topografia atual.

6 — Desprezando-se as porções de sienito e de piroxenito, impregnadas de apatita, temos uma espessura média de 40m e uma extensão de 1.300m. Sondagens alcançaram profundidades até de 50m no interior da formação, sempre com minério de mesmas características que o de ocorrência superficial. A reserva poderia ser então considerada como o produto das 3 dimensões, ou seja, 2.600.000m³. Considerando-se o peso específico do material como 3g/cm³, a reserva sobe a 7.800.000t, de minério cujo teor em anidrido fosfórico varia desde 24% até 36%, quando bruto.

Esta nova jazida de apatita, quer pela reserva, quer pela qualidade do minério, situa-se entre as mais importantes e interessantes de São Paulo e do Brasil.

OBRAS CITADAS

- 1 — KNECHT, THEODORO (Felicissimo Jr., Jesuino) — *Contribuição para o conhecimento geológico da bacia do rio Ribeira de Iguape*. Inst. Eng. de São Paulo, Bol., v. 28, n. 137, pp. 20-21. 1928.
- 2 — KNECHT, THEODORO (Felicissimo Jr., Jesuino) — *Jazida de Magnetita do Morro do Serrote*. Inst. Geogr. Geol. S. Paulo, Bol. n. 23, 1939.
- 3 — MORAES, LUCIANO JACQUES DE — *Jazidas de Apatita de Ipanema. Estado de São Paulo*. Serv. Fom. Prod. Min., Bol. n. 27, Rio de Janeiro 1938.
- 4 — LEINZ VIKTOR — *Petrologia das jazidas de apatita de Ipanema. Estado de São Paulo*. Div. Fom. Prod. Min. Bol. n. 40, Rio de Janeiro, 1940.

São Paulo, agosto de 1952