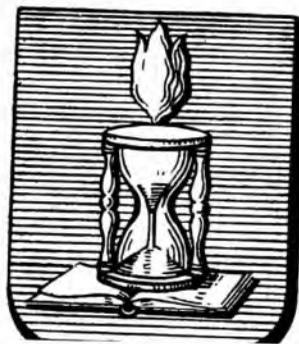
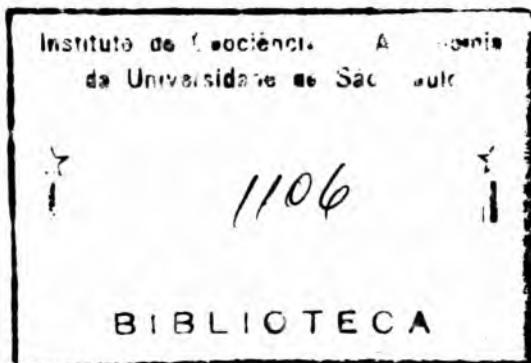


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM XLIV

MINERALOGIA

N.º 6



Instituto de Geociências



**Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da
Universidade de São Paulo**

no.6-10(1944-46, 1952)

S. PAULO — BRASIL

1944

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

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

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

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

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor:

Prof. Dr. Jorge Americano

Diretor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras:

Prof. Dr. André Dreyfus

Cadeira de Mineralogia e Petrografia:

Professor:

Eng.º Reynaldo Saldanha

Professor interino:

Dr. Ruy Ribeiro Franco

Assistentes:

Dr. William G. R. Camargo

Lic.º Walter Loewenstein

Estagiário:

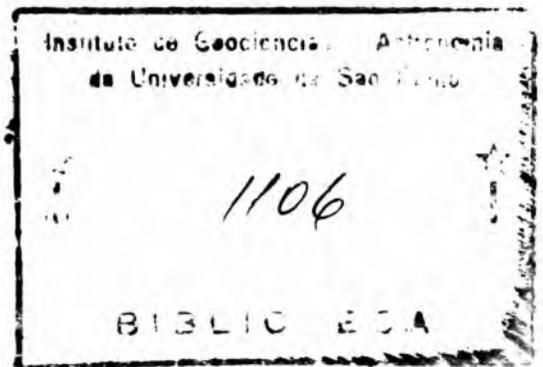
Licenciando José M. V. Coutinho

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM XLIV

MINERALOGIA

N.º 6



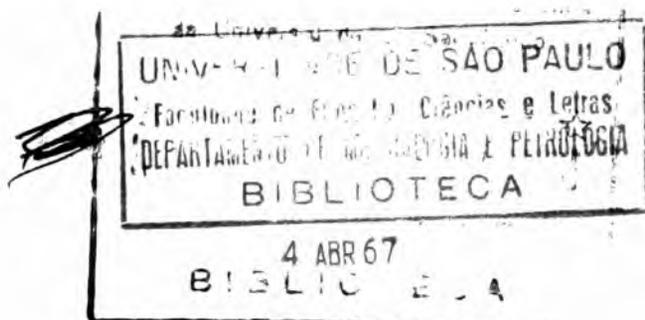
Índice

Franco, R. R. — A faixa estanífera do Rio Grande do Sul 5

S. Paulo — Brasil

1944

550.5
M661m
1944-1952
V.3
n.6-10



A FAIXA ESTANÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL

por

Ruy Ribeiro Franco

ÍNDICE

	<i>Pág.</i>
1. Introdução	5
2. Descrição da área mineralizada	5
3. Breve histórico e exploração	10
4. Geologia geral da região	12
5. Descrição das rochas da região	13
a. Algonquiano	13
b. Devoniano (?)	22
6. Mineralogênese	24
a. Introdução	24
b. Turmalinização e greisenificação	28
c. Cassiterita	36
d. Aplitos e pegmatitos	37
e. Filões	43
7. Conclusões	49
8. Summary and Conclusions	51
9. Bibliografia	52

A FAIXA ESTANÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL

1 Introdução

Este trabalho apresenta os resultados de investigações geológicas, petrográficas e mineralógicas da já conhecida área mineralizada, a “faixa estanífera do Rio Grande do Sul”

Esta faixa, relativamente rica de minas, jazidas e ocorrências de cassiterita, está situada nos municípios de Encruzilhada e Piratini. Compreende duas partes bem distintas — a do norte, onde estão localizadas as minas de Cerro d’Árvore e Sanga Negra e a do sul que conta com as minas e jazidas do Taboleiro, Cerro Branco, Campinas, Santa Bárbara, Estreito, Pedro Freitas, Aluvião Camaquan e outras ocorrências de valor secundário. As duas zonas compreendem, não somente depósitos filonianos, pegmatíticos e eluvionais, mas também depósitos aluvionais, que mostram sempre algum interesse econômico.

Neste trabalho, trataremos somente dos depósitos situados na parte sul da faixa estanífera deixando de lado a parte norte, onde além de cassiterita existem volframita, calcopirita, arsenopirita, turmalina, fluorita, hematita especular e outros minerais que ocorrem em veios de quartzo de espessura variável e em extensão aproximada de 1 quilômetro, em diferentes afloramentos (Cerro d’Árvore).

Esta tese, realizada por sugestão dos professores Reynaldo Saldanha da Gama e Viktor Leinz, teve seu início em Janeiro de 1943, quando o autor colheu os dados geológicos e as amostras representativas das formações, para os estudos petrográficos e petrogenéticos.

2. Descrição da área mineralizada

A maior parte da área mineralizada compreende dois tipos principais de rochas. O mais antigo é constituído de micaxistos, cloritaxistos, talcoxistos, filitos, quartzitos e mármores, colocados no algonquiano inferior (série Porongos).

Esta série, provavelmente metamorfizada e dobrada durante o período algonquiano, foi invadida por grandes massas magmá-

licas ácidas, consistindo de granitos ligeiramente alcalinos e diques de aplitos, pegmatitos e veios de quartzo, mineralizados em SnO_2 e MoS_2 (êste último menos comum), como constituintes primários do magma. Essas intrusões constituem o segundo tipo de rochas. Targa (34), que estudou parte da área mineralizada, conclue que a mineralização não se processou por influência de intrusivas graníticas, mas sim de rochas dioríticas, encaixadas nos xistos cristalinos. Esse Autor considera ainda que as regiões do planalto, isto é, as partes mais elevadas e também mais denudadas, sejam constituídas de gnais-granitos.

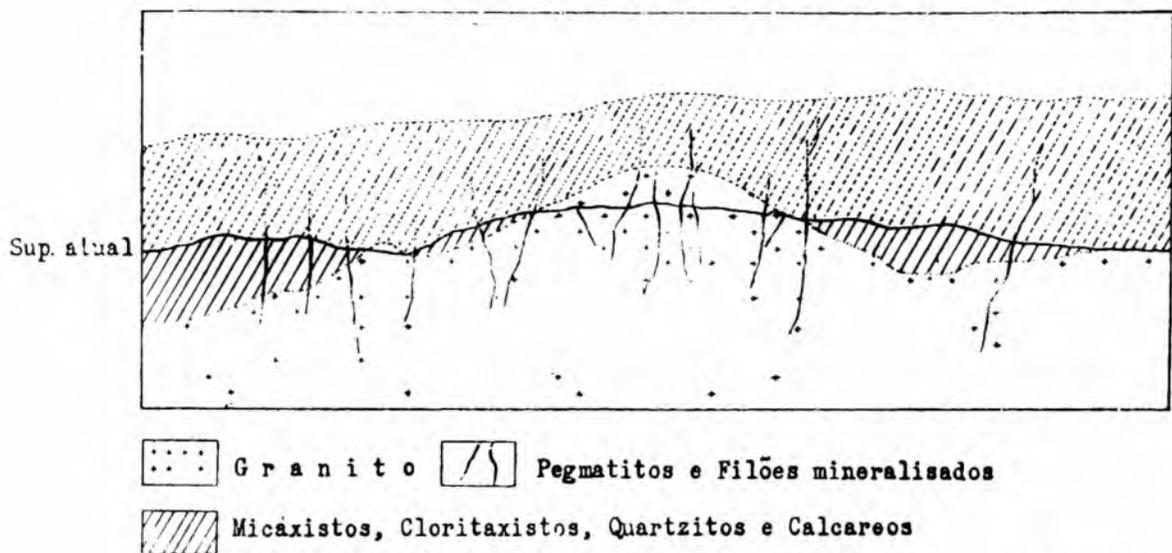


Fig. 1 Esboço mostrando as aparentes relações dos diques de pegmatito e filões mineralizados com o granito e os termos metamórficos da série Porongos.

De todos os trabalhos já publicados sobre a região, êste é o que trata mais pormenorizadamente de perfis geológicos e das diferentes relações entre os corpos mineralizados e as rochas locais. Êste Autor, contudo, não dedicou muita atenção aos estudos petrográficos das rochas da região.

As intrusões graníticas, que provocaram em algumas regiões a formação de auréolas cornubianíticas nos termos da série Porongos (esta série é conhecida também pelos nomes de Ibaré, São Gabriel, etc.), pertencem ainda ao algonquiano, sendo entretanto mais recentes que êstes. A região estanífera localiza-se, principalmente, na zona de contacto entre os xistos e o granito, ocorrendo os corpos mineralizados tanto numa como noutra formação (ver mapa geológico anexo).

Xistos e granitos sofreram, no decorrer da fase de mineralização, bem acentuado metamorfismo pneumatolítico exógeno e endógeno, devido à ação, em alta temperatura, de emanções aquo-boro-fluoríferas residuárias. Resultou dêste metamorfismo a

turmalinização dos xistos, quartzitos e mesmo dos granitos, com a formação, em algumas regiões, de verdadeiro "schorl-rock" (agregado de turmalina e quartzo). Resultou também, embora mais raramente, a formação de "greisen" (Campinas), onde se pode notar intensa muscovitização das paredes do granito encaixante e larga disseminação de cristais de cassiterita e turmalina.



Fig. 2 - Mina Campinas, mun. de Encruzilhada. Trincheira aberta no granito alterado, rico de faixas greisenificadas e com disseminação de cassiterita.

Campinas, uma das principais minas da região e a que tem sido mais trabalhada, apresenta-se com características de depósito tipo "stock-work" com predominância de fendas nas direções N30E, N45W e NS.

A região, até o presente momento, não foi ainda bem estudada, bastando dizer que os mapas existentes sobre a área são incompletos e muito pouco precisos, assim geológica como topograficamente.

E' servida exclusivamente por estradas de rodagem precárias, transitáveis, não obstante, mesmo durante as estações chuvosas. As estações ferroviárias mais próximas são as de Cachoeira e Rio Pardo ao norte e Pelotas, ao sul. As distâncias destas cidades variam respectivamente de 120, 150 e 170 quilômetros, em média, para as diversas jazidas.

Com diferenças de níveis em média de 100 a 150 m, a região se mostra, topograficamente, acidentada. Aparecem, em quase toda a área, inúmeras elevações mais ou menos conspícuas, onde se encontram estruturas remanescentes de antiga superfície gliptogenética de erosão. Em Coxilha das Figueiras e áreas circunvizinhas, o granito, já completamente denudado e rico de matacões, aparece sob a forma de grande batolito. Em Campinas e Cordi-

lheira do Estreito, a erosão está pondo a descoberto os pontos de contacto entre o granito intrusivo e os xistos encaixantes. Parece evidente que, a área onde se localizam as jazidas, experimentou



Fig. 3 - Mina Campinas, mun. de Encruzilhada. Micaxistos com lentes de quartzito.

longo processo de desintegração, através de sucessivos ciclos. Extensas áreas estão cobertas por formação relativamente espessa de seixos rolados e angulosos de tamanhos variados, provenientes



Fig. 4 - Paredão, mun. de Piratini. Monadnock de quartzito. Ao fundo, granito.

da fragmentação mecânica dos quartzitos e dos inúmeros filões de quartzo, estéreis ou não. Nessas áreas, bem como naquelas onde predominam quartzitos e xistos, a vegetação é muito pobre.

Matas densas ocorrem somente nas áreas graníticas, onde há sempre camada de terra vegetal relativamente espessa (baixadas).

Os "hogbacks" de quartzito e quartzito-xistos do Paredão, Cerro Branco, Cerro do Portão e Campinas e outros menos cons-



Fig. 5 - Cerro do Portão, mun. de Encruzilhada. Xistos e quartzitos. No primeiro plano a vegetação das baixadas.

pícuos, com mergulhos geralmente uniformes, constituem também prova evidente do processo erosivo sofrido pela área mineralizada.



Fig. 6 - Cordilheira do Estreito, municípios de Encruzilhada e Piratini — Xistos e quartzitos.

Quaisquer que tenham sido os esforços determinantes da abertura das diáclases e fendas, estas se deram principalmente na di-

reção N30E com formação de inúmeros diques e filões aproximadamente paralelos. Há, contudo, bom número destes que não seguem este rumo geral, mas sim outras direções, N45W e NS que correspondem, visivelmente, às outras diáclases dos granitos e xistos.

O verdadeiro mecanismo da intrusão, sua relação com as fendas e o processo da mineralização propriamente dito, serão tratados em capítulos que se seguem.

No estudo que faremos sobre a formação dos diques aplíticos, pegmatíticos e dos filões mineralizados e demais fenômenos que se realizaram simultaneamente, analisaremos, em separado,



Fig. 7 - Cerro do Inferno, município de Piratini — Quartzito lenhoso. No primeiro plano aparecem o granito e a mata ciliar do Rio Camaquan.

os diversos fatos, procurando não perder a noção de conjunto tanto no espaço como no tempo.

3. Breve histórico e exploração

As primeiras amostras de cassiterita da faixa estanífera, foram descobertas e identificadas por Frederico Gustavo Scheffer, por volta de 1903, na região de Campinas, época na qual já funcionava a mina de Cerro d'Arvore na extração de volframita. Entretanto, somente no ano de 1913 é que se iniciaram os primeiros trabalhos de extração de cassiterita desta região pela Cia. Belga de Estanho de Campinas Sociedade Anónima, fundada pelo seu descobridor. Foram construídos, engenho completo para tratamento de 250 ton/24 h de minério, cabo aéreo de 1.400 metros e plano

inclinado para o transporte do elúvio do vale da sanga da Bateia até a estação do cabo aéreo.

Em 1914, a mina entrava em franca produção para alguns meses depois cessar completamente seu funcionamento em consequência da Guerra Mundial de 1914. Ficaram assim isoladas, a Diretoria em Bruxelas e a Administração da mina em Campinas.

Atualmente esta mina vem sendo explorada superficialmente por garimpeiros e faiscaidores por conta do proprietário e concessionário.

À instalação da Cia. Belga no ano 1913, seguiram-se a descoberta de outros afloramentos como sejam aqueles de Cerro Branco e Taboleiro, pertencentes desde 1928, à Sociedade de Mineração Renner Ltda. Surgiram logo depois as excavações dos afloramentos da mina Paulista, Santa Bárbara, Gorita e mais recentemente Pedro Freitas.

Ainda, com referência a êste breve histórico da região, faça-se aqui ligeira menção sobre o depósito conhecido pelo nome de Aluvião Camaquan, situado na maior curva do rio do mesmo nome. Êste, de propriedade da Sociedade Mendes Teixeira e Cia. de Pelotas é constituído de formações sedimentares de diversas épocas, acumuladas na margem esquerda do rio Camaquan. A camada aluvionar contendo cassiterita acha-se no fundo das formações sedimentares acima mencionadas, numa profundidade média de 12 metros. É constituída principalmente de cascalhos, nos quais a cassiterita, geralmente granular e de tamanho variado, se acha associada à granada, ilmenita, monazita, turmalina, magnetita, hematita, zirconita e muito raramente, a pequeninas pepitas de ouro. Êstes depósitos aluvionais foram recentemente prospectados pela Cia. de Estradas de Ferro e Minas de São Jerônimo, visando confirmar a prospecção do engenheiro Anatol Bromirsky, que também pertenceu a essa Cia. Segundo êste último, em trabalho realizado nos anos 1928-29, a reserva de cassiterita prospectada nos antigos leitos do rio Camaquan seria de mil toneladas.

Antigamente e ainda hoje grande parte da cassiterita que se funde na região (fusão feita em fornos revérberos) provém principalmente de depósitos eluvionais e aluvionais encontrados nas depressões das sangas e nas encostas das rochas que sofreram a mineralização.

Os trabalhos até agora realizados tem sido conduzidos de maneira extremamente rudimentar. Nos depósitos aluvionais e eluvionais a extração tem visado somente as concentrações ricas de cassiterita, cujo beneficiamento, com bateias manuais, acarreta grande perda do material fino durante a lavagem. Nos filões, garimpeiros e faiscaidores, trabalhando somente no material menos coerente ou muito rico de cassiterita, desprezam por completo o

minério que se acha associado a alguma ganga quartzosa ou feldspática não alterada. Do emprego de tão primitivos métodos de trabalho e da falta de orientação técnica, resulta o empobrecimento das jazidas no seu conjunto, com seus graves inconvenientes.

Das jazidas e ocorrências, algumas se acham quase que totalmente intactas e outras parcialmente trabalhadas, não existindo, em toda a região, jazida alguma, (com exceção de Campinas e Aluvião Camaquan) que tenha sido prospectada adequadamente.

Somos, contudo, de opinião que a área é bem promissora e deve merecer do governo e das pessoas interessadas na metalurgia do estanho, estudo de prospecção minucioso e pormenorizado.

Pelo seu interesse econômico, mineralógico e geológico, a região, objeto deste trabalho, já foi estudada sob diversos pontos de vista, devendo-se salientar os trabalhos de P. F. Carvalho (10), D. Guimarães (17), F. Targa (34), V. Leinz e S. A. Carneiro (25), O. Barbosa (2) e P. A. Alvim (1). Merecem ser citados ainda alguns outros trabalhos que foram consultados para confronto do estudo geológico da região mineralizada e outros pontos do Estado do Rio Grande do Sul — E. A. Teixeira (35), V. Leinz e E. A. Teixeira (26), V. Leinz (23), V. Leinz, A. Barbosa e E. A. Teixeira (24), D. Guimarães (18) e A. I. de Oliveira e O. Henry Leonardos (29)

4. Geologia geral da região

A geologia geral da região já se encontra delineada em alguns trabalhos anteriores. Entretanto, para melhor compreensão das relações entre os termos da série Porongos, as intrusivas ácidas e as jazidas, levantámos o mapa geológico anexo. Os perfis, figs. 8 e 9, mostram as relações existentes entre os xistos e o granito, principais formações geológicas da região.

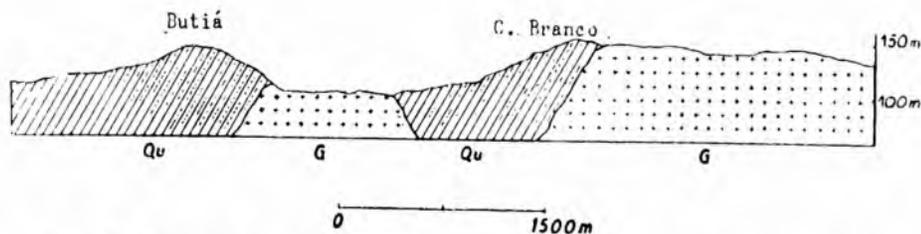


Fig. 8 - Secção EW, município de Encruzilhada, Qu quartzitos e xistos, G granito.

A área estudada compreende xistos da série Porongos, granitos do mesmo período e ao norte, na região do Taboleiro, assentam sobre os primeiros, os sedimentos da série Camaquan (devoniano?). Granitos e xistos constituem o complexo cristalino, substrato para as formações de idades mais recentes. Em toda

área percorrida pelo autor não foi encontrado um ponto siquer, no qual se pudessem notar os contactos entre o complexo cristalino (arqueano) e a base da série Porongos (algonquiano inferior).

A intrusão granítica é posterior à formação dos xistos, mármore e quartzitos por haver indícios de metamorfismo térmico no contacto de uma e outra formação. Há também inúmeras apófises de granito nos xistos.

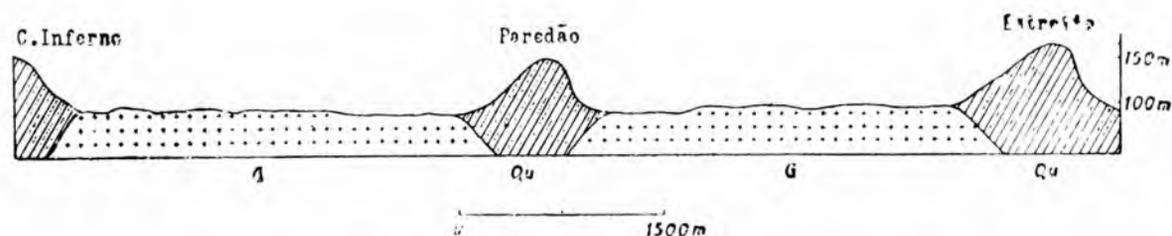


Fig. 9 Secção EW, município de Piratini, Qu quartzitos e xistos, G granito.

Como coluna geológica, adotaremos os dados de Leinz, Barbosa e Teixeira (24) para a área Caçapava-Lavras. Alguns dos termos estratigráficos citados por êstes Autores foram por nós encontrados na região da faixa estanífera. Assim, seguindo a ordem cronológica dêsses Autores, teríamos a coluna geológica da área estudada, disposta segundo o quadro que se segue. Muitas formações encontradas em áreas circunvizinhas à da faixa estanífera não foram observadas pelo autor. Finalmente, não cogitaremos aqui da questão das idades destas e de outras formações, porquanto nos faltam dados seguros a respeito.

5. Descrição das rochas da região

No estudo petrográfico da região mineralizada, trataremos principalmente de três formações — xistos e quartzitos; granitos intrusivos e arenitos arcossianos da série Camaquan.

a) Algonquiano

Os xistos incluídos neste período apresentam-se com todos os característicos dos termos homólogos de outras séries do mesmo período — série Minas, série São Roque, série Assungui, etc., onde se nota quase idêntico grão de metamorfismo. A série Porongos, na região mineralizada, não mostra os calcários proteozóicos que se acham intercalados nos xistos das regiões circunvizinhas. Os xistos predominantes apresentam-se de granulação fina, tendendo para filitos nos quais se pode distinguir textura cristalina visível a olho nú. As superfícies de xistosidade

QUADRO

Coluna geológica da área mineralizada

Post-devoniano (não observado)	Vulcanismo andesítico — Mineralização cuprífera aurífera. Discordância
Devoniano?	Série Camaquan — Arenitos vermelhos e conglomeratos de mais de 500 metros de espessura e parcialmente perturbados pela intrusão dos andesitos. Arenitos arcósiolos. Discordância
Siluriano? (não observado)	Vulcanismo ácido com quartzo-pórfito e felsito.
Siluriano? (não observado)	Série Maricá. Discordância
Algonquiano	Filitos, micaxistos, cloritaxistos, hornblendaxistos, quartzitos, mármore com fácies cornubianítica. Intrusões de granitos ligeiramente alcalinos, formação de diques aplíticos e pegmatíticos, veios de quartzo e mineralização de estanho, tungstênio e molibdênio. Formação de greisen e turmalinização locais dos termos da série Porongos. Discordância
Arqueano Complexo cristalino brasileiro (não observado)	Granitos calco-alcalinos ligeiramente gnaissificados, leptinitos, etc.

mostram, em alguns casos, coloração cinzenta brilho micáceo e sedoso (Campinas). Filitos e xistos concordam na sua composição mineralógica pois ambos possuem quartzo e mica como elementos essenciais. A textura dominante é a granuloblástica; há, contudo, xistos turmalinizados, que apresentam típica textura nematoblástica.

Em Cetro Branco predomina quartzo-clorita-xisto, contendo pequena quantidade de palhetas verdes de clorita e, muito raramente, pequeninos cristais de magnetita. Ocorrem xistos talcosos formados principalmente por palhetas esbranquiçadas ou esverdeadas de talco e clorita. Encontram-se, também, xistos talcosos que exibem, não raramente, sinais de estratificação original. Algumas vezes pode-se notar a presença de hematita terrosa que tingem os xistos de vermelho. Assim, nas proximidades de Varzinha, encontramos concentrações de hematita concordantes com os estratos dos xistos. Acreditamos que sua formação se deve, talvez, à ascensão ou descensão de soluções ferruginosas que impregnaram, na sua passagem, as camadas dos xistos. Nesta mesma área aparecem xistos ligeiramente feldspatizados o que nos sugere metamorfismo de injeção ou metamorfismo "lit-par-lit" pela ação de soluções alcalinas do magma residual através das suas camadas. Este fato nos leva a concluir que houve migração dos constituintes essenciais do granito através dos xistos encaixantes (metamorfismo por embebição, Michel Lévy ou leptinolito, nome sugerido por A. Lacroix) citados por Lapparent (12).

Este fenômeno não se verifica somente com relação aos xistos, pois grandes massas de quartzito também se mostram impregnados de feldspatos em diversos estados de feldspatização.

Não verificamos, contudo, a presença de inclusões de xistos no granito, fato muito comum nas áreas submetidas a fenômenos intrusivos de injeção.

O metamorfismo na região de contacto é muitas vezes, pouco evidente, devido a grande estabilidade dos minerais dos xistos originados em condições de temperatura e pressão elevadas (me-sozona). V. Leinz, A. Barbosa e E. A. Teixeira (24) citam, à pag. 16 do trabalho referido, que a "intrusão granítica conseguiu estimular uma recristalização dos xistos apenas nas vizinhanças de contacto" Mas, já pouco além desta zona de contacto, os minerais dos xistos, que foram formados em p.t, mais alto, permanecem estáveis nas condições térmicas provocadas pela intrusão.

Os xistos são fortemente inclinados, 65-75 graus e apresentam direção constante com pequenas variações locais.

Em muitas áreas eles se mostram profundamente alterados. Os quartzo-micaxistos não alterados e aqueles que se mostram par-

cialmente decompostos exibem leitos distintos que favorecem sua separação em lâminas delgadas.

Quartzitos são abundantíssimos na área mineralizada, devendo-se a eles as principais elevações da área. Seu aspecto, geralmente branco, róseo e maciço, torna-o facilmente confundível, à primeira vista, com os veios de quartzo. Os quartzitos intercalados nos xistos concordam com estes não só no mergulho, mas também na direção e, muitas vezes, sua distinção dos veios de quartzo se faz ou por via ótica ou no campo, pela ausência de salbandas nas regiões de contacto.

Além do quartzito leitoso, encontra-se comumente na região (Cerro Branco e Cerro do Inferno) quartzito lenhoso, de coloração variável e possuindo bem acentuada xistosidade, motivada aqui, pela presença de lâminas de mica (muscovita), que emprestam à rocha a capacidade de se clivar facilmente, como se fosse um pedaço de lenho.

Na descrição do granito, que daremos a seguir, orientar-nos-emos pelas idéas clássicas, não entrando na discussão sobre a sua origem.

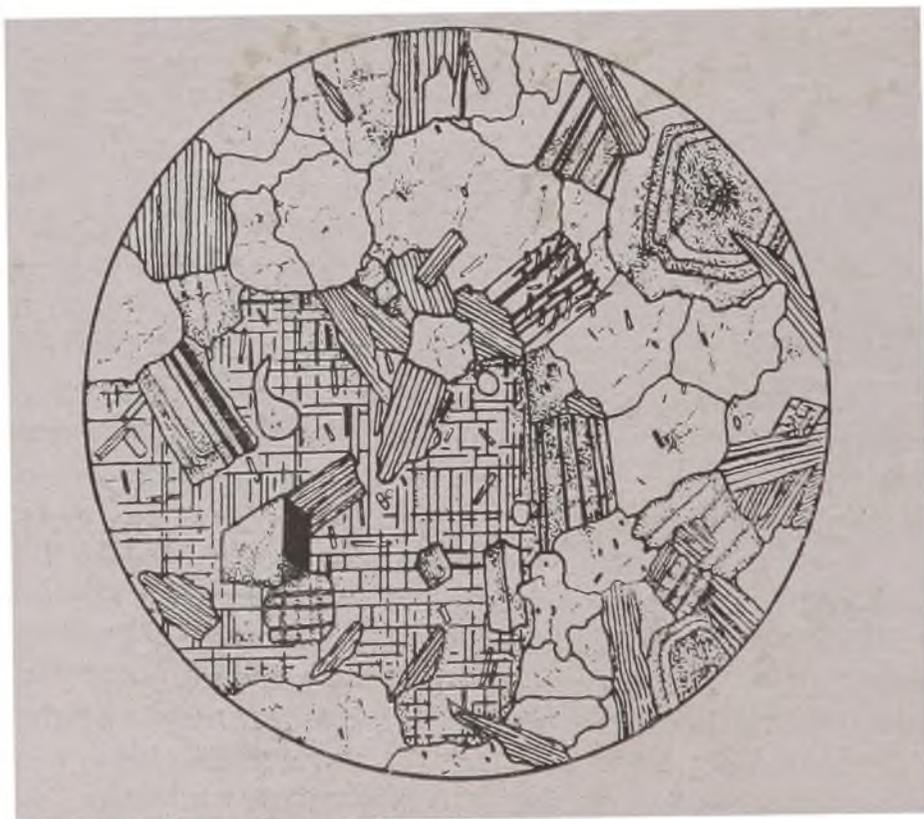


Fig. 10 - Granito, mina Santa Bárbara, município de Piratini — N+ ×26 microclínio encerrando restos de cristais de quartzo, ortoclásio e plagioclásio. Quartzo e plagioclásio zonados, muscovita e biotita.

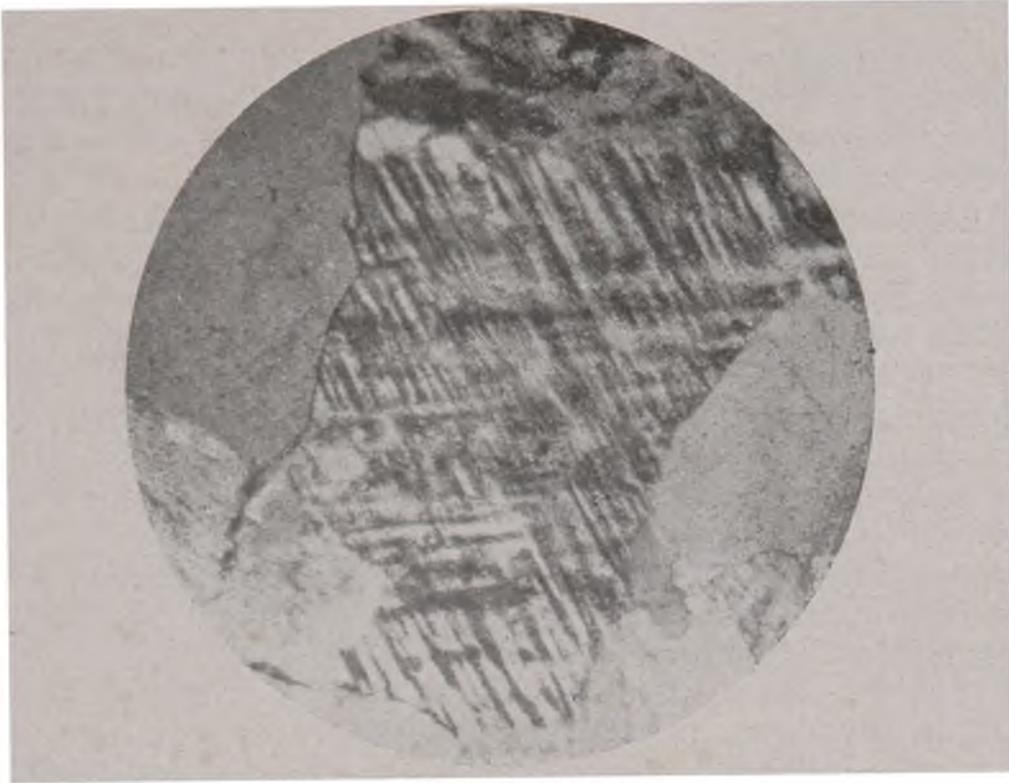


Fig. 11 - Granito, proximidades do Cerro Branco, município de Encruzilhada, N+ $\times 35$. microclínio encerrando restos de cristais de quartzo. Vem-se ainda cristais de ortoclásio, biotita e muscovita.

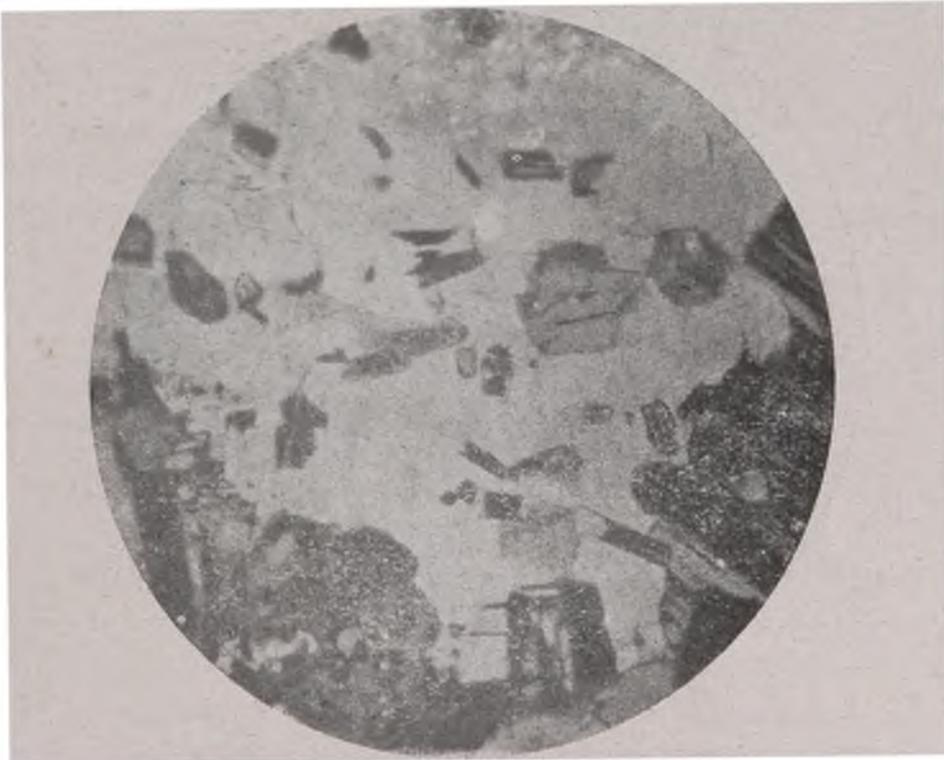


Fig. 12 - Granito, mina de Santa Bárbara, município de Piratini, N+ $\times 25$. Grande cristal de microclínio com inclusões diversas: grãos arredondados de quartzo, ortoclásio, plagioclásio zonado, biotita e oligoclásio.

Os afloramentos de granito apresentam-se, geralmente, com duas colorações (capítulo Mineralogênese) : em algumas áreas predomina biotita-granito e, em outras, granito a duas micas e ainda muscovita-granito.

A granulação varia sobremaneira e em algumas partes o granito exibe incipiente textura paralela motivada, em parte, pela orientação da biotita e muscovita. A granulação ora normal, ora porfiróide e mesmo pegmatóide é devida, principalmente aos diferentes estágios de viscosidade do magma durante os processos de diferenciação que se deram por ocasião da consolidação do magma. Contudo, em qualquer dos casos considerados, nota-se sempre a seqüência normal de cristalização dos elementos do granito.

Nota-se nas figs. 10, 11 e 12 que o microclínio parece se ter formado posteriormente, incluindo restos de oligoclásio inalterado, oligoclásio ligeiramente albitizado, ortoclásio e quartzo, mediante processo de substituição. Alguns pontos exibem cristais de microclínio invadindo cristais de ortoclásio e oligoclásio e algumas lâminas mostram, ainda, exemplos perfeitos de microclinização, nas quais se notam os remanescentes do oligoclásio e ortoclásio. No granito pegmatóide os cristais de feldspatos são comumente idiomorfos e geminados.



Fig. 13 - Biotita-granito, proximidades da Sanga do Butiá, município de Encruzilhada, N+ $\times 35$ Biotita mostrando o característico efeito **birds' eye maple**. Biotita com halos pleocróicos. Oligoclásio, ortoclásio e quartzo.

O quartzo parece ter sofrido típico fenômeno de absorção, pois algumas vezes apresenta-se como inclusões esferoidais e elipsoidais.

A composição mineralógica é a seguinte: quartzo, oligoclásio, ortoclásio, microclínio, biotita, muscovita, apatita, zirconita e titanita.

Quartzo — Apresenta-se comumente como elemento intersticial. Não raramente vêmo-lo associado ao ortoclásio e ao plagioclásio, formando respectivamente textura micropegmatítica e textura mirmecquítica (quartzo vermicular), fig. 14. Mostra-se geralmente fraturado e com extinção ondulante. É encontrado também sob a forma de grânulos arredondados e esferoidais no interior de cristais de microclínio e oligoclásio, proveniente nesse caso, talvez, da substituição destes por aquele mineral. Inclue, por sua vez, finas agulhas de apatita e grânulos microscópicos não identificáveis.



Fig. 14 - Granito, Sanga do Butiá, mun. de Encruzilhada, $\times 26$ — Fragmentos mostrando típica textura micropegmatítica. Quartzo e biotita com halos pleocróicos.

Pudemos verificar a existência de micropegmatito ao redor do ortoclásio, o que parece indicar-nos que este mineral sofreu corrosão e suas cavidades foram posteriormente preenchidas pelo quartzo. Muitas vezes, o quartzo, geralmente sob a forma de agulhas, se distribue no interior do ortoclásio, formando concreções de estrutura radiada.

Oligoclásio — É o plagioclásio dominante, apresentando-se sob a forma de pequenos e grandes cristais geralmente geminados, segundo a lei da albita. Os cristais são, algumas vezes zonados e mostram, não raro, o núcleo alterado em sericita e muscovita. Geminam-se também segundo a combinação das duas leis, a da albita e a de Carlsbad. Incluem grande número de outros minerais: cristais de ortoclásio, grânulos arredondados e esferoidais de quartzo, muscovita primária, biotita, agulhas de apatita e biotita cloritizada. O oligoclásio forma associação com o microclínio (perita e micropertita). Os cristais de oligoclásio, apresentam-se, na maioria das vezes, alterados e em diversos estádios de muscovitização.

Ortoclásio — Apresenta-se geralmente sob a forma de cristais idiomorfos de tamanhos variados e pouco alterados. Geminam-se, geralmente, segundo a lei de Carlsbad; alguns indivíduos, no entanto, mostram incipiente geminação polissintética. Acham-se geralmente incluídos no plagioclásio e tem com este certa orientação. Alguns cristais de ortoclásio são fracamente zonados e com extinção, na maioria das vezes, ondulante. Acreditamos que o granito tenha sofrido, na sua fase final de consolidação, severas tensões que provocaram em muitas áreas, metamorfismo cataclástico, responsável pela extinção ondulante dos minerais.

Microclínio — Forma grandes cristais tipicamente geminados em grade. Inclue restos informes de oligoclásio, ortoclásio, biotita, muscovita, restos de cristais de quartzo arredondados e fragmentos de intererescimento gráfico. É também micropertítico, (fig. 11).

Biotita — É o único mineral fênico e prepondera sobre todos os outros minerais acessórios. Apresenta-se, não raramente, em grandes cristais visíveis a olho nú. É rica de cristais incluídos: zirconita com halos pleocróicos, agulhas e cristais prismáticos de apatita e titanita algumas vezes idiomorfa. Mostra ainda evidente epigenização em clorita. Em alguns casos, nota-se perfeita interlaminação entre a biotita e a muscovita, na qual os eixos cristalográficos de ambas estão perfeitamente paralelos. A biotita evidencia-se muitas vezes inteiramente lixiviada, tornando-se facilmente confundível com a muscovita. Ao microscópio, a identificação é contudo relativamente fácil devido ao pequeno valor do ângulo dos eixos óticos da biotita. Na fig. 13, pode-se notar o característico efeito "birds'eye maple", cuja origem se deve provavelmente à formação de pequeninos buracos consequentes á remoção de lâminas de biotita durante o desgaste. A. Johannsen (21).

Muscovita — Apresenta-se ora em grandes cristais e ora em finíssimas lâminas. É incolor, não alterada e algumas vezes

geminadas. Em muitos pontos pode-se notar os efeitos deutéricos, no granito, da reação dos fluidos magmáticos sobre os minerais preformados. Assim, cristais de biotita e feldspatos se mostram, não raramente, substituídos pela muscovita.

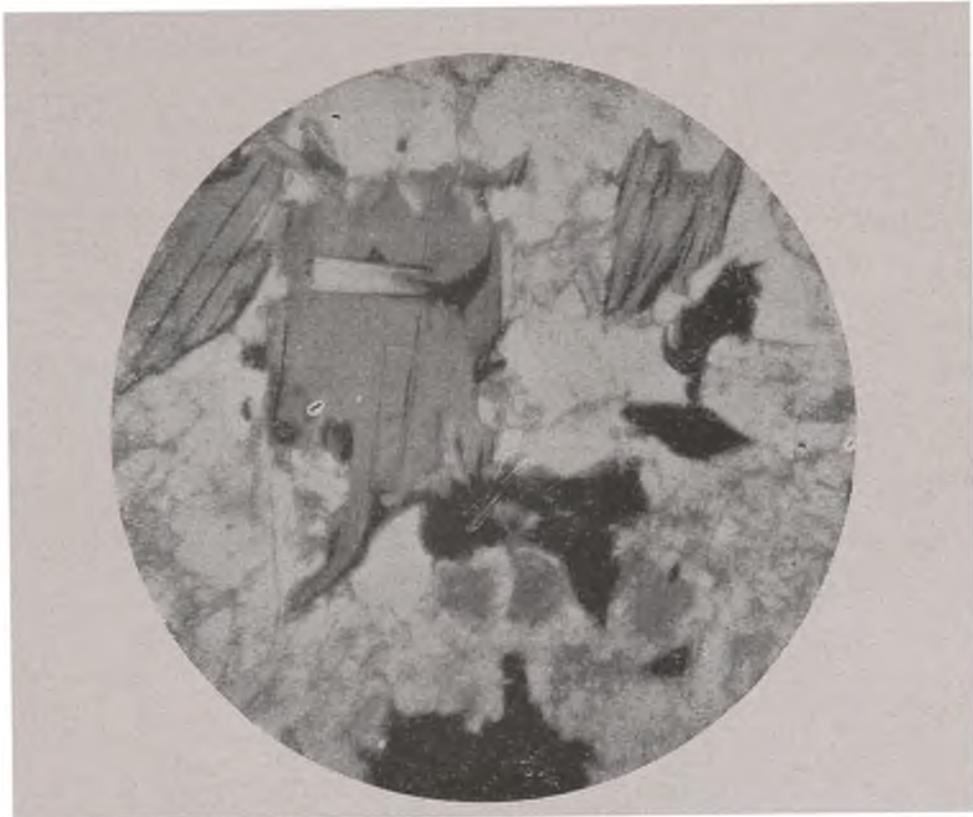


Fig. 15 - Biotita-granito, proximidades da Sanga do Butiá, L.N. $\times 35$. Cristais de biotita e quartzo.

Apatita, zirconita e titanita encontram-se sempre incluídas, idiomorfas e em proporções reduzidas.

Em nenhuma das lâminas estudadas pudemos verificar a existência de cristais de turmalina e cassiterita como elementos constituintes do granito. Este fato nos conduz à conclusão que estes dois minerais não constituem elementos essencialmente primários, como acontece com os que acabamos de descrever. Ambos não devem ser considerados minerais pirogenéticos no sentido em que esta palavra é geralmente tomada, mas formados juntamente com o material magmático residuário, intimamente ligado aos constituintes voláteis do magma primitivo. Von Miklucho-Maclay (38) cita, entretanto, a cassiterita como mineral incluso na mica preta no granito de Greifensteiner (Ehrenfriedersdorf)

Abaixo damos duas análises de granitos que ocorrem em dois pontos afastados, dentro da área mineralizada:

I		II	
Granito — Sanga Butiá		Granito — Mina Paulista	
SiO ₂	— 66,75	SiO ₂	— 65,64
P ₂ O ₅	— 0,26	P ₂ O ₅	— 1,22
TiO ₂	— 0,33	TiO ₂	— 0,43
Al ₂ O ₃	— 18,47	Al ₂ O ₃	— 15,11
Fe ₂ O ₃	— 3,46	Fe ₂ O ₃	— 4,04
MgO	— 0,16	MgO	— 0,65
CaO	— 3,32	CaO	— 2,62
Na ₂ O	— 2,62	Na ₂ O	— 4,13
K ₂ O	— 4,48	K ₂ O	— 5,29
H ₂ O	— 0,74	H ₂ O	— 1,83
100,59%		100,96%	

P. esp. 2,73

P. esp. 2,68

(Analista — Paulo Mathias)

Finalmente, a fig. 16 nos dá idéia da composição mineralógica e da textura dos mármore da série Porongos e que apare-

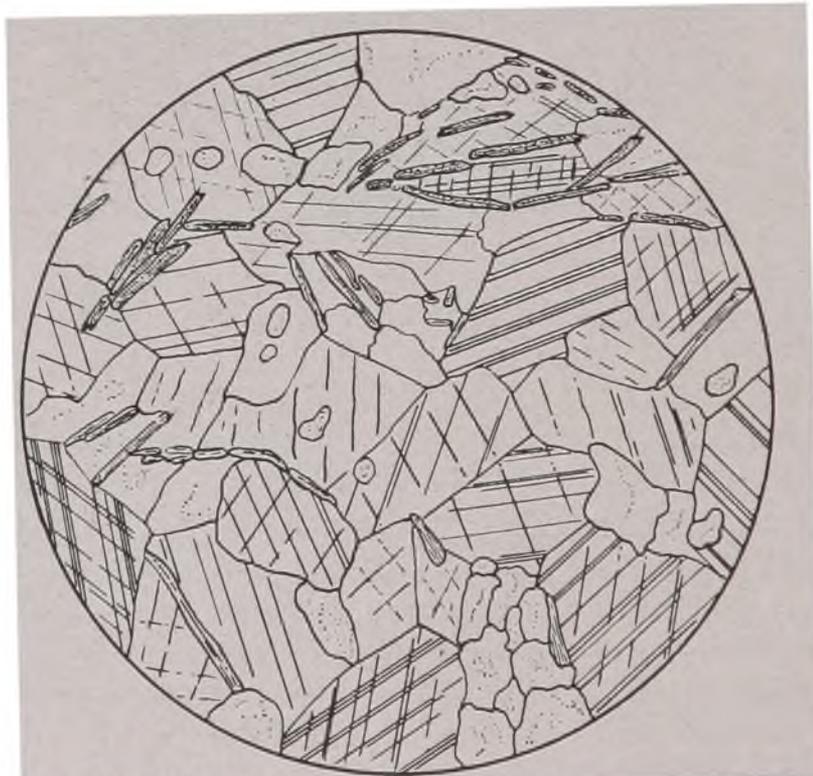


Fig. 16 - Mármore da série Porongos mostrando cristais de calcita, lâminas de muscovita incolor, quartzo e silicatos de magnésio e cálcio.

cem nas regiões circunvizinhas à faixa estanífera. Os mármore são geralmente dolomíticos e mostram, algumas vezes, entre os

cristais de calcita, lâminas de muscovita incolor e outros hidrossilicatos de magnésio e cálcio dificilmente identificáveis ao microscópio. Os mármoreos são ricos de cristais de quartzo.

b) Devoniano

Como se pode verificar no mapa geológico anexo, a série Camaquan está representada somente em dois pontos da região estudada — região do Taboleiro e em pequena área do Arroio dos Vargas. Na região do Taboleiro esta série é constituída principalmente de arenitos arcossianos e arenitos avermelhados. Os areni-

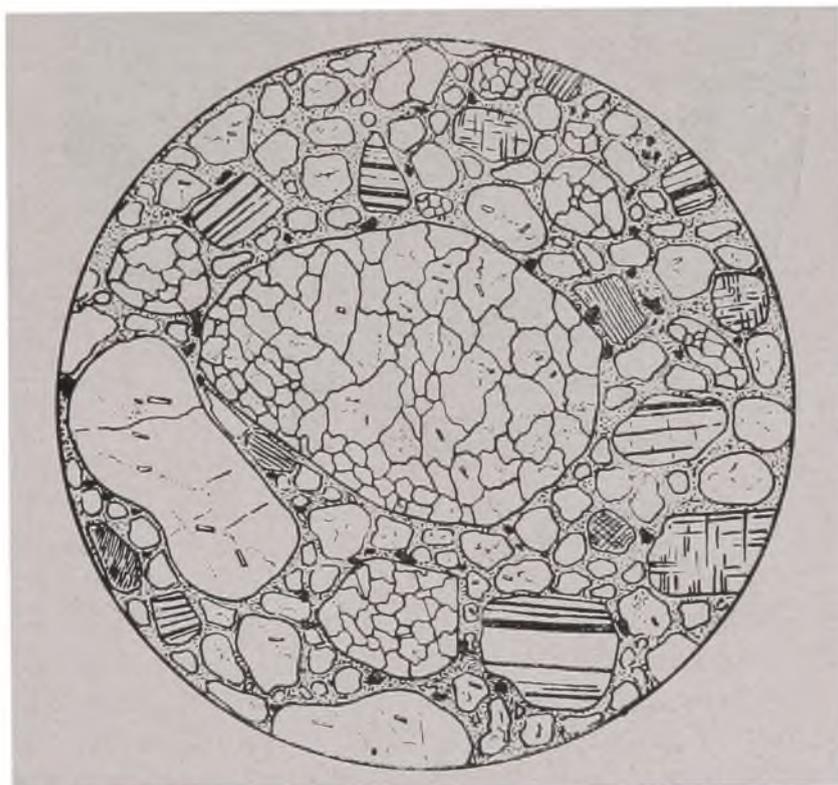


Fig. 17 - Arenito arcossiano, mina do Taboleiro, mun. de Encruzilhada. No centro um grande seixo rolado de quartzito. Veem-se também cristais de plagioclásios, $\times 26$.

tos vermelhos são ricos de mica e os arcossianos mostram-se de duas cores: esbranquiçada e vermelha. Há regiões onde se pode notar perfeita estratificação dessas cores. Os arenitos arcossianos são formados por minerais diversos: quartzo, feldspato, seixos rolados de quartzito e, muito raramente, muscovita (fig. 17). Existem áreas, em que predominam fragmentos de clivagem de feldspato residual que foi preservado do intemperismo e erosão. A despeito da idade de tal formação (devoniano?), os feldspatos (plagioclá-

sios, ortoclásio, microclínio e microclínio-micropertítico) acham-se, na sua quase totalidade, não muito alterados (fig. 18).

Algumas partes dêste arenito arcossiano são de granulação grossa e mostram maior proporção de microclínio do que de plagioclásio.

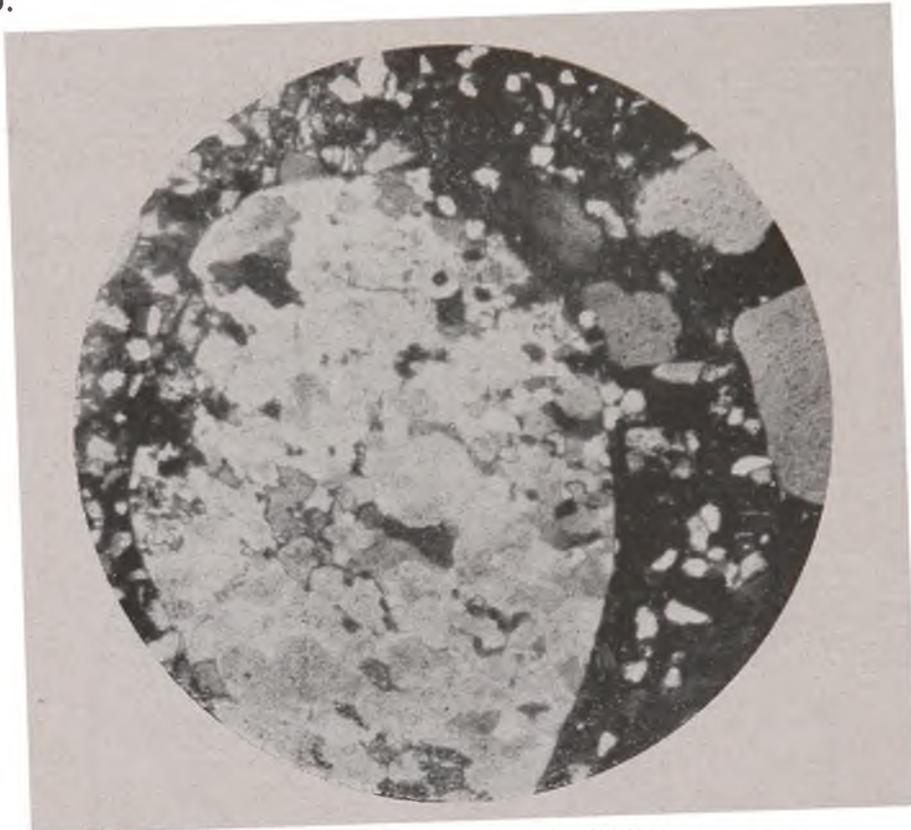


Fig. 18 - Arenito arcossiano, mina do Taboleiro, município de Encruzilhada. N+ $\times 35$.

Como minerais acessórios, encontram-se óxidos de ferro e raríssimos minerais estáveis. Quartzo e grãos de feldspato mostram geralmente extinção ondulante. Há zonas, onde o arenito se apresenta com cimento calcáreo, originado provavelmente dos mármore, que abundam na região. O cimento em geral é constituído por material silícico-argiloso não identificável ao microscópio.

Na região do Taboleiro está em posição horizontal, não mostrando sinal algum de ter sofrido influência de tectonismo local. Os termos da série Camaquan assentam em discordância sobre os granitos e xistos.

6. Mineralogênese

a) Introdução

Para compreendermos toda fase mineralogenética daremos abaixo o quadro da seqüência normal de segregação, durante e

após a intrusão granítica. Contudo, a seqüência de segregação, tal qual será esboçada abaixo, não é tão rígida que possamos representar o fenômeno em compartimentos estanques, porquanto há muitos pontos de transição entre uma e outra fase de cristalização. Devemos mencionar ainda que, no curso de uma fase de cristalização, elementos voláteis de outra fase devem ter agido sobre os minerais em formação, seja modificando a ordem de cristalização, seja ocasionando a precipitação de minerais que não deviam existir ali.

Seqüência normal de cristalização

Fase magmática	Pegmatítico-Pneumatolítica			Fase Hidrotermal Veeiros	Fase Epitermal Soluções finais
	Aplito	Pegmatito	Pneumatolítica		
Zirconita Titanita Apatita Biotita Muscovita Oligoclásio Ortoclásio Microclínio Quartzo Micropegmatito	Ortoclásio Microclínio Quartzo Muscovita Turmalina	Cassiterita Microclínio Quartzo Muscovita Turmalina	Cassiterita Turmalina Fluorita (greisen)	Cassiterita Turmalina Molibdenita Quartzo	Caolim Sericita

Iniciaremos nossas considerações pelo magma ácido que deveria ter sido, originariamente, rocha simples, tendo como elementos essenciais, — oligoclásio, ortoclásio e quartzo e, como elementos

acessórios, biotita, apatita, zirconita e titanita. Denominaremos esta rocha — biotita-granito, mesocrático, conhecido também pelo nome de granitito.

Com o empobrecimento sempre crescente dos elementos ferro-magnesianos, conseqüente à formação da biotita, único elemento fêmico, surgiram em muitas áreas dêste biotita-granito, faixas de diferenciação, formando-se, agora, granito a duas micas. Ao lado dêste granito formou-se também, granito leucocrático, tendo como elemento acessório principal, não a biotita, mas sim a muscovita.

Ocorrem regiões nas quais se verifica típica diferenciação porfiróide do granito primitivo, notando-se a existência de cristais relativamente grandes de microclínio, mica e quartzo. Possivelmente esta modificação estrutural se verificou por influência de transformações deutéricas, com formação de cristais bem desenvolvidos. Tais rochas (granitos porfiróides) se prestam muito bem aos estudos genéticos pela sua textura grosseira e relação espacial de seus minerais. Nestas rochas, os cristais de microclínio são, na maioria das vezes, mais desenvolvidos do que os cristais de mica e quartzo, daí o seu caracter porfiróide.

Finalmente, como última faixa de diferenciação ou segregação diferenciada, ocorrem, mais exteriormente, no muscovita-granito,



Fig. 19 - Veeiro de quartzo no granito alterado, mina Campinas, municipio de Encruzilhada.

a área filoniana, rica de aplitos, pegmatitos e veeiros de quartzo, geralmente turmalinizados. Estas últimas formações representam, nada mais nada menos, do que o último estágio da diferenciação

do magma biotita-granito primitivo. Sem dúvida, estas diferenciações, devem ter-se operado em consequência das infiltrações magmáticas através do granito em formação, que assim se foi mo-



Fig. 20 - Veeiros de quartzo nos xistos da série Porongos, Cordilheira do Estreito, município de Encruzilhada.

dificando gradativamente para os termos mais ácidos e leucocráticos.

Fenômeno aproximadamente idêntico a êsse, foi observado por Blaise e Boutakoff (6) nos batolitos graníticos de Kivu (Congo Belga), onde êstes Autores verificaram, entretanto, que a diferenciação se processou em camadas sucessivas distintas, formando auréolas diferenciadas sob a forma de cúpulas.

As diferenciações mais ácidas, em nosso material, se mostram mais nítidas nas apófises graníticas, nas quais existe sempre maior quantidade de mica branca. Há, entretanto, em todas as áreas graníticas, marcada similaridade mineralógica, apresentando-se os granitos quase sempre a mesma composição química.

Foi durante a fase final de consolidação, nas áreas de diferenciação mais ácida, quando o granito sofreu severas tensões nas suas partes já solidificadas, que se formaram as inúmeras fendas e fraturas preenchidas posteriormente pelo material magmático (rest-magmas de Vogt). Originaram-se, assim, os diques de pegmatito e aplito e os veeiros hipotermiais de quartzo.

Dada a existência de numerosos pegmatitos, a formação de concrecimentos micropegmatíticos e mirmequíticos no granito, a riqueza do núcleo granítico em biotita, a falta de albitização evidente e abundante e ainda a falta de textura miarolítica das intrusivas ácidas, somos levados a acreditar que estas intrusões,

responsáveis pelos pegmatitos, aplitos e filões, se tenham solidificado em zonas profundas dos xistos metamórficos.



Fig. 21 - Muscovita - granito com numerosos aplitos de quartzo e ortoclásio, Rio Camaquan, mun. de Encruzilhada.

b) Turmalinização e greisenificação

Antes de passarmos ao estudo particular e pormenorizado dos corpos mineralizados (pegmatitos, aplitos e filões), abordaremos, ainda neste capítulo, a questão da turmalinização do granito, dos xistos e quartzitos e a da formação de “greisen” na região por nós percorrida. Cabe dizer aqui que esses fenômenos, bem generalizados em quase toda área mineralizada, constituem bom indício nas pesquisas de jazidas, porquanto a turmalinização e a greisenificação são muito frequentes nas vizinhanças dos diques e veios portadores de cassiterita.

Com referência ao primeiro fenômeno, desejamos mencionar que a maioria dos depósitos de cassiterita do mundo se acham sempre associados a rochas que sofreram parcial ou total turmalinização. Assim, os depósitos de Cornwall, Inglaterra; o clássico depósito mineralizado de Altenberg-Zinnwald, Saxônia; os importantes depósitos de cassiterita encontrados nos veios da Bolívia; os filões e pegmatitos greisenificados da região de Kivu, Congo

Belga (6); os depósitos da província de Kochiu, China; os depósitos situados em Burma; os da Península Malaia e muitas outras ocorrências, mostram-se sempre associados a rochas (granitos e xistos) extensamente turmalinizadas, (W. Lindgren (27), L. de Launay (13) e Beyschlag-Krusch-Vogt (5)).

No Rio Grande do Sul, onde a cassiterita ocorre em pegmatitos e veios hipotermiais encaixados no granito e nos xistos, existe também forte e bem pronunciada turmalinização abrangendo

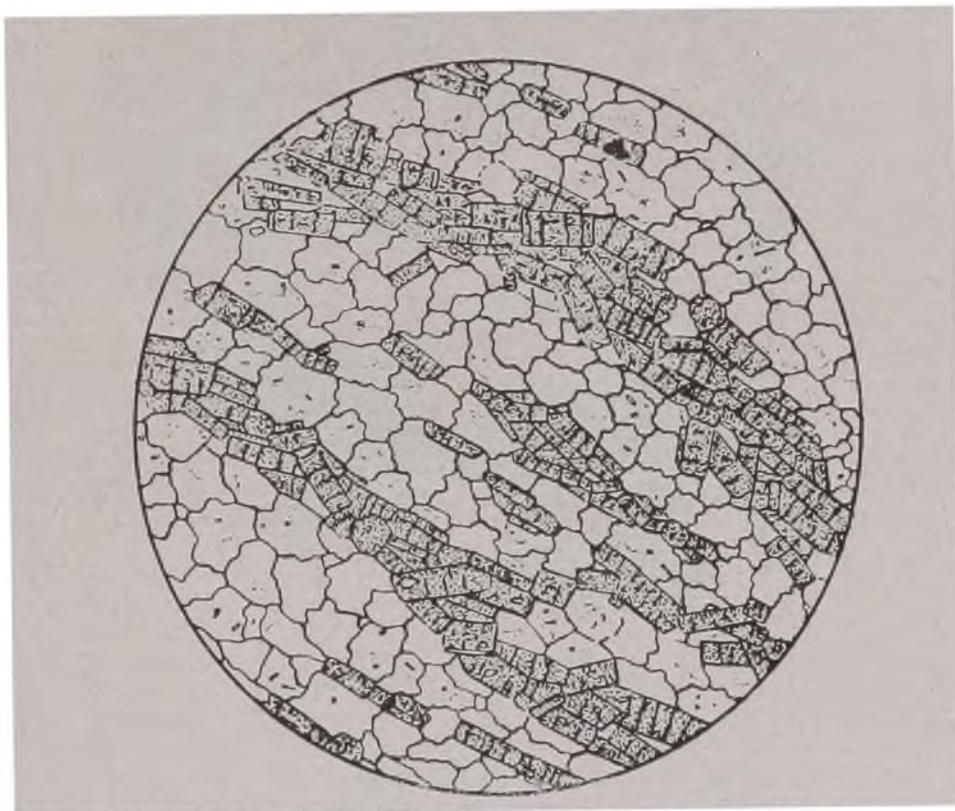


Fig. 22 - Quartzito turmalinizado, Cerro Branco, mun. de Encruzilhada $\times 46$ - Turmalina (escuro), quartzo (claro).

do áreas bem extensas. Nos pegmatitos, a turmalina ocorre juntamente com microclínio, quartzo e mica. Nos aplitos, apresenta-se sob a forma de nódulos disseminados entre o quartzo, ortoclásio e microclínio e nos filões de quartzo, em nódulos e concreções irregulares intimamente ligada a esse último mineral. Em qualquer destas ocorrências a turmalina quase sempre se apresenta sob forma microscópica, com perfeita idiomorfia e de coloração azul acinzentado (figs. 21, 25, 26 e 27). Nos xistos e quartzitos, a turmalina é encontrada, não somente nos planos de xistosidade e em perfeita orientação neles, mas também disseminada em toda a rocha. Como falta completamente a turmalina no granito propriamente dito, aparecendo somente nos diques e filões, somos levados a admitir a formação deste mineral, como o resultado do processo pneumatolítico verificado nos últimos es-

lágios da precipitação das soluções residuárias. A nosso ver, o ácido bórico, o flúor e o vapor d'água como dissolvente, teriam ascendido pelas fendas e fraturas naturais e precipitado sob a forma de turmalina, depois do ataque desses elementos sobre os minerais preformados. Provavelmente a formação da turmalina não



Fig. 23 - Filão de quartzo com nódulos de cristais de turmalina, mina de Santa Bárbara $\times 46$.

somente se verificou desta maneira, mas também por processo, em que os feldspatos já solidificados foram parcial ou totalmente substituídos por este mineral (figs. 26 e 27).

Do estudo dos modos de ocorrência da turmalina, nosso principal objetivo é mostrar que sua formação é toda ela devida a processos hidro-pneumatolíticos, faltando, completamente, turmalina pirogenética. Nesse sentido, Clarke (11) estabelece que nas rochas ígneas, a turmalina parece ter sido formada pela ação de fumarólas e não como mineral originado por separação direta do magma.

Considerando a constante associação turmalina-fluorita-cassiterita, evocamos o ácido bórico, o vapor d'água e o flúor, como os prováveis agentes mineralizadores que desempenham papel importante na formação da turmalina e cassiterita.

Ao contrário do que se observa com relação aos xistos e quartzitos, que se mostram fortemente turmalinizados, com formação de verdadeiros "schorl-rock", — os granitos, qualquer que seja sua composição mineralógica, são fracamente ou quase nada tur-

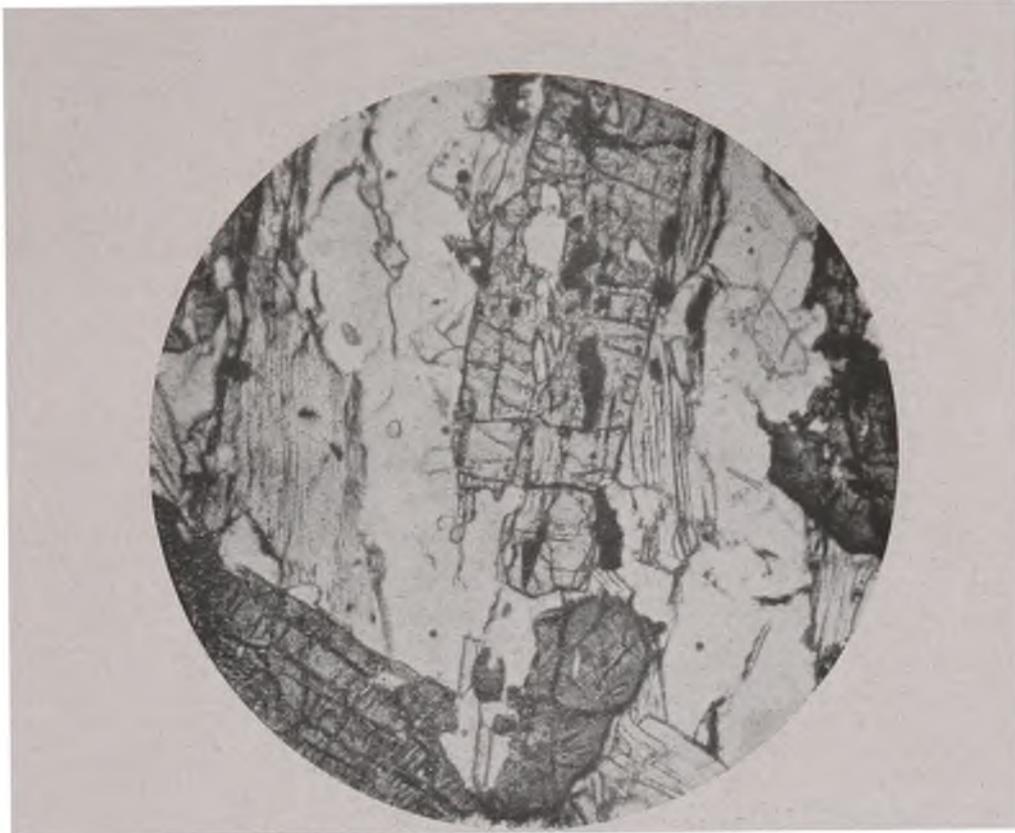


Fig. 24 - Micaxisto turmalinizado, mina Campinas. Turmalina apresenta-se idiomorfa e com alto relêvo. L.N. $\times 35$.

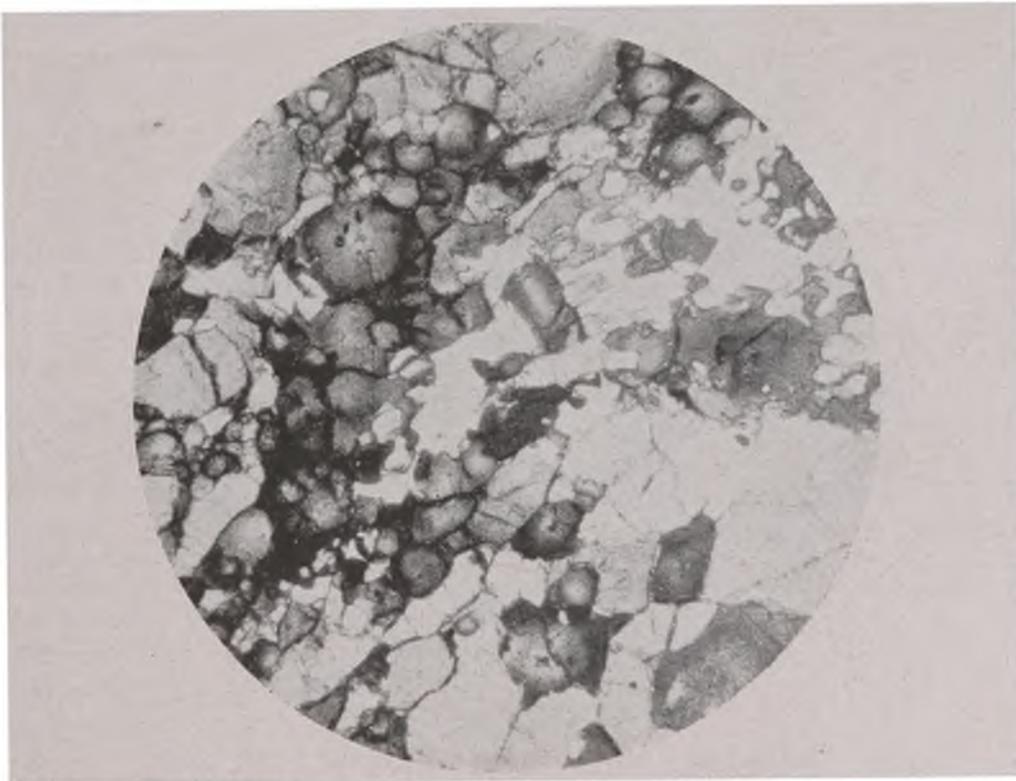


Fig. 25 - Quartzito turmalinizado, mina Cerro Branco, mun. de Encruzilhada, L.N. $\times 35$. - Cristais de turmalina, na maior parte, em secções normais ao eixo ótico.

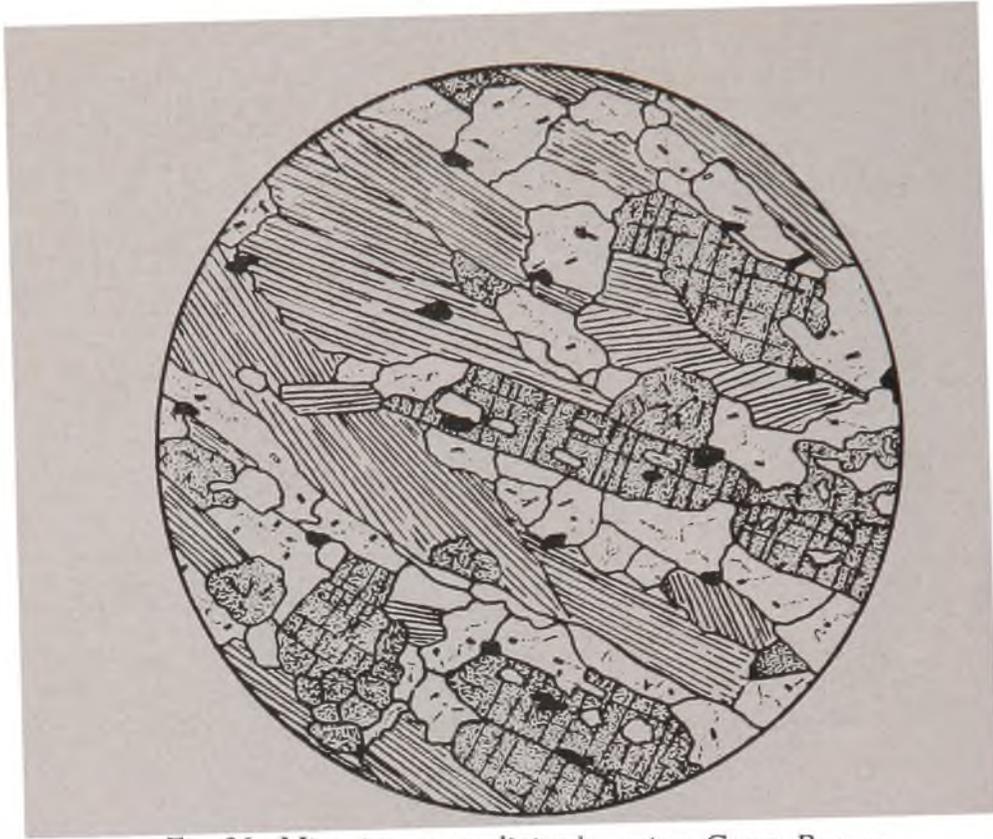


Fig. 26 - Micaxisto turmalinizado, mina Cerro Branco, mun. de Encruzilhada, Cristais de turmalina encerrando restos de cristais de quartzo. Quartzo, muscovita e limonita $\times 26$.

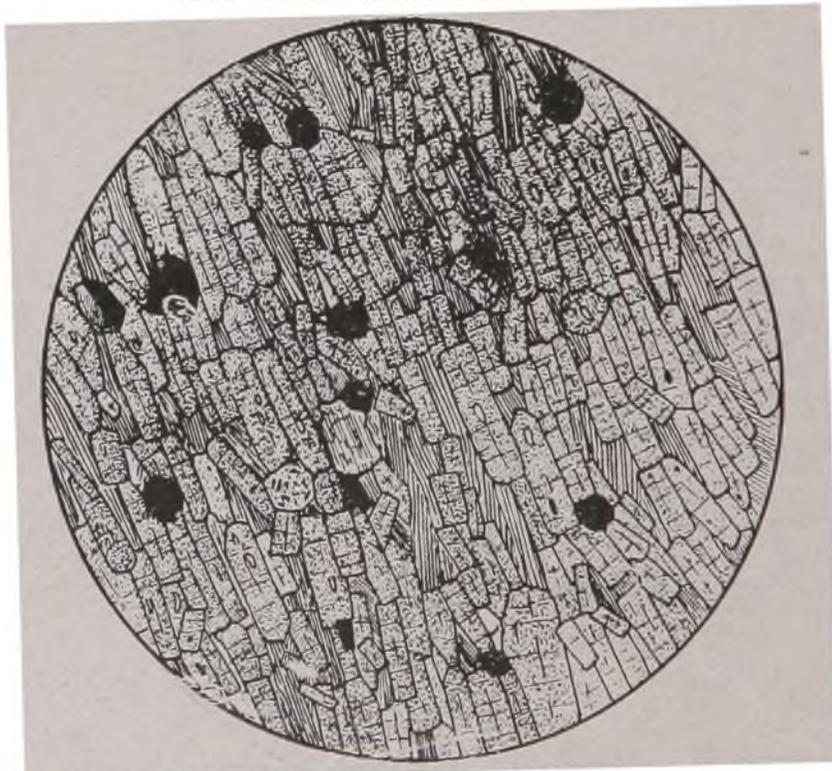


Fig. 27 - Micaxisto fortemente turmalinizado e rico de disseminações de cassiterita, mina de Cerro Branco, mun. de Encruzilhada. Os cristais com traços de clivagem em uma só direção são de muscovita. $\times 26$.

malinizados. Somente nas suas formas de diques e filões é que se pode notar a presença da turmalina. Nestas áreas o elemento fêmico (biotita) não se altera, não se dando o mesmo com os feldspatos. Neste mesmo processo parece haver formação de quartzo secundário, pois não é raro se encontrarem grãos de quartzo ricos de restos de turmalina e mesmo agulhas deste mineral.

Embora não tenhamos encontrado áreas de granitos turmalinizados, somos de parecer que deve ter havido zonas que sofreram auto-pneumatólise endógena após a solidificação desta rocha, pois o magma primitivo devia ter sido muito rico de constituintes voláteis.

Brammal e Harwood (8), no estudo exaustivo que fizeram sobre a turmalinização do granito de Dartmoor, referem-se a fenômenos de auto-pneumatólise (com turmalinização), antes da consolidação final da rocha. Falam os Autores mencionados do processo de substituição pela turmalina, de plagioclásios que mostram as partes laterais transformadas em turmalina e o centro formado ainda por plagioclásio não alterado. Tal fato, contudo, não constitui a regra geral nas áreas turmalinizadas da faixa estanífera riograndense, onde a turmalina, habitualmente idiomorfa, parece ter-se formado diretamente das soluções ricas de constituintes voláteis e, menos comumente, pela substituição de feldspatos preformados.

C. Reid e J. S. Flett, citados por Shand (33), esclarecem o caso dos granitos de Cornwall, nos quais a forma original dos feldspatos está algumas vezes preservada, podendo ser observados, ademais, no campo, todos os estados de transformação do feldspato em turmalina.

Nesse particular faça-se menção ao trabalho de Boney (7), que conclue provir a turmalina microlítica do luxulianito, de ações químicas sobre os feldspatos, sendo a turmalina produto secundário, formado a partir dos constituintes feldspáticos das várias rochas.

A formação de "greisen" é o segundo fenômeno de importância, que analisaremos a seguir. Pudemos verificar sua formação, principalmente na mina de Campinas, em Pedro Freitas e na ocorrência de Gorita.

Em virtude desta palavra ser usada por diferentes autores para designar coisas diversas, usaremos o termo "greisen" para as formações quartzo-mica, originadas ao longo das fraturas e fendas do granito, pela alteração de seus minerais primários, mediante processos pneumatolíticos, nos quais desempenham papel de relêvo o vapor de água, ácido bórico, cloro e flúor. O "greisen" da região apresenta-se com coloração clara e textura variável e a cassiterita, quase sempre presente, ocorre em cristais disseminados na associação quartzo-mica (fig. 28). Além destes mi-

nerais, encontramos ainda cristais de fluorita violeta, formados talvez pela ação sobre o feldspato do ácido fluorídrico, originado após a precipitação da cassiterita. Encontramos também peque-

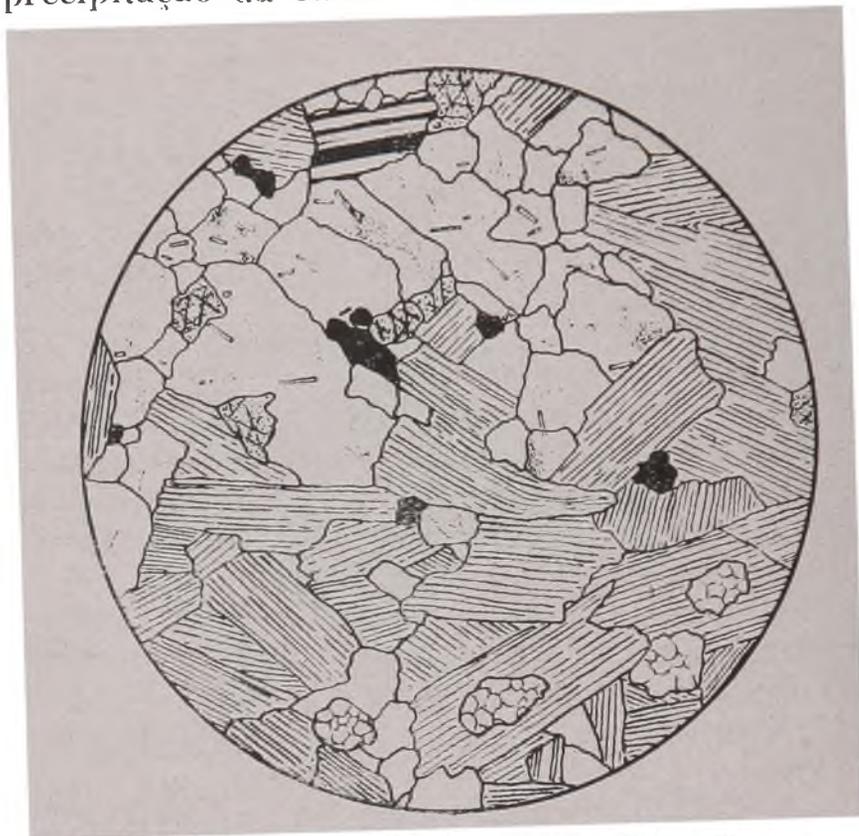


Fig. 28 - Zona greisenificada, jazida Pedro Freitas, mun. de Piratini. Muscovita (traços de clivagem em uma só direção), quartzo, cassiterita (preto) plagioclásio e fluorita (traços de clivagem em três direções). No interior dos cristais de muscovita veem-se cristais de apatita.

nos cristais de apatita, ao passo que poucas vezes deparámos com a turmalina em tais associações.

As áreas dos granitos, que se mostram greisenificadas, são constituídas quase exclusivamente por muscovita (fig. 29). Áreas muscovitizadas apresentam-se quase sempre dobradas e encurvadas indicando, claramente, a existência de movimentos cataclás-ticos locais durante a intrusão do material formador dos pegmatitos e filões (fig. 30). Não só se verifica completa laminação da muscovita e amarrotamento das lâminas de clivagem, como os cristais de quartzo tornam-se fraturados, com evidente extinção ondulante. Os cristais de cassiterita, por sua vez, mostram-se também fraturados e ricos de traços de clivagem formados durante os mesmos movimentos.

Áreas graníticas menos alteradas possuem ainda restos de cristais de feldspatos que não foram totalmente substituídos. A grei-

senficação observada pelo autor estende-se por faixas não muito largas (de poucos centímetros até meio metro), podendo notar-se que algumas áreas mostram perfeita transição entre o granito



Fig. 29 - Faixa greisenificada, mina Campinas, mun. de Encruzilhada, N+ $\times 35$. Veem-se muscovita, quartzo e cassiterita (preto).

fresco e as zonas alteradas. Na região de Campinas onde ocorrem inúmeros filões e diques encaixados no granito (stock-work) há zonas, nas quais pouco ou nada do granito originário pode ser observado.

Beger (4) estudando o granito de Lausitz, descreve também que a rocha normal (granito) passa por todos os estádios intermediários até um "greisen" típico, constituído por quartzo, mica-muscovita, litionita e flogopita.

Weed, citado por Johannsen (21), refere-se, por sua vez, estudando a ocorrência de cassiterita de El Paso (México) que o granito, rocha encaixante dos diques de cassiterita, volframita, se evidencia greisenificado, exibindo perfeita transição para o granito normal.

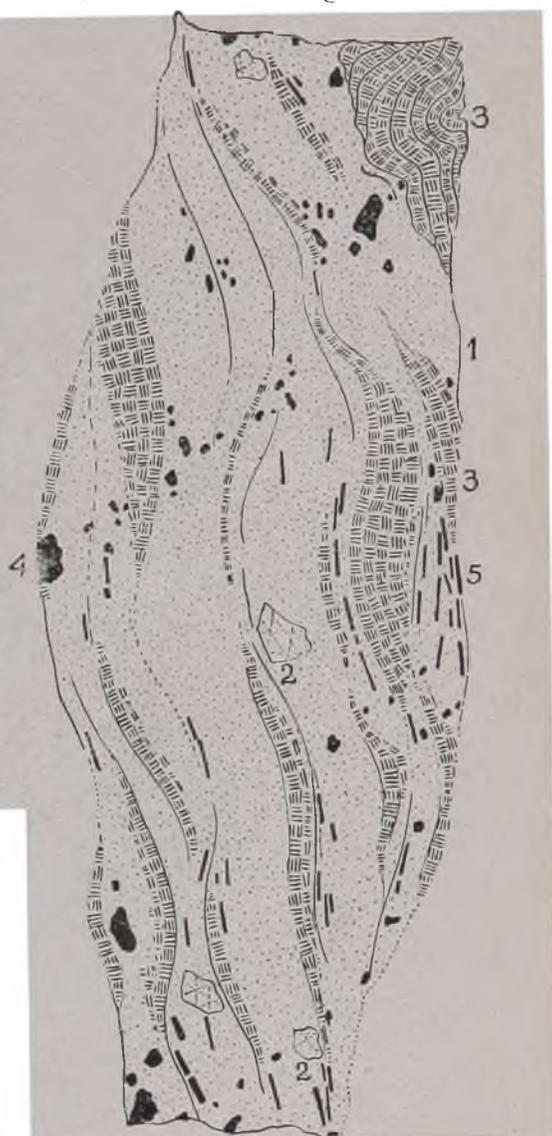


Fig. 30 - Faixa greisenificada, jazida Pedro Freitas, mun. de Piratini:

- 1 - Feldspato e quartzo microgranulares
- 2 - Fluorita
- 3 - Muscovita
- 4 - Cassiterita
- 5 - Cristais aciculares de turmalina.

Não verificámos a existência de topázio em nenhuma das jazidas nas quais ocorrem áreas greisenificadas ou mineralizadas.

c) Cassiterita

A cassiterita da área mineralizada apresenta-se, ora nas suas matrizes (pegmatitos, veios), ora como material eluvionar e aluvionar. Em Campinas, nos pegmatitos e filões, predominam os cristais geminados, segundo face de bipirâmide tetragonal de II ordem. Pudemos verificar, em outros pontos da região, cristais simples com hábitos piramidais e bipiramidais. Na Sanga dos Ausentes encontrámos cristais geminados, segundo a lei do rutilio. Não encontrámos em toda região a forma botrioidal e reniforme



Fig. 31 - Filão de quartzo e cassiterita, jazida Pedro Freitas, mun. de Piratini, L.N. $\times 35$.

(estrutura fibrosa concêntrica), tão comum nos depósitos de Cornwall, Inglaterra e de algumas jazidas chilenas e bolivianas. Somente em uma ou outra amostra, pudemos verificar incipiente pseudomorfose da cassiterita sobre os feldspatos. Não há indícios da existência de estanita. Não verificámos também a existência dos boratos de estanho, nordenkjöldita, hulsita e paigeita, encontrados nos depósitos do Alaska.

A cassiterita apresenta-se em cristais de tamanhos variados, desde formas microscópicas até amostras de muitos quilos. A co-

loração é geralmente escura, havendo, entretanto, depósitos ricos de cassiterita semi-transparente e mesmo transparente. Os cris-

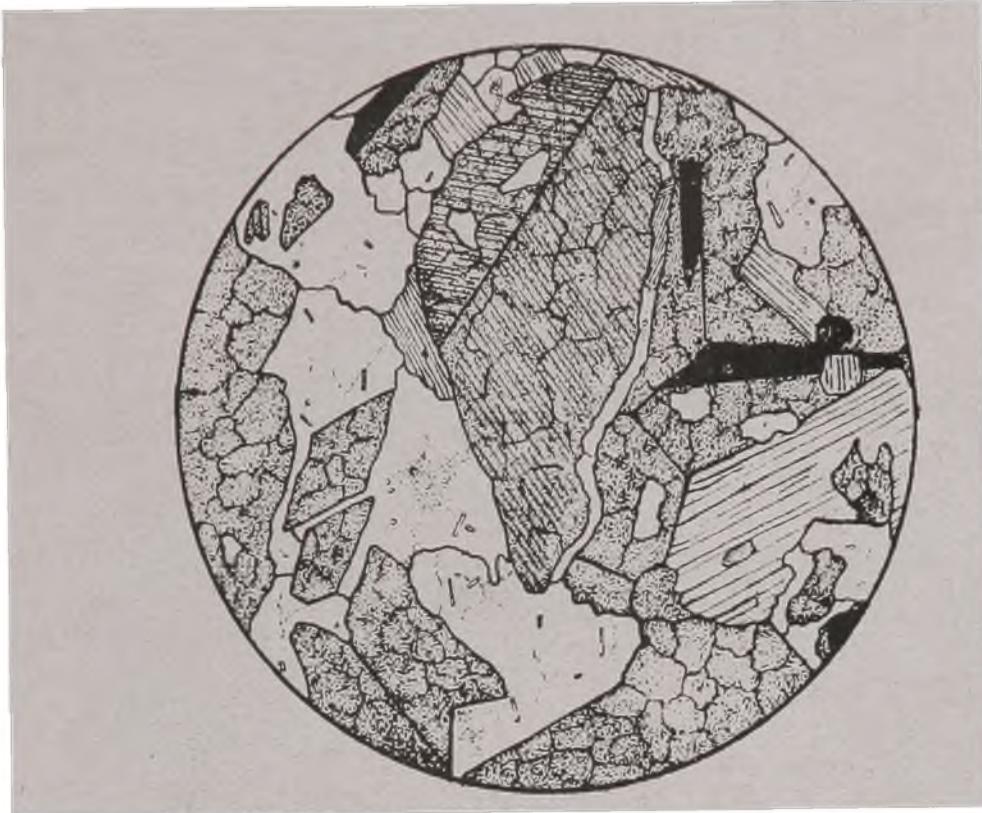


Fig. 32 - Filão de quartzo rico de cassiterita, jazida Pedro Freitas, mun. de Piratini. L.N. $\times 26$.
Notar cristais de cassiterita geminados, quartzo e muscovita (traços de clivagem).

tais grandes apresentam-se comumente fraturados, o que nos leva a admitir a existência de movimentos tectônicos durante e após a formação da cassiterita (fig. 30).

d) Aplitos e pegmatitos

Os pegmatitos da região mineralizada são de composição mineralógica relativamente simples. Considerando, entretanto, que há sempre algumas pequenas diferenças entre eles, serão descritos e interpretados isoladamente, posto que nenhum deles pode ser tido como padrão.

Os componentes essenciais são — ortoclásio, microclínio, oligoclásio e quartzo e os acessórios — cassiterita, turmalina e muscovita.

A estrutura dos diques pegmatíticos mostra dois tipos principais de simetria. Existem os que são de simetria bilateral e os inteiramente assimétricos. Alguns têm como rocha encaixante o próprio granito, outros, os xistos.

Neste trabalho, o termo pegmatito não será usado para formações graníticas de textura gráfica mas sim para as rochas-diques de textura granular grosseira, produtos finais da intrusão granítica. Aplito significará, aqui, elementos em forma de diques, de textura fina, com escassa ou nula quantidade de minerais escuros, textura sacaróide (aplítica) e constituídos mineralogicamente por quartzo e feldspato potássico. Pegmatitos e aplitos acham-se quase sempre associados, parecendo haver entre ambos estreitas relações de origem.

Aplitos

Foram observados principalmente nas áreas já denudadas do granito e nos grandes matacões (boulders) encontrados nas margens do Rio Camaquan, (fig. 21) A espessura varia consideravelmente, sendo entretanto mais comuns os de 5 a 15 cm. Exibem em geral textura fina e são, de regra, de coloração esbranquiçada (ortoclásio, microclínio e quartzo), mostrando certa quantidade de turmalina. Aparecem ainda, embora mais raramente, lâminas de muscovita e, também, muscovita epigenética. Contudo, estes diques atravessam também os xistos encaixantes. Não foi verificada a presença de cassiterita nos aplitos.

Damos abaixo a seguir o resultado da análise de um desses aplitos.

Aplito — Arroio das Pedras

SiO ₂	---	74,12
P ₂ O ₅	--	0,28
TiO ₂	—	traços
Al ₂ O ₃	—	13,92
Fe ₂ O ₃	—	2,05
MgO	—	0,44
CaO	—	0,18
Na ₂ O	—	4,55
K ₂ O	—	4,16
H ₂ O	—	0,78

100,48%

P. esp. 2,64

(Analista -- Paulo Mathias)

Pegmatitos

Os pegmatitos são numerosos nas margens do granito intrusivo e mais ainda nas áreas xistosas, que cobrem aquela rocha.

Não verificámos a presença de pegmatitos e aplitos nos quartzitos e mármore cristalinis, nem mesmo nos pontos onde se nota íntimo contacto destas rochas com o granito intrusivo.

As primeiras concentrações de cassiterita se formaram durante a cristalização dos pegmatitos primários. Contudo, há razões para se acreditar que o volume total dos pegmatitos deve ter sido aumentado, principalmente pela deposição de material novo, por efeito das soluções.

A fig. 33 nos dá idéa da associação mais comum encontrada nos pegmatitos, quando estes se acham como diques encaixados



Fig. 33

nos granitos. Partindo-se de baixo para cima encontra-se o muscovita-granito não alterado que passa, mais ou menos bruscamente, para faixa completamente muscovitizada e laminada, onde ainda podem ser notados restos de feldspatos e quartzo, não totalmente substituídos pela mica. Sempre nesta faixa, encontram-se, não muito comumente, turmalina e pequenos cristais de cassiterita. Esta muscovitização, comum na maioria dos pegmatitos da mina de Campinas, passa a faixas inteiramente greisenificadas, nas quais a turmalina e a cassiterita estão quase sempre presentes. A constante e íntima associação da cassiterita e turmalina nos leva a admitir que estes dois minerais se tenham depositado contemporaneamente.

Na mesma fotografia vê-se que, logo acima da zona, onde predomina a muscovita e sericita secundárias, existem cristais de mi-

croclínio, cristais informes de quartzo, mica formada diretamente no pegmatito e cristais de cassiterita relativamente grandes.

Este dique mostrava-se perfeitamente simétrico e com espessura de cerca de 30 centímetros.

Não há textura micropegmatítica ou gráfica e a distribuição dos minerais no seu interior não exhibe sinal algum de estratificação.

A fig. 34, Mina Paulista, representa um tipo de pegmatito inteiramente diferente do precedente. Aquí, a rocha encaixante é constituída pelos xistos. Sua estrutura é assimétrica, notando-se mesmo que a formação de turmalina se localizou apenas em uma



Fig. 34 - Pegmatito, mina Paulista, município de Piratini.

- 1 - Micaxistos
- 2 - Quartzo
- 3 - Muscovita
- 4 - Cassiterita
- 5 - Feldspato
- 6 - Turmalina impregnando o micaxisto
- 7 - Quartzo residual.

das paredes da rocha encaixante. Pode notar-se também que, mesmo aquí, existe muscovitização nas zonas de contacto. Ao contrário do pegmatito precedente, no qual o quartzo encontrado se apresentava como pequenos cristais informes, aquí, este mineral forma grandes massas cristalinas, na maioria das vezes fraturadas. A cassiterita acha-se disseminada não somente na massa de feldspato mas também no quartzo. O feldspato já se mostrava

bem alterado e transformado em caolim, o qual comumente é conhecido entre os garimpeiros pelo nome de “massa branca”. Intimamente associado ao quartzo encontram-se regiões ricas de feldspato e mica. Aqui, o que se deu foi aparentemente o seguinte: primeiramente, formou-se pequeno dique pegmatítico constituído por feldspato, quartzo, muscovita e cassiterita, o qual sofreu a intrusão de soluções aquosas finais, ricas de sílica que ao atravessarem o dique pegmatítico, localizaram-se na zona de menor resistência. Finalmente, com a ascensão das soluções ricas de vapor de água e agentes mineralizadores, através do pegmatito já modificado anteriormente, deu-se a reprecipitação de cassiterita e turmalina ao longo das fraturas do pegmatito e planos de xistosidade do xisto.

Pode-se notar também que os minerais se mostram fraturados e com extinção ondulante devido às deformações mecânicas, provocadas pelos esforços das diferentes ascensões.

Em conseqüência, concluímos que deve ter havido, após e durante a formação dos pegmatitos, acentuada influência de soluções e elementos voláteis através das fraturas e fendas, com formação de minerais de origem hidrotermal e pneumatolítica.

A fig. 35, representa dique originariamente constituído por feldspato, quartzo, muscovita e cassiterita, o qual foi influencia-

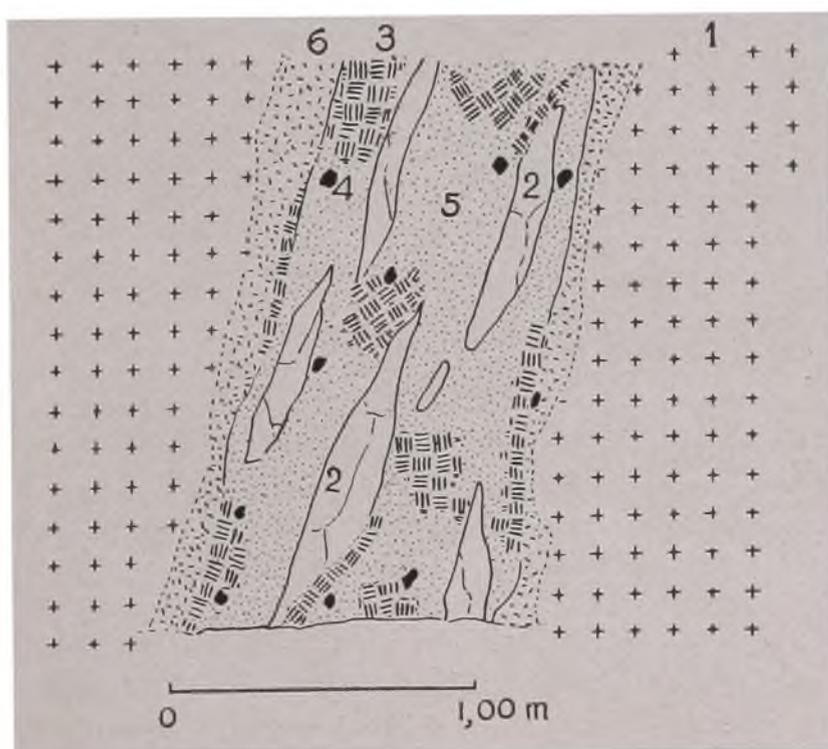


Fig. 35 - Dique pegmatítico, mina Campinas, mun. de Encruzilhada.

- 1 - Granito encaixante
- 2 - Lentes de quartzo
- 3 - Muscovita
- 4 - Cassiterita
- 5 - Feldspato
- 6 - Granito alterado.

do pelas soluções aquosas ricas de sílica. Parece não ter havido neste caso, migração alguma do material originário do dique bem como substituições apreciáveis.

Na fig. 36, nota-se que as paredes do granito encaixante estão totalmente greisenificadas. O interior do dique mostra também grandes lentes de quartzo informe. No interior do quartzo veem-se massas inalteradas de feldspato e mica que não sofreram a ação

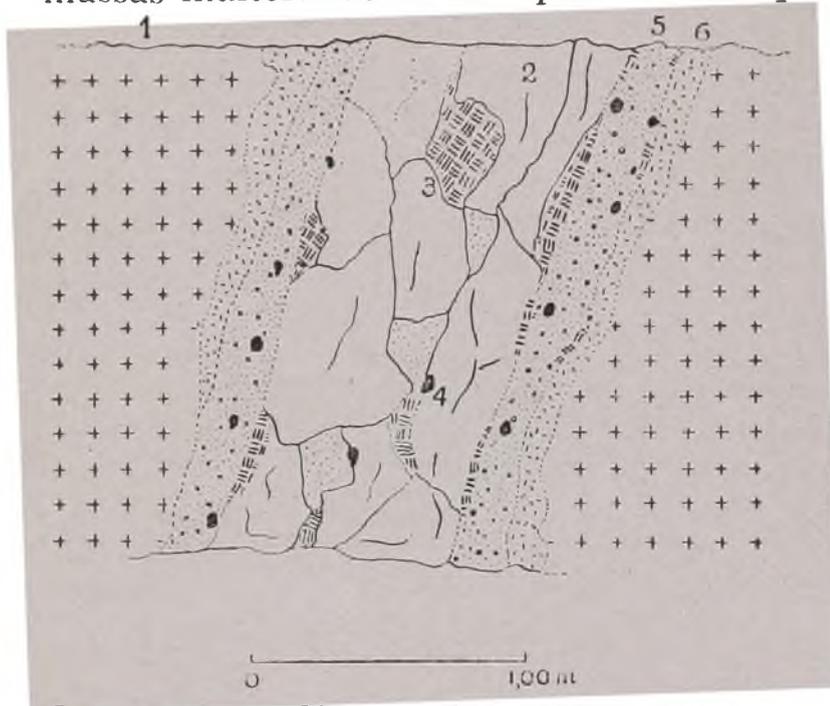


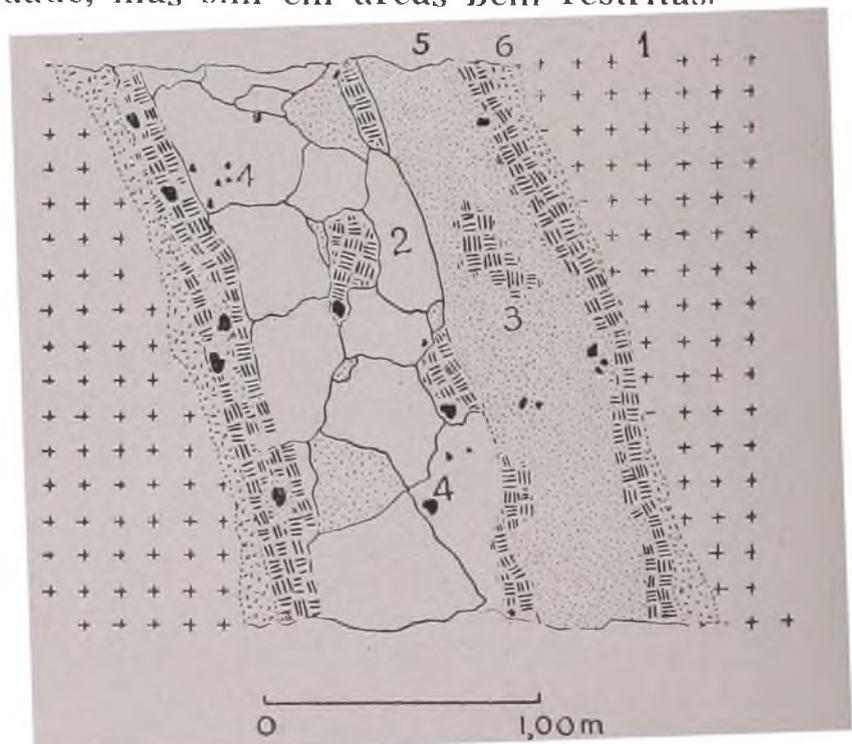
Fig. 36

- 1 - Granito
- 2 - Quartzo
- 3 - Muscovita
- 4 - Cassiterita
- 5 - Greisen rico de cristais de cassiterita
- 6 - Granito alterado.

dos agentes voláteis e das soluções. Nota-se ainda grande concentração de cassiterita nas zonas greisenificadas. Como se vê pelo desenho, as alterações das paredes do granito não se verificaram em grande profundidade, mas sim em áreas bem restritas.

Fig. 37 - Pegmatito, mina Campinas, município de En cruzilhada.

- 1 - Granito
- 2 - Quartzo
- 3 - Muscovita
- 4 - Cassiterita
- 5 - Feldspato
- 6 - Granito alterado.



Na fig. 37 (Campinas), a estrutura do dique é assimétrica mas a interpretação é a mesma dada para os outros exemplos.

Contudo, o que se pode notar neste caso é intensa e simétrica muscovitização nas zonas de contacto.

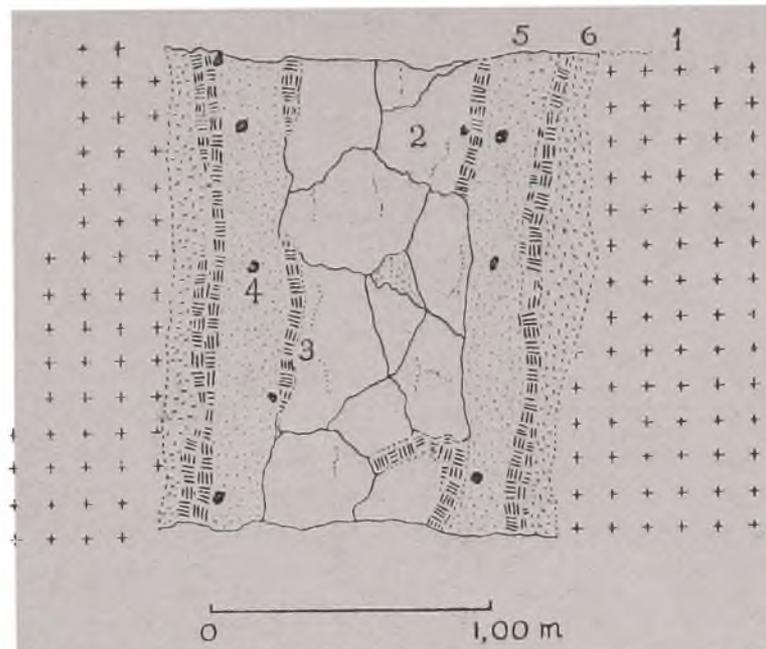


Fig. 38 - Pegmatito, jazida Pedro Freitas, mun. de Piratini.

- 1 - Granito
- 2 - Quartzo
- 3 - Muscovita
- 4 - Cassiterita
- 5 - Feldspato
- 6 - Granito alterado.

A fig. 38 (Pedro Freitas) representa dique-pegmatito simétrico, mergulhado verticalmente. Notar o desenvolvimento de muscovita nas paredes externas do pegmatito e na zona de alteração do granito encaixante.

e) Filões

Ao lado dos pegmatitos encontra-se grande número de filões formados quase exclusivamente de quartzo e contendo como minerais de associação, a muscovita, a cassiterita e muito raramente a molibdenita. Nota-se em quase todos êles, a tendência do quartzo no sentido de se cristalizar nas partes centrais dos filões, ficando a massa de sílica, extremamente pura, quase sempre compreendida por faixas de mica e, ocasionalmente, feldspatos.

Pudemos verificar em alguns casos perfeita transição entre os diques de pegmatitos (geralmente influenciados pelas soluções ricas de sílica) e os veios de quartzo.

Esta passagem gradual de pegmatitos e veios de quartzo tem sido objeto de estudo por parte de muitos mineralogistas,

principalmente quando se procura evidenciar a importância dos agentes mineralizadores nas suas formações. Brögger (9), Sederholm (32), Tolman (36), Emmons (14) e muitos outros se destacam neste campo de investigações.

Em muitos casos, os veios de quartzo são paralelos e concordantes com as estruturas da rocha encaixante; existem, porém, veios que cortam discordantemente estas rochas. Os veios são encontrados geralmente nas rochas encaixantes, nos diversos tipos de xistos e acham-se, de regra geral, em níveis diferentes aqueles dos pegmatitos.

Os inúmeros veios estudados também não mostram sinais de estratificação dos minerais e raramente encontramos drusas ou geodos. Há, contudo, quase sempre, perfeita associação entre o quartzo e a turmalina, sendo raríssimos os veios de quartzo que não se mostram turmalinizados. Em alguns lugares, notam-se numerosas concreções aciculares de turmalina azul-acinzentada distribuídas erráticamente pela massa informe de quartzo.

Nos filões pudemos verificar também a formação de turmalina em uma das paredes do veio, enquanto a outra permanece perfeitamente livre da turmalinização. Tal distribuição assimétrica, visível às vezes em lâminas petrográficas, não constitui fato peculiar da região, porquanto muitos autores, se referem ao mesmo fenômeno. Entre eles, P. K. Ghosh (16), no trabalho que realizou sobre o granito de Bodmin Moor em Cornwall.

A fig. 39, representa filão típico, tal qual foi descrito anteriormente. Este foi um dos únicos filões onde verificamos a exis-

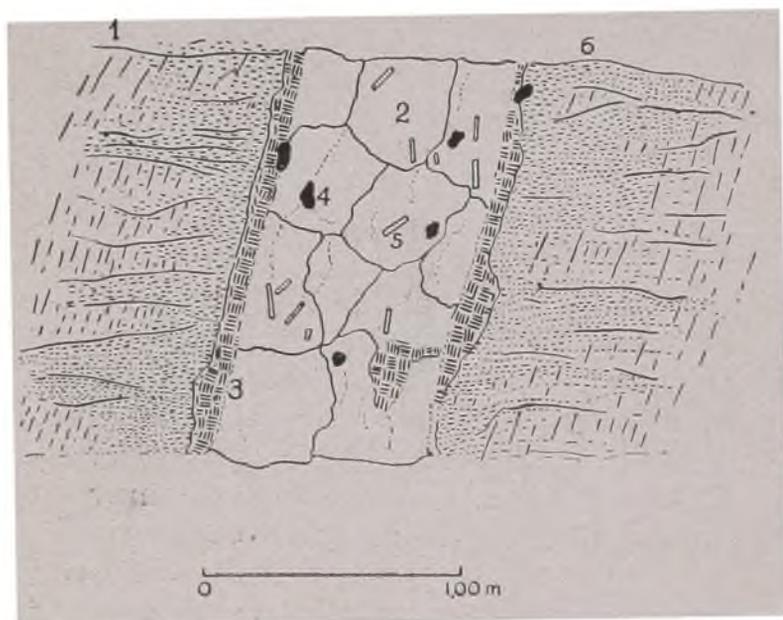


Fig. 39 - Filão quartzífero, mina Cerro Branco, mun. de Encruzilhada.

- 1 - Micaxisto
- 2 - Quartzo
- 3 - Muscovita
- 4 - Cassiterita
- 5 - Lâminas de molibdenita
- 6 - Turmalina impregnando o micaxisto encaixante.

tência de molibdenita associada à cassiterita. Notar na figura a faixa turmalinizada que substitue larga área do xisto encaixante, bem como a distribuição simétrica dos elementos dos filões.

Com relação à presença de molibdenita, desejamos pedir a atenção do leitor para o fato seguinte: W. G. R. Camargo (comunicação verbal), que estudou a jazida de molibdenita de Vacacai (Rio Grande do Sul), conclue que o aludido depósito é do tipo hipomesotermal, resultante de atividade magmática granítica na zona de contacto com os xistos cristalinos da série Porongos. Considerando que lá, o depósito se formou também por influência de intrusões graníticas, encaixadas nos termos metamórficos da série Porongos, tal qual sucede com os fenômenos por nós verificados na faixa estanífera, somos de parecer que a mineralização do depósito de molibdenita de Vacacai e a dos municípios de Encruzilhada-Piratini devem ter pontos de contacto no que diz respeito à gênese e à idade. Há, contudo, entre as duas regiões mineralizadas — Vacacai e Encruzilhada-Piratini — alguns pontos bem distintos. Na primeira área, aquele Autor não verificou nem fenômeno de turmalinização nem formação de "greisen" na região de contacto do filão com a rocha encaixante, fato tão comum nos depósitos estaníferos da segunda área. A grande quantidade de sulfetos hipógenos e supérgenos e a ausência de cassiterita, segundo verificou W. G. R. Camargo, constituem o outro principal e característico distintivo das duas áreas. Muito provavelmente, as intrusões graníticas de ambas áreas, embora tenham ocorrido no mesmo período — algonquiano — parecem não provir da mesma fonte, devendo ser considerados ou como duas intrusões distintas ou como depósitos formados pelo mesmo magma mas em condições de temperatura, pressão e concentração diferentes e níveis, provavelmente diversos.

A fig. 40 representa um estreito filão de quartzo intensamente turmalinizado onde não há, entretanto, cassiterita. A parte pontuada é composta de quartzo e ortoclásio róseo.

Do estudo dos pegmatitos, aplitos e filões devemos concluir que houve durante a formação de tais rochas dois processos bem distintos, embora nem sempre estejamos habilitados a perceber exatamente quando começa um e onde termina o outro. Qualquer que seja o tipo de corpo mineralizado que consideremos, distinguimos o processo magmático e o processo pneumatolítico-hidrotermal. No primeiro, ter-se-iam formado os pegmatitos e aplitos de composição mineralógica aproximadamente idêntica àquela da rocha de origem. Neste processo, sistema essencialmente fechado, os diferentes minerais ter-se-iam originado diretamente do magma, cuja fluidez seria devido, única e exclusivamente, à temperatura própria da massa fundida. A esta fase, seguiu-se o processo pneumatolítico-hidrotermal, no qual a mobilidade dos diferentes materiais se deve à presença, principalmente, do vapor d'água. Originam-se neste segundo período de precipitação, minerais novos que não constituíam elementos do

magma originário. Assim, a formação da albita, quartzo, turmalina, cassiterita, muscovita, fluorita, sericita e outros minerais dificilmente identificáveis, resultou das modificações de equilíbrio e das variadas relações de estabilidade durante o processo pneumatolítico-hidrotermal, sobre o material magmático consolidado ou em via de consolidação. Muitos autores entre eles Thad G. McLaughlin (28), K. K. Landes (22) e N. M. Uspensky (37), espõem também esta teoria, segundo a qual processa-se sempre substituição, bem visível, de minerais primários por minerais secundários, pela influência de agentes mineralizadores.

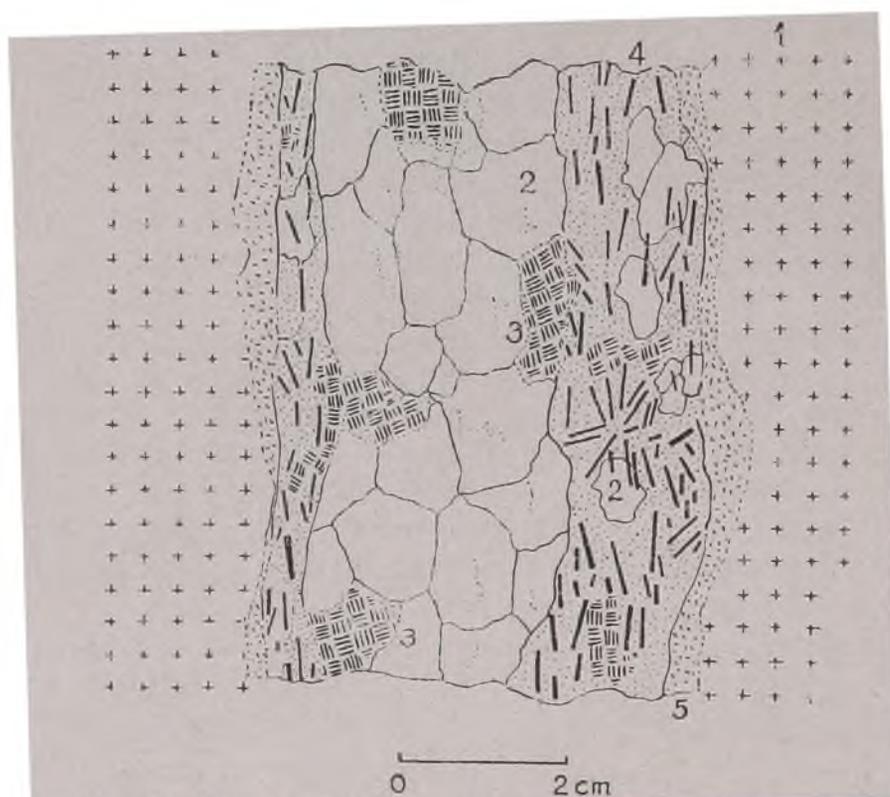


Fig. 40 - Filão de quartzo, jazida Pedro Freitas, município de Piratini:

- 1 - Granito
- 2 - Quartzo
- 3 - Muscovita
- 4 - Feldspato e quartzo rico de cristais aciculares de turmalina
- 5 - Granito alterado.

Dêste modo, pegmatitos e aplitos de composição mineralógica relativamente simples, após os efeitos do processo pneumatolítico-hidrotermal, tornaram-se mais complexos com a formação de grupos de minerais ou novos minerais.

Finalmente, com a ascensão das soluções residuárias epitermais, resultantes ainda do processo magmático que se estabeleceu com a intrusão do granito, verificou-se a formação de faixas caoli-

nizadas e sericitizadas. Esta alteração não atinge somente os pegmatitos e filões mas também, e principalmente, as diaclases do granito.

Schaller (31) acha mesmo que, durante o processo magmático, formar-se-iam somente feldspato potássico, pequena quantidade de feldspato sódico e porcentagem mínima de quartzo. Os outros minerais originar-se-iam somente na fase hidrotermal.

A seqüência na ordem de cristalização dos minerais de origem pneumatolítico-hidrotermal, a partir dos minerais originariamente formados, nem sempre foi de fácil verificação quer no campo como no laboratório.

Outro fato para o qual desejamos pedir a atenção dos leitores é aquele que diz referência à composição dos filões e pegmatitos por nós estudados. Ao contrário do que se observa em outros depósitos de cassiterita, a faixa estanífera riograndense apresenta composição mineralógica bem simples (fig. 41). Nesta figura, amostra tirada das paredes externas de um pegmatito, vê-se a disseminação de cristais de cassiterita (preto) na massa de feldspato-quartzo microgranular. Vê-se, também, cristais bem desenvolvidos de microclínio e disseminação de cristais de muscovita. Ai, em ponto algum, pudemos encontrar associações de minerais que se comparassem aos depósitos de outras localidades. Assim, não verificamos a existência de cassiterita com pirita, blenda, arsenopirita, siderita, apatita e topázio, tão comuns nos depósitos filonianos de Freiberg (Saxônia) e Sullivan mine (Columbia Britânica). Nem mesmo os já conhecidos depósitos filonianos de volframita de Cerro d'Arvore e Sanga Negra — parte norte da faixa estanífera riograndense — mostram qualquer analogia de paragênese com os pegmatitos e filões estudados pelo autor.

Em Cornwall, Inglaterra, a paragênese é inteiramente diversa, porquanto lá, os depósitos de cassiterita são mais complexos: os elementos paragenéticos compreendem quartzo, clorita, cassiterita, volframita, estanita, molibdenita, calcopirita, pirita e blenda; na Bolívia, são representados pelos seguintes minerais: clorita, turmalina, apatita, quartzo, cassiterita, pirita, calcopirita, arsenopirita, estanita e prata.

Ramdohr (30) em seu trabalho sobre os depósitos estaníferos de Arandís, cita o caso de filões (pipes), contendo cassiterita cortando mármores pre-cambrianos. Nessa região, a associação paragenética é muito complexa, pois se encontram pirrotita, axinita, escapolita, danburita, cloretos e fluorita, além de muitos outros. Esse Autor verifica também que o quartzo é muito abundante, sendo encontrado geralmente nas partes centrais dos filões, tal qual acontece com os filões e pegmatitos da faixa estanífera dos municípios de Encruzilhada e Piratini.

Os depósitos de cassiterita do distrito de Zeeham, noroeste da Tasmânia, mostram por sua vez a seguinte associação: cassiterita, turmalina, calcopirita, galena, blenda, pirita e estanita. No Japão, na região de Akenobe a associação paragenética é a que se segue: cassiterita, volframita, cassiterita, calcopirita e blenda.

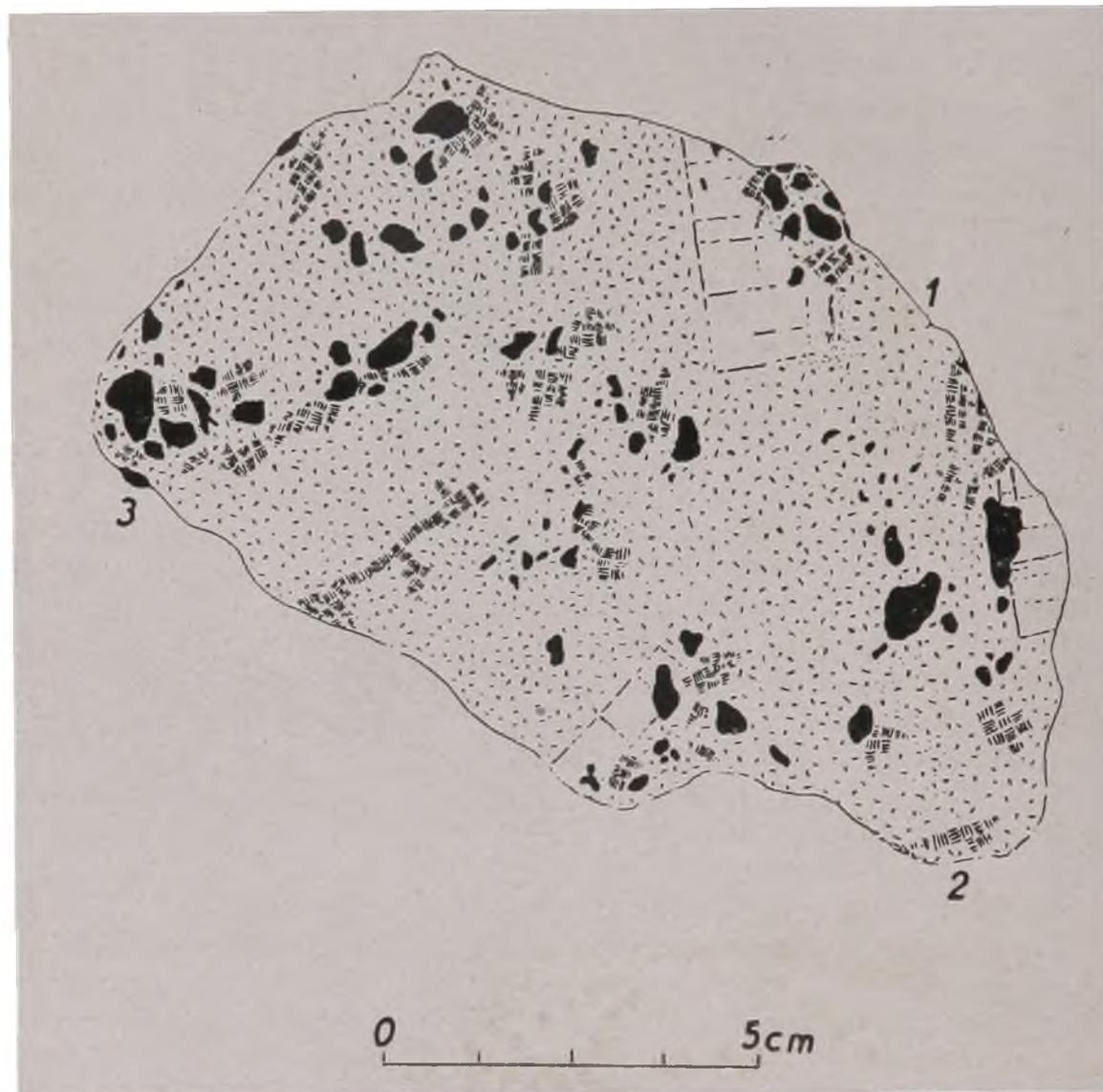


Fig. 41 - Parte de um pegmatito, mina Campinas, mun. de Encruzilhada.
(Notar os grandes cristais idiomorfos de microclinio).

- 1 - Feldspato e quartzo granulares
- 2 - Muscovita
- 3 - Cassiterita

Para os estudos de confronto de paragênese citam-se os trabalhos de L. de Launay (13), Beyschlag-Krusch-Vogt (5), W. E. Emmons (15) e Alan M. Bateman (3).

Em Itupeva (São Paulo), nos filões de quartzo ricos de volframita ocorrem cassiterita, calcopirita, fluorita e topázio além de blenda, pirita, calcopirita, epidoto, etc.

Molibdenita foi o único sulfeto que encontramos em íntima relação com a cassiterita. Mesmo assim, este mineral foi encontrado somente na mina do Cerro Branco, em um dos filões de quartzo (fig. 39).

O fato de termos encontrado filões hidrotermais de natureza tão simples, não significa, obrigatoriamente, que tenham sido, diferentes dos outros mencionados. Os filões estudados poderiam ter sido, originariamente, tão complexos como os encontrados em outras jazidas, nas quais se nota paragênese muito rica de sulfetos variados. No Rio Grande do Sul, com a erosão progressiva desde o algonquiano (época na qual se formaram os filões da região), provavelmente as zonas ricas de sulfetos, formados em condições de p.t. mais baixo, teriam sido erodidas e transportadas, ficando expostas as zonas mais profundas (zona de contacto dos xistos e granitos), ricas somente de cassiterita.

7. Conclusões

As rochas mais antigas que compõem a maior parte da área mineralizada, que acabámos de descrever, são de dois tipos principais: xistos — quartzitos e granitos. Ambos esses termos pertencem à série Porongos (algonquiano inferior). A formação mais recente constitue a chamada série Camaquan e é formada por arenitos vermelhos e arenitos arcosianos (devoniano?). Testemunhos desta formação foram encontrados somente em dois pontos da área mineralizada — na região de Taboleiro e nas margens do Arroio Campinas.

O granito intrusivo parece ter sofrido visível diferenciação magmática, a partir de biotita-granito, com a formação de zonas diferenciadas e distintas, sem contudo constituírem auréolas concêntricas (6).

A diferenciação se operou, provavelmente em consequência das infiltrações magmáticas através do granito em formação, produzindo três tipos principais de áreas diferenciadas, as quais mostram contudo muitos pontos de contacto:

- a. núcleo granítico primitivo rico de biotita (único elemento ferro-magnésiano) e essencialmente livre dos constituintes voláteis responsáveis pela formação da turmalina e cassiterita.
- b. zona intermediária constituída de granito a duas micas (biotita e muscovita) de textura variável.
- c. área constituída por muscovita-granito rico de pegmatitos, aplitos, filões quartzíferos, encontrada na parte superior da intrusão, na qual se processou em larga escala, a ação dos constituintes voláteis.

Finalmente, mencionemos ainda, com relação às manifestações finais da intrusão ácida, a ocorrência de largas e extensas zonas turmalinizadas, que se localizaram de preferência nos xistos e quartzitos encaixantes.

A cassiterita ocorrendo principalmente nos pegmatitos e filões quartzo-estaníferos e sob forma inteiramente caótica (distribuição errática) nos leva a concluir que a sua formação deve ter sido causada por agentes mineralizadores (vapor d'água, flúor, cloro e ácido bórico) os quais atravessaram e substituíram os minerais dos pegmatitos e aplitos. Neste processo originaram-se também faixas greisenificadas, altamente muscovitizadas com apreciável disseminação de cassiterita.

Considerando os resultados a que chegou Georges Soubotian no seu trabalho: "Considerações sobre o problema da exploração dos aluviões estaníferos das margens do Rio Camaquan, entre Parredão e Poços dos Dourados, no município de Encruzilhada e no 3.º Distrito do município de Piratini, Estado do Rio Grande do Sul" publicado na revista Indústria e Técnica, n.º 4, ano 5.º agosto de 1943, que apresentam, em alguns pontos, semelhança com as observações por nós realizadas na faixa estanífera, resolvemos adicionar, no capítulo das Conclusões, algumas de suas observações e idéias.

Em seu trabalho, o Prof. Soubotian trata não somente do estudo geológico de algumas das jazidas, dos diques pegmatíticos e veios quartzosos bem assim da mineralização em geral, mas também da qualidade dos minerais aluvionais e das possibilidades eventuais de tratamento.

Sob o ponto de vista da composição mineralógica dos diques pegmatíticos, Georges Soubotian descreve a presença de hornblenda verde escuro, em quantidade reduzida, associada a grandes cristais de feldspato róseo. Esse Autor, com base em estudos petrográficos dos granitos da área mineralizada, estuda o fenômeno da diferenciação magmática, com a formação de três tipos principais de granito — granito pegmatítico, granito a duas micas (biotita e muscovita) e granito biotítico de cor cinza escuro de estrutura porfiróide. De modo geral, tais conclusões se aproximam das nossas, descritas acima, no capítulo das "Conclusões". A diferença reside apenas na extensão, bem maior, das áreas por nós estudadas.

Trata a seguir dos pegmatitos turmalíferos e feldspáticos e faz considerações sobre o tipo de metamorfismo sofrido pelos xistos, sem, contudo, se deter no fenômeno da turmalinização e greisenificação dos corpos mineralizados e rochas encaixantes, principais tópicos por nós abordados no estudo da mineralogênese da faixa estanífera.

Com referência ao fenômeno da mineralização, Soubotian considera dois grupos de fatos:

a) mineralização devida ao metamorfismo de contacto entre as rochas ígneas e os xistos preexistentes e

b) mineralização devida à extração magmática e à ação hidrotermal e pneumatolítica em consequência de intrusões dos diques pegmatíticos e quartzosos.

Estudou, principalmente, os depósitos aluvionais do Rio Camaquan e sangas circunvizinhas, descrevendo, além da cassiterita e estanita (minerais de estanho), a presença de torita, volframita, almandina, grossularia, zirconita, ilmenita, monazita, ilmeno-rutílio, atanassa, platnerita, hematita e magnetita.

Finalmente, conclue que a mineralização é fraca, sendo mínima a quantidade de cassiterita nos leitos do Rio Camaquan, o que contrasta com as conclusões de Anatol Bromirsky que fixára, em mil toneladas, a quantidade de cassiterita no Aluvião Camaquan.

8. Summary and Conclusions

In Rio Grande do Sul, the southmost State of Brazil, the southern part of the Encruzilhada district, and the northern part of the Piratini district consist predominantly of schists, quartzites and large masses of granites. Rock types delineated in the attached map, include the Algonquian schists, quartzites, and granites (Porongos series), and Devonian (?) conglomerates, red sandstones, and arkoses (Camaquan series).

The purpose of this study was to come to a decision concerning the history of the region, its geological and petrographical features, the structural relationships between the dikes, the veins, and the contiguous country rock, and the paragenesis of the minerals within the granites and dikes. Special attention was given to the origin of the cassiterite crystals.

The slightly alkaline granite which is intruded in the schists, shows a certain variation in chemical and mineralogical composition, exhibiting gradations and different types. This differentiation which took place when the greater part of the granite had solidified, was due to the highly siliceous solutions and vapours derived from the final stages of the consolidation of the granite itself, moving toward the outside along cracks and fissures. Here it was found that the most basic portion of the intrusion arrived first, succeeded by others in the order of increasing acidity. The differentiated areas show, however, many points of transition from one to another:

1. a central core of a fine to medium-grained rock containing over 30 per cent biotite (the only fer-

- romagnesian mineral found), and essentially free from volatile constituents. It is a biotite granite (or granitite)
2. an intermediate zone with predominating binary granite (with both white and dark mica).
 3. an aureole composed predominantly of a granite which is characterized by the great predominance of muscovite. Here biotite is relatively scarce. This part of the granite invasion was followed by intrusions of granite-aplites and pegmatites, and deep-seated high temperature quartz veins.

Finally, during the final consolidation of the magma, the fugitive constituents are set free and, escaping through joint fissures and other fractures, transformed certain parts in the granite, into "greisen" (an aggregate of quartz, white mica, cassiterite, fluorite and tourmaline) By the action of the same constituents large areas of the schists and quartzites are converted into "schorl-rock" (quartz and tourmaline). The "greisen" occurs usually following the regional joint directions in the granite. In view of the existence of fluorite in the "greisen", it proves the presence of fluorine among the volatile constituents accountable for the change. Greisenization is not confined to the granites, but is also developed in the schists.

In tourmalinization both feldspar and biotite have been converted into "schorl-rock" by the action of boro-fluoric emanations.

Cassiterite, usually occurring in pegmatite dikes, and associated with dikes of quartz, in a completely confused manner (chaotic or erratic distribution) would naturally be interpreted as a mineral formed due to the action of magmatic fluids (mineralizers).

Cassiterite crystals commonly occur symmetrically united to form twin crystals. The twinning-plane is parallel to a face of the pyramid $\{101\}$. Repeated twins are rare. Reniform shapes were not found. The cassiterite individuals are as much as 10 cm long. In color, cassiterite is nearly black to dark brown; sometimes almost transparent. Stannite, nordenskiöldine, hulsite, and paigeite are absent.

9. Bibliografia

1. Alvim, P. A. — Algumas minas do Rio Grande do Sul: *Min. e Met.* 4, 7-14, Rio de Janeiro (1939).
2. Barbosa, O. — Jazidas e minerais metálicos no Rio Grande do Sul: *Min. e Met.* 4, 194-195, Rio de Janeiro (1939).
3. Bateman, A. M. — Economic mineral deposits: John Wiley & Sons, Inc., New York (1942), 545-551.

4. Beger, P J — Zinnerzpnematolyse und verwandte Erscheinungen im Kontakthofe des Lauzitzer Granits: Neues Jahrb. Min. 2, 152-164 (1914).
5. Beyschlag-Krusch-Vogt — Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine: Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart, v 1, n. 3 (1910), 409-443.
6. Blaise, F. e Boutakoff, N. — Note sur les differenciations de certains batholites granitiques du Kivu: Ann. Soc. Geo. Belgique, 93-100, (1940).
7. Bonney, T G. — On the microscopic structure of Luxullianite: Mineral. Mag. 1, 215-221, (1877)
8. Brammal, A. e Harwood, H. F — Tourmalinization in the Dartmoor granite: Mineral. Mag. 20, 319-330, (1934).
9. Brögger, W C. — Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der süd-norwegischen Augite und Nephelinsyenite: Zeitschr für Krist und Min. 16, 226, (1890)
10. Carvalho, P F — Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul: S.G.M.B. Bol. 66, (1932)
11. Clarke, F W — The data of Geochemistry: Washington, Government Printing Office (1911), 417
12. de Lapparent, L. — Leçons de Petrographie: Masson et Cie. Éditeurs, Paris (1923), 149-166.
13. de Launav, L. — Gîtes minéraux et métallifères: Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Éditeur; Paris et Liège, v. 2, (1913), 1-75.
14. Emmons, R. C. — The contribution of differential pressures to magmatic differentiation: Am. Jour Sci., 238, 1-21, (1940)
15. Emmons, W H. — The principles of economic geology: McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London (1940), 434-445.
16. Ghosh, P K. — The Bodmin Moor granite, Cornwall: Mineral. Mag 21, 285-309, (1927-1928)
17. Guimarães, D. — Volframita e cassiterita no município de Encruzilhada: S.G.M.B. Bol. 21, 65-70, Rio de Janeiro (1926)
18. Guimarães, D. — Quadro Crono-Geológico do Brasil: Min. e Met. 1, 65-71, Rio de Janeiro (1936)
19. Guimarães, D. — Contribuição à metalogênese do maciço brasileiro: D.N.P.M. Bol. 16, 1-86, Rio de Janeiro (1937).
20. Guimarães, D. — A teoria da granitização progressiva: Min. e Met. 5, n. 27, Rio de Janeiro (1940)
21. Johannsen, A. — A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks: The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, v. 2, (1941), 151.
22. Landes, K. K. — The paragenesis of the granite pegmatites of Central Maine: Am. Mineral. 10, 355, (1925)
23. Leinz, V — Problemas geológicos do Post-arqueano no Estado do Rio Grande do Sul: Min. e Met. 4, 203-206, Rio de Janeiro (1939)
24. Leinz, V., Barbosa, A., Teixeira, E. A. — Mapa geológico Caçapava-Lavras: D.P.M. Bol. 90, 7-39, Porto Alegre (1941).
25. Leinz, V., Carneiro, S. A. — Gênese da jazida de cobre "Camaquan", Caçapava, Rio Grande do Sul: D.P.M. Bol. 88, 5-47, Porto Alegre (1941)
26. Leinz, V e Teixeira, E. A. — Ouro no Bloco Butiá, Rio Grande do Sul: D.N.P.M. Bol. 50, 1-81, Rio de Janeiro (1942)
27. Lindgren, W — Mineral deposits: McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London (1933), 644-658.

28. McLaughlin, T. G. — Pegmatite dikes of the Bridger Mountains, Wyoming: *Am. Mineral.* **25**, 46-68, (1940)
29. Oliveira, A. I. e Leonardos, Othon H. — Geologia do Brasil: Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro (1943)
30. Ramdohr, P. — Ein Zinnvorkommen bei Arandis, Deutsch-Südwestafrika: *Neues Jahrb. Min. Beil.* Bd. **70A**, 1-48, (1935)
31. Schaller, W. T. — Mineral replacement in pegmatite: *Am. Mineral.* **12**, 59-63. (1927)
32. Sederholm, J. J. Über die finländischen Rapakwigesteine: *Tscherm. Min. Petrog. Mitt.* **12**, 8, (1891).
33. Shand, W. T. — Eruptive rocks: John Wiley & Sons, Inc. New York (1943), 334-335.
34. Targa, F. — Minas e minérios do Rio Grande do Sul: *Rev. Esc. Pol. Porto Alegre*, **9**, n. 3, (1924)
35. Teixeira, E. A. — Cobre no Rio Grande do Sul: D.N.P.M. Avulso 22, Rio de Janeiro (1937)
36. Tolman, C. — Quartz dikes: *Am. Mineral.* **16**, 278-299, (1931)
37. Uspensky, N. M. — Genesis of granitic pegmatites: *Am. Mineral.* **28**, 437-447, (1943)
38. von Miklucho-Maclay, M. — Rutil und Zinnstein im Greifensteiner Granit (Ehrenfriedersdorf): *Neues Jahr Min.* **2**, 88-90, (1885)

Boletins publicados pelo Departamento de Mineralogia

— — —

N.º 1 (1938) :

- Saldanha, R. — Minerais da mina de Furnas: Cerussita.
Minerais da mina de Furnas: Anglesita e Calamina.
Franco, R. R. — Sobre a baritina de Araxá.

N.º 2 (1938) :

- Onorato, E. — Pesquisas röntgenográficas sobre a leucita.
Saldanha, R. — Estudo morfológico e estatístico de São Miguel de Piracicaba.
Franco, R. R. — Breve notícia sobre a hematita de Antônio Pereira.

N.º 3 (1939) :

- Leonardos, O. H. e Saldanha, R. — Diamante Darcy Vargas e outros grandes diamantes brasileiros.
Saldanha, R. — Sobre o euclásio de Dom Bosco, município de Ouro Preto.
Franco, R. R. — Breve notícia sobre a calcita de Botucatu.
Mathias, P. — Nota sobre a columbita de Figueira, Minas Gerais.
Patrima, J. — Nota sobre um topázio de Arassuaí, Minas Gerais.

N.º 4 (1941) :

- Leonardos, O. H. — Notas petrográficas sobre a série Ribeira.
Saldanha, R. — O diamante Coromandel
Saldanha, R. — Nota sobre o euclásio de Cachoeiro de Santa Leopoldina.
Franco, R. R. — Piromorfita em Araçariguama.
Wohlers, A. — Nota sobre o crisoberilo de Santa Tereza.

N.º 5 (1942) :

- Guimarães, D. — Arrojadita, um novo mineral do grupo da wagnerita.
Saldanha, R. — O diamante Governador Valadares.
Camargo, W. G. R. — Nota sobre a baritina de Serrote, S.P.
Camargo, W. G. R. — Nota sobre a calcita de Pedra do Sino, M. G.

Este livro foi composto e impresso
nas oficinas de José Magalhães.
Rua Quirino de Andrade, 59 - 67
São Paulo 1944

O Departamento de Mineralogia e Petrografia

pede e agradece a remessa de suas publicações
vous prie de lui envoyer vos publications.
shall be glad to receive your publications.
le agradecerá el envío de sus publicaciones.

Endereço:

O Departamento de Mineralogia e Petrografia
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras
Caixa Postal 105-B
S. Paulo (Brasil).