

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM LX

MINERALOGIA

N.º 8



S. PAULO — BRASIL
1 9 4 6

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

DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E PETROGRAFIA

Diretor:

Prof. Reynaldo Saldanha

Prof. visitante:

Prof. Ettore Onorato (da Universidade de Roma)

Assistentes:

Dr. Ruy Ribeiro Franco

Dr. William G. Rolim de Camargo

Lic.º José Moacyr Vianna Coutinho

Lic.º Walter Loewensiein

Estagiários:

Eng.º José Setzer (prof. de Pedologia)

Lic.º José M. Homem de Montes

Lic.º Eloy Fornasaro

Lic.º Mótula Lancman

Lic.º Walter Lerner

Lic.º João J. Bigarella (I.B.T.B.)

O Departamento de Mineralogia e Petrografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo edita o Boletim LX, Mineralogia n. 8, sob o patrocínio da Comissão Organizadora do Segundo Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia.

Publicado durante a realização do Congresso, o presente número constitui homenagem aos professores e engenheiros de todos os países da América, reunidos em nossa pátria.

O Departamento faz chegar aos congressistas os seus votos de boas vindas e de que cheguem a resultados concretos nos trabalhos de planificação da exploração mineira em nosso continente. O intercâmbio de professores e alunos assume também, para nós, importância excepcional, assim como a utilização de engenheiros e técnicos, sem restrições de qualquer espécie.

Nosso Departamento espera dos congressistas a mais alta compreensão dos problemas, quer de natureza científica, quer de natureza econômica. Os homens que se conhecem, além fronteiras, no esforço comum de melhorar as condições de vida da humanidade, podem, neste Congresso, dar uma lição de entendimento real entre os povos para construção de paz duradoura.

REYNALDO SALDANHA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM LX

MINERALOGIA

N.º 8

ÍNDICE

SALDANHA, R. — O estudo da jazida de wolframita de Inhandjara 5

S. PAULO — BRASIL
1 9 4 6

INTRODUÇÃO	5
-------------------------	---

CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

1 — SITUAÇÃO DA JAZIDA	7
2 — HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO	9
3 — CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DE SÃO PAULO	13
4 — GEOLOGIA DA ÁREA MINERALIZADA	17

ESTUDO DA OCORRÊNCIA

1 — DESCRIÇÃO DA JAZIDA	21
2 — MINERAIS DO VIEIRO	
Wolframita	24
Cassiterita	32
Topázio	38
Quartzo	47
Mica	48
Fluorita	50
Blenda	50
Pirita	51
Calcopirita	52
Molibdenita	52
Galena e bismutinita	52
Minerais de alteração	53
3 — DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA	
Quartzo-pórfito microgranítico	54
Graisen	58
Gnais	62

MINERALOGÊNESE

1 — GRAISENIFICAÇÃO	69
2 — ORDEM E PROCESSO DE SEGREGAÇÃO	73
3 — CONCLUSÕES	93

INTRODUÇÃO

Convocado para o serviço ativo do Exército Brasileiro, em Junho de 1942, fui designado para a Diretoria do Material Bélico, ficando a meu cargo todas as questões referentes a mineração e metalurgia dos metais não ferrosos e quaisquer outros estudos do subsólo e que mais de perto interessassem ao esforço de guerra do Brasil. Como oficial de ligação com o Departamento Nacional da Produção Mineral do Ministério da Agricultura, o Conselho Nacional de Minas e Metalurgia e outros órgãos especializados dos governos estaduais, tive a oportunidade de estudar de perto os problemas mais urgentes de natureza econômica, colocando-me ao par do que estava feito no sentido de resolvê-los e da imensa tarefa ainda a executar, dada a exiguidade de meios e o número ainda muito pequeno de especialistas nos diversos ramos das ciências geológicas.

Dedicando-me por completo às atividades de caráter militar, não me afastei em absoluto dos trabalhos normais de investigação científica, para os quais me orientára como professor. Tudo aquilo realizado, aliás, na Diretoria do Material Bélico do Exército sempre o foi em colaboração com os especialistas dos diversos departamentos federais e estaduais e organizações particulares, inclusive o próprio Departamento de Mineralogia e Petrografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, então entregue à direção do primeiro assistente, dr. Ruy Ribeiro Franco.

No trabalho incessante de aproximadamente dois anos pude observar numerosas ocorrências, estudar jazidas e comprovar observações feitas por ilustres colegas. Do conjunto de serviços executados e do convívio com especialistas nacionais e estrangeiros, resultou para mim um acréscimo de informações de grande valor, com o conhecimento direto das antigas e novas ocorrências de minerais no Brasil.

Não poderia deixar, portanto, de escolher para minha tese de concurso um assunto que dissesse diretamente respeito ao esforço de guerra, como resultado dos trabalhos feitos a serviço do Exército. Daí a minha preferência pela jazida de Inhandjara que, além de ter alto valor estratégico, apresenta condições paragenéticas peculiares e grande interesse científico.

Agradeço aos diretores da Sociedade Mineração Inhandjara, srs. Oswaldo Sampaio, Xisto Paraizo e Jesuino Felicíssimo a cordialíssima acolhida que sempre me dispensaram, facilitando-me os estudos de campo, a coleta de amostras na jazida e fornecendo-me toda espécie de auxílio solicitado. Particularmente ao eng^o Jesuino Felicíssimo, diretor-técnico, devo considerável soma de dados sobre os trabalhos em andamento, além de informações sobre a geologia da região mineralizada e circunvizinhanças e pormenores sobre as observações por ele feitas no decorrer da exploração. Ao competente colega dirijo os mais francos elogios pelo seu alto espírito de colaboração.

Agradeço aos meus assistentes, drs. Ruy Ribeiro Franco e William Gerson Rolim de Camargo, o grande auxílio prestado no desenho de cristais e de agregados cristalinos e na preparação de lâminas e microfotografias. Particularmente ao dr. Ruy Ribeiro Franco devo a possibilidade de conseguir, em breve espaço de tempo, ultimar uma tese cuja organização exigiria, sem este auxílio, outros longos meses de trabalho.

CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

1 — SITUAÇÃO DA JAZIDA

Partindo da cidade de Jundiá, sede da administração de um município de cerca de 60.000 habitantes, é necessário percorrer 27 Km de estrada de rodagem secundária, para atingir o local em que se encontra situada a jazida. Ao longo de toda a distância caminha-se sobre o gnais arqueano, em meio a uma camada de decomposição de perto de 8 m de espessura que produz o sólo, ácido e muito arenoso, conhecido na região sob o nome genérico de “massapé”. Mais ao sul, a cerca de 5 km, no primeiro trecho e a 15 km no trecho final, avista-se a serra do Japy, constituída de quartzito da série São Roque e estudada recentemente por L. J. Moraes (1). Além da jazida, na direção de W, ocorre novamente o algonquiano, representado, aqui, por um conspicuo afloramento do granito típico Itú. A zona mineralizada localisa-se assim nas proximidades dos limites entre os dois sistemas.

A sede da Sociedade Mineração Inhandjara pôde ser mais facilmente atingida quando se parte da estação de Itupeva, por estrada de uma via com 2,5 km de extensão. Por essa estação do ramal de bitola estreita da E. F. Ituana é feito o embarque do minério que, depois do transbordo em Jundiá, vai a S. Paulo ou a Santos pela S. Paulo Railway, com bitola larga. Em futuro próximo a nova estrada de rodagem de primeira classe, a Via Anhanguera, passará a menos de 20 Km a E da jazida, possibilitando o

(1) — L. J. MORAES *A serra do Japi, Estado de S. Paulo* — Bol. Fac. Fil. Ci. Let., XLV (Geologia n.º 1), 1944, pp. 34-40.

transporte rodoviário do minério em excelentes condições de custo para a tonelada-kilômetro.

A situação da jazida é, no Brasil, excepcional (fig. 1). Muito vizinha do maior centro consumidor que é S. Paulo (a 84 km por

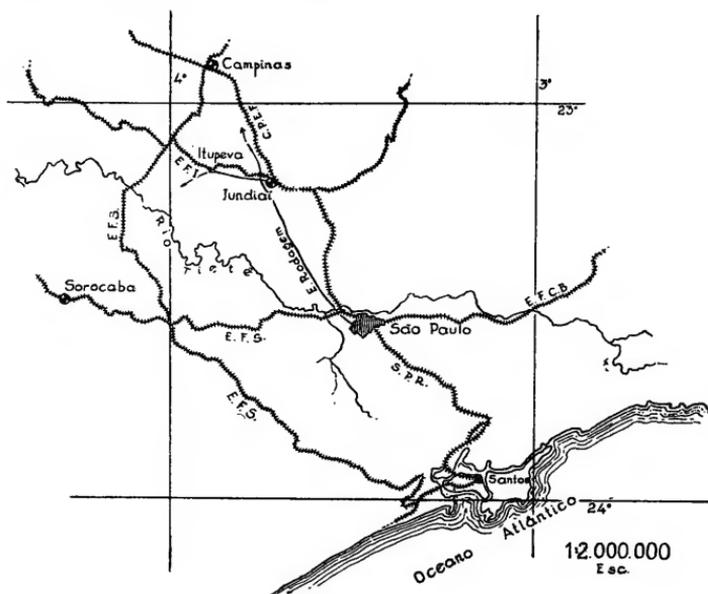


FIG. 1

via férrea e, no futuro, a 60 km aproximadamente pela nova rodovia), é também relativamente próxima de Santos, principal porto do Estado do qual dista 166 km pela E. F. Sorocabana. Não se conhece no país nenhuma outra ocorrência mineral de importância econômica colocada em região tão altamente provida de recursos industriais e com tamanhas facilidades para o escoamento do minério e aquisição de maquinária.

2 — HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO

Em Dezembro de 1940 um cabo do 4.º Regimento de Artilharia Montada levou ao eng. Jesuino Felicíssimo, do Instituto Geológico e Geográfico de S. Paulo, pequeno exemplar de um mineral pesado que colhera, por julgar extranho, em terras da Fazenda Inhandjara, nos arredores da estação de Itupeva. Região de intensa exploração agrícola desde alguns séculos e local visitado com frequência por trabalhadores rurais e visitantes, só então era assinalado pela descoberta de um mineral diferente dos mais comuns na vizinhança.

Foi o exemplar classificado pelo eng. Plínio de Lima, chefe do Serviço de Geologia Geral do mesmo Instituto, verificando tratar-se de wolframita, mais rica em manganês do que em ferro, de composição química, mais próxima da hübnerita que da ferberita. Em face da relevância dos resultados da classificação do novo mineral de alta importância estratégica, acentuada pela existência da guerra já deflagrada na Europa, dedicou-se o eng.º Jesuino Felicíssimo a pesquisas para a determinação do local da jazida.

Desaparecido o militar que trouxera a primeira amostra de wolframita, ignorando-se mesmo o seu nome, as pesquisas caracterisaram-se por uma exploração sistemática do terreno, em área bem extensa. A única orientação possível era dada pelos filões de quartzo que cortam o gnais na região e que, embora estéreis na maioria, eram o jazimento provável do utilíssimo mineral.

Finalmente, a 11 de Fevereiro de 1941, foram coroados de êxito os esforços do eng.º Felicíssimo. Em uma colina vizinha à estrada de ferro, a pouco mais de 2 Km de Itupeva e na direção aproximada de N30E, foi localizado o primeiro veio de quartzo com forte mineralização e, a seguir, outros mais, paralelos ou transversais ao primeiro, todos em terras da Fazenda Inhandjara, de propriedade do sr. Olavo Guimarães.

Tiveram início imediatamente os trabalhos, formada uma cooperação pelo proprietário das terras sr. Olavo Guimarães, e mais os srs. Xisto Paraizo, Paulo Pinto Pupo e Oswaldo Sampaio, sendo êste último o maior animador da mineração em S. Paulo e

a quem deve o Estado vários empreendimentos na criação da indústria extrativa mineral.

Não só os serviços de prospecção como a exploração posterior e a montagem de usinas, continuaram sob a direção do eng.^o Felicíssimo. Os terrenos de eluvião ofereceram um primeiro auxílio aos mineradores com a abundante coleta de wolframita erodida mais recentemente do vieiro e depositada nas encostas da elevação. Do elúvio foram aproveitadas quase 20 toneladas, uma parte em fragmentos de alguns centímetros de diâmetros médio e outra de pequenos fragmentos selecionados em "jig" simples da Pan-American de 12"x12".

Paralelamente foi iniciada a prospecção, com abertura de galerias e poços, na quase totalidade acima do nível freático. A lava, propriamente dita, é ainda apenas superficial, sendo grande parte do minério extraído, proveniente dos trabalhos de prospecção. Por não ter sido a jazida explorada em profundidade, há falta de maior número de observações da porção não alterada dos vieiros, obrigando, em certos casos, a extrapolar os resultados dos estudos.

As primeiras toneladas de minério beneficiado antes do ataque a Pearl Harbour foram vendidas, cêrca de 30 toneladas, a firmas japonezas que ofereceram preço extraordinariamente superior ao do mercado norte-americano. As duas primeiras partidas, cada uma de 15 ton., foram analisadas por Hicketier e Bachmann, Buenos Ayres, sendo os pagamentos efetuados por estabelecimentos comerciários de São Paulo. Posteriormente à agressão nipônica toda a produção passou a ser vendida aos aliados norte-americanos, em obediência aos convênios sôbre matérias primas realizados entre as Nações Unidas. O total das vendas até agora atinge, aproximadamente, 300 toneladas, com um teôr médio de 70 % em WO_3 , livre de scheelita e dentro das demais especificações do mercado internacional quanto a impurêzas.

A análise tipo das partidas embarcadas até atingir o total de 180.593 Kg (dados obtidos graças à gentileza do eng.^o Felicíssimo) pôde ser assim representada:

WO_3	69.77
MnO	14.85
FeO	8.60
SnO_2	4.12
Bi_2O_3	0.23
$MnCO_3$	0.08
Sb_2O_3	0.03
CuO	0.01
P_2O_5	0.02
As_2O_5	0.02

(A análise é completada com o teor em SiO_2 , Al_2O_3 , F e H_2O , provenientes do quartzo e do topázio, êste em maior quantidade).

Como se verifica facilmente, o minério é ótimo e a constância na qualidade das partidas tem sido fator importante no reerguimento do conceito dos exportadores nacionais de minérios para paizes estrangeiros.

Os cooperadores que deram início à prospecção e exploração da jazida, foram substituídos mais tarde pela Sociedade Mineração Inhandjara cujos principais acionistas são, na actualidade, os srs. Oswaldo Sampaio e Sra., Jesuino Felicíssimo e Sra., Xisto Paraizo e Otaviano Paraizo. A Sociedade intensificou os estudos e iniciou a lavra, melhorando consideravelmente as instalações. Dispõe actualmente de completa usina de beneficiamento, montada em meio às dificuldades oriundas da guerra.

A produção média mensal é de 10 a 15 toneladas de minério de tungstênio, previsto o aumento da produção para compensar a queda dos preços conseqüente à terminação da guerra. Foi feita a primeira corrida, de estanho, em carater experimental, da cassiterita obtida com a separação electro-magnética, obtendo-se 250 Kg de metal de excelente pureza. A produção de minério de estanho até agora atingiu a cifra de 5 ton..

A grande quantidade de topázio existente no vieiro faz prever também o seu aproveitamento como sub-produto. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas estudou o emprêgo industrial do topázio como refratário (2) e produtor de fluor (3), não se tendo efetuado ainda a sua utilização. O quartzo, mineral predominante na jazida, poderá por outro lado, ser vendido como material de construção de boa qualidade.

A boa reserva de minério, a excelência do mesmo e a magnífica localização da jazida fazem prever um futuro promissor para a exploração. Apesar da prospecção não ter ultrapassado, senão em um poço, o nível hidrostático, e o estudo de outros vieiros estar apenas iniciado, já se pôde calcular uma reserva de minério que assegurará longa e compensadora existência, à Sociedade.

-
- (2) F. B. ANGELERI — *O topázio da mina Inhandjara. As possibilidades de seu aproveitamento em refratários ao calor* — An. Ass. Quim. do Brasil, II, n.º 1, 1943, pp. 42-47.
- (3) — L. BARZAGHI e F. B. ANGELERI — *O aproveitamento do fluor do topázio da mina Inhandjara* — An. Ass. Quim. do Brasil, II, n.º 1, 1943, pp. 117-120.

Quero deixar aqui assinalado que, mais recentemente, foram encontrados na região de Sorocaba (4) novos vieiros de wolframita que diferem dos de Jundiaí pela presença de turmalina, inteiramente ausente nesses. Tais novas ocorrências, também de grande importância econômica, vêm enriquecer as reservas de minério de tungstênio do Estado de S. Paulo.

(4) — R. SALDANHA e R. R. FRANCO — *Nota preliminar sobre a ocorrência de wolframita e cassiterita em Sorocaba* — *Min. e Met.*, V. X., n.º 57, 1946, pp. 107-109.

3 — CONSIDERAÇÕES SÔBRE A GEOLOGIA DE SÃO PAULO

Relembrando os aspectos geológicos do Estado de S. Paulo em suas linhas mais gerais, pode-se dizer, em síntese, que o embasamento cristalino é constituído pelas rochas magmáticas e metamórficas do criptozóico, fortemente dobradas e amarrotadas estas e quase inteiramente desprovidas de fósseis (5). Sôbre elas assentam, em discordância, quase horizontalmente, as rochas sedimentares depositadas em diferentes períodos e que, pelas condições de jazimento e estrutura, denunciam unicamente perturbações de pequena ordem. Em ambiente relativamente tranqüilo formaram-se e subsistiram tais rochas, a partir do período cambriano, livres dos movimentos orogênicos mais violentos que caracterizaram o laurenciano e o penoqueano.

Partindo do litoral para o interior encontramos, desde logo, a área arqueozóica predominando sôbre a proterozóica, embora menos acentuadamente que no conjunto das rochas precambrianas no Brasil (6) na enorme superfície que ocupa (7). A faixa de largura variável, com um máximo de cerca de 200 km, é apenas interrompida pelas duas bacias terciárias, a das vizinhanças da capital de S. Paulo e a do alto Paraíba, com a base da formação assentada diretamente sôbre as rochas criptozóicas. Por outro lado, na orla marítima, a faixa de restingas, pantanais e baixadas (8) quaternária é representada pelas planícies litorâneas (9) de

-
- (5) — F. F. M. ALMEIDA — *Collenia Itapevensis sp.n.* — um fóssil precambriano do Estado de S. Paulo — Bol. Fac. Fil. Ci. Let. Univ. S. Paulo, 1944, n.º XLV (Geologia n.º 1), pp. 89-106.
- (6) — D. GUIMARÃES — *Metallogênese e a Theoria Migratória dos Elementos* — D.N.P.M., 1938, Bol. 24, p. 5.
- (7) — L. J. DE MORAES — *Geologia Econômica do Norte de Minas Gerais* — D.N.P.M., 1937, Bol. 19, p. 4.
- (8) — A. R. LAMEGO — *Restingas na Costa do Brasil* — D.N.P.M., 1940, Bol. 96 (D.G.M.), pp. 38-39.
- (9) — A. I. DE OLIVEIRA e O. H. LEONARDOS — *Geologia do Brasil* — Rio de Janeiro, 1940, pp. 763-769.

S. Sebastião, Itanhaem e Iguape-Cananéa, esta última separada da planície paranaense de Paranaguá-Antonina pelas formações algonquianas que avançam até o oceano.

Os períodos cambriano, ordoviciano e siluriano não estão seguramente representados no sub-sólo paulista; foi sugerido que a série Ribeira possa ser incluída no cambriano (10). A mais antiga série do paleozóico, perfeitamente caracterizada, é a Paraná, já devoniana e que abrange as duas antigas séries Furnas (inferior) e Ponta Grossa (superior), das quais a primeira figura em pequena área próxima a Itararé e Faxina. A mais extensa ocorrência do paleozóico no Estado refere-se a série Itararé que tem em S. Paulo seu maior desenvolvimento, tanto horizontal como vertical (11), atravessando-o de sudoeste para nordeste; a série Itararé como a série Tubarão, da qual a primeira foi destacada (12), pertencem ao permio-carbonífero. Ao permiano precisamente refere-se o grupo Iratí, horizonte que constitui a base da série Passa-Dois (13).

Longa discussão tem provocado o grupo de folhelhos Estrada Nova que assenta sobre o Iratí e, mesmo depois de desdobrado nas duas formações, Inferior e Superior (14), vem despertando as maiores controvérsias sobre a sua idade, quer sob o ponto de vista estratigráfico (15), como sob o paleontológico (16). Subsistem ainda as dúvidas nas pesquisas mais recentes (17), embora a maioria dos geólogos coloque, na expectativa de argumentos mais positivos, o Estrada Nova Inferior ainda no permiano e o Superior (Grupo Rio do Rasto) no triássico.

Imediatamente após o permiano, no sentido do caminhamento para o interior, e acompanhando o contôrno dos afloramentos an-

-
- (10) -- O. H. LEONARDOS — *Notas petrográficas sobre a Série Ribeira, do Sul do Estado de S. Paulo* — Bol. Fac. Fil. Ci. Let. Univ. S. Paulo, 1941, n.º XXI (Mineralogia n.º 4), pp. 7-12.
- (11) — A. I. DE OLIVEIRA e O. H. LEONARDOS — Ob. cit.
- (12) — E. P. OLIVEIRA — *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Paraná* — Mon. VI, Serv. Geol. Min. Brasil, 1927.
- (13) — I. C. WHITE — *Relatório final da Comissão dos Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil* — Rio de Janeiro, 1908.
- (14) — A. L. DU TOIT — *A geological comparison of South America with South Africa* — Am. Inst. Washington, Publ. 381, 1927.
- (15) — L. F. M. RÊGO — *O Systema de Santa Catarina em S. Paulo* — An. Esc. Pol., S. Paulo, 1936, pp. 327-412.
- (16) — F. R. C. REED — *Triassic fossils from Brazil* — An. Mag. Nat. Hist., Ser. 2, V. 10, 1928, pp. 39-48.
- (17) — J. C. MENDES — *Considerações sobre a estratigrafia e idade da formação. Estrada Nova* — Bol. Fac. Fil. C. Let. Univ. S. Paulo, 1945, n.º L (Geologia n.º 2), pp. 27-34.

teriores (permo-carbonífero e permiano), encontra-se o triássico, em faixa de cerca de 50 km de largura em média, compreendendo os Grupos Rio do Rasto e Botucatu, estudados mais longamente (18 e 19) e melhor comprovada a sua inclusão no referido período (20 a 22). No tôpo do triássico, ou mais propriamente no rético, segundo vários autores além dos já citados (23 a 25), ocorreram as intrusões ígneas, de eruptivas basálticas, marcando o limite superior do chamado sistema de Santa Catarina que abrangia as formações desde a Série Itararé-Tubarão.

O "trapp do Paraná" ou, como se denominam em S. Paulo, as "lavas da Serra Geral" estendem-se por mais de metade da área de S. Paulo, ocupando a região ocidental. Contribuiu fortemente para o desenho do relêvo geográfico, protegendo as camadas sedimentares da Série de S. Bento contra a erosão e concorrendo, em consequência da erosão seletiva, para a formação da escarpa que desenha a orla de leste do enorme lençol (serras de Botucatu, Avaré, Fartura, etc.).

Sobre as lavas da Serra Geral assentam a formação Caiuá, a série de Baurú e as camadas terciárias, devendo o arenito de Caiuá ser considerado de preferência como a alteração do arenito de Baurú ou mesmo de um leito do Botucatu sobreposto aos derrames eruptivos (26); neste ponto coincidindo várias opiniões (27 e 28), divergindo do critério seguido pela Comissão Geográfica e Geológica de S. Paulo na confecção do seu mapa geológico. Não aceitando a existência da formação Caiuá, pode-se dizer que, sobre a série de São Bento, assentam em determinadas zonas as camadas cretáceas da série de Baurú e, mais localmente, as pós-cretáceas (29) encerrando a coluna geológica.

-
- (18) — C. WASHBURNE — *Geologia do Petróleo do Estado de S. Paulo* — versão portuguesa de J. Pacheco, 1939.
 - (19) — J. B. WOODWORTH — *Geological Expedition to Brazil and Chile* — Bull. Mus. Comp. Zool., Harvard Col., V. LVI, n.º 1, 1912.
 - (20) — L. F. M. RÉGO — *A Geologia do Petróleo no Estado de S Paulo* — Serv. Geol. Min. Brasil, Bol. 46, 1930, p. 41.
 - (21) — V. LEINZ — *A silicificação nos sedimentos gondwânicos no sul do Brasil e sua origem* — An. Ac. Br. Ci., T. X., 1938.
 - (22) — E. P. OLIVEIRA — *Nota sobre os arenitos de Botucatu e Piramboia* — Serv. Geol. Min. Brasil., Bol. 46, 1930, pp. 50-54.
 - (23) — C. L. BAKER — *The lava fields of the Paraná basin, South America* — Jour. Geol., XXXI, 1923.
 - (24) — L. F. M. RÉGO — *A Geologia do Estado de S. Paulo* — S. Paulo, 19.
 - (25) — E. P. OLIVEIRA — *Rochas triássicas do Estado do Paraná* — An. Ac. Br. C., T. II, n.º 3, 1930, pp. 131-136.
 - (26) — L. F. M. RÉGO — *A Geologia do Estado de S. Paulo* — p. 88.
 - (27) — O. BARBOSA — *O arenito Caiuá e a Série Baurú* — Min. e Met. V. III, n.º 16, 1938, p. 212.
 - (28) — E. P. OLIVEIRA — *A carta geológica do Estado de S. Paulo* — Sc. e Ed. 1929, pp. 3-4.

Mencione-se ainda, com respeito aos traços gerais da geologia do Estado de S. Paulo, a presença de maciços de rochas alcalinas (magmas nefelínicos e leucíticos) que afloram nas regiões de Jacupiranga, Ipanema, Juquiá e ilha de S. Sebastião, além dos existentes nos limites com Minas Gerais e Rio de Janeiro, isto é, Poços de Caldas e Itatiaia. Embora houvessem sugerido para o maciço eolítico da região de Poços de Caldas a idade permeana (30) e também correlaciona-la com o diastrorfismo hercíniano (31), parecem tais intrusões corresponder a fase diastrófica rética (32), no que concordam varios autores (33 e 34).

-
- (29) — L. F. M. RÉGO — *As formações cenozóicas de S. Paulo* — An. Esc. Pol., S. Paulo, 1933, pp. 231-267.
- (30) — O. A. DERBY — *On nepheline rocks in Brazil with special reference to the association of Phonolite and Foyaite* — Quart. Jour. Geol. Soc. London, XVIII, 1887, pp. 457-473.
- (31) — E. OLIVEIRA — *Épocas metallogênicas do Brasil* — Serv. Geol. Min. Brasil, Bol. 13, 1925, p. 124.
- (32) — A. I. OLIVEIRA e O. H. LEONARDOS — Ob. cit., p. 496.
- (33) — J. F. ANDRADE JUNIOR — *Notas sobre as fontes hidrominerais brasileiras e sua relação com a estrutura geológica do paiz.* — Ann. 1.º Cong. Br. Hydro-climatologia, S. Paulo, 1935, p. 195.
- (34) — D. GUIMARÃES — Cit. em *Geologia do Brasil*, A. I. OLIVEIRA e O. H. LEONARDOS, p. 497.

4 — GEOLOGIA DA ÁREA MINERALIZADA

A jazida de Inhandjara encontra-se sob o ponto de vista geológico, em situação idêntica à de Sorocabá, S. Paulo (35), e às de Sanga Negra e Serro d'Árvore, no município de Encruzilhada, Rio Grande do Sul (36 e 37). Estende-se ao longo do contato do gnais arqueano com o granito algonquiano, rochas cujas idades são admitidas pelos autores nacionais e estrangeiros, diante dos fatos observados e em falta de argumentos que invalidem tal asserção.

O relêvo geológico da área que se estende pelas vizinhanças de Inhandjara (folha de Jundiá, da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de S. Paulo, 1908) pode ser descrito em suas grandes linhas, completada a descrição pelos recentes estudos de Jacques de Moraes e de acôrdo com as verificações por mim feitas no campo.

A oeste da jazida está situado o batolito granítico que se alonga desde a confluência do rio Tieté com o Cabreuva (ao sul da serra de Itaguá) até além do rio Jundiá, na direção norte, alcançando o rio Capivari-Mirim. Em direção N-S tem extensão de cêrca de 25 km, ocupando área superior a 300 km².

Ao sul, estende-se de SW para NE (entre Porto do Japí, no rio Tieté, até 6 km a SW de Jundiá) o maciço de quartzito compacto, silicificado, que se distribue pelos picos e espigões da Serra do Japí (38), com topografia acidentada e altitudes superiores a 800 m. Outras elevações são também constituídas de quartzito um pouco para o sul, tais como a serra de Guaxatuba, o morro do Boturuna, a faixa que inclui os morros da Viuva e do Jaguacoara e mais para leste o conhecido pico do Jaraguá.

(35) — R. SALDANHA e R. R. FRANCO — Ob. cit.

(36) — R. R. FRANCO — *A faixa estanífera do Rio Grande do Sul*, Bol. Fac. Fil. Ci. Let. Univ. S. Paulo, 1944, n.º XLIV (Mineralogia 6), p. 5.

(37) — V. LEINZ e H. PINAGEL — *Estanho e Tungstênio no Rio Grande do Sul*, 1945, Bol. 70, pp. 9-87.

(38) — L. J. MORAES — *A Serra do Japí* — Bol. Fac. Fil. Ci. Let. Univ. S. Paulo, 1944, n.º XLV (Geologia 1), pp. 34-40.

Abaixo da zona dos quartzitos repetem-se os afloramentos graníticos, desde as margens do Tieté até atingirem as maiores elevações da região, distribuídas assim entre quartzitos e granitos. Somente nas encostas mais altas extensa área é ocupada pelo filito. Nas vizinhanças do Jaraguá e de Pirapora, afloramentos anfibolíticos modificam localmente o aspecto geológico, e na região de Cabreúva diques de diorito e diabásio, em grande número, são intrusivos no granito e no gnais.

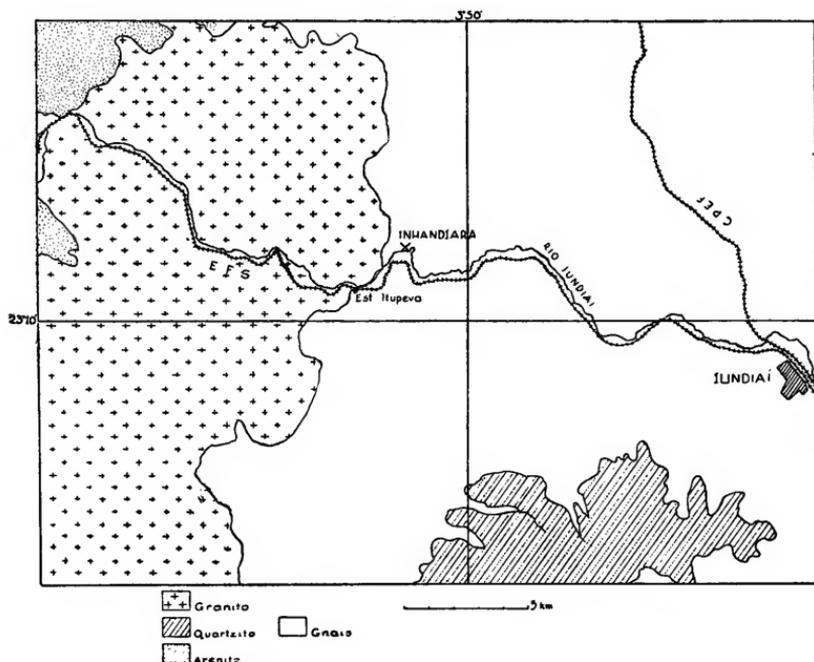


FIG. 2

Na folha desenhada (fig. 2) limitámo-nos à região mais próxima da linha Jundiá-Itupeva que apresenta, as mesmas características principais das áreas vizinhas. Nessa folha a maior parte mal atinge cotas que oscilam entre 700 e 800 m e o peneplano a elas correspondente é constituído de gnais sôbre o qual, de raro em raro, encontram-se poucos vestígios dos xistos preexistentes. No extremo noroeste ocorre o arenito.

Englobando o conjunto das formações criptozóicas em um golpe de vista geral, é fácil verificar que a região sofreu intensa erosão desnudando-se o granito e o quartzito que, pela sua natureza e formação, apresentaram maior resistência á alteração e transporte. Os vales do Tietê e do Jundiáí correspondem às linhas de drenagem do material.

Na área mineralizada não subsistem testemunhos de rochas metamórficas algonquianas, mas em toda a extensa área circunvizinha a posição relativa do granito comprova a classificação da sua idade como algonquiana.

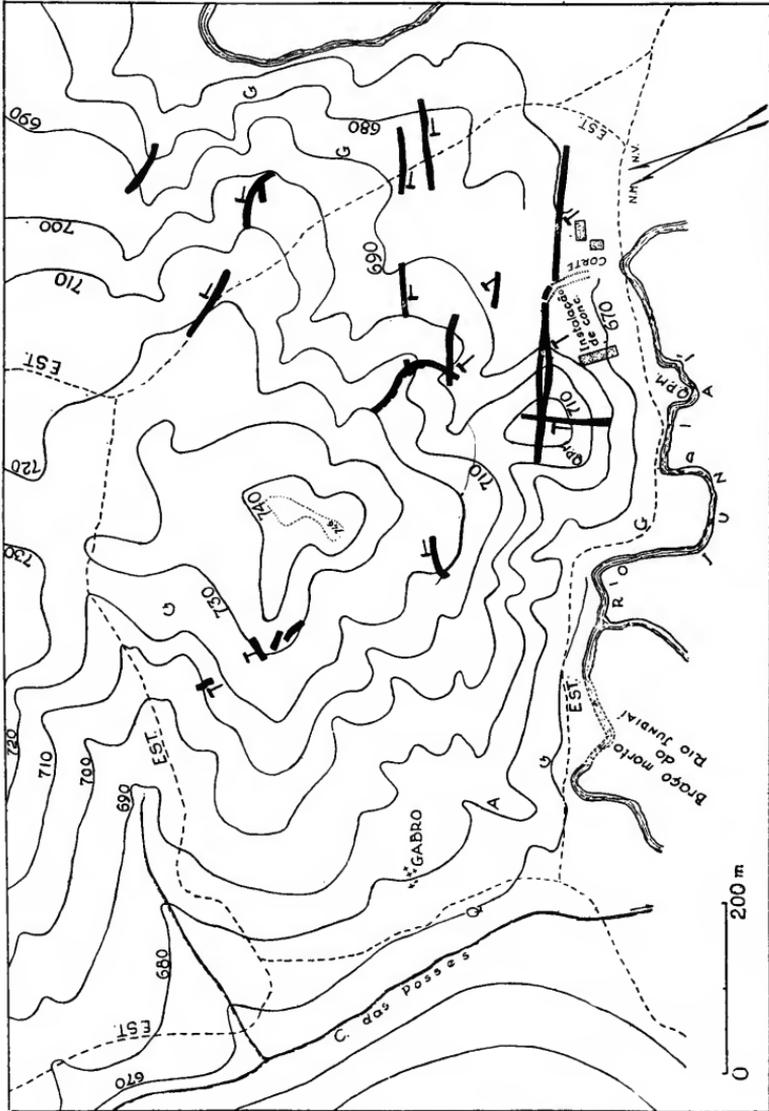


FIG. 3 — Desenho esquemático dos filões mineralizados, segundo o levantamento topográfico do Instituto Geográfico e Geológico

ESTUDO DA OCORRÊNCIA

1 — DESCRIÇÃO DA JAZIDA

O rio Jundiáí, em cota de 660 m, segue um leito sinuoso na baixada que limita, ao sul, as terras da jazida de Inhandjara. Na mesma baixada correm os trilhos da E. F. Sorocabana.

Imediatamente ao norte do rio Jundiáí eleva-se o terreno gnáissico, atingindo a cota 700 em distância inferior a 120 m. Aí localiza-se o vieiro principal, mais intensamente explorado. Os demais vieiros assinalados afloram em cotas que oscilam entre 670 e 720, situando-se o mais longínquo cerca de 1 km.

Nas encostas do vieiro principal foi encontrado pelos mineradores riquíssimo elúvio que constituiu o primeiro depósito explorado. Está hoje quase completamente exgotado.

Pesquisas levadas a efeito na baixada, em terrenos de aluvião formados pela erosão atual, não deram resultado positivo como se poderia desde logo prever.

A distância média entre a região dos vieiros e o maciço granítico, a oeste, póde ser calculada em pouco mais de 1,5 km. O maciço está desnudado até cotas inferiores a 700 e os pontos mais altos excedem algumas vezes a cota 800. As direções gerais das serras e contrafortes, quer de natureza gnáissica, quer granítica ou de quartzito, são, o grosso modo, N — S e E — W. As formações arqueanas elevam-se gradualmente para o norte e para o sul (exceção feita da direção NW, onde é assinalado o arenito), situando-se a jazida em um dos canais de drenagem que serviram

para o escoamento dos produtos da intensa erosão regional (leito do rio Jundiáí).

Os filões dispõem-se verticalmente e em duas direções principais, N-55-W (predominante) e N-35-E, correspondendo grosseiramente às linhas do relevo topográfico local. De fato as pequenas elevações e contrafortes que se sucedem até o morro de Itupeva, já em pleno maciço granítico, mostram um dobramento que diverge cerca de 30° das linhas gerais da região, quando se encara, sob ponto de vista muito amplo, as elevações mais conspícuas. A direção de um mesmo veio modifica-se, percorrida a extensão dêste, até 30° (como no caso do veio principal), voltando depois à direção inicial. Outras vezes o veio é encurvado, assumindo em certos trechos paralelismo a linha E — W, ou mesmo ultrapassando-a de 10 a 15°. A largura dos vieiros varia entre poucos decímetros a quase 2 m, bifurcando-se alguns.

Por toda a zona circunvizinha foram assinaladas lentes muito alongadas de quartzito, na maioria aproximadamente paralelas aos vieiros. São lentes de muitas dezenas de metros de comprimento que, pela pouca espessura e estrutura idêntica na aparência, são facilmente confundidas com os filões mineralizados. Afloramento maior de quartzito ocorre, imediatamente ao sul da jazida, entre o rio e o leito da ferrovia.

O granito mostra-se do tipo característico de Itú (granito róseo) na maior parte do maciço. Em certos pontos, porém, há diferenciação pronunciada, reconhecendo-se a presença de granito cinza, de grã grossa ou de grã fina. Também a leste da jazida duas janelas de granito cinza estão abertas no gnais; pouco mais de 1 km a menor (com exposição inferior a 2.000 m²) e a quase 2 km. a maior, com superfície de 6 a 8.000 m².

Em cotas próximas ou inferiores a 700, afloram intrusões anfibolíticas semelhantes à da região de Pirapora e a do morro do Jaraguá, assinaladas na folha de Jundiáí da Comissão Geográfica e Geológica de S. Paulo. Interessando de perto o presente trabalho, é assinalada intrusão de outro tipo, de natureza aplítica, nas proximidades do veio principal, entrando em contato com êste e o veio a êle normal. O eng^o Jesuino Felicíssimo, a quem devo soma preciosa de informações sôbre a geologia regional, informou que no maciço granítico são comuns as intrusões da mesma rocha (quartzo-pórfiro microgranítico). Foram assinaladas pelos engenheiros do Instituto Geográfico e Geológico, assim como a êstes se deve o levantamento geológico dos pormenores da jazida e áreas circunvizinhas.

Apreciando-se as condições geológicas e petrográficas da zona de Inhandjara conclue-se que não se deram movimentos tectônicos de maior vulto. Nos vieiros observam-se várias falhas, todas de pequena rejeição. A mudança de direção dos filões, pela

deflexão ou encurvamento dos mesmos, parecem corresponder a movimentos pouco bruscos. O que pude verificar no campo leva-me a crer que as rochas sofreram ação lenta e progressiva de intrusões que se sucederam, durante os diversos estágios de diferenciação do reservatório magmático. Por outro lado as fendas que permitiram a formação dos filões parecem corresponder mais ao reajustamento conseqüente à fixação do batolito granítico do que a movimentos orogênicos regionais de grande vulto.

Nos vieiros predomina a ganga quartzosa, seguindo-se em importância o topázio. Este ocorre em proporção até agora desconhecida em qualquer outra jazida de wolframita e cassiterita. Há ausência absoluta de turmalina.

As paredes do contato são crustificadas pela mica de natureza diversa da mica do gnais e do aplito e idêntica à do graisen. As faixas de mica são assinaladas ao longo da salbanda, qualquer que seja a rocha encaixante — gnais ou quartzo-pórfiro microgranítico. A graisenificação é notada sempre no último e acidentalmente junto ao primeiro ou no centro de um filão. Em tal caso não corresponde à alteração da rocha encaixante, como esclareço no estudo da graisenificação.

A estrutura do vieiro é fitada quando a largura é aproximadamente de metro ou mais. As fitas são assinaladas nitidamente pela mica. O centro dos filões é cheio, em geral, pelo quartzo compacto e estéril.

Ocorrem na jazida, junto à wolframita (predominante entre os metálicos) e a cassiterita, os seguintes minerais, além dos que compõem a ganga: fluorita, blenda, pirita, calcopirita, molidbenita, galena e bismutinita (?), entre os hipógenos; tungstita, limonita, hematita, novamente a pirita, pirolusita e bismita como supérgenos. Na zona de alteração há enriquecimento secundário de wolframita (proporcionalmente aos outros minerais metálicos) pela alteração mais fácil e lixiviação da maior parte dos sulfetos. Mesmo a cassiterita está ausente da zona próxima à superfície, onde a alteração é mais completa.

2 — MINERAIS DO VIEIRO

W o l f r a m i t a

Ao observar a wolframita in-situ não se pôde verificar regularidade na distribuição, nem constância na orientação dos seus eixos cristalográficos relativamente ao vieiro. Ora é encontrada com indivíduos entrecruzados, ora em disposição radiada em grupos de cristais divergentes e, só em casos mais raros, com o plano de simetria normal ao contato com a rocha encaixante. Está quase sempre, porém, disposta em camadas paralelas ao referido contato.

Os cristais perfeitos com pelo menos, algumas formas livremente desenvolvidas são extremamente raros. Na maior parte das vezes o crescimento simultâneo de múltiplos indivíduos deu lugar ao aparecimento de massa concrecionada ou informe. Entretanto, no caso da distribuição em leque, (fig. 4) bem comum, com os intervalos preenchidos por cristais de topázio e de quartzo, já se pôde notar o desenvolvimento do pinacóide $\{100\}$, dando aos cristais um hábito proximamente tabular, sempre presentes as faces de clivagem segundo $\{010\}$, com o brilho metálico característico.

Observei dois belíssimos grupamentos de cristais, quase todos paralelos, sendo que um deles atualmente faz parte do museu do Departamento da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (fig. 5). Em tais grupamentos, como é logico, só os indivíduos dispostos externamente exibem formas cristalográficas, apenas presentes as faces com índices correspondentes a uma das metades do eixo dos "x", em especial no que diz respeito aos prismas verticais, demonstrando que só se pode desenvolver a metade anterior ou a metade posterior. São também os mesmos, na imensa maioria dos casos, simplesmente terminados.

Entretanto, no desenho citado anteriormente (fig. 5) pôde-se verificar a presença de muitos indivíduos paralelos bi-termi-

nados, iso-orientados, em divergência de cerca de 30° com a direção geral da massa dos outros cristais.

Foi-me extremamente difícil a determinação das formas cristalográficas. Únicamente pude obter dois cristais formados isoladamente e mais os que consegui separar do concrecimento paralelo. Os próprios cristais, porém, que se formaram em condições locais favoráveis e puderam assumir forma geométrica bem definida, possuem faces de medidas imprecisas ao goniômetro. Os valores angulares foram tomados com a tolerância exigida pelas dificuldades daí decorrentes, sendo impossível frequentemente obter mais do que simples determinação aproximativa.

É este o primeiro estudo morfológico feito sobre a wolframita do Brasil, versando os demais trabalhos (39 a 43) sobre a gênese e o interesse econômico ou sobre a região das ocorrências.

A wolframita aparece no vieiro com a sua coloração conhecida, variando de castanho forte até próximamente negra; é opaca, pouco brilhante, com o brilho se acentuando nos cristais frescos e de sub-metálico a adamantino nas faces de clivagem. Na zona de alteração é mais escura, tornando-se completamente sem brilho. Observei inúmeras vezes a alteração em tungstita, não encontrando a alteração em scheelita que resulta da substituição do ferro por cálcio.

E' idiomorfa em relação aos outros minerais, exceção feita da cassiterita a respeito da qual não se pode chegar à conclusão segura.

Os cristais variam de dimensões, desde frações de milímetros até mais de um decímetro na maior dimensão. Os de forma geométrica mais perfeita oscilam entre 0,5 cm e 3 cm.

O hábito é comumente tabular, como disse acima, para os indivíduos com forma geométrica, menos perfeita. Os cristais de formas bem definidas são de hábito achatado, (fig. 6), pela pre-

-
- (39) — D. GUIMARÃES — *Wolframita e cassiterita no município de Encruzilhada* S. G. M. B., 1926, Bol. 21, pp. 65-70.
- (40) — R. R. FRANCO — *A faixa estanífera do Rio Grande do Sul* — Bol. Fac. Fil. Ci. Let. Univ. S. Paulo, 1944, n.º 44 (Mineralogia n.º 6), pp. 3-54.
- (41) — D. GUIMARÃES — *Tungstenio* — S. G. M. B. (1931) Bol. 56, pp. 41-52.
- (42) — E. A. TEIXEIRA — *Tungstenio no Rio Grande do Sul* — Min. e Met., n.º 10, pp. 255-257 (1937).
- (43) — G. PAIVA — *Wolframita e cassiterita no Rio Grande do Sul* — Min. Comb. e Transp., I, n.º 1, 1928, pp. 19-20.

dominância do prisma vertical $\{110\}$, dado que a aresta do ângulo verdadeiro de (110) : $(\bar{1}10) = 100^{\circ}56'$ é truncado pela face (100) .

Não encontrei geminados segundo (100) , aliás de difícil observação, mesmo quando se acham presentes fórmulas do tipo $\{h01\}$ e prismas oblíquos, se não houver grande precisão nas medidas. Não me foi dado verificar também a existência de geminados segundo (023) .

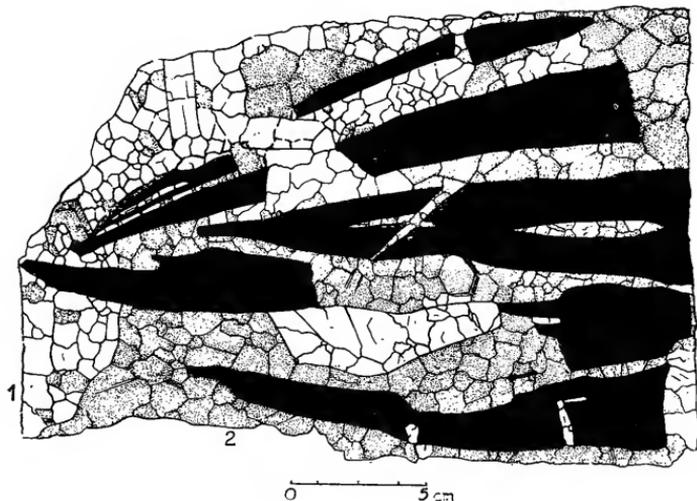


FIG. 4 — 1. Quartzo; 2. Topázio

Poucas fórmulas pude determinar, com índices muito simples e todos positivos (fig. 7):

$$\begin{array}{l} \{100\} \quad \{110\} \\ \{010\} \quad \{011\} \quad \{021\} \\ \{001\} \quad \{101\} \\ \{111\} \quad \{112\} \quad \{121\} \end{array}$$

Estão elas associadas em cinco combinações, das quais a primeira é a predominante.

$$\begin{array}{l} \text{I} — \{100\} \quad \{110\} \quad \{011\} \quad \{111\} \\ \text{II} — \{100\} \quad \{110\} \quad \{011\} \quad \{021\} \quad \{111\} \\ \text{III} — \{100\} \quad \{110\} \quad \{011\} \quad \{021\} \quad \{101\} \quad \{111\} \\ \text{IV} — \{100\} \quad \{110\} \quad \{011\} \quad \{021\} \quad \{101\} \quad \{121\} \\ \text{V} — \{100\} \quad \{010\} \quad \{001\} \quad \{011\} \quad \{101\} \quad \{111\} \quad \{112\} \end{array}$$

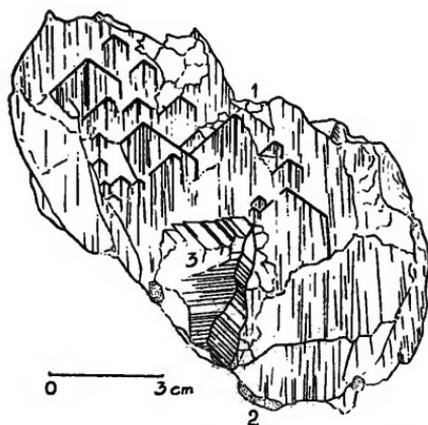


FIG. 5 — 1. quartzo; 2. topázio;
3. wolframita

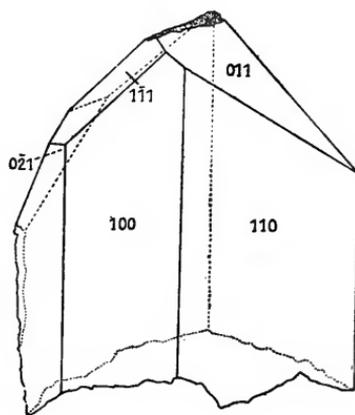


FIG. 6

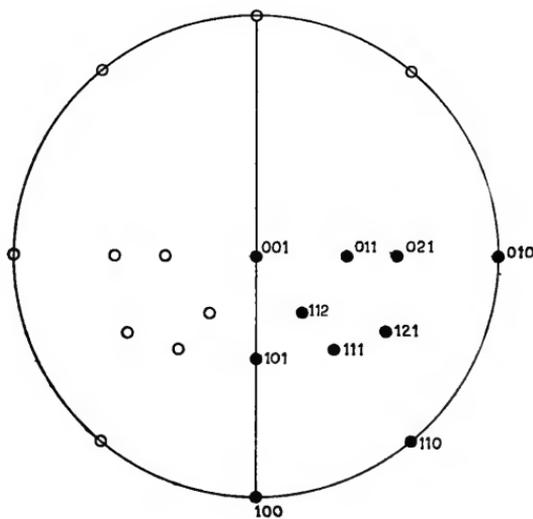


FIG. 7

As constantes determinadas por Goldschmidt para a wolframita e a hübnerita foram, respectivamente (44):

Wolframita: a: b: c = 0,8255: 1: 0,8664 $\beta = 90^{\circ}28'$

Hübnerita: a: b: c = 0,8255: 1: 0,8664 $\beta = 89^{\circ}32'$

Entretanto, as constantes calculadas para a hübnerita por outros autores foram diversas (45):

Des Cloizeaux: a: b: c = 0,8362: 1: 0,8683 $\beta = 89^{\circ}7'$

Groth Arzruni: a: b: c = 0,8315: 1: 0,8651 $\beta = 90^{\circ}20'$

Penfield: a: b: c = 0,83623: 1: 0,86684 $\beta = 89^{\circ}7\frac{1}{2}'$

Da mesma forma, as constantes estabelecidas para a wolframita de diversas localidades variam desde a segunda casa decimal para os parâmetros, oscilando o valor de " β " de mais de meio grau (46).

Krenner, Groth: a: b: c = 0,8245: 1: 0,8604 $\beta = 90^{\circ}20'$

Des Cloizeaux: a: b: c = 0,8300: 1: 0,8678 $\beta = 90,33'$

Mohs, Zipe: a: b: c = 0,823: 1: 0,888 $\beta = 90^{\circ}$

Naumann, Rose, Hausmann a: b: c = 0,823: 1: 0,851 (rômboico)

Miller: a: b: c = 0,8136: 1: 0,8678 (rômboico)

Dada a imprecisão das medidas, não calculei diretamente os valores da relação paramétrica e do ângulo " β ", preferindo adotar as constantes que Goldschmidt encontrou para a wolframita. Apesar do material de Jundiá, pela sua composição química, estar muito próximo do limite hübnerita-wolframita, como mistura isomorfa deverá apresentar valores angulares teóricos vizinhos dos de Goldschmidt.

De tais constantes parti para o cálculo dos ângulos que a tabela anexa registra, sendo de notar que o largo intervalo existente entre os valores máximos e mínimos, mesmo para as melhores leituras feitas ao goniômetro, dá aos ângulos calculados unicamente valor de contróle.

A descrição das formas pôde ser feita de maneira rápida dada a constância da sua ocorrência.

Dos pinacoides apenas $\{100\}$ é sempre encontrado, na maior parte das vezes com fortes estrias paralelas a $[001]$. Com rarida-

(44) — C. HINTZE — *Handbuch der Mineralogie* — Berlim e Leipzig, 1930, Bd. 1, Abt. 3, 2, pp. 4101 e 4106.

(45) — C. HINTZE — *Ob. cit.*, Bd. 1, Abt. 3, 2, p. 4101 e E. S. DANA — *Descriptive Mineralogy* — N. York, 1920, p. 983.

(46) — C. HINTZE — *Ob. cit.*, Bd. 1, Abt. 3, 2, p. 4106.

de mostra estriamento paralelo a $[010]$, decorrente de um crescimento oscilatório com as faces da forma $\{101\}$.

$\{010\}$ e $\{001\}$ exibem faces pequenas e com o crescimento anormal, com frequentes anomalias morfológicas. Por isso mesmo as medidas relacionadas com as suas faces são muito imperfeitas.

O pinacoide $\{101\}$ embora não muito frequente mostra algumas vezes faces bem desenvolvidas que fornecem imagens precisas.

Dos prismas verticais ocorre apenas $\{110\}$, com faces também fortemente estriadas na mesma direção $[001]$; as estrias prejudicam enormemente, como é óbvio, as observações goniométricas. O desenvolvimento das faces é muito grande, havendo forte predominância na quase totalidade dos exemplares, emprestando-lhes o hábito característico da wolframita de Jundiá.

Entre os prismas oblíquos paralelos ao eixo dos "x" destaca-se $\{011\}$, predominante na zona $[100]$, com faces de contorno quase triangular ou, outras vezes, trapezoidal, sempre nítidas e um tanto alongadas. O outro prisma da mesma zona $\{021\}$ é raro e pouco desenvolvido, não alterando a sua presença o hábito dos cristais em que ocorre e notando-se, sem exceção, a ausência de uma de suas faces.

Os prismas oblíquos $\{111\}$, $\{112\}$ e $\{121\}$ dão faces pequenas e alongadas, sendo o primeiro constante em quase todas as combinações e o segundo muito raro. A forma $\{121\}$ não me permitiu leituras ao goniômetro de reflexão; posso dá-la com segurança visto a sua posição zonal ser privilegiada, com paralelismo das arestas com (011) e (110) por um lado e das arestas com (100) e (021) por outro. Não constam assim da tabela de ângulos referentes a essa forma.

Desejo acentuar que, em consequência da precariedade das leituras goniométricas, recorri sempre a mais de uma zona para a confirmação dos símbolos das faces.

A análise química da wolframita foi feita para quatro cristais diferentes, dando resultados muito próximos.

Dou a seguir o quadro demonstrativo das mesmas:

WO ₃	72,29*	72,26*	72,49	72,41
MnO	16,41	16,79	16,68	16,57
FeO	8,28	8,25	8,58	9,03
Nb ₂ O ₅ + Ta ₂ O ₅	1,84	1,92	traços?	traços?
SiO ₂	0,33	0,69	0,63	1,35
CaO	0,53	0,53	1,16	0,54
MgO	0,05	0,05	0,06	0,06
Cu	traços	traços	—	—
Mo	traços	traços	—	—
Soma	99,73	100,49	99,60	99,96

* — Analista Paulo Mathias

A proporção FeO: MnO permitiria classificar o mineral como hübnerita (embora tal designação devesse ser reservada apenas para o tungstato de manganês quase puro), se seguisse o critério de Dana, dando por extensão tal nome às misturas isomorfas em que a percentagem de Fe é inferior à da proporção FeO : MnO = 2 : 3. Entretanto, a obra mais recente sobre jazidas de tungstênio, de Li e Wang (47), reserva as denominações de ferberita e hübnerita apenas para as misturas em que a percentagem, de MnWO₄ no primeiro e de FeWO₄ no segundo, é inferior a 20 %. Preferi assim conservar a classificação de "wolframita" para o mineral de Itupeva. Aliás a wolframita do depósito de Shangping (48) apresenta proporção inferior a nossa, ou mais exatamente, FeO : MnO = 2 : 5.

A côr do mineral, castanha escura, um tanto avermelhada algumas vezes, é mais característica da hübnerita. A côr do risco, porém, tipicamente castanha, foge por completo ao castanho amarelado ou ao cinzento esverdeado característico dos termos mais próximo do MnWO₄ puro.

A presença de Nb e Ta, em percentagem relativamente alta, mostrava a presença de columbita em dois dos exemplares. Procurei verificar como se dava a associação. A secção polida não demonstrou a existência de cristais de columbita dispersos na massa de wolframita. Parecia, assim, que a columbita existia em verdadeira solução sólida, sendo impossível verificar a sua existência por via ótica. Não se verificando nas demais análises a presença dos dois metais, julguei ser acidental a ocorrência, sem maior significação no estudo da paragénese dos minerais da jazida.

(47) — K. C. LI e C. Y. WANG — *Tungsten* — New York, 1943, pp. 4 e 5.

(48) — K. C. LI e C. Y. WANG — *Ob. cit.*, p. 34.

Ângulos medidos	Número de medidas	V A L O R E S			Valor calculado
		Máximo	Mínimo	Médio	
100 : 001	12	89°59'	88°28'	89°30'	89°32'
100 : 110	8	40°47'	38°59'	39°12'	39°32'
100 : 111	10	52°30'	50°49'	51° 2'	51°48'
110 : 111	6	37°13'	35°48'	36° 4'	36°24'
011 : 011	10	81°57'	81°41'	81°46'	81°48'
011 : 110	13	67° 1'	65°13'	66°18'	66°
011 : 111	5	38° 2'	37°30'	37°54'	37°44'
011 : 021	4	19°30'	18°42'	19°21'	19° 6'
021 : 111	2	42°50'	41°58'	42°24'	42°16'
021 : 110	4	57°57'	56°13'	56°50'	57° 7'
101 : 100	6	43°54'	42°10'	43°14'	42°54'
011 : 001	6	42° 2'	40° 1'	41°30'	40°54'
101 : 112	3	28°22'	27°50'	28° 2'	27°58'
011 : 112	3	31°26'	30°11'	30°38'	30°51'
011 : 010	2	49°49'	47°57'	48°53'	49° 6'
111 : 112	2	20°	19° 6'	19°33'	19°35'
001 : 112	3	35° 5'	33°39'	34°22'	34°21'

Cassiterita

Embora muitas vezes seja encontrada em massas informes que resultam do crescimento de muitos cristais quase microscópicos, é fácil correrem no veio belos exemplares de cassiterita com pleno desenvolvimento das suas formas. Dos próprios agregados, quando de indivíduos maiores, podem ser destacados cristais com faces perfeitas, ao ponto de permitirem determinações goniométricas. Em tais agregados é de notar a constância de indivíduos em geminação múltipla, outras vezes sub-paralelos, que apenas exteriormente assumem o aspeto de nódulos maciços.

Distingue-se no veio a cassiterita, mesmo quando se encontra em mais íntima associação com os outros minerais, pelas suas características macroscópicas. De brilho adamantino, cor castanho a preto, opaca, diferencia-se dos demais pelas particularidades sensíveis ao observador mais prático, ainda que sem exibir contorno cristalográfico. Apenas poucas vezes fui obrigado a recorrer a determinações mais cuidadosas, sendo que me foi de extrema utilidade a constância do peso específico, sempre coincidente até a segunda casa decimal : 6,95.

A cassiterita, como a wolframita, é idiomorfa em relação ao quartzo e aos outros minerais. Únicamente quanto à wolframita a verificação é incerta. Contudo o fato dos cristais de cassiterita serem mais perfeitos, permite admitir a sua precipitação anterior ou, pelo menos, em condições ambientes mais favoráveis. O topázio, tão bem cristalizado, envolve a cassiterita e a wolframita sem prejudicar a livre formação do contorno geométrico exterior destes minerais.

Os cristais de cassiterita que medi ao goniómetro de reflexão variavam entre pouco mais de um milímetro e dois centímetros na sua maior dimensão. O hábito não é constante porque a zona prismática, embora quase sempre presente, ainda assim mostra diferente desenvolvimento nos diversos exemplares. A clivagem é indistinta segundo $\{111\}$ e $\{110\}$ e muito imperfeita segundo $\{100\}$.

A constante ocorrência de geminados múltiplos e de acréscimos sub-paralelos causa erros na identificação das formas, dando diferenças de 2 e 3 graus para leituras correspondentes a faces que deveriam ser iso-orientadas. Quando geminados os cristais

são facilmente destacáveis segundo o plano de contato (101) que se apresenta com o aspeto de plano de clivagem perfeitíssima. Nesses casos o exemplar assume hábito extremamente original (fig.

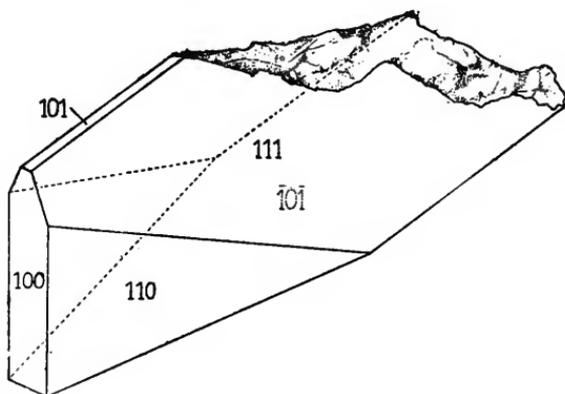


FIG. 8

8). A geminação encontrada é a bem conhecida e vulgarmente denominada "em bico de estanho", com ângulos reentrantes pouco desenvolvidos (fig. 9) e, muitas vezes, absoluta ausência deles.

No estudo morfológico não foi grande o número de formas determinadas, destacando-se uma delas por ser nova para a espécie:

$$\begin{array}{r}
 \{100\} \quad \{110\} \\
 \{001\} \quad \{101\} \quad \{305\}^* \\
 \{111\} \quad \{514\}^{**}
 \end{array}$$

* — nova para a espécie.

** — nova para a cassiterita do Brasil.

Variadas são as combinações em que se associam, dando, além disso, multiplicidade de aspetos para os cristais, em função do maior ou menor desenvolvimento das faces.

I —	$\{100\}$	$\{110\}$			
II —	$\{100\}$	$\{110\}$	$\{111\}$		
III —	$\{100\}$	$\{110\}$	$\{101\}$	$\{111\}$	
IV —	$\{100\}$	$\{110\}$	$\{101\}$	$\{111\}$	$\{514\}$
V —	$\{100\}$	$\{001\}$	$\{110\}$	$\{101\}$	$\{305\}$ $\{111\}$

A primeira e mais simples das combinações, com a presença sòmente de dois dos prismas, os tetragonais de 1.^a e de 2.^a ordem, corresponde aos cristais geminados onde predominam as faces de $\{110\}$ e não existem ângulos reentrantes. Também aos geminados refere-se a combinação III (fig. 8) que, tal como a anterior, é limitada pelo plano de contato e pela extensa fratura. A combinação IV é a da macla desenhada (fig. 9), sendo de assinalar as faces de $\{514\}$ nas zonas $[11\bar{1}]$ e $[111]$, comuns aos dois indivíduos.

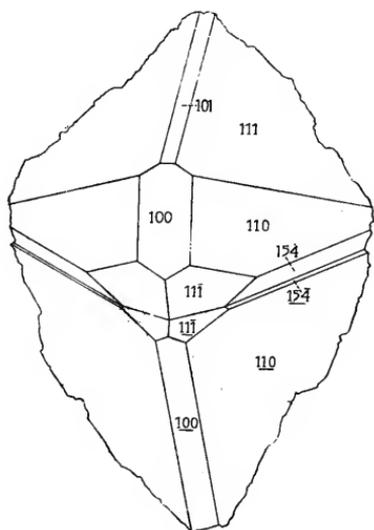


FIG 9

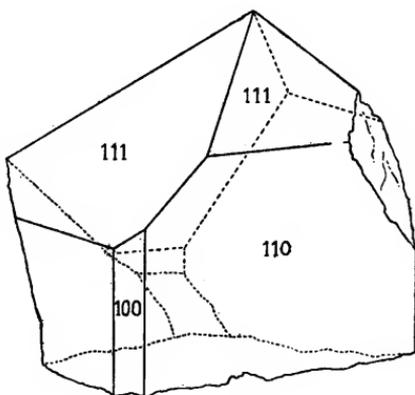


FIG. 10

Cristal simples, no duplo sentido, é o correspondente a II (fig. 10) que pode ser considerado associação predominante de $\{110\}$ e $\{111\}$. Quanto à última é a de dois indivíduos sub-paralelos (fig. 11), única que apresenta o pinácoide.

Os prismas tetragonais de 1.^a e 2.^a ordem são presentes em todos os cristais, com forte desenvolvimento de $\{110\}$ e maior ou menor de $\{100\}$. Outra fórmula constante é a bipirâmide tetragonal de

1.ª ordem, $\{111\}$, em faces regulares e quase sempre predominantes. Já as correspondentes à de 2.ª ordem, por vezes bem desenvolvidas, são em outros casos finíssimas facetas alongadas sem maior influência no hábito. Sobre as faces do prisma $\{110\}$ observa-se forte estriamento em duas direções perfeitamente simétricas que correspondem ao traço de faces paralelas a (101) e $(\bar{1}01)$.

Outra bipirâmide de 2.ª ordem $\{305\}$ foi encontrada em um dos

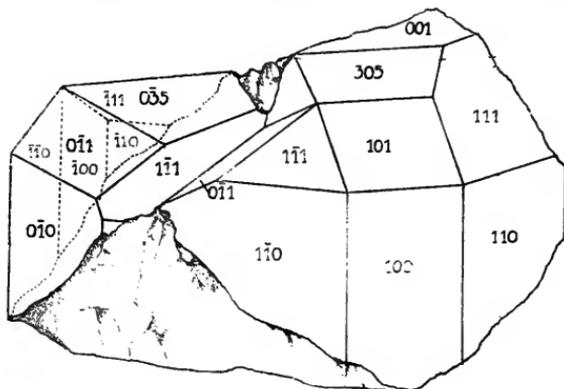


FIG. 11

exemplares (fig. 11). Esta forma, bem desenvolvida, sendo nova para a espécie, não me foi possível medi-la em mais de uma zona já determinada por meio de faces conhecidas; as leituras obtidas, entretanto, foram aceitáveis, não só em relação a $\{101\}$, como a $\{111\}$ e $\{100\}$.

As mesmas considerações podem ser feitas em relação à bipirâmide ditetragonal $\{514\}$, forma rara para a cassiterita de Itupeva, mas já conhecida, como forma duvidosa, em exemplares de Schlaggenwald, Bohêmia, estudados por Zepharovich (49). Também o pinacoide $\{001\}$ não é comum no mineral da jazida, apesar de se apresentar em faces bem desenvolvidas.

Com os resultados das leituras feitas em melhores condições, organizei a tabela, dos valores angulares.

(49) — V. von ZEPHAROVICH — *Mineralogische Notizen* (Kassiterit von Schlaggenwald) — Naturw. Jahrb. Lotos, 1880 — Cit. Zeitschr. f. Krist. u. Min., Bd. 6, 1882, pp. 319-320.

(50) — F. BECKE — *Ueber die Krystallform des Zinnsteins* — Tschermak's Min. Mittheil., 1877, p. 244 — Res. Zeitschr. f. Krist. u. Min. Bd. 2, 1878, p. 316.

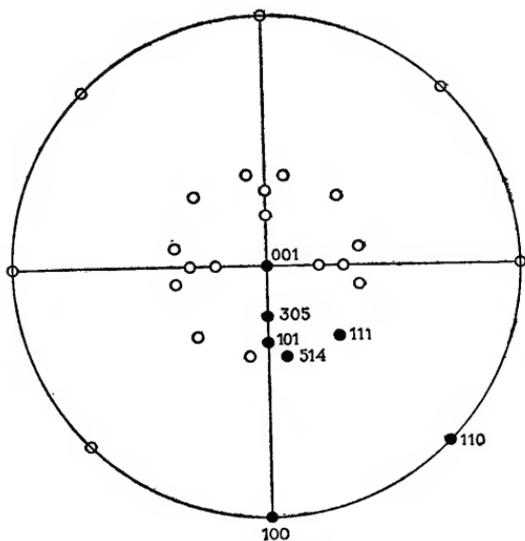


FIG. 12

Ângulos medidos	Número de medidas	V A L O R E S			Valor calculado
		Máximo	Mínimo	Médio	
100 : 101	7	56°29'	56°	56°14'	56° 5'
100 : 305	3	67°58'	67°47'	67°52'	68° 2'
100 : 111	15	60°54'	60° 9'	60°48'	60°50½'
110 : 111	14	46°27'	46° 9'	46°17'	46°26½'
110 : 101	2	66°57'	66°27'	66°44'	66°46'
101 : 011	2	46°48'	46°22'	46°35'	46°28'
101 : 111	4	29°51'	28°57'	29°15'	29° 9½'
101 : 305	2	11°57'	11°41'	11°49'	11°57'
111 : $\bar{111}$	8	87°30'	87°	87°17'	87° 7'
111 : $\bar{111}$	8	58°55'	58° 5'	58°25'	58°19'
111 : 305	1	-	-	30°59'	31°19'
110 : 514	2	57°16'	56°38'	56°57'	57°13'

Partindo do ângulo (111) : (110) calculei a constante "c" chegando a resultado praticamente igual ao de Becke (50), determinado para o material de Graupen, Bohêmia.

$$a : c = 1 : 0,67232$$

O fato de haver obtido em Inhandjara grande número de exemplares de cassiterita bem cristalizados, permitiu-me o estudo morfológico que pela primeira vez pode ser feito no Brasil.

Realmente, sob o ponto de vista cristalográfico, apenas E. Hussak (51 e 52) e R. R. Franco (53) fizeram citações da cassiterita do Brasil em seus trabalhos. Embora desde Eschwege (54) êste mineral venha sendo assinalado, os estudiosos têm preferido encara-lo sob o aspeto econômico e paragenético (55 a 57) ou fornecendo notas gerais (58). Sobre a cassiterita de S. Paulo, excetuada a de Perúm em Hussak (59) determinou a presença da forma {111} em pequeníssimos cristais quadro-octaédricos, pouco material bibliográfico obtive (60 e 61), com ligeiras notas sobre a sua ocorrência.

-
- (51) — E. HUSSAK — *Mineralogische Notizen aus Brasilien (Brookit, Cassiterit, Xenotim, Monazit und Euklas)* — *Tscherm. Mitth. N. F.* 12, 1891, pp. 463-465.
- (52) — E. HUSSAK — *Mineralogische Notizen aus Brasilien (Ein Beitrag zur Kenntnis der sogenannten "Favas" der brasilianischen Diamantsande)* — *Tscherm. Mitth. N.F.* 18, 1899, pp. 353-355.
- (53) — R. R. FRANCO — *Ob. cit.*, pp. 36-37.
- (54) — W. ESCHWEGE — *Pluto Brasiliensis*, 1833, p. 454 — cit. *Handbuch der Mineralogie* de C. HINTZE, Bd. 1, Ab. 2, p. 1708.
- (55) — D. GUIMARÃES — *Wolframita e cassiterita no Estado do Rio Grande do Sul* — *Serv. Geol. Min. Brasil, Bol.* 21, 1926, pp. 65-70.
- (56) — G. PAIVA — *Wolframita e cassiterita no Rio Grande do Sul* — *Min., Comb. e Transp.*, Ano I, 1928, n.º 1, pp. 19-20.
- (57) — D. GUIMARÃES — *Tungstenio* — *Serv. Geol. Min. Brasil, Bol.* 56, 1931, pp. 41-52.
- (58) — J. C. C. SENA — *Notas sobre a cassiterita no norte do Estado de Minas Geraes e sobre a apatita e o topázio provenientes dos arredores de Fortaleza e cidade de Salinas* — *Ann. Esc. Minas, Ouro Preto*, n.º 6, pp. 5-11.
- (59) — E. HUSSAK — *Ob. cit. Tscherm. Mitth.*, N. F. 12, 1891, p. 464.
- (60) — T. KNECHT — *Ensaio sobre a occurrence dos mineraes e minerios do Estado de S. Paulo* — São Paulo, 1931, p. 40.
- (61) — T. KNECHT — *Os mineraes e minerios do Estado de S. Paulo* — *Bol. Agr., S. Paulo*, 1934, pp. 48-49.

Topázio

O topázio do veio é idiomorfo em relação a todos os minerais do veio, exceção feita na hübnerita e da cassiterita. Apresenta-se em cristais sem orientação determinada em relação as paredes das rochas encaixantes ou aos outros minerais.

Encontram-se cristais quase inteiramente hialinos. Na massa mais compacta do veio são, entretanto, opacos e de côr variando entre branco sujo e amarelo esverdeado. Na parte superior do filão mostram pequenas fraturas, às vezes microscópicas, preenchidas

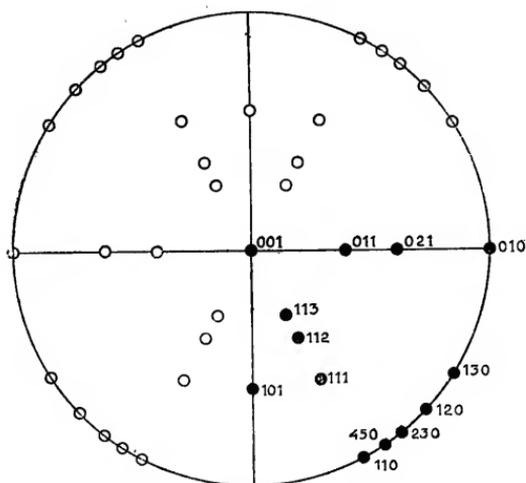


FIG. 13

por material amarelo que identificámos ser limonita, proveniente da alteração dos sulfêtos pré-existentes. A presença da limonita amarela empresta aos exemplares coloração forte ao conjunto. Certos cristais estão, por sua vez, cobertos de fina capa de limonita preta, concrecionada, cobrindo inteiramente as faces.

Sobre a morfologia do topázio de Inhandjara foi realizado ligeiro estudo por A. Wohlers (62). Obrigado, entretanto, a observação constante e persistente dos diversos minerais da jazida e particularidades de sua ocorrência, obtive resultados mais completos

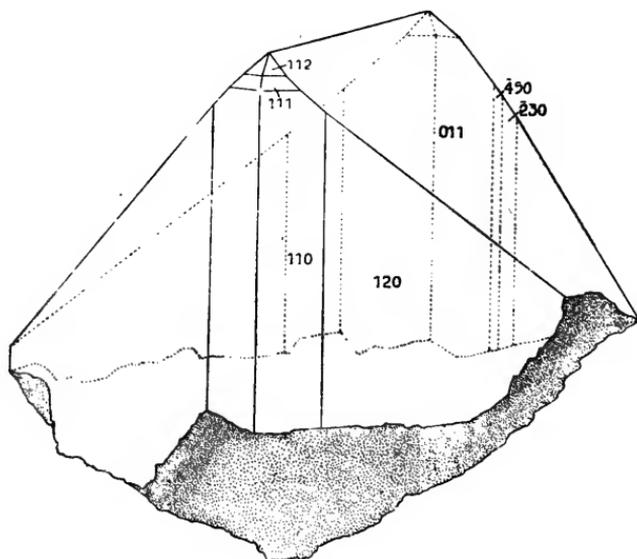


FIG. 14

sobre tais cristais, sem esgotar inteiramente o estudo sob o ponto de vista cristalográfico.

São as seguintes formas determinadas (fig. 13):

$$\begin{array}{lll}
 \{010\} & \{001\} & \{101\} \\
 \{110\} & \{120\} & \{130\} \quad \{230\} \quad \{450\} \\
 \{011\} & \{021\} & \\
 \{111\} & \{112\} & \{113\}
 \end{array}$$

Os tipos de combinação encontrados, em mais de uma dezena de exemplares escolhidos para o estudo, são em número de oito:

(62) - A. WOHLERS — *Topázio da mina Inhandjara* — Rev. Inst. Geog. S. Paulo, 1943, V. 1, N.º 1, pp. 59-61.

I —	{110}	{120}	{011}	{112}				
II —	{110}	{120}	{011}	{111}	{112}			
III —	{001}	{110}	{120}	{011}	{112}			
IV —	{110}	{120}	{230}	{011}	{111}	{112}		
V —	{001}	{110}	{120}	{011}	{111}	{112}		
VI —	{001}	{110}	{120}	{230}	{450}	{011}	{111}	{112}
VII —	{010}	{001}	{110}	{120}	{011}	{111}	{112}	{113}
VIII —	{010}	{101}	{110}	{120}	{130}	{230}	{450}	{011}
					{021}	{111}	{112}	{113}

A exatidão das medidas goniométricas é relativa. Não é possível obter sempre, mesmo para determinada forma, imagens nítidas em todas as suas faces. O largo intervalo entre os valores extremos

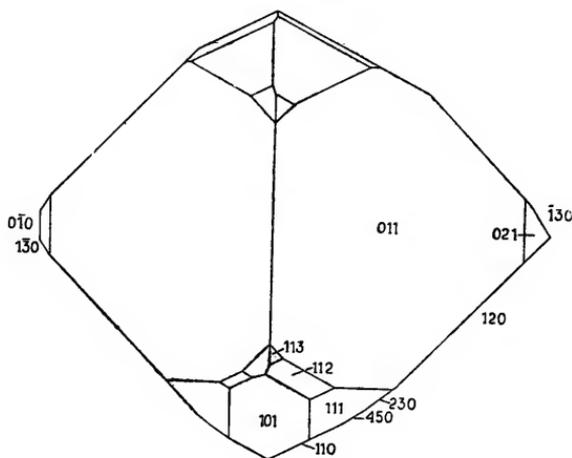


FIG. 15

obtidos para faces isorientadas poderia decorrer da maior ou menor porcentagem de impurezas na composição química do mineral. Entretanto, não me foi permitido chegar à conclusão positiva dada a variação em um mesmo indivíduo, em consequência da imperfeição das medidas. Acentuo, entretanto, que as determinações para o ângulo $(110) : (1\bar{1}0)$ oscilaram entre $55^{\circ}56'$ e $55^{\circ}45'$ para uma dezena de cristais, enquanto para dois outros os limites foram $56^{\circ}07'$ e $55^{\circ}57'$.

Da mesma forma, apesar de ter chegado, partindo dos ângulos $(110) : (1\bar{1}0)$ e $(011) : (0\bar{1}1)$, a uma relação paramétrica pouco diferente, preferi aceitar as constantes estabelecidas por Kokscharow:

$$a : b : c = 0,52854 : 1 : 0,95395$$

Com tais valores efetuei o cálculo dos ângulos que figuram na última coluna da tabela anexa, registrando apenas, entre as medidas feitas, os valores angulares obtidos em melhores condições.

Entre as formas determinadas nenhuma é nova para a espécie ou para o topázio do Brasil.

O hábito mais comum é semelhante ao do topázio proveniente de Arassuaí (muito menos alongado segundo o eixo dos "z" do que

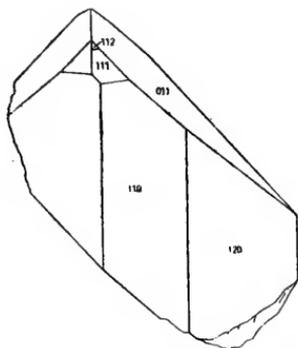


FIG. 16

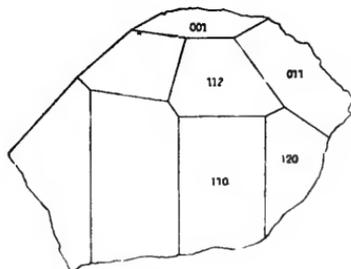


FIG. 17

o topázio da região de Ouro Preto), com predominância de $\{110\}$ e $\{120\}$ na zona $[001]$ e de $\{011\}$, muito forte, na zona $[100]$. Com a ocorrência variável de faces de pequeno desenvolvimento, correspondem a esse hábito as combinações I, IV, V, VI e VII, todas simplesmente terminadas (figs. 14 e 15).

Não concordo, entretanto, com a observação sobre a constância do hábito (63) que não pôde ser apresentado de maneira rígida. A própria combinação II, do único exemplar biterminado, difere das demais (fig. 16) e mais ainda a combinação III (fig. 17), com a presença do pinacoide $\{001\}$ e desenvolvimento equivalente das faces superiores de $\{011\}$ e $\{112\}$, dando ao cristal a aparência de uma pseudo-simetria hexagonal.

As formas podem ser rapidamente descritas. Os dois pinacoides assinalados no topázio, $\{001\}$ e $\{010\}$, têm por vezes bom desen-

Ângulos medidos	Número de medidas	V A L O R E S			Valor calculado
		Máximo	Mínimo	Médio	
001 : 011	12	43°59'	43°11'	43°30'	43°39'
110 : 110	20	55°56'	55°45'	55°49'	55°43'
110 : 120	38	18°46'	18°36'	18°43'	18°44'
110 : 450	2	5°50'	5°36'	5°43'	5°35½'
110 : 230	5	10°30'	10°23'	10°28'	10°33'
120 : 120	16	86°46'	86°42'	86°45'	86°49'
120 : 130	2	11°06'	10°58'	11° 2'	11°10½'
101 : 110	2	39°32'	39°20'	39°26'	39°21'
011 : 011	12	87°39'	86°59'	87°19'	87°18'
011 : 110	8	71°31'	70°59'	71°14'	71°11'
011 : 120	6	60°10'	59°40'	59°48'	59°54'
021 : 010	2	27°45'	27°31'	27°38'	27°39½'
021 : 011	2	18°44'	18°36'	18°40'	18°41½'
111 : 011	4	52°45'	52°10'	52°24'	52°33½'
111 : 111	6	49°50'	49°28'	49°40'	49°38'
111 : 110	24	26° 3'	25°59'	26° 2'	26° 6'
111 : 112	28	18°22'	18°18'	18°19'	18°19'
112 : 110	10	44°34'	44°16'	44°23'	44°25'
112 : 112	6	39°20'	38°50'	38°54'	39°
112 : 112	20	91°28'	91°12'	91°16'	91°10'
112 : 112	4	68°30'	67°50'	68°11'	68°
112 : 101	2	27°15'	27° 3'	27° 9'	26°56'
112 : 011	2	42°31'	42° 5'	42°18'	42°33'
113 : 112	4	11°48'	10°59'	11°26'	11°21'

volvimento. As faces de $\{001\}$, mais frequentes, dão péssimas imagens ao goniômetro, sendo a sua determinação facilitada por uma posição zonal privilegiada. Bem rara no material de Inhandjara, $\{010\}$ dá faces mais perfeitas permitindo excelentes medidas.

Na zona prismática vertical predominam, como dissemos anteriormente, $\{110\}$ e $\{120\}$, êste em geral mais desenvolvido. Ocorrem ainda $\{130\}$, $\{230\}$ e $\{450\}$, em finas facetas, sendo $\{450\}$ fôrma rara no topázio do Brasil, encontrada por D. Fenner (64) em alguns

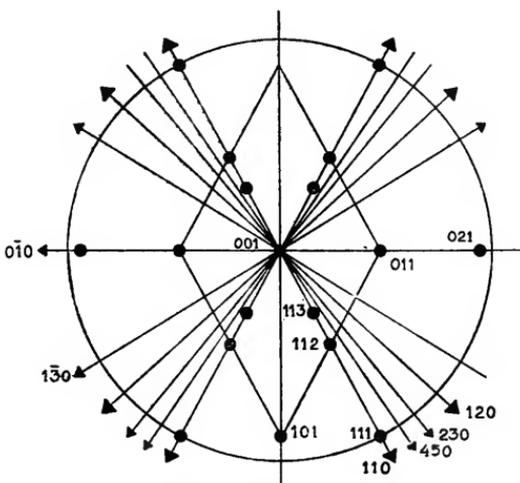


FIG. 18 — Projeção gnomônica do cristal desenhado na fig. 15

exemplares de Minas Novas (Estado de Minas Gerais). E' comum o conecrecimento oscilatório de $\{450\}$ sobre $\{110\}$ e, mesmo quando em faces distintas observadas em poucos exemplares, $\{450\}$ dá normalmente leituras apenas aproximativas.

Na zona $[100]$, ocorre apenas, além da fôrma fortemente predominante $\{011\}$, outro prisma $\{021\}$ em facetas de contôrno trapezoidal ou triangular, dando boas imagens ao goniômetro. Na outra zona de prismas horizontais $[010]$ apenas encontrei $\{101\}$,

(63) A. WOHLERS — Ob. citada, p. 59.

(64) — D. FENNER — *Ueber Topaskristalle von Minas Novas* Neues Jahrb. Min. Geol. u. Paleon., B. B. 36; 1913, pp. 704-767.

fórmula comum no topázio de Minas Gerais (65 a 67), embora mais rara no nosso material.

As bipirâmides encontram-se todas sôbre a zona, [110] (fig. 18). Mostra {112} contôrno nítido e dimensões apreciáveis, sendo algumas vezes a única presente; {111} é sempre menor, em alguns casos mal visível macroscopicamente; de maneira idêntica apresenta-se {113}, a menos frequente. Obtive, contudo, para todas elas, medidas em boas condições, apesar de não proporcionarem sempre bons reflexos.

Os cristais de topázio da jazida de Inhandjara, em geral, variam de poucos milímetros a alguns centímetros na maior dimensão. Entretanto, pude medir em magnífica amostra cedida pelo eng.º Jesuino Felicíssimo, indivíduos com extraordinário desenvolvimento, medindo o maior dêles 8,3 cm, 6,0 cm e 9,0 cm, respectivamente na direção dos eixos "x", "y" e "z". Idiomorfo em relação ao quartzo e aos sulfétos é um dos minerais mais perfeitamente cristalizados no vieiro e constitue cêrca de 4 a 5 % de ganga do minério. Do material obtido por separação mecânica no engenho é fácil selecionar os cristais parcialmente fraturados ou clivados.

Não é possível descrever a distribuição do topázio no vieiro segundo leis precisas. De modo geral o enriquecimento em topázio corresponde ao equivalente em wolframita ou cassiterita, sendo a quantidade inversamente proporcional à do quartzo nas zonas de maior ou menor enriquecimento. Atinge ausência completa nas massas compostas de sílica que soldam a parte interna do vieiro em certos pontos.

Como resultado da observação em comprimento e profundidade, nos diversos filões principais e secundários, pode-se afirmar, apenas, que há maior riqueza de topázio nas concentrações de wolframita e de cassiterita e que seu idiomorfismo só não é perfeito em relação a êsses dois minerais.

A. Wohlers (68) chamou a atenção para o fato de ser, a de Itupeva, a primeira ocorrência de topázio no Estado de S. Paulo.

(65) — V. GOLDSCHMIDT e V. ROSICKY — *Ueber Topas von Minas Gerais* — Vehr. d. Naturhist. Ver. zu Heidelberg, 1912, 12, p. 249. (Citado por D. FENNER, *Neues Jahrb. Min., Geol. u. Paleon.* 1913, B. B. 36, pp. 704-705 e resumo de P. NIGGLI em *Zeitschr. f. Krist.* 1921, 56, p. 6 632).

(66) — V. GOLDSCHMIDT e F. SAUER — *Neue Flächen am Topas* — *Zeitschr. f. Krist. u. Min.*, 1910, 47, p. 645.

(67) — D. FENNER — Ob. citada, p. 59.

(68) — A. WOHLERS — Ob. citada, p. 59.

Mineral conhecido no Brasil desde o século XVIII (69), a mais de cem anos vem sendo intensamente estudado por cientistas estrangeiros (70 a 74), continuando por todo o século XIX até os nossos dias. Apresentando propriedades cristalográficas sobretudo interessantes e características, foi objeto da atenção de especialistas de inúmeros países. Sob o ponto de vista morfológico (75 a 78), inclusive o seu típico hemimorfismo (79), quer em relação às propriedades elétricas (80 a 82) e magnéticas (83), ou químicas (84 a 86), e ainda a outras propriedades físicas (87 a 90), serviu de

- (69) — GUETTARD — *Beobachtung von den brasilianischen Topazen* — Journ. Oeconom. Oct., 1751 — Hanburgischen Magazin, B. 12, 1753 pp. 666-673.
- (70) — AB. HAUY — *Memoire sur des topazes du Brésil* — Mus. Nat. d'Hist. Natur. Annales, t. 11, 1802, v. 1, pp. 346-352.
- (71) — M. H. KLAPROTH — *Chemische Untersuchung des Topazes* — Beitr. Chem. Kenntniss der Mineralkörper, 1807, 4, pp. 160-178.
- (72) — A. ERMANN — *Beiträge zur Monographie des Marelsamit, Turmalin und brasilianische Topas in Bezug auf Elektrizität* — Berlin, K. Akad. der Wissens, Abhandlungen, 1829, pp. 41-62.
- (73) — SPIX e MARTIUS — *Reise in Brasilien* — Munich, 1831.
- (74) — J. MAWE — *Travels in the Interior of Brazil, particularly in the gold and diamond districts of that country* — London, 1816.
- (75) — A. KENNGOTT — *Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. Magnetismus der Tigeranges. Topas von Ouro Preto* — Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Paleont., 1885, n. 1, pp. 239-240.
- (76) — A. KENNGOTT — *Ueber Topas, Pyrrhotin und Pseudobrookit* — Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Paleont., 1, 1880, pp. 164-166.
- (77) — L. GRÜNHUT — *Beiträge zur Krystallographischen Kenntniss des Andalusites und des Topases* — Zeitschr. f. Krist. u. Min., 9, 1884, pp. 151-157.
- (78) — V. GOLDSCHMIDT — *Topaszwillinge aus Brasilien* — Zeitschr. f. Krist. u. Min., 47, 1910, pp. 645-646.
- (79) — H. LASPEYRES — *Der scheidbare Hemimorphismus des Topas* — Zeitschr. f. Krist. u. Min., 1, 1877, pp. 351-358.
- (80) — W. G. HANKEL — *Nachtrag zu der Thermo-Elektrizität des Topases* — Poggendorffs Ann. Phys. u. Chem., B. 56, 1842, pp. 57-78.
- (81) — J. CURIE e C. FRIEDEL — *Sur la pyroelectricité de la topaze* — Ac. Sci. Paris, Comptes Rendus, C, 1885, pp. 213-219.
- (82) — R. MACK — *Pyroelectrische und optische Beobachtungen Brasilianischen Topas* — Weidemann's Ann. Phys. u. Chem., N.F. 23, 1886, pp. 153-167.
- (83) — J. KÖNIGSBERGER — *Magnetische Susceptibilität von Flüssigkeiten und festen Körpern* — Wiedem. Am. Phys., 66, 1898, pp. 698-734 (Resumo na Zeitschr. f. Krist. u. Min. 33, 1900, pp. 111-112).
- (84) — J. C. MILNOR e S. L. FIELD — *On the Chemical Composition and related physical properties of Topaz* — Am. Journ. Sc., 3rd Ser., 47 (W. N. 147), 1894, pp. 392-394.
- (85) — P. JANNASCH e J. LOCKE — *Chemische Untersuchung des Topases* — Zeitschr. f. anorg. chem., 6, 1894, pp. 163-321 (Resumo na Zeitschr. f. Krist. u. Min., 26, 1896, pp. 634-635).

campo aos mais variados estudos, inclusive quanto às inclusões (91 e 92), figuras de corrosão (93) e estrutura reticular (94). Os geólogos nacionais, brasileiros ou estrangeiros radicados no Brasil, trouxeram também sua contribuição, observando os tipos de jazimentos e maneiras de ocorrência (95 a 99). Póde-se concluir que

- (86) — G. HARKER — *Ueber die Zusammensetzung von Labradorit und Topas aus Neu-Süd-Wales, nebst Bemerkungen über die Methoden für die Bestimmung des Fluors* — Jour. Roy. Sc. New South Wales, 1899, 33. p. 193 (Resumo na Zeitschr. f. Krist. u. Min., 34, 1901, p. 213).
- (87) — F. v. KOBELL — *Ueber das spezifische Gewicht geglähter silicate und anderer Oxydverbindungen* — Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. wiss., 1878 (Resumo na Zeitschr. f. Krist. u. Min., 6, 1882, pp. 316-317).
- (88) — A. MÜLHEIMS — *Ueber eine neue Art der Axenwinkelmessung und über die Bestimmung von Brechungsexponenten nach der Methode der totalreflexion* — Zeitschr. f. Krist. u. Min., 14, 1888, pp. 225-227.
- (89) — A. OFFRET — *De la variation, sous l'influence de la chaleur, des indices de refraction de quelques especes minerales, dans l'eten due du spectre visible* — Bull. Soc. Fr. Min., 13, 1890, pp. 606-615.
- (90) — A. LEUZE — *Ueber otpschen interessante Mineralien von Brasilien, sowie über neue Funde am Resenegg-Oberrheinischer Geol. Verains, Bericht, Versammlung 31, 1898, pp. 21-27.*
- (91) — N. V. NORDENSKIOLD — *Vorläufige Mittheilungen über erneuerte Unterchungen der Flüssigkeitseinschlusse in brasilianischen Topas* — Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Paleon., 1, 1886, pp. 242-244.
- (92) — M. TOLSTOIATOV — *Sur les inclusions dans les topazes de l'Oural, du Brésil et de la Saxe* — Russisch. Kaiserl. Min. Gesells. zu St. Petersburg, Verhandlungen, Ser. 2, 33, 1895, pp. 290-306 (Resumo na Zeitschr. f. Krist. u. Min., 28, 1897, pp. 517-518).
- (93) — A. P. HONESS — *The etching figures of topaz* — Am. Mineral., v. 6, 1921 n.º 4, pp. 71-77 (citando BAUMHAUER, Neues Jahrb f. Min. Geol. u. Paleont., 1876. p. 5).
- (94) — N. A. ALSTON e J. WEST — *The structure of topaz* (Al (F. OH) SiO₃) — Zeitschr. f. Krist. u. Min., 69, 1929, pp. 149-167.
- (95) — H. GORCEIX — *Gisement du Topaze du Brésil* — Rev. Geol. (France), 1876-1877.
- (96) — H. GORCEIX — *Estudo geológico das jazidas de topázio na Provincia de Minas Gerais* — Ann. Esc. Minas Ouro Preto, n.º 1, 1881, pp. 13-14.
- (97) — J. P. X. VEIGA — *Assunto que se tomou sôbre a descoberta de topázio no morro chamado Saramenha, no districto desta Villa* — Documentos Arch. Publ. Min., 5, 1900, p. 156.
- (98) — O. A. DERBY — *On the mode of occurrence of topaz near Ouro Preto, Brazil* — Am. Journ. Sci., n.º 11, 1901, pp. 25-34.
- (99) — J. C. C. SENNA — *Notas sôbre a cassiterita no norte do Estado de Minas Gerais e sôbre a apatita e o topázio provenientes dos arredores de Fortaleza e cidade de Salinas* — Ann. Esc. Minas Ouro Preto, 6, 1903, pp. 5-11.

o topázio foi o mineral melhor estudado e sob maior multiplicidade de aspectos, sendo o material do nosso país, em particular o Estado de Minas Gerais, o mais solicitado para tais fins. Sòmente a 5 anos atrás o Estado de S. Paulo contribuiu com a ocorrência de Itupeva, e mais recentemente com a de Sorocaba (100) para enriquecer a lista de conhecimentos sòbre o topázio.

Q u a r t z o

Quartzo é o mineral predominante no vieiro, constituindo cerca de 90 % da ganga. Apresenta-se bem desenvolvido, porém sem forma exterior, apenas com planos aparentes que correspondem grosseiramente às faces dos prismas. Tais planos dão, à primeira vista, impressão de diaclases. Pude verificar, entretanto, que de fato resultam do desenvolvimento cristalográfico alongado segundo o eixo C_2 simetria ternária; numerosas seções feitas paralelas à direção geral das paredes do vieiro mostraram, ao microscópio, que a emergência do eixo ótico sempre se dava dentro do campo. Cada indivíduo isolado apresenta, assim, o eixo ternário aproximadamente normal ao contato com a rocha encaixante, mesmo quando formado no interior do vieiro.

Na parte mais interna, porém, o quartzo deixa de apresentar muitas vezes as características acima referidas, ocorrendo em blócos ou faixa informes e compactas, inteiramente livres de outros minerais, constituindo elementos de consolidação final do vieiro.

E' leitoso, hialino ou enfumado. Há predominância do primeiro e ocorrência mais rara do último. O quartzo hialino constitui as massas cristalinas compactas.

(100) — R. SALDANHA e R. R. FRANCO — *Nota preliminar sobre a ocorrência de wolframita e cassiterita em Sorocaba* — Min. e Met., 1946, V. X, N.º 57, pp. 107-109.

Mica

No contacto do veio com a rocha encaixante, seja gnais ou quartzo-pórfiro microgranítico graisenficado, existe uma faixa de mica bem espessa (fig. 19). Em certos pontos dos vieiros, onde a estrutura fitada é mais característica, a faixa de mica repete-se uma ou duas vezes, embora mais delgada. Não é só, entretanto, em semelhante estrutura que ocorre. Também disposta com irregularidade ou finamente disseminada na ganga, encontram-se cristais por toda a extensão da jazida, excetuando-se os blócos compactos de quartzo estéril que soldam os filões na parte interna.

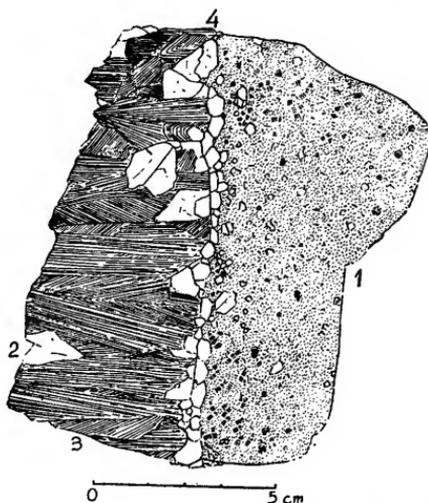


FIG. 19 — Zona de contacto entre o filão e o graisen. Notar as massas de protolithionita de estrutura lamelar, aproximadamente normais ao contacto. 1. graisen, 2. quartzito, 3. protolithionita, 4. zona de contacto rica de quartzito

A mica dispõe-se em blócos de muitos indivíduos, por vezes fortemente flexionados ou retorcidos, constituídos de finas lâminas curvas ou arredondadas. As lâminas são justapostas ou interpenetradas, umas em relação as outras, sendo que em muitos pontos os cristais fraturaram-se. Pude verificar, por outro lado, a presença de mica fibriforme, com estrutura zonada característica, havendo forte diferença de coloração entre as zonas, óra muito claras, óra escuras.

A mica é penetrada nos intervalos das lâminas flexionadas, por topázio e quartzo, de preferência o primeiro. Da mesma forma, são comuns as penetrações da mica entre os cristais de wolframita, com distribuição em leque. Não é possível estabelecer critério absoluto na descrição das ocorrências da mica no que diz respeito à vizinhança de outros minerais. De modo geral a observação do vieiro permite concluir que existe sempre, nas zonas ou planos de maior concentração de mica, grande riqueza em topázio. Tais concentrações são sempre muito próximas aos nódulos ou grandes cristais de wolframita.

Não são distinguíveis formas cristalográficas, vizíveis apenas os planos de clivagem {001}. Segundo êstes, a observação à luz convergente, mostra o ângulo dos eixos óticos diminuto em certos casos e com mais frequência praticamente igual a zero.

A análise química deu o seguinte resultado:

SiO ₂	. . . . .	37,12
TiO ₂	. . . . .	traços
Al ₂ O ₃	. . . . .	22,37
Fe ₂ O ₃	. . . . .	7,81
FeO	. . . . .	12,03
MnO	. . . . .	3,21
MgO	. . . . .	2,20
CaO	. . . . .	1,05
K ₂ O	. . . . .	8,60
Na ₂ O	. . . . .	0,81
Li ₂ O	. . . . .	2,10
F	. . . . .	0,21
H ₂ O	(perda ao fogo) . . .	2,13 %
SnO ₂	. . . . .	traços
		99,64 %

Analista: Walter Loewenstein.

A composição química permite incluir a mica do vieiro entre as micas otófilas, segundo a classificação de Winchell (101), no grupo da lepidolita. Segundo outros autores (102 e 103) pertence, pela sua composição ferrolitínifera, ao tipo de zinwaldita. Sua classificação já havia sido feita, aliás, pelo eng.^o Plinio de

(101) — A. N. WINCHELL — *Elements of optical mineralogy* — Londres, 1933, pp. 267 e 270 a 272.

(102) — E. S. DANA — *Descriptive Mineralogy* — New York, 1920, p. 627.

(103) — C. HINTZE — *Handbuch der Mineralogie* — Berlin e Leipzig, 1930, Bd. 2, p. 589.

Lima, do Instituto Geográfico e Geológico de S. Paulo e a minha teve apenas o valor da confirmação.

A protolitionita de Inhandjara é rica em MnO e dá apenas traços de TiO_2 e SnO_2 , mas, em suas linhas gerais, apresenta composição idêntica às de outras procedências.

Fluorita

O emprêgo da lampada "Mineralight" permitiu a verificação da presença de fluorita no veio. A fluorita reagiu à luz fluorescente mostrando coloração amarela intensa, à semelhança do que foi mais tarde observado no quartzo-pórfiro microgranítico.

A côr natural, entretanto, é diferente da apresentada na rocha. Enquanto nesta última é violeta, no veio mostra-se incolor ou esverdeada. Dada sua fácil clivagem, dela se destacam fragmentos e nestas pôde-se verificar melhor o brilho vítreo.

De distribuição irregular, ocorre intimamente associada aos outros minerais, em especial ao topázio e à wolframita. Mais raramente encontra-se fluorita idiomorfa, com contôrno retangular que denuncia o hábito cúbico, envolvida por cristais de topázio também idiomorfos.

Blenda

A blenda apresenta-se em pequenas massas, comumente maciças, de granulação fina e compacta, sem qualquer aparência de alteração. Ora é encontrada em pequenos nódulos com pouco menos de 1 cm de diâmetro médio ou de contôrno poliédrico irregular, ora em massas alongadas, entre o quartzo, o topázio e a wolframita. Por sua vez é cortada por pequeníssimos filetes de pirita.

Com menos freqüência, ocorre em massa de maiores proporções, assumindo então distribuição irregular entre os outros minerais. Também é encontrada em disseminação em pequeninos

grãos espalhados entre os indivíduos de topázio e quartzo. Não encontrei cristal algum de blenda macroscopicamente bem formado e desenvolvido.

E' opaca, de brilho resinoso e adamantino e de coloração castanho avermelhada.

Acima do nível hidrostático, na zona de maior oxidação verifica-se absoluta ausência da blenda.

Pirita

A pirita, encontrada somente na parte não oxidada do veio, é de origem primária ou de origem secundária.

A pirita primária, nas repetidas observações e em pontos inteiramente diversos, demonstrou ser mineral de última formação, mesmo entre os demais da família, dos sulfetos. Encontra-se sob os mais diversos aspectos, dependentes da maneira porque se precipitou. São dignas de nota as delgadas lâminas de pirita estriada, preenchendo o espaço livre entre cristais ou massas cristalinas, da mesma maneira que os pequeninos filetes cortando outros minerais. Excepcionalmente foram encontrados alguns pequenos cristais, muito simples, de hábito octaédrico pelo desenvolvimento da única forma $\{111\}$.

E' distribuída no veio de maneira irregular, circundando em certos casos os nódulos de blenda ou envolvendo outros minerais.

Mostra côr amarela e brilho esplendente bem conhecidos que permitem reconhecê-la com facilidade.

A pirita secundária, formada em pequenas drusas ou cavidades, na parte do veio parcialmente alterada, é micro-cristalina ou pulverulenta, desfazendo-se facilmente ao tato. Seu brilho é naturalmente de menor esplendor. Quando cristalizada em indivíduos exhibe hábito cúbico, presente unicamente a forma $\{100\}$.

A diferença de hábitos entre as piritas primárias e secundária é provavelmente elemento indicador da desigualdade de suas origens, em condições de formação bem diversas.

Calcopirita

A calcopirita ocorre, à semelhança da blenda, em pequenos nódulos e poliédros muito irregulares ou em massas alongadas infiltrando-se no contato dos outros minerais. Também é assinalada em disseminação em grãos minúsculos. Raramente pode observar pequenos cristais, com hábito nitidamente bisfenoidal e extrema pobreza de formas.

De côr amarela característica e brilho metálico, é muitas vezes iridescente em consequência da alteração superficial.

Não é também encontrada na zona de oxidação. Nos cortes das galerias a presença da calcopirita é facilmente identificável pela alteração em carbonatos básicos de cobre correspondentes à malaquita e azurita.

Molibdenita

A molibdenita ocorre em massas informes, de cristais microscópicos. Não é frequente, constituindo um dos minerais acidentais do veio. Suas massas são, porém, extensas e facilmente visíveis em determinadas zonas, em particular no contato do veio com o gnais.

Galena e Bismutinita

Informa o eng.^o Jesuino Felicíssimo existir a galena no veio, em pequenos sólidos de clivagem {100}. Não me foi dado encontrar minerais de Pb, mas a pequena percentagem deste metal em certas análises confirma a existência de galena como rara, pelo menos no filão principal.

Conclusão idêntica leva-me a admitir a ocorrência da bismutinita em Inhandjara. Dado o teor mais alto de bismuto nas análises acima referidas, e nas próprias análises comerciais, deveria ser mais provável encontrar-se o sulfeto de Bi que o de Pb. Como se processam as pesquisas e a lavra, entretanto, na zona de oxidação, o Bi está presente sob a forma de bismita, ocre de bismuto, cuja cor esverdeada a amarelada pôde levar à confusão com a própria tungstita.

Minerais de alteração

Como produto da alteração da wolframita, encontra-se sobre os cristais desta ou já emigrada para pontos bem próximos, fina camada pulverulenta de tungstita, emprestando coloração amarela aos minerais sobre que se deposita e penetrando nas pequenas fendas dos cristais ou nos intervalos entre uns e outros.

Ocorrem também óxidos de Mn (provavelmente pirolusita) e de Fe (limonita e hematita). A limonita e a pirolusita em massas terrosas preenchendo vazios do vieiro ou cobrindo cristais de topázio e massas granulares de quartzo. Houve desidratação da limonita em certos pontos e conseqüente formação de hematita, concrecionada, assim como a cristalização de pirita secundária, citada anteriormente.

Inclue-se entre os minerais de alteração a bismita, acima citada.

3 — DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Quartzo-pórfito microgranítico

Exame megascópico — Normalmente ao filão principal, ocorre o afloramento de uma rocha eruptiva leucocrática de provável natureza asquística, cujo exame megascópico revelou a presença de fenocristais mergulhados em uma pasta densa de granulação extremamente fina, com estrutura praticamente afanítica. Os fenocristais, hialinos ou esbranquiçados, não eram abundantes e destacavam-se da massa com proeminência.

Ainda no exame megascópico notavam-se pequenos pontos negros, alguns iridescentes e rodeados por características auréola de alteração.

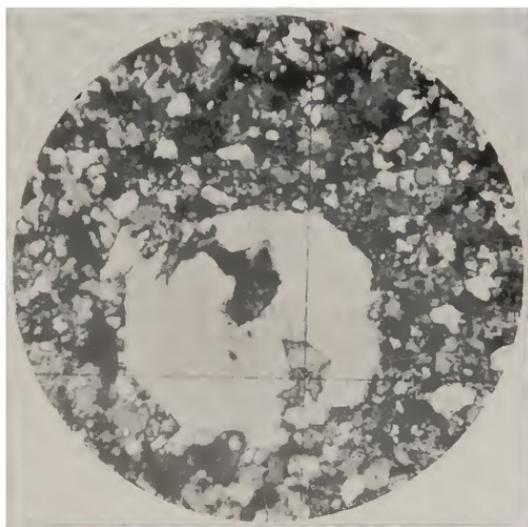
Na parte exposta ao intemperismo esta rocha apresenta uma camada esbranquiçada e friável, de 5 a 10 cm, resultante do processo superficial de alteração. A observação da rocha em vários pontos permite verificar a existência de numerosíssimos filetes de quartzo, com largura variável de 0,5 mm até poucos centímetros, que formam verdadeiro reticulado.

Fato que ressalta, à mais ligeira observação é a existência de uma disjunção irregular poliédrica, com diáclases perfeitas cujos planos múltiplos lembram faces de cristais.

Exame microscópico — O estudo de várias lâminas delgadas revelou textura porfiritica, com poucos fenocristais dispersos em um feltro holocristalino de indivíduos com dimensões que variam entre limites próximos, com o valôr médio aproximado de 0,045 mm. Os fenocristais de quartzo na maioria e também de feldspato (ortoclásio e com menor frequência albíta), oscilam entre 0,5 e 1,5 mm; são usualmente automórficos e algumas vezes corroidos

parcialmente (microfoto 1). Os fenocristais de quartzo possuem em alguns casos, biterminação denunciada pelo contorno (fig. 20).

O feltro é constituído por grãos equidimensionais de feldspato, quartzo e percentagem elevada de mica, ausente o idiomorfismo para todos os componentes. Os filetes de quartzo mencionados na descrição macroscópica são constituídos de quartzo granular, informe e sem orientação (fig. 21). Identifiquei o feldspato existente como ortoclásio e albita, à semelhança dos fenocristais. A mica é na maioria biotita e mais raramente muscovita.



Microfoto 1 N - 40X

Os pontos negros já denunciados à vista desarmada, revelaram-se óra como agregados de biotita, óra como cristais de pirita e calcopirita, parcialmente alterados, com a característica auréola limonítica. Foram também encontrados raros cristais de fluorita de côr violeta e que expostos à luz fluorescente da "Mineralight" adquiriram coloração amarela brilhante, como também fôra observado na fluorita do vieiro.

Classificação da rocha — Do exame da composição mineralógica da massa holocristalina resulta que a rocha muito de perto se aproxima da família dos granitos. Entretanto, no que concerne a sua textura, ela apresenta estreita correlação com os riólitos.

Segundo Rosenbusch (104) esta rocha estaria incluída entre os granito-pórfiros (especificamente um microgranito) por se tratar de rocha asquística de magma granítico ordinário e tendo a mesma composição mineral e diferente textura (fenocristais isolados em massa holocristalina de grãos equidimensionais de feldspato e quartzo). Entretanto, para Hatch e Wells (105), os microgranitos devem apresentar as dimensões dos cristais da pasta entre o máximo 0,5 mm e o mínimo de 0,05 mm, enquanto que das minhas observações ao microscópio resultou a média 0,045 mm, com inúmeros grãos de dimensões inferiores; assim deveria, segundo esses autores, incluir a rocha entre os riólitos ou, como prefere Johannsen (106) entre os quartzo-pórfiros, visto se tratar de uma rocha pré-terciária.

Nenhuma das duas classificações, porém, satisfaz por completo no caso em apreço. A textura da massa holocristalina difere da dos riólitos e quartzo-pórfiros de Johannsen, ao mesmo tempo que os grãos equidimensionais, em média ligeiramente inferior ao limite mínimo determinado por Hatch, impedia-me de considerá-lo como um microgranito dentro do critério de Rosenbusch.

Preferi assim seguir Bergt (107), na opinião de quem tais expressões perdem a significação primitiva, permitindo uma designação mais flexível e que melhor condiz com os tipos de transição como o de Inhandjara. Para Bergt os microgranitos são granitos de grã muito fina, dando aos casos intermediários entre as intrusivas e as extrusivas, de textura microgranítica de grãos muito pequenos e de características de porfíricas pela existência de fenocristais disseminados na massa, a designação de quartzo-pórfiro microgranítico. O próprio Johannsen concorda com Bergt em suas objeções, acentuando apenas que a expressão microgranito deve ser entendida como referente a rochas abissais, diques ou auréolas de outras rochas, e conseqüentemente asquistos normais da família dos granitos.

Dentro desse critério classifiquei mais especificamente a rocha, atendendo à riqueza em mica preta, com um "biotita quartzo-pórfiro microgranítico".

-
- (104) — H. ROSENBUSCH — *Mikroskopische Physiographie*, 1877, p. 87
— cit. em A. JOHANNSEN, *A descriptive petrography of the igneous rocks* — Chicago, 1932, pp. 301-302.
- (105) — F. H. HATCH e A. K. WELLS — *The petrology of the igneous rocks* Chicago, 1932, pp. 155-158.
- (106) — A. JOHANNSEN — *A descriptive petrography of the igneous rocks* — Chicago, 1932, pp. 286, 287.
- (107) — W. BERGT — *Beitrag zur Petrographie der Sierra de Santa Marta und der Sierra de Perijá in der Republik Colombia in Südamerika* — Tschermak's Min. Mittheil., 1889, pp. 293-295.

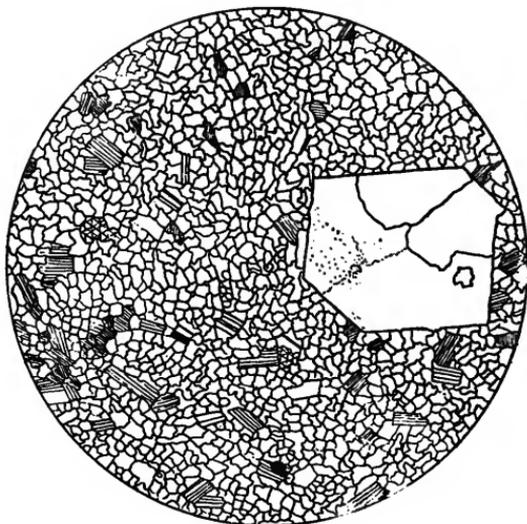


FIG. 20 — N II 38 X



FIG. 21 - N II 38 X

G r a i s e n

A rocha que resultou da alteração do quartzo-pórfiro microgranítico no contato com os filões, mostra passagem gradual para aquele e não apresenta, portanto, homogeneidade absoluta na composição mineralógica entre pontos distantes na direção transversal ao veio. O estudo que se segue é referente às amostras colhidas a pequena distância do contato.

Adotei a classificação de graisen, de acôrdo com a opinião emitida antes por outros colégas (108), dentro do critério clássico de atribuir tal nome a rochas formadas, essencialmente, de quartzo e mica. É necessário assinalar, por outro lado, a extraordinária riqueza em topázio que figura, no presente caso, em larga proporção.

Exame megascópico — A rocha graisenificada apresenta-se de coloração clara, somente avermelhada, algumas vezes, na zona superficial. À vista desarmada é fácil notar-se grãos de quartzo e topázio, além dos pequenos cristais de mica em palhetas. A estrutura é finamente granular e a rocha é friável ou de pequena resistência a choques, fraturando-se com facilidade ou mesmo desagregando-se por completo.

No graisen, como no quartzo-pórfiro-microgranítico, observa-se reticulado de numerosíssimos filetes de quartzo.

Exame microscópico — Procedi ao estudo microscópico da rocha, iniciando-o, em primeiro lugar, pelo material desagregado, com a determinação dos minerais presentes, quartzo, mica e feldspato, para confirmação do exame macroscópico. O topázio distingue-se em geral do quartzo pela coloração castanho-amarelada, produzida por óxido de ferro; quando clivado ou fraturado os fragmentos são incolores.

No exame da rocha em lâminas delgadas observa-se textura holocristalina, granular, (microfoto 2). Confirma-se a determinação feita no material desagregado, quanto ao quartzo, mica e topázio, verificando-se entretanto a presença de outros minerais como inclusões. É digna de nota a ausência absoluta de wolframita e cassiterita.

Quartzo — Grânulos alotriomorfos, incolores e de tamanho variável, aparecem ao lado de quartzo perfeitamente idiomorfo, na maior parte dos casos de contorno hexagonal. Em certos pontos

(108) — Engos, P. LIMA, J. FELICISSIMO e T. KNECHT, do Instituto Geográfico e Geológico de S. Paulo.

é o mineral predominante, em outros subordinado, em face da maior riqueza em mica e topázio.

O quartzo mostra, com frequência, textura poiquilitica, enquanto que, não raro, são também encontrados grandes cristais incluindo vários pequenos outros de mica e topázio. De modo geral, são comuníssimas as inclusões, seja de mica, seja de grânulos metálicos ou mesmo de fluorita. As inclusões metálicas são de dois tipos: grânulos isolados na massa do quartzo, ou dendritos em caprichoso desenho no interior do cristal. É comum encontrarem-se cristais de quartzo perfeitamente idiomorfos inclusos em massas maiores d'êles próprio. (fig. 22).



Microfoto 2 N II 45 X

Apresenta em muitos casos extinção ondulante. É incolor, porém envolvido, ou com as fraturas preenchidas, por limonita com a pronunciada coloração vermelha.

Mica — Enquanto a mica do quartzo-pórfiro microgranítico é biotita ou muscovita, a mica do graisen é sempre protolithionita como no veio. Apresenta-se idiomorfa, sob forma de pequeninos cristais mais ou menos alongados ou com o típico contorno hexagonal. É de coloração castanho pronunciada, intensidade variável. Quando o corte não corresponde a $\{001\}$, mostra sensível pleocrescismo; uniforme quando a secção é paralela ao pinacóide basal.

Comum a estrutura zonada, em zonas concêntricas ou em faixas paralelas de direção normal ao "E₂". Numerosas palhetas estão fortemente dobradas e são muitas as inclusões, puntiformes ou aciculares; a zirconita é abundante e produz, muito forte, o característico halo pleocróico. A própria mica aparece inclusa em cristais maiores, com diferente e variada orientação cristalográfica. Nota-se nitidamente a alteração em hidróxido de ferro nos bórdos dos cristais, formando-se zona de limonitização bem pronunciada que se prolonga pela infiltração da limonita nos interstícios dos outros minerais.

Topázio — Incolor com freqüência, algumas vezes da coloração castanho-amarelada já citada quanto ao material desagregado e que subsiste quando a penetração do óxido de ferro é mais profunda. Na proximidade dos filões é pronunciadamente idiomorfo, mas conserva idiomorfismo parcial mesmo quando distante do contato. Engloba cristais também idiomorfos de protolitionita e de quartzo, ou grânulos informes dos mesmos, indicando a formação ulterior do topázio.

Em certas zonas predomina sobre os dois minerais essenciais, aproximando-se então a rocha de um topazito (fig. 23). A riqueza em topázio é, de maneira geral, função da maior proximidade do contato com o veio.

Fluorita — A fluorita é rara no graisen, mas aparece em pequenos cristais de contôrno quadrado (normal a um "E₁" ou "E₂" ou hexagónal (quando normal a um "E₃"); é incolor mas facilmente distinguível não só pelo isotropismo, como pelo baixo índice de refração. Vêm-se também grânulos informes.

Inclusões metálicas — Além das inclusões isoladas no corpo dos cristais de quartzo, os intervalos entre os vários minerais estão preenchidos por limonita e por hematita resultante da desidratação da primeira. Nota-se a gradual passagem da limonita a hematita, partindo dos bordos de alteração da protolitionita onde a grande quantidade de Fe existente liberta-se sob a fórmula de hidróxido. A limonita preenche os intervalos menores, colorindo os minerais com a penetração de fraturas. Os vazios mais largos, porém, estão preenchidos por hematita, cinzenta à luz refletida, opaca e negra quando a observação é feita com luz transmitida. Tanto o topázio como o quartzo são envolvidos e penetrados pelos dois óxidos e as inclusões dendríticas correspondem à hematita. Mineral de formação secundária, esta forçosamente cristalizou-se posterior à limonita, por um processo de desidratação.



FIG. 22 — N II 26 X



FIG. 23 N II 20 X

G n a i s

O gnais ocorre em toda a extensa área de cotas mais baixas (oscilando entre pouco menos de 700 m e 800 m) que desenhei na folha geológica (fig. 2). Os afloramentos não são abundantes porque já se alterou profundamente a rocha, sendo espessa a camada vegetal decorrente. Em certos pontos está intimamente associada a rochas xistosas algonquianas, últimas remanescentes das camadas erodidas.

Exame megascópico — Rocha holocristalina, estrutura gnáissica. Pronunciada e extensa injeção de veias aplíticas forma, na rocha, características dobras ptigmáticas de injeção "lit-par-lit". (Fotos 1 e 2). A injeção fez-se, de ordinário, entre as camadas (folia). Não é raro, contudo, encontrarem-se veias de quartzo que formam ângulo pronunciado com a direção geral da xistosidade. Alternam-se camadas de textura xistosa, onde predomina mica preta, com camadas claras em que se reconhece a presença de quartzo, feldspato e acidentalmente, mica.

No contato entre a rocha e as veias aplíticas ou puramente quartzosas, reconhece-se a presença de forte crustificação de mica preta. Fato idêntico verifica-se com a protolitionita do vieiro; aqui, entretanto, a mica dispõe-se paralelamente ao plano de contato.

Em consequência da injeção aplítica, alterou-se localmente, em certas zonas do gnais, a estrutura da rocha. Houve enriquecimento de feldspatos e quartzo, concentrando-se a mica em camadas finas ou em nódulos abundantes). Observa-se também grande disseminação de sulfetos (pirita e calcopirita). Outro mineral reconhecível macroscopicamente é a fluorita, de côr violeta; quando em cristais menores, identifiquei-a pela reação à luz fluorescente da lâmpada Mineralight.

As variantes de composição mineralógica verificadas em pontos próximos, são também observáveis em maior escala. Grandes porções da rocha mostram concentrações riquíssimas de biotita e outras são quase puramente quartzosas; quando estas últimas estão em contato com o vieiro, a rocha assume aspecto próximo ao do graisen, com estrutura mais compacta.

Exame microscópico — A textura do gnais não é constante nas diversas lâminas estudadas. É fato que predomina a textura gnáissica típica, quando se observa grande riqueza de biotita não

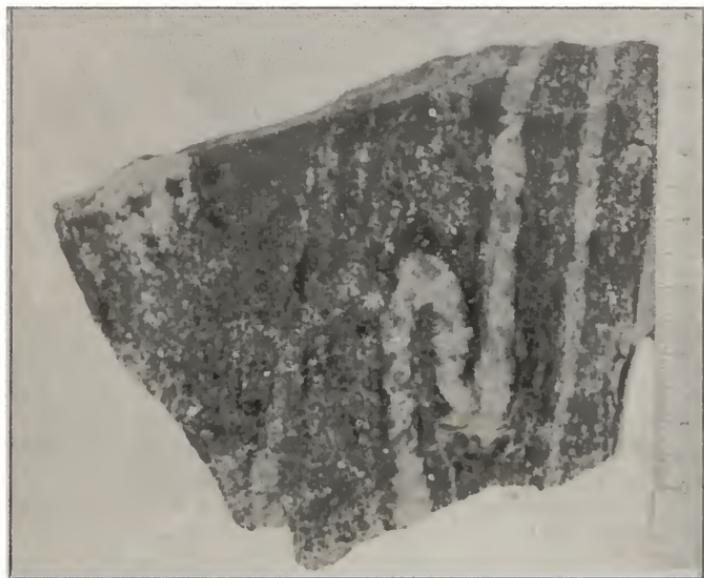


FOTO 1
Dobras migmáticas (veias aplíticas e quartzosas) no gnais de Inhamitara;

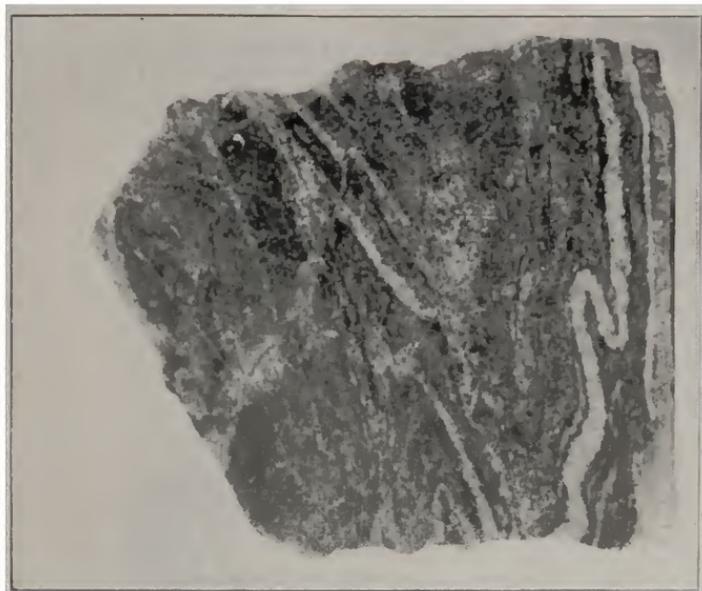
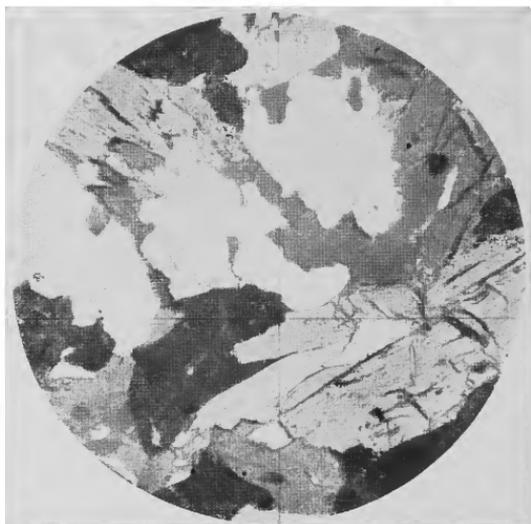


FOTO 2

veias quartzosas no gnais de Inhamitara;

alterada e associação de muscovita em menor quantidade (microfoto 3). Observei, entretanto, em grande parte das lâminas, variação de textura, chegando, em certos pontos próximos às vênulas aplíticas, a tornar-se caótica, assemelhando-se à textura suturada com corrosão de cristais e interpenetração. São frequentes nos feldspatos as texturas micropegmatíticas e micropertíticas.

Quartzo — Alotriomorfo. Grandes indivíduos quando observado nas vênulas; de pequenas dimensões e granular na massa do gnais. Hialino, com extinção ondulante, na maioria dos casos. Linhas de poros finíssimas. Encontra-se, constantemente, a textura micropegmatítica. O quartzo de injeção penetra as fendas



Microfoto 3 N - 45 X

da granada e engloba cristais de mica. A granada, por sua vez, contém núcleos informes de quartzo, em certos casos. Inclusões metálicas (hematita) apresentam-se com distribuição errática. Em lâmina feita na amostra colhida muito próxima ao vieiro, observei fenômeno local semelhante à graisenificação. Em meio à textura caótica, o quartzo assume em certos pontos disposição estelada, com entrecruzamento de mica (fig. 24). O fenômeno é raro, parecendo corresponder à intrusão das soluções sílico-aquiosas fluoradas que deram origem ao vieiro em pequeninas fendas ainda excepcionalmente abertas no gnais.



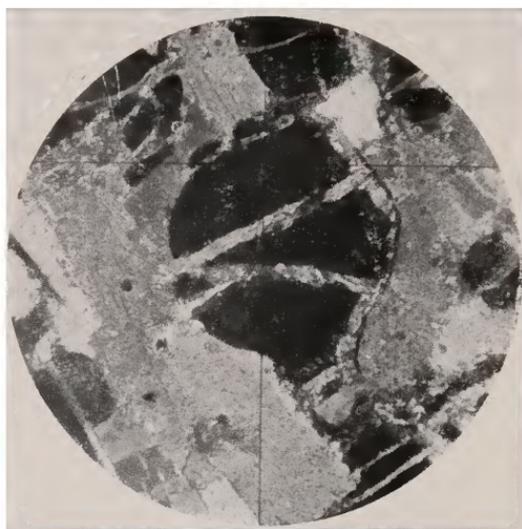
FIG. 24 — N + 26 X



FIG. 25 — N + 45 X

Feldspatos — Ortósio, microlina e plagioclásio intermediário entre a albita e a oligoclasita, mais constante a última. Além da textura micropegmatítica já referida, textura micropertítica ainda mais abundante. Os cristais de microclina são os maiores, sendo raro e imperfeito o idiomorfismo em qualquer dos feldspatos. Observei numerosos casos de sericitização (fig. 25), mais ou menos pronunciada, sendo menos comum a alteração em kaolim.

Mica — Predominante a biotita, com pequena proporção de muscovita. Ângulo dos eixos óticos na biotita igual a zero ou, por vezes, extremamente pequeno. Extinção ondulante; tanto a biotita como a muscovita apresentam-se, na maior parte das



Microfoto 4 - - N + 45 X

vezes, em lâminas fortemente flexionadas acentuando-se a extinção ondulante. Grande riqueza em inclusões de zirconita, com halos pleocróicos muito pronunciados. Inclusões aciculares finíssimas observei em alguns pontos na biotita (provavelmente rutilo). Na massa da rocha com textura gnáissica típica, a biotita dispõe-se em leitos paralelos, disseminando-se mais regularmente a muscovita. Junto às vênulas aplíticas, e em especial às quartzosas, há enriquecimento de biotita no contato com as palhetas paralelas a êste. Únicamente no caso da textura caótica, a distribuição da mica, ao longo do filete de quartzo, é normal ao contato,

à semelhança dos filões na jazida. Neste caso a mica é identificada como protolitionita, acentuando-se a identidade com o fenômeno da graisenificação.

A biotita altera-se em clorita e também em sericita.

Clorita — Muito abundante em todas as lâminas. Observei a alteração da biotita em clorita em diversos cristais. Há quase sempre passagem gradual. Em outros, há passagem de biotita para clorita e de clorita para sericita. Grandes cristais de clorita, entretanto, ocorrem absolutamente límpidos e perfeitos.

Nódulos de biotita que, na observação megascópica, notara serem menos brilhantes e característicos, reconheci, nas lâminas delgadas, serem constituídos de biotita já fortemente cloritizadas.

Granada — Nódulos de granada, não visíveis no exame macroscópico, existem no gnais em abundância. Granada quase incolor, está sempre alterada parcialmente em clorita (microfoto 4). Apresenta-se fraturada, cheias as fendas de quartzo. Em outros indivíduos como disse anteriormente, inclui grânulos informes de quartzo.

Fluorita — Levemente violeta, sem contorno geométrico. Não é abundante e em muitas lâminas não foi observada.

Hematita — Forte disseminação em algumas lâminas, com distribuição desordenada. Inclusa no quartzo e na mica. Nas proximidades das vênulas aplíticas e quartzosas há maior concentração, tanto na rocha propriamente dita como no interior dos filetes intrusivos (fig. 25).

MINERALOGÊNESE

1 — GRAISENIFICAÇÃO

O contato dos vieiros é, na sua maior extensão, com o gnais. No filão principal, entretanto, verifica-se o contato com o biotita quartzo-pórfiro microgranítico.

O fenômeno da graisenificação existe apenas no segundo caso. O contato com o gnais é nítido. Não há qualquer reação metamórfica nos bordos da rocha encaixante. Já a observação do contato do quartzo-pórfiro microgranítico com o gnais, demonstrará a inexistência de qualquer testemunho de metamorfismo, dada a natureza ácida da composição das duas rochas e a estabilidade dos minerais do gnais formados em condições de alto P. T.

Entretanto, a formação aplítica foi sensível e fortemente alterada, embora não extensamente, ao longo do contato, com a formação de hialomito ou "graisen" tanto na capa como na lapa.

Aceitando a designação de graisen como termo que abrange as rochas constituídas essencialmente de quartzo e mica, a primeira observação foi por mim feita no sentido de verificar se o graisen presente poderia resultar da intrusão de magma pegmatítico no seu derradeiro estágio de diferenciação, como foi observado em Bessa, Portugal (109). A passagem gradual do quartzo-pórfiro microgranítico ao graisen demonstra, porém, que este é rocha derivada do primeiro, pelas reações pneumatóliticas ou hidrotermais, ou ambas. O estudo microscópico em lâminas delgadas confirma as observações de campo.

É evidente que, além da granulação extremamente fina da rocha aplítica ter facilitado o ataque pelos gases, a própria for-

(109) — J. M. COTELO NEIVA — *Jazigos portugueses de cassiterite e de volframite* — Com. Serv. Geol. Portugal. XXV, pp. 101-102.

mação de rocha intrusiva indica as razões da ação metamórfica ter-se exercido apenas nela.

No processo de cristalização de quartzo-pórfiro microgranítico existem vários fatores de ordem físico-química que não dão oportunidade ao desenvolvimento completo do edifício cristalino; essa cristalização tumultuária deixa grande quantidade de resíduo magmático num estado pouco além do germem cristalino e, portanto, não deixa alcançar um perfeito equilíbrio com as condições do meio. Qualquer alteração deste meio, seja por ação térmica ou de infiltração dos elementos voláteis, provoca, em primeiro lugar e mais rapidamente, alteração da massa fundamental (grundmasse) antes que seja atingido qualquer fenocristal. Facilitada assim a circulação dos gases outras reações podem se realizar e completar-se a série de fenômenos naturais a uma ação metamórfica.

No caso do gnais tudo se passa de maneira inteiramente diversa. Trata-se de massa holocristalina, com indivíduos bem desenvolvidos e possuindo, dadas as perfeitas condições de equilíbrio da sua formação, maior resistência ao ataque daqueles elementos voláteis a que aludimos.

Chamo a atenção para a existência, em alguns pontos, de massas de graisen entre o vieiro e gnais. Observação atenta demonstra que deve ser atribuído ao transporte de porções de granito-pórfiro-microgranítico, já metamorfozadas, durante a fase hidrotermal, ao longo do caminho percorrido pela massa flúida. Fenômeno idêntico observa-se entre o veio principal e algumas ramificações secundárias, separadas unicamente por uma parede mais ou menos espessa de graisen.

O estudo microscópico do graisen demonstra, com evidência, que a graisenificação não se deu por simples substituição de elementos. Não só houve reabsorção dos feldspatos e cristalização de topázio, como formação de novos cristais de mica e quartzo, com possível digestão dos anteriormente formados.

Os cristais de quartzo são de maiores dimensões, englobam indivíduos pequenos de mica, de topázio e do próprio quartzo. A mica, por sua vez, inclui pequenas palhetas do mesmo mineral, em distribuição caótica. O topázio formou-se contemporaneamente com o quartzo dessa geração; ao mesmo tempo que existem inclusões de topázio em quartzo, cristais idiomorfos de quartzo são comumente encontrados como inclusões em grandes indivíduos de topázio.

É evidente ter-se dado a graisenificação pelo ataque de soluções silico-aquosas superaquecidas, de grande acidez e extremamente ricas em fluor e menos em lítio. Os feldspatos presentes no quartzo-pórfito-microgranítico são o ortósio e a albíta, o primeiro estável em meio relativamente ácido e o segundo em meio alcalino. O ataque destes feldspatos pelas soluções deu, em consequência, a formação de topázio e mica protolitionita; esta contém fluor e lítio trazidos pelas soluções e outros elementos, como o ferro, cedidos pelos minerais preexistentes.

Lembre-mos, contudo, que não só a composição real da protolitionita é mais complexa, como também grande parte dos cristais de segunda geração devem ser levados à responsabilidade das soluções. Pelo menos muitos dos cristais de quartzo resultaram provavelmente da cristalização da sílica transportada.

De modo geral, a graisenificação trouxe grande enriquecimento em fluor e sílica, além do aparecimento de lítio e aproximada estabilização de alumina, ácido ferro férrico e ferro ferroso, com relativo empobrecimento em álcalis. A alumina resultante da reação com fluor e água, associou-se a outros óxidos para dar origem ao topázio e mica, respectivamente, dada a provável impraticabilidade do seu transporte em tais condições.

A presença de mineralizadores na graisenificação torna-se evidente pela presença de topázio abundante e do fluor na mica ferro-litínifera que resultou da alteração da biotita e da muscovita. A própria fluorita ocorre, mas não posso afirmar que seja remanescente da que foi reconhecida no quartzo-pórfito-microgranítico. A ação pneumatolítica formadora de graisens foi, aliás, verificada há muito em jazidas como Kiangsi e Tavoy (110).

Por outro lado, argumentos prevalecem a favor da presença da água na graisenificação. Não só existe água de composição nos diversos minerais do graisen, como a reação do feldspato com água parece necessária à formação da mica de segunda geração cuja existência verifiquei no estudo das lâminas delgadas. Além do mais, como fator decisivo, sobreleva a presença do quartzo formado durante a alteração metasomática e não consequente das reações com os minerais preexistentes; a presença de sílica só seria possível, em grande quantidade, na presença da água e nela dissolvida ou em suspensão coloidal.

A graisenificação deve ter se dado, no presente caso, pela ação mixta, hidrotermal-pneumatolítica, fortemente ácida pela riqueza em HF e a alta temperatura e pressão. As soluções silico-aquosas, continham grande quantidade e pouca variedade de mineralizadores.

O fato de não existirem no graisen a wolframita e a cassiterita, assim como os sulfetos metálicos, leva a supor que a graisenificação tenha se dado imediatamente anterior à formação do vieiro. Existiu, então, uma primeira ascensão de soluções já ricas em F, mas em que estavam ausentes o Sn e o W. Deveriam elas ser mais ácidas e a mais alta temperatura, provavelmente. O quartzo precipitado durante a graisenificação seria perfeitamente estável ao ascenderem novas soluções da mesma natureza. Esta comprovado, experimentalmente, que a sílica na fase de quartzo "a" é dificilmente solúvel (111). Além disso, as novas soluções ascendentes reproduziriam condições aproximadamente iguais às da precipitação no graisen. Da mesma forma, o topázio e a protolitionita seriam estáveis, dada a identidade desses minerais com os que ocorrem no vieiro.

(111) — G. C. KENNEDY — *The hydrothermal solubility of silica* — *Economic Geology*, XXXIX, n.º 1, 1944, pp. 25-35.

2 — ORDEM E PROCESSO DE SEGREGAÇÃO

O estudo da geologia local e a observação atenta dos filões de Inhandjara, demonstram que a formação da jazida resultou de uma série de fenômenos sucessivos. Não existem provas de tectônica agitada e o processo foi lento e progressivo no desenvolvimento das diversas fases.

A consolidação do reservatório magmático, com a conseqüente e forte diferenciação nos últimos estágios, deve ter obedecido a certa continuidade, sendo quase impossível a reconstituição teórica com separação nítida dos fenômenos, pela sua natureza geológica ou petrográfica.

Na hipótese de ser aceita a massa granítica (ocste da fôlha desenhada — fig. 2) como batolito, de acôrdo com as teorias clássicas, sou forçado a rejeitar a possibilidade da intrusão brusca do magma. Sua ascensão, neste caso, teria sido lenta, sem maior influência sôbre as rochas metamórficas pré-formadas; só por esta maneira poder-se-ia explicar a inexistência de vestígios que testemunhassem o *mecanismo de localização de tão grandes massas graníticas* (112). Admitindo o granito de Itupeva como produto palingenético, mais facilmente seria explicado o desenvolvimento do processo magmático dentro da relativa calma que o presidiu. Em tal caso aceitar-se-ia a mineralização como seguindo imediatamente à palingênese, inexistindo a deformação tectônica, por efeito de "stress" (113).

Em Inhandjara, entretanto, a atividade magmática sômente pode ser responsabilizada pela mineralização em suas últimas fases, qualquer que seja a hipótese admitida. No estudo que fez sôbre as jazidas estano-tungstênicas de Portugal, Cotelô Neiva admite (114) que, mesmo nos filões pegmatíticos, a precipitação da wolframita e da cassiterita fez-se apenas na fase hidrotermal dando lugar a numerosas reações metasomáticas. Concordam

(112) — D. GUIMARÃES — *Introdução ao trabalho de V. LEINZ — Geologia da área mineralizada de estanho e tungstênio no Estado do Rio Grande do Sul* — D.N.P.M., 1945, Bol. 70 (S.F.P.M.), p. 10.

(113) — D. GUIMARÃES — *Contribuição a metallogênese do massiço brasileiro* — D.N.P.M., 1937, Bol. 16 (S.F.P.M.), p. 34.

(114) — J. M. COTELÔ NEIVA — *Ob. cit.*, p. 223 e outras.

nêste ponto as conclusões de Franco no trabalho sôbre a jazida de cassiterita de Campinas (115). As intrusões magmáticas em Inhandjara são todas aplíticas. Na ocorrência de Itupeva não observei a existência de filões pegmatíticos, em extensa área percorrida; da mesma forma em Sorocaba (116), embora os filões estejam encaixados na coifa do granito, há absoluta ausência de pegmatitos. Admitindo, embora, a possibilidade de virem a ser encontradas formações pegmatíticas, sugiro, da mesma forma que Camargo (117) no estudo da jazida de molibdenita de Vacacaí, não terem as condições de reservatório magmático favorecido sua formação no caso presente.

Posso, assim, apresentar como seqüência lógica das fases a seguinte:

1.^a — Fase magmática inicial, durante a qual se deu a formação do granito, com progressiva diferenciação do magma;

2.^a — Fase aplítica, em que a diferenciação gerou um magma quase sem agentes voláteis, fazendo-se a intrusão nas rochas do teto;

3.^a — Fase hidrotermal (ou melhor mixta, como discutirei adiante), com grande força ascensional pela extrema riqueza em gases, inclusive os componentes que originaram a metalização.

Não posso, porém, admitir qualquer solução de continuidade entre elas, especialmente entre as 2.^a e a 3.^a fases. A análise mineralógica das lâminas delgadas de gnais provou que a rocha metamórfica preexistente (provavelmente biotita-xisto) sofreu injeções numerosas de natureza aplítica. Existem também, no gnais, injeções quartzosas. Algumas conservam cristais remanescentes de feldspato e mica: estas não alteram a composição da biotita, da muscovita ou da clorita. Outras, em particular muito próximas do vieiro, provocam verdadeira graisenficação local, com desaparecimento total das micas preexistentes e néo-formação de protolitionita. Adicione-se a todas a injeção graisenficação

(115) — R. R. FRANCO — *A faixa estaniífera do Rio Grande do Sul* — Bol. Fac. Fil. Ci. Let. S. Paulo, XLIV (Mineralogia n.º 6), 1944, pp. 45-46.

(116) — R. SALDANHA e R. R. FRANCO — *Nota preliminar sôbre a ocorrência de wolframita e cassiterita em Sorocaba* — Min. e Met., 1946, V. X, n.º 57, p. 109.

(117) — W. G. R. CAMARGO — *Sobre a gênese de uma jazida de molibdenita do Rio Grande do Sul* — Bol. Fac. Fil. Ci. Let. S. Paulo, XLIX (Mineralogia n.º 7), 1945, p. 68.

dora de quartzo-pórfiro-microgranítico, precedendo imediatamente a formação dos vieiros metalizados. Reconheço pelo menos, seguindo-se a fase aplítica: a injeção dos filetes silicosos como fase de transição; outra já de natureza hidrotermal, com pouco fluor e algum lítio, em que se deu protolitionitização das micas do gnais; a terceira correspondendo à graisenificação do aplito, rica em fluor e lítio, ausentes ainda quaisquer outros agentes voláteis capazes de produzir a metalização, mas com abundante formação de topázio.

Mesmo sem admitir a formação do maciço granítico em conseqüência de metamorfismo regional progressivo, é forçoso concordar que as rochas da região mineralizada evoluíram no sentido ácido, acompanhando a *evolução química dos resíduos magmáticos resultantes da diferenciação* (118).

Em qualquer dos casos, porém, admitindo o magma como granítico ou como magma originariamente menos ácido, o último estágio encontrou-o em condições idênticas ao do magma superpegmatítico que Li e Wang (119) consideram ser a mais fértil matriz dos depósitos de filão.

Cristalizada, então, a maior parte dos componentes passam a predominar a sílica, alumina e álcalis, aumentada no resíduo, de maneira extraordinária, a concentração de água e agentes mineralizadores. Paralelamente a elevação de C, baixam as condições de P e T. A extrema mobilidade e grande capacidade de transporte dos gases provocam a tendência ao deslocamento. Perturba-se, em determinados momentos, o equilíbrio da câmara magmática. E a força ascensional das soluções fortemente ricas de vapores é capaz de vencer a resistência do teto, sob a impulsão constante oriunda do reservatório. Fluxos intermitentes de gases, à proporção que conseguem se libertar, vão atingir os canais de escoamento.

A jazida de Inhandjara é constituída por veios tipicamente hipotermais. Apresenta-se como decisivo testemunho contrário à teoria hidatogênica, ou melhor, é prova evidente de formação mixta pneumatolítica-hidrotermal.

Reconheço a presença da fase hidrotermal, cuja evidência é traduzida pela presença do quartzo como mineral predominante do vieiro (mais de 90% da ganga). A quantidade de sílica é de

(118) --- D. GUIMARÃES — *Metallogenese e a teoria migratória dos elementos* — D.N.P.M., 1938, Bol. 24 (S.F.P.M.), p. 2.

(119) --- K. C. LI e C. Y. WANG — Ob. cit., p. 10.

tal ordem que só me parece aceitável o seu transporte em solução ou suspensão coloidal. Não se pode afastar por completo, entretanto, a hipótese de que parte do silício ascendesse sob forma de SiF_4 . Foi provado experimentalmente que, sob pressões próximas de 1.000 atmosféricas, não se verifica brusco aumento de volume específico ao ultrapassar a temperatura crítica da água, 373°C (120). A espessura do teto que revestia a câmara magnética, poderia facilmente satisfazer a condição necessária a existência dessa alta pressão. Ignora-se, porém, como se comporta a curva da solubilidade da sílica nêsse caso, ultrapassado que seja o ponto de transformação da água. Até onde alcançaram as provas experimentais, ainda é baixa a solubilidade. É difícil, porém, prever o que se passa ao atingir uma ordem de pressões onde, como acentua Kennedy, não é válido o conceito usual de distinção entre líquido e gaz. Morey, de sua parte, nega a existência de quantidades apreciáveis de silício, sob forma de vapor, a alta pressão (121).

Concordo em que as fases gasosas não podem, elas só, serem responsabilizadas por transporte de tamanho vulto. A presença de minerais, no veio, com água de constituição na sua composição química, é prova também da existência da fase hidrotermal. A própria formação da protolitionita e do topázio resultam de reações em que intervem a água, como discuti no estudo da graisenificação.

Por outro lado, a estrutura fitada demonstra que a fase não foi puramente hidrotermal. O papel dos gazes, além da extrema importância e grande vulto, apresentou intensidade de ação de certo modo independente. Variou em proporção durante o curso do processo de cristalização dos minerais dos vieiros. Em reforço a esta ordem de considerações, devo recordar a quantidade excepcional de topázio, jamais assinalada em qualquer outro filão tungstênico-estanífero; também a protolitionita, mineral fluoretado, demonstra o paralelismo da ação pneumatolítica em relação à fase hidrotermal.

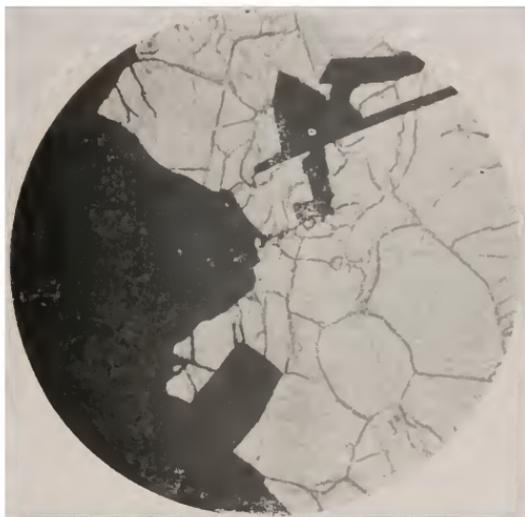
É aceita pela maioria dos autores a opinião de Lindgren

(120) — G. C. KENNEDY — Ob. cit., p. 34.

(121) — C. S. ROSS — *Physico-chemical factors controlling magmatic-differentiation and vein formation* — Economic Geology, XXIII, 1928, n.º 8, pp. 865-868 — citando G. W. MOREY — cit. em J. M. COTELO NEIVA, ob. cit., p. 212.

(122) de que a temperatura de formação dos depósitos hipotermiais varia entre 300° e 500° C. Cetele Neiva (123) confirma a hipótese na observação das jazidas portuguesas, baseando as conclusões na paragénesese do quartzo e da calcita e na ausência da adulária.

Quanto a pressão admite-se que seja ligeiramente superior a 800 atmosferas. Em Inhandjara a presença do topázio, mineral que se forma a pressões muito altas, vem contribuir para confirmá-la.



Microfoto 5 — Microfotografia de parte do filão principal mostrando cristais e massas informes de wolframita (preto), intimamente associados a indivíduos de quartzo, topázio e protolitonita em menor quantidade (claro)

Não posso admitir para a ocorrência de Inhandjara, entretanto, a evolução normal das condições físico-químicas. O veio apresenta estrutura rítmica, explicável pela recorrência de condições favoráveis. A repetição de fases sucessivas de enriquecimento e empobrecimento de gases ou de soluções gazeificadas é fenômeno comum no processo magmático. Ao observar o veio principal, no sentido transversal e na parte superior, nota-se a

(122) W. LINDGREN — *Mineral deposits* — New York e Londres, 1933, 4.ª Ed., pp. 210 e 212.

(123) — J. M. COTELO NEIVA — *Ob. cit.*, p. 217.

sucessão cíclica, embora com certa intercorrência, de mica, topázio, wolframita e quartzo.

Embora os valores do equilíbrio físico-químico sejam praticamente de impossível reconstituição, podemos considerar para simplicidade de raciocínio apenas três variáveis: — a pressão P, a temperatura T e a concentração C dos gases. A essas incógnitas deveríamos acrescentar a dos agentes mineralizadores que, embora não participando das combinações químicas têm ação catalizadora; sua intervenção, porém, pode ser incluída no fator C, pois é feita entre os gases ou soluções a que estão ligados, numa associação íntima e em perfeito equilíbrio.

Num primeiro ciclo, estáveis inicialmente os valores de P, T e C, inicia-se a cristalização dos diversos minerais com lenta variação de T e mais acentuada de C, constante o de P. Quando o valôr de C desce muito tem então lugar a consolidação do quartzo com ausência dos outros minerais. Intermem, então, a variação brusca dos valores, especialmente de C, com novo fluxo de gases ricos. Inicia-se novo ciclo em que os fenômenos se repetem, traduzindo-se no vieiro por outra faixa em que os minerais aparecem em idêntica ordem.

Só no ciclo final de consolidação, em fase então tipicamente hidrotermal, é que os valores de P e T baixam progressivamente, mesmo depois de anulado o de C pela ausência de gases circulantes, cristalizando-se o quartzo em massa compacta e informe, como que a soldar em definitivo as faixas. Encerram-se os ciclos que se repetiram periódicamente e o processo magmático, fechado o acesso para o exterior da crosta, completa-se em profundidade no reservatório central.

As fendas por que ascenderam as soluções gazeificadas foram evidentemente alargadas não só por pressão hidrostática dos fluídos, como pela força de cristalização. É sabido que minerais que cristalizam de soluções exercem certa pressão nas parêdes que os cercam (124). Não se pode deixar de acentuar, entretanto, que o ciclo magmático não estava terminado durante a formação dos vieiros. Movimentos de efeitos locais que haviam provavelmente se dado durante a intrusão aplítica, devem ter-se repetido para o reajustamento das formações regionais. Cooperaram no alargamento das fraturas ou reabriram as parcialmente consolidadas. Tal possibilidade foi levantada por Cotelô Neiva (125) e comprovada por Franco (126). Em Inhand-

(124) — G. F. BECKER e A. L. DAY — *The linear force of growing crystals* — Proc. Wash. Acad. Sci., 7, 1905, pp. 282-288 — Cit. em W. LINDGREN, ob. cit., p. 153.

(125) — J. M. COTELO NEIVA — Ob. cit., pp. 210-211.

(126) — R. R. FRANCO — Ob. cit., p. 34.

jara a protolitionita é, não só laminada e fortemente dobrada, como também, cristais fraturados encontram-se frequentemente nos filões.

O que parece fóra de dúvida é a não ocorrência de fenômenos tectônicos de maior vulto, posteriores à consolidação do material do veio, dada a inexistência de diaclases no mesmo. Observação pouco atenta pode dar lugar à confusão em virtude de existirem no veio direções de supostas pequenas fraturas, relativamente aproximadas ao do sistema de diaclases que se observa no quartzo-pórfiro microgranítico. No veio, porém,

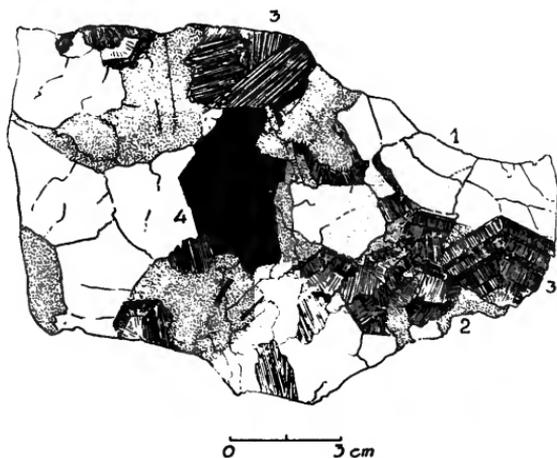


FIG. 26 — Cristal de wolframita (4) e pequenas lâminas do mesmo mineral em associação íntima com 1. quartzo, 2. topázio, 3. protolitionita em cristais lamelares e massas fibrosas com estrutura zonada

tais falsas diaclases nada mais são do que os planos de separação dos cristais, grosseiramente iso-orientados durante a consolidação. Tal raciocínio é comprovado pelo exame da parte central do veio, em que o quartzo consolidou-se isolado e já em massa compacta, sem formas definidas.

É possível, baseado nas fases atualmente encontradas nos filões, fazer hipóteses de certo modo aceitáveis quanto à composição química que caracterizou o sistema no momento de se iniciar a precipitação dos minerais. Não se tratava, porém, de sistema isolado, dado que a recorrência de gases fez variar a composição e as condições ambientes em função do tempo que

decorreu durante a consolidação (127). Admitido o intervalo de 300° a 500° C para a temperatura e condições lentas de variação para a pressão, posso, contudo, considerar que os diferentes estados do sistema uma persistência relativa. Tudo leva a admitir que os agentes catalizadores possivelmente presentes influíram no sentido de emprestar baixa velocidade às reações.

A distribuição rítmica dos minerais essenciais da jazida testemunha a sucessão cíclica dos fenômenos no sistema. Da observação atual resulta, porém, que tais variações não foram capazes de provocar reações heterogêneas. Sem perder de vista, como insiste Niggli, que no estudo petrogenético a dinâmica dos fatos é primordial (128), posso admitir que a evolução dos estados não criou condições favoráveis a outras fases que não as presentes na jazida.

O problema que se apresenta é assim a determinação da ordem em que se segregaram os minerais. Tenho a considerar os fatores termo-dinâmicos, admitindo preliminarmente a composição química característica do sistema.

A análise mineralógica da jazida fornece os dados gerais do problema. Nas soluções silico-aquosas deveriam estar presentes, sob forma de gases e em variadas combinações, pelo menos os seguintes elementos: F, W, Sn, Fe, Mn, Zn, Cu, menor quantidade de Mo, Li, Bi, P, e raramente Pb, Nb, Ta, Sb, As e Ti. Adicione-se ainda os álcalis e a alumina. De alguns não são encontrados minerais em que entrem normalmente como elementos, fazendo deles parte apenas como impurêzas químicas.

Relembro aqui a importância da presença da alumina, necessária à formação da protolitionita e do topázio. Nega-se a possibilidade do longo transporte da alumina nas soluções gazeificadas. A graisenficação traria, em certos pontos, a resolução do problema. Um excesso de alumina que poderia perdurar no sistema resulta das reações que dão origem àqueles minerais, partindo dos feldspatos. Tais reações não podem, contudo, serem as únicas responsáveis pela existência de Al_2O_3 , em especial porque o gnais apresenta contato nítido com os filões. Nessa rocha encaixante não são verificadas alterações metamórficas de tal tipo, a não ser muito localizadas. O exemplo de Sorocaba poderia sugerir, com a presença de zonas do granito absolutamente sem feldspatos, a possibilidade da digestão dos mesmos em camadas mais profundas. Em qualquer dos casos, entretan-

(127) — P. NIGGLI — *La loi des phases en minéralogie et petrographie* — Zurich, 1936, p. 9.

(128) — P. NIGGLI — *Ob. cit.*, p. 7.

to, serei forçado a admitir o transporte da alumina a certas distâncias. O que se pode afirmar é que, em uma ou outra hipótese, o residuo da diferenciação magnética era deficitário em Al_2O_3 , dado que não se verifica ocorrência de ortósio nos filões, nem mesmo como rara. Já em relação aos álcalis as considerações levam a conclusões opostas.

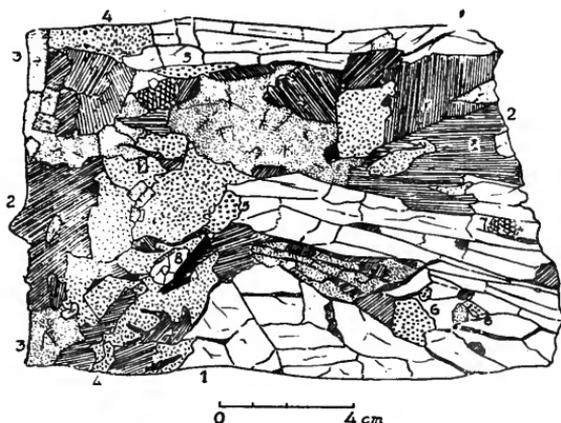


FIG. 27 — Minério complexo da região hipógena. Distinguem-se os seguintes minerais: 1. quartzo, 2. pirita lamelar, 3. topázio, 4. blenda, 5. fluorita, 6. calcopirita, 7. cassiterita, 8. wolframita

O que ressalta na composição química das soluções gazeificadas é a ausência de boro. A jazida não possui mineral algum em cuja fórmula o boro figure; em todos os vieiros nota-se a ausência da turmalina, mineral comum nos demais depósitos do tipo hipotermal (129). Foi também observada a sua ocorrência em Sorocaba (130), embora em proporção diminuta em relação aos demais. Na realidade pode-se supor que o boro, como elemento altamente volátil (131), possa emigrar para a rocha en-

(129) — K. C. LI e C. Y. WANG — Ob. cit., pp. 11 e 12.

(130) — R. SALDANHA e R. R. FRANCO — Ob. cit., p. 109.

(131) — V. LEINZ e H. PINAGEL — *A mina de estanho de Campinas, Município de Encruzilhada, Rio Grande do Sul* — D.N.P.M., 1945, Bol. n.º 70 (D.F.P.M.), p. 57.

caixante; mas existem sempre vestígios do boro, nos filões ou nos contatos, dada a cristalização da turmalina ou de outro composto de boro. Não encontrei vestígios de boro nas rochas da jazida, como se verifica na ocorrência de Sorocaba. É fato excepcional, dada a facilidade de sua presença, tanto em rochas erupivas como sedimentares (especialmente estas), em extenso ciclo migratório (132). Embora a turmalina devesse normalmente precipitar a mais baixa temperatura que o topázio, nada justifica a ausência deste mineral borífero na jazida, pelo fato de haver predominância daquele. É bem conhecida, nos demais depósitos tungsteno-estaníferos, a ocorrência de turmalina em filões hidrotermais e em filões pegmatíticos, em estreita paragênese com minerais fluoríferos. É, assim, característica excepcional de Inhandjara a ausência de boro, quer na jazida propriamente dita, quer nas rochas encaixantes. Nestas a difusão das soluções ou dos gases, com a conseqüente queda de temperatura, facilitaria a precipitação da turmalina. A turmalinização deveria ter-se dado nas rochas encaixantes, onde se localiza de preferência (133).

Na ordem de segregação dos minerais da jazida, posso afirmar, em face das observações, que à protolitionita coube a prioridade. Esta mica é encontrada crustificando as parêdes das rochas e assinalando, dentro de certos filões, a sucessão cíclica. Não há dúvida de que, em certos pontos, a íntima associação de protolitionita e wolframita segue a contemporaneidade na precipitação. Tal conclusão será fortalecida pelo fato de admitir o transporte do W sob forma de hexa-fluorêto, como concluirei pouco adiante. Nada invalida, porém, a hipótese de coexistirem no sistema WF_6 e HF, pela formação da mica fluor-ferro-litífera. A precedência da protolitionita sobre a wolframita é tão bem caracterizada que, mesmo supondo a presença exclusiva de WF_6 , seria forçado a admitir maior velocidade de reação para a primeira. Um só mineral existe direta e estreitamente associado à protolitionita — o quartzo. Aparece em pequenos grânulos que penetram os grupos fasciculares da faixa micácea. Explica-se, com facilidade, tal ocorrência, recordando que sempre resulta SiO_2 das reações que dão origem àquela.

Difícil, ou praticamente impossível de reconstituir é a ordem de segregação da wolframita e da cassiterita. Discutir a gênese

(132) — V. M. GOLDSCHMIDT e Cl. PETERS — *Zur Geochemie des Bors*
— Cit. em D. GUMARÃES — *Metagenese*, etc. p. 56.

(133) — R. R. FRANCO — *OL. cit.*, p. 50.

da wolframita obriga, aliás, a discutir ao mesmo tempo a da cassiterita, tão íntima é a associação. Com base no verificado em Inhandjara, devo concluir que há recobrimento na cristali-

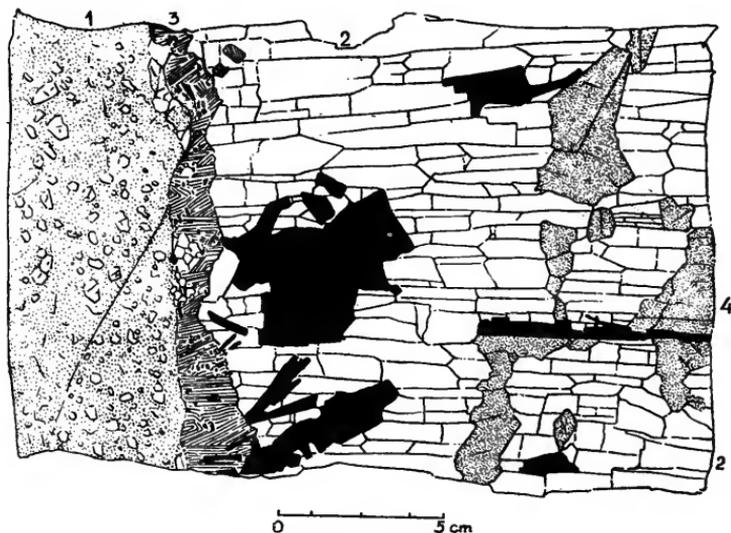


FIG. 28 — Corte através o filão principal vendo-se da esquerda para a direita a seguinte associação: 1. graisen, 3. mica protolitionita de estrutura fibrosa-lamelar normal à parede de contato com o graisen. Notar, nas proximidades do contato, cristais de quartzo, topázio e wolframita microcristalina, 2. cristais de quartzo sem formas bem definidas e com o eixo principal aproximadamente normal à parede de contato, 4. rica disseminação de topázio idiomorfo e indivíduos informes através os cristais de quartzo. Wolframita é o material quase sempre idiomorfo e opaco (preto)

zação dos dois minerais. Sob um aspeto, a precedência parece inclinar-se para a wolframita que se dispõe mais próxima ao contato, muitas vezes em intercrescimento com a própria protolitionita. Por outro lado, entretanto, os cristais de cassiterita são mais perfeitamente idiomorfos, sugerindo a sua precipitação anterior ou, pelo menos, em condições ambientes mais favoráveis (134). Entre os cristais de topázio desenvolveu-se, livremente

te, agregados cristalinos ou indivíduos isolados de cassiterita, enquanto a wolframita é interpenetrada e menos perfeita.

Não obtive, porém, de minha parte, observação alguma convincente. São feitas considerações de natureza física sobre o ponto de fusão dos dois minerais; ou de natureza química quanto às quantidades relativas de Sn e W na reação entre os sulfetos correspondentes e H₂O; ou ainda de ordem físico-química, no estudo do sistema eutético formado com a sílica (135). A extrema complexidade dos fatores que intervem no sistema impossibilita uma solução definitiva. Não se consegue *decompor o fenômeno total em fenômenos parciais, criando assim condições ideais de exame* (136).

Procurando relacionar a ordem de segregação, particularmente com a temperatura em que se depositam os dois minerais, foram somadas, por outros autores, observações sobre a ocorrência de cassiterita a maior profundidade. Daí decorre que a mais próxima vizinhança do foco magmático indica a precipitação do bi-óxido de estanho a mais alta temperatura. Reconheceram na China, Malaia e em Portugal que a cassiterita predomina em filões encaixados no granito e há maior proporção de wolframita quando os mesmos atravessam rochas do teto. Estudando os depósitos sul-riograndenses, Leinz (137) verificou existirem filões de wolframita (Sanga Negra) situados na região geologicamente mais profunda do que as micas contendo exclusivamente cassiterita (Campinas). Esse Autor não se afastou, porém, da idéia clássica de que a cassiterita é mineral formado a mais alta temperatura. Procurou justificar a aparente contradição com o mecanismo complexo de retrocesso das condições iniciais de P.T. para a profundidade e ascensão de novas soluções. Não concordo com as conclusões, diante da verificação convincente obtida no depósito de Sorocaba. Neste ocorrem vieiros exclusivamente de wolframita, de cassiterita, ou dos dois minérios em proporção variável. Entretanto, todos eles estão encaixados no granito e, portanto, à mesma distância do foco magmático.

A observação em Amonde, Orbacém, Mangualde e Massueime não concorda também com a de Itupeva. Coteló Neiva, procurando contribuir para a solução do problema, sugere a correlação da abundância de cassiterita com a associação de minerais de lítio nos filões. Em Inhandjara, apesar de existir a mica líti-

(135) — J. M. COTELO NEIVA — Ob., cit., pp. 188 e 189.

(136) — P. NIGGLI — Intr. a ob. cit.

(137) — V. LEINZ — Ob. cit., pp. 43 e 44.

nífera como um dos principais minerais, predomina a wolframita na proporção de 20:1.

Sou de opinião que a proporção de cassiterita e wolframita independe da maior ou menor vizinhança do reservatório mag-



FIG. 29 — Curiosa formação encontrada em região próxima aos minerais hipógenos. Notar o contato entre massas de cristais de quartzo (1) e massas de topázio (2). Distinguem-se ainda os seguintes minerais: 3. pirita, 4. blenda, 5. calcopirita, 6. wolframita de estrutura tabular e em leque. 7 é o plano de separação dos dois primeiros minerais, rico de pirita e blenda. A direita (3) notam-se alguns cristais de pirita (cubos) de origem secundária

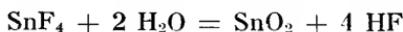
mático. Os filões são contemporâneos, mas não simultâneos. A proporção dos dois minerais é função da maior ou menor concentração de W e Sn nos resíduos magmáticos. Esta concentração varia não só de um ponto para outro, como também entre momentos relativamente próximos. É possível admitir que, em lento reajustamento interposicional das rochas da região, a intrusão nos diversos vieiros se faça sem simultaneidade, visto que os

movimentos tectônicos regionais podem abrir sucessivos canais de escape para as soluções gazeificadas.

Tais observações invalidam a decisiva influência da temperatura na determinação da precedência entre os dois minerais. Parece depender, de preferência, do valor da proporção W: Sn. quaisquer que sejam os compostos sob os quais se apresentem. Em Inhandjara, entretanto, não obtive observações concludentes, embora esteja inclinado a admitir a wolframita como cristalizada em primeiro lugar, dada sua posição relativa na estrutura dos vieiros.

No que diz respeito ao transporte do wolfrâmio e do estanho as dúvidas subsistem. A pobreza de mineralizadores em Tavoy sugeriu a probabilidade de terem os sulfetos agido como veículo dos referidos metais. Em Itupeva a ocorrência dos sulfetos é caracterizadamente posterior à wolframita e à cassiterita, em fase de muito menor acidez. Fica, de todo, afastada a hipótese que possivelmente será aceitável para depósitos de diversa paragénese, como os da Península Malaia.

A inexistência de minerais boríferos na jazida exclue o bóro como via de transporte, pelo menos no caso em estudo. Inclino-me, de preferência para o fluor, admitindo a conhecida reação de Daubrée como provável no caso do estanho:



e, paralelamente, reação similar para a wolframita:



Algumas razões fortalecem essa convicção. O topázio é posterior à wolframita e à cassiterita, porém imediatamente posterior. Corresponde sempre as concentrações dos dois minérios um enriquecimento de topázio, em cristais idiomorfos. A reação dos fluorêtos com a água seria corrente no sistema, desde que fossem atingidas condições de P T favoráveis. O ácido fluorídrico libertado convergiria para a formação do topázio e talvez de alguma protolitionita em associação mais estreita com os minérios de wolfrâmio e estanho.

O topázio é de extrema importância na jazida de Inhandjara por constituir, logo após o quartzo, o mais abundante mineral da ganga. Sua percentagem nos vieiros atinge 4 ou 5%. Tal fato reveste-se de importância por não existir semelhante proporção nos demais depósitos tungsteno-estaníferos.

O topázio, além de cristalizar à temperatura elevada, exige alta pressão. A presença do fluor, constituinte volátil, e a necessidade de mineralizadores para que se precipite, provam que o topázio deve ser dos primeiros na ordem normal de segregação.

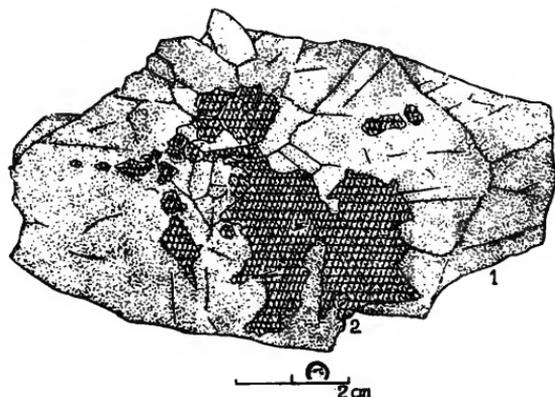


FIG. 30 — Cristais e massas informes de cassiterita (2) intimamente associados a agregados informes de cristais de topázio (1). Região superior do filão

A estrutura dos filões da ocorrência de Itupeva confirma o fato. Na realidade os cristais de topázio são na maioria perfeitos, muitos bi-terminados e idiomorfos em relação ao quartzo.

O topázio é em geral considerado posterior ao quartzo, ou contemporâneo. Em Inhandjara é assinalada sua anterioridade, sem deixar margens a dúvidas. Em Portugal (138) filões pegmatíticos denunciaram a formação de quartzo anterior, tanto na fase pegmatítica, como na hidrotermal. Em Piaoatang, província chinesa de Kiangsi, o material dos filões, encaixados em filito e arenito, mostrou alguns agregados de topázio moldando cristais de quartzo (139). Em Inhandjara os indivíduos de quartzo são sempre informes e os de topázio são notadamente perfeitos e embudados na ganga quartzosa. Nas formações pegmatíticas é natural que se encontre quartzo precedendo topázio; a uma temperatura superior a 575°C., e em fase magmática, o quartzo "β" deve ser anterior, dado que o topázio se forma em consequência de rea-

(138) — J. M. COTELO NEIVA — Ob. cit., p. 100.

(139) — K. C. LI e C. Y. WANG — Ob. cit., pp. 36 e 42.

ções metassomáticas. Nos depósitos hipotermiais, entretanto, é mais lógica a seqüência que observei. O topázio forma-se, assim, no início da fase mista pneumatolítica-hidrotermal, quando ainda é alta a percentagem de mineralizadores, sempre com ligeira precedência sobre o quartzo.

O problema da ordem de segregação do quartzo em relação ao topázio, como à protolitionita, à wolframita e à cassiterita é sempre o mesmo. Em cada ciclo de formação dos minerais no veio, a precipitação de uns e outros se superpõe. O alotriomorfismo do quartzo é, porém, constante em relação aos que foram anteriormente citados. Verifica-se, da observação que, em cada série de decomposições e combinações químicas em setores restritos, a sílica se precipita após a formação dos silicatos, do tungstato de ferro e manganês e do bi-óxido de estanho. Entretanto, é justa e aplicável a Inhandjara a observação feita nas jazidas de Kiangsi. O período de cristalização do quartzo maciço queimenta a parte central dos filões é posterior ao do topázio, cassiterita e wolframita e superpõe-se ao período de formação dos sulfetos. Discordo apenas do que diz respeito à fluorita. Esta parece ser o último mineral formado na fase mixta, anterior, porém, aos da fase hidrotermal. De fato a fluorita é encontrada entre os grânulos de quartzo e não no quartzo maciço e estéril. A fluorita deve ter precipitado pela combinação do remanescente de fluor e de cálcio existentes sob qualquer forma no sistema. As soluções não se tinham ainda neutralizado ou alcalinizado.

O quartzo é na realidade o mineral que apresenta nos filões hipotermiais, maior latitude em seu período de cristalização. Superpõe-se este aos dos outros minerais, desde os primeiros estágios porque passaram as soluções. É contemporâneo da protolitionita, acompanha a wolframita, a cassiterita e o topázio, e prolonga-se até o fim da base hidrotermal, paralelamente aos sulfetos.

O resíduo magmático, solução riquíssima em sílica, acompanha forçosamente os elementos e compostos voláteis na maior parte das reações. Dissolvida ou em suspensão coloidal, a sílica está intimamente associada aos mineralizadores. Qualquer que seja o significado que se dê à expressão "pneumatolítico", atendendo as reservas de Lindgren (140), a realidade é que os chamados agentes voláteis desempenharam papel preponderante na mineralogênese. Lembro, páginas adiante, a relatividade da no-

(140) — W. LINDGREN — Ob. cit., p. 124 e 638.

ção de líquidos e gases quando se atinge grandes pressões (141). O fato, porém, é que, sob qualquer forma, coube aos mineralizadores fornecerem a força ascensional pela qual a água não poderia ser responsabilizada.

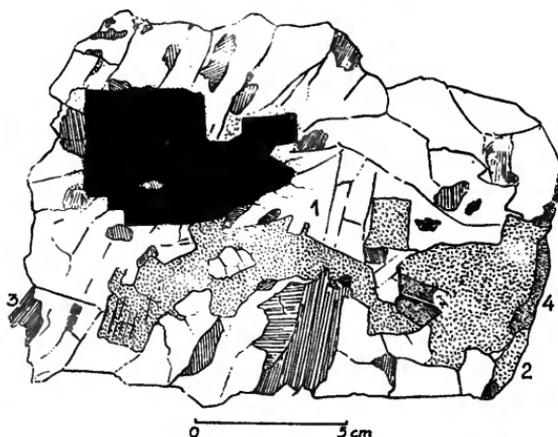


FIG. 31 — Cristal isolado de wolframita em associação íntima com outros minerais hipógenos do filão principal. 1. quartzo, 2. blenda, 3. pirita lamelar fortemente encurvada, 4. topázio idiomorfo e topázio informe

Atingindo as zonas mais altas dos filões, ainda a grande profundidade, o quartzo começa a cristalizar-se. Precipita-se antes, contemporaneamente e depois de muitos dos minerais. A pressão hidrostática dos fluidos que venceu a das rochas superpostas não é agora suficiente para rompê-las.

Unicamente quando as condições de P. T. baixam e aproxima-se a fase hidrotermal, inicia-se a consolidação do quartzo em ambiente mais estável e os agregados cristalinos soldam-se maciços no centro dos filões, em massas compactas.

À proporção que se cristalizaram os minerais fluoríferos, acompanhando a wolframita e a cassiterita, as soluções tornaram-se progressivamente menos ácidas. Evoluindo para a basicidade e a seguir para um estágio alcalino, nas soluções possibilita-se a precipitação dos sulfetos dos metais que tomavam parte no sistema.

Como os filões possuíam, no momento, a maior parte dos componentes mineralógicos já cristalizados, os sulfetos preencheram pequenas cavidades e espaços intersticiais conseqüentes ao resfriamento dos cristais pré-formados. Dada a existência da pressão que sobreexiste nos vieiros até o fim do processo magmático, a formação dos cristais e agregados cristalinos dos diversos sulfetos sofre ainda a ação desse agente.

A determinação da ordem de segregação dos sulfetos apresenta certas dificuldades. Lindgren relaciona-a, de preferência, com a solubilidade. Nesse particular há perfeito acôrdo com Schürmann e Wells (142). Entretanto, concorda com a probabilidade de certas inversões como, por exemplo, entre a blenda e a calcopirita, ou a blenda e a galena. Concordante com as observações por mim feitas é o parecer de Dunn (143) relativo à seqüência final dos sulfetos e as condições de precipitação dos mesmos. De fato, pode ser admitido que os últimos constituintes passem a dispersão coloidal, conciliando a sua presença com a estabilidade do líquido no estágio hidrotermal. Desaparecida toda ou a maior parte do fluor, com baixa solubilidade para a sílica nas condições remanescentes de P. T., compreende-se o estado de colóide para os componentes que restam no resíduo diferenciado por cristalização. Em tal caso a relação com a solubilidade perderia muito da sua importância.

Em Inhandjara, notam-se os agregados cristalinos de blenda, pirita e calcopirita, com cristais macroscópicamente visíveis das duas últimas. Entretanto, na maioria dos casos, devo admitir que o desenvolvimento dos agregados de blenda pode se fazer mais livremente, sugerindo sua precedência. Por sua vez, pirita é a mais finamente disseminada, preenchendo fendas finíssimas e substituindo parcialmente os outros dois. A ordem de segregação indicada pela estrutura dos vieiros é, assim: blenda, calcopirita, pirita.

Nada posso concluir com referência à galena e à bismutinita.

(142) — W. LINDGREN — Ob. cit., p. 123.

(143) — J. A. DUNN — *Tin-Tungsten Mineralization at Manchi, Karenni States, Burma* — Rec. Geol. Survey India, 73, 1938, pt. 2, pp. 230-235 — Cit. em K. C. LI e C. Y. WANG, ob. cit., pp. 48-51.

SEQÜENCIA NORMAL DE SEGREGAÇÃO

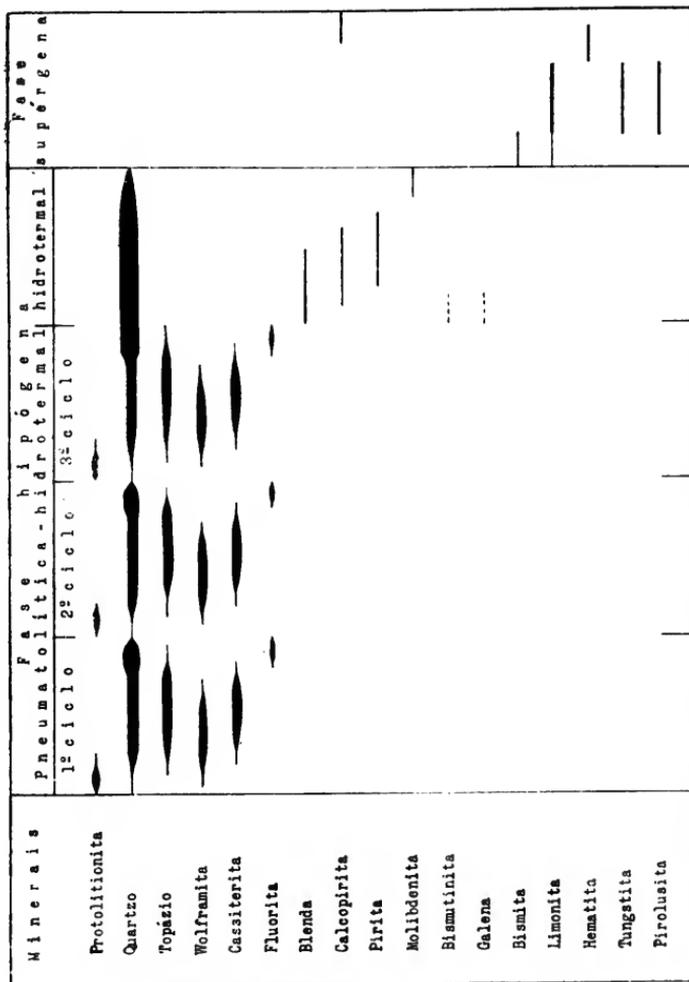
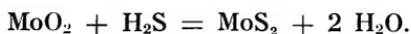


Fig. 82 - Seqüência normal de segregação dos minerais de Inhandjara. Os três ciclos assinalados no estágio pneumatolítico-hidrotermal da fase hipogena correspondem a sucessão rítmica verificada em um dos vieiros. A bismutinita e a galena são registradas sob forma interpositiva.

Coloquei-as sob forma interrogativa na seqüência normal de cristalização por não me ter sido possível observa-las diretamente.

A molibdenita é caracterizadamente posterior aos demais sulfêtos, dado o tipo da sua ocorrência. Preenche fraturas, em geral muito próximas ao contato, formando massas informes de grânulos finíssimos. Sua precipitação, no fim do estágio puramente hidrotermal, deve ter-se dado em ambiente básico. Camargo classifica (144) no tipo hipo-mesotermal a jazida de molibdenita de Vacacai, admitindo a precipitação deste mineral em ambiente básico e possivelmente após a pirita. Neste caso é mais adequada a presença do molibdênio sob a forma elementar, produzindo as reações encontradas na obtenção artificial da molibdenita (145):



(144) — W. G. R. CAMARGO — Ob. cit., pp. 66 a 69.

(145) — L. GMELINS — *Handbuch der Anorganischen Chemie* — Berlim, 1935, v. 53, p. 182.

3 — CONCLUSÕES

1. A falta de termos geológicos pós-algonquianos nas jazidas tungsteno-estaníferas de S. Paulo, dificulta a determinação exata do período da sua formação. Admite-se a idade algonquiana para o granito com o qual se correlaciona a fase mineralogênica. Em tal base deduzo ter sido o diastrofismo penoquiano o responsável indireto pela formação dos filões metalíferos.

2. Não existem provas de movimentos bruscos na área mineralizada. O processo foi lento, assinalando-se, sem maior solução de continuidade, a seqüência lógica de três fases: fase granítica, com diferenciação progressiva do magma; fase aplítica; fase pneumatolítica-hidrotermal. Em Itupeva, como em Sorocaba, não são encontradas intrusões pegmatíticas.

3. No gnais arqueano em que estão encaixados os filões sucessivas, acompanhando esta rocha, no sentido ácido, a evolução química dos resíduos magmáticos resultantes da diferenciação.

4. Os vieiros dispõem-se verticalmente e em duas direções principais N-60-W (predominante) e N-30-E, com falhas de pequena rejeição. A abertura das fendas correspondem a movimentos locais, resultantes do reajustamento das formações, até o fim do ciclo magmático.

5. O contato dos vieiros é com o gnais (na maior extensão) e com o quartzo-pórfiro microgranítico. Há formação de gnaissen apenas no segundo sem que se verifique metalização.

6. Os minerais do vieiro ocorrem na seguinte proporção: quartzo, 92%; topázio, 4%; protolitionita, 1%; wolframita, 1%; cassiterita, 0,05%; blenda, 1%; outros sulfetos, 0,95%. A sucessão dos minerais é rítmica, apresentando muitas vezes estrutura

fitada. A mica dispõe-se em faixas no contato e no interior dos filões. A ganga é predominantemente quartzosa, com cristais idiomorfos de wolframita, cassiterita e topázio nela embebidos. A fluorita é rara. Os sulfetos preenchem cavidades e interstícios entre os outros minerais. Na parte central dos filões existem massas compactas de quartzo estéril.

7. A jazida é do tipo hipotermal. As soluções eram de composição ácida, muito ricas de fluor, com abundância de outros agentes voláteis. Sem estabelecer distinção nítida entre estado líquido e gasoso, a altas pressões, reconheço a existência de condições pneumatolíticas responsáveis pela metalização. A fase correspondente à precipitação de wolframita e cassiterita foi pneumatolítica-hidrotermal, com recorrência de vapores. Os ciclos são assinalados pelas faixas de protolitionita e zonas de enriquecimento de wolframita e topázio.

8. Os minerais boríferos, inclusive a turmalina, estão absolutamente ausentes na jazida e nas rochas encaixantes. Tal fato é excepcional nos depósitos tungsteno-estaníferos já estudados. Dada a grande tensão de volatilização dos seus compostos, admito a possibilidade da migração do horo durante a fase mineralogénica, para rochas atualmente erodidas. Entretanto, sou de opinião que ele não fez parte da composição do sistema, pelo menos em quantidade apreciável.

9. A hialomitização do quartzo-pórfiro microgranítico antecedeu a formação dos vieiros. A injeção que deu origem ao graisen corresponde a fase mixta, hidrotermal-pneumatolítica, mais rica em gases (particularmente fluor) e mais ácida que as subseqüentes. Houve reabsorção dos feldspatos, formação de protolitionita e cristalização do quartzo.

10. Estabeleci a ordem de segregação com base na estrutura dos vieiros e na posição relativa dos minerais. A seqüência normal possui valôr estatístico, visto existir recobrimento nos estágios de cristalização. Acentuada, em particular, a precedência de uns minerais em relação aos outros, a seqüência é a seguinte: protolitionita, wolframita, cassiterita, topázio, quartzo, fluorita, blenda, pirita, calcopirita, molibdenita (galena e bismutinita não foram observadas diretamente). O estágio de cristalização do quartzo é o de maior latitude, estendendo-se desde o início da precipitação, sob condições pneumatolíticas, até o fim da fase hidrotermal.

11. A proporção wolframita: cassiterita nos vieiros depende da maior ou menor proximidade da fonte magmática. A observação dos depósitos de Sanga Negra e Campinas (Rio Grande do Sul) e de Sorocaba (São Paulo) mostra que filões encaixados no granito ou em rochas do teto podem ser, indiferentemente, mais ricos de wolframita ou de cassiterita, e mesmo ex-

clusivamente de um só dêles. Na minha opinião, a predominância de um sobre o outro dependeu do estágio da diferenciação magmática, no momento e no ponto em que se fez a intrusão. A injeção das soluções nas várias fendas foi contemporânea, mas não simultânea.

12. As soluções eram extremamente ricas de sílica, quer dissolvida, quer em dispersão coloidal. Caracterizaram-se pela presença dos seguintes elementos: F, W, Sn, Fe, Mn, Zu, Cu, quantidade inferior de Mo, Li, Bi, P e mais raramente Pb, Nb, Ta, Sb, As e Ti. Diferenciaram-se por cristalização, com o desaparecimento dos agentes voláteis. A fase hidrotermal corresponde a ambiente neutro, tendendo a alcalino, verificando-se a precipitação dos sulfêtos paralelamente ao quartzo maciço e estéril do centro dos vieiros.

CONCLUSIONS

1. The lack of post-Algonkian geologic horizons in the tin and tungsten area of the State of São Paulo renders the precise age determination of the deposits difficult. It is assumed that the granite to which the mineralogenetic phase is related is of Algonkian age. On this basis, I conclude that the Penoquean diastrophism was indirectly responsible for the metaliferous veins.

2. There are no signs of strong movements in the mineralized area. The process was slow, and in a logical, rather than a necessarily chronological, sequence consisted of three phases, as follows: granitic phase, with progressive differentiation of the magma; aplitic phase; pneumatolitic-hydrothermal phase. In Itupeva, as in Sorocaba, no pegmatitic intrusions are encountered.

3. In the Archean gneiss in which the veins occur, I recognize the presence of metamorphic zones caused by successive injections. This fact is the proof that the rock follows, in the acid sense, the chemical evolution of the magmatic residuals resulting from differentiation.

4. The veins are vertical in two principal directions, N.60W. (dominant) and N.30E. They lie along faults having very little displacement. The opening of the joints correlates with local readjustment of the formations up to the end of the magmatic cycle.

5. The veins are for the most part in contact with gneiss, but also with microgranitic quartz porphyry. Greisen occur where in contact with the second, but without any evidence of metalization.

6. The vein minerals occur in the following proportions: quartz 92%; topaz 4%; protolithionite 1%; wolframite 1%; cassiterite .05%; sphalerite 1%; other sulphides .95%. The succession of minerals is rhythmic, and often demonstrates ribbon-zoning. Mica is distributed in bands both at the contact and also within the veins. The gang is predominantly quartzose, with euhedral crystals of wolframite, cassi-

terite and topaz absorbed in it. Fluorite is rare. The sulphides fill cavities and interstices between the other minerals. In the central part of the veins compact masses of barren quartz are found.

7. The deposit is of the hypothermal type. The solutions were acid in composition, rich in fluorine and with an abundance of other volatile agents. Without establishing a sharp distinction between the gaseous and the liquid states at high pressures, I recognize the existence of pneumatolitic conditions as responsible for the metalization. The phase corresponding to the precipitation of wolframite and cassiterite was pneumatolitic-hydrothermal, with a recurrence of vapours. The cycles are indicated by bands of protolithionite and zones of wolframite and topaz enrichment.

8. The boroniferous minerals, including tourmaline, are absolutely absent from the deposits and the adjoining rocks. This is an exceptional fact in the light of tin and tungsten deposits already studied. Due to its great volatilization tension I admit the possibility of migration of the boron during the mineralogenetic phase into rocks which were subsequently eroded. However, I am of the opinion that it did not take part in the composition of the system, at least in any appreciable quantity.

9. The greisening of the microgranitic quartz-porphry anteceded the formation of the veins. The injection which gave rise to the greisen corresponds to the mixed hydrothermal-pneumatolitic phase which was richer in gasses (especially fluorine) and more acid than the ensuing phases. There was readsorption of the feldspars, formation of protolithionite and quartz crystallization.

10. I established the order of segregation on the basis of the structure of the veins and the relative positions of the minerals. The normal sequence is of statistical value in view of the existence of superimposition in the crystallization stages. The precedence of certain minerals over others is very marked, and in this sequence: protolithionite, wolframite, cassiterite, topaz, quartz, fluorite, sphalerite, pyrite, calcopyrite, molybdenite, (galena and bismuthinite were not directly observed). The stage of quartz crystallization is of greatest latitude, since it extended from the beginning of precipitation under pneumatolitic conditions until the end of the hydrothermal stage.

11. The proportion between the wolframite and the cassiterite in the veins is independent of proximity to magmatic source. Observation of the deposits of Sanga Negra, Campinas (Rio Grande do Sul) and Sorocaba (São Paulo) shows that veins in either the granite or the roof rocks are indistinguishably rich in wolframite and cassiterite, and even wholly comprised of one or the other. In my opinion the predominance of one over the other depended on the stage of magmatic differentiation at the moment and on the point at which the intrusion was

made. The injection of the solutions in the various joints was contemporaneous, but not absolutely simultaneous.

12. The solutions were extremely rich in silica, whether dissolved or colloiddally dispersed. They were characterized by the presence of the following elements: F, W, Sn, Fe, Mn, Zn, Cu, a lesser quantity of Mo, Li, Bi, P, and rarer still of Pb, Nb, Ta, Sb, As, and Ti. They were differentiated by crystallization with the disappearance of the volatile agents. That the hydrothermal phase corresponds to the neutral, alkaline environment is verified by the precipitation of the sulphides under conditions analogous to those of the massive barren quartz, in the center of the veins.

**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 Calamita.
FRANCO, R. R. — Sôbre a baritina de Araxá, Minas Gerais.

N.º 2 (1938):

- ONORATO, E. — Pesquisas röntgenográficas sôbre a leucita.
SALDANHA, R. — Estudo morfológico e estatístico da fenacita de São Miguel de Piracicaba.
FRANCO, R. R. — Breve notícia sôbre a hematita de Antonio Pereira, Minas Gerais.

N.º 3 (1939):

- LEONARDOS, O. H. e SALDANHA, R. — Diamante Darcy Vargas e outros grandes diamantes brasileiros.
SALDANHA, R. — Sôbre o euclásio de Dom Bosco, município de Ouro Preto, Minas Gerais.
FRANCO, R. R. — Breve notícia sôbre a calcita de Botucatu, São Paulo.
MATHIAS, P. — Nota sôbre a columbita de Figueira, Minas Gerais.
SILVA, J. PATRIMA, — Nota sôbre um topázio de Arassuaí, Minas Gerais.

N.º 4 (1941):

- LEONARDOS, O. H. — Notas petrográficas sôbre a série Ribeira.
SALDANHA, R. — O diamante Coromandel.
SALDANHA, R. — Nota sôbre o euclásio de Cachoeira de Santa Leopoldina.
FRANCO, R. R. — Piromorfita em Araçariguama, S. Paulo.
WOHLERS, A. — Nota sôbre o crisoberilo de Santa Tereza.

N.º 5 (1942):

- GUIMARAES, D. — Arrojadita, um novo mineral do grupo da wagnerita.
SALDANHA, R. — O diamante Governador Valadares.
CAMARGO, W. G. R. — Nota sôbre a baritina de Serrote, São Paulo.
CAMARGO, W. G. R. — Nota sôbre a calcita de Pedra do Sino Minas Gerais.

N.º 6 (1944):

- FRANCO, R. R. — A faixa estanífera do Rio Grande do Sul.

N.º 7 (1945):

- FRANCO, R. R. — Minerais de zircônio na região de Poços de Caldas, Minas Gerais.
CAMARGO, W. G. R. — Sôbre a gênese de uma jazida de molibdenita do Rio Grande do Sul.
CAMARGO, W. G. R. — Morfologia da wulfenita de Itapirapuan, São Paulo.
COUTINHO, J. M. V. — Sôbre um topázio de Arassuaí, Minas Gerais.

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).

