

ALCEU FABIO BARBOSA

Em 1958
Do Prof. W. L. ...
Prof. ...

ALGUNS ASPECTOS DA MINERALIZAÇÃO
DE COBRE E DA PESQUISA DAS
JAZIDAS DO SEIVAL, ESTADO
DO RIO GRANDE DO SUL



Tese apresentada a Comissão Julgadora do concurso à
catedra de "Jazidas Minerais, Legislação de minas" da
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FT-331

DEDALUS - Acervo - EPMI



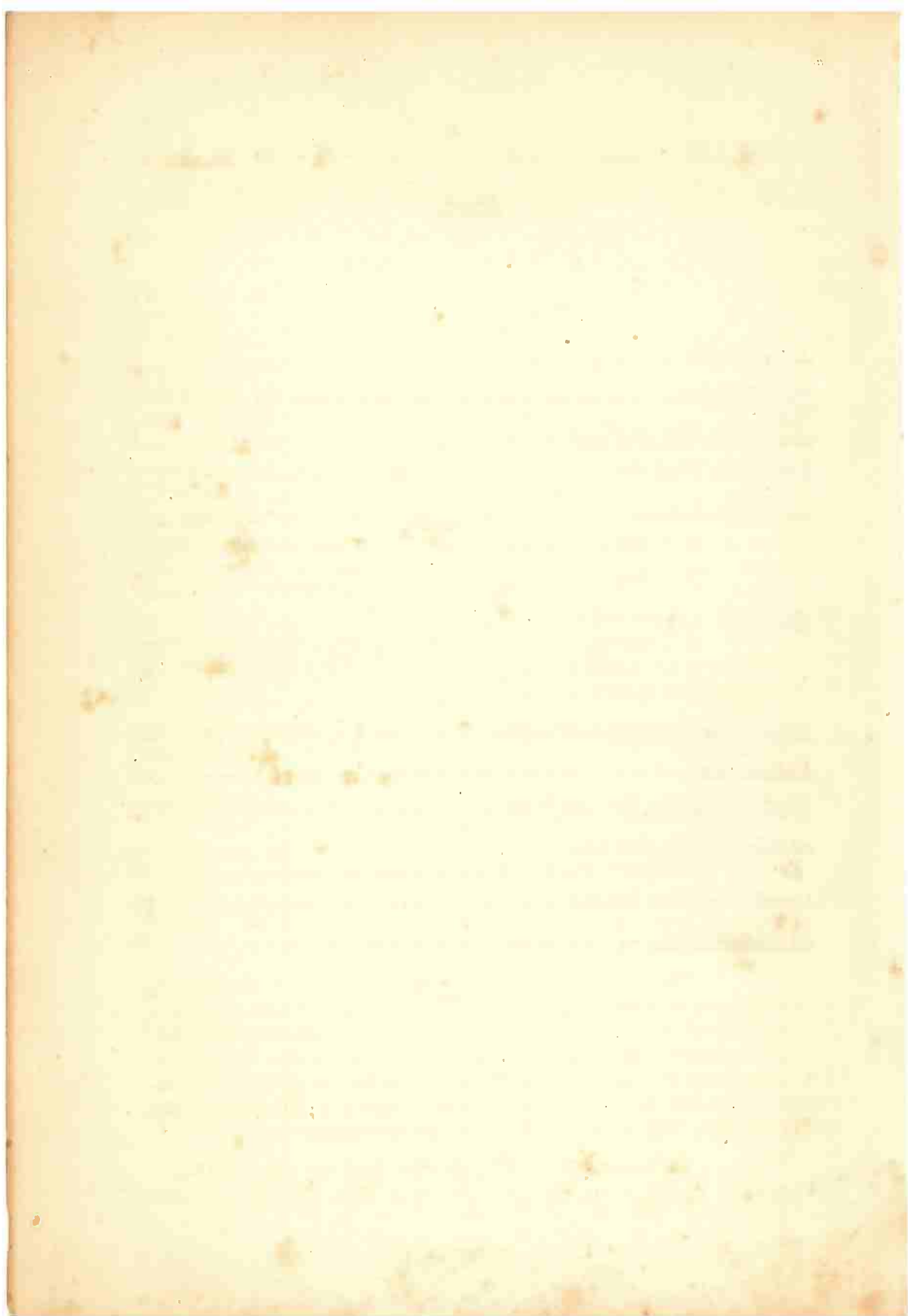
31700005167

503.44(41.5)

Roma

INDICE

	pg
Introdução	1
<u>Histórico</u>	2
<u>Situação das jazidas</u>	4
<u>Geologia regional</u>	5
<u>Geologia local</u>	8
A - Litologia	10
B - Tectonica	19
<u>JAZIDAS</u> (descrição)	21
A - Barita	32 ²¹
B - Morcêgos	33
C - Alcides	37
<u>Alterações das encaixantes</u>	40
<u>Paragênese</u>	48
<u>Classificação das jazidas</u>	55
<u>Trabalhos de pesquisa e</u> reservas parciais	58
Considerações finais	75
<u>Bibliografia</u>	76



ALGUNS ASPECTOS DA MINERALIZAÇÃO DE COBRE E DA PESQUISA
DAS JAZIDAS DO SEIVAL, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

INTRODUÇÃO

Na função de geólogo da Diretoria da Produção Mineral, da Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, o Autor foi encarregado, de janeiro de 1939 à abril de 1942, do estudo econômico de algumas jazidas de cobre daquele Estado. Entre elas, no Seival, as jazidas da Barita, dos Morcêgos, Cruzeta, etc.. Os estudos abrangeram a geologia local e trabalhos de pesquisa por meio de trincheiras, pôços, galerias e furos de sonda a diamante. As sondagens e as análises químicas do minério estiveram a cargo do Departamento Nacional da Produção Mineral, que operava, naquela época, em colaboração com a Diretoria da Produção Mineral. Todos estes resultados não foram divulgados.

Foram assim realizadas algumas centenas de metros de perfuração nas zonas mineralizadas, e ensaiadas grande número de amostras de minério de cobre, permitindo o trabalho uma primeira estimativa da reserva da Barita em cerca de 70 000 toneladas de minério, com teor médio de 1,7% de cobre metálico e 70 g de Ag por tonelada de minério. Posteriormente, já na ausência deste Autor, foi concluída a pesquisa dos Morcêgos e outros trabalhos ampliaram as reservas para o dobro ou triplo daquela primeira avaliação da Barita.

Não era objetivo, nessa ocasião, o estudo minucioso da mineralogia do minério e das rochas encaixantes. Neste trabalho pretende o Autor examinar com minúcias aquelas associações mineralógicas, e dar interpretação genética para o minério, através do estudo de dados colhidos no local, e de amostragens realizadas nos diferentes tipos de minério e das encaixantes.

As amostras colhidas nas jazidas da Barita, Morcêgos e Alcides, em janeiro de 1957, depois de pre-

paradas em laboratório, deram cêrca de oitenta laminas delgadas e polidas, que foram utilizadas no estudo dos minerais transparentes e opacos.

Os minerais transparentes foram determinados pelos métodos óticos correntes, e os minerais opacos estudados em luz refletida e identificados, quando necessário, pelas reações de toque e microquímicas, de Short (15). Realizaram-se duas análises químicas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas pelo Dr. Pedro Santini, uma completa, tirada de um monte de minério da jazida Alcides e outra visando apenas os quatro elementos mais importantes da mesma jazida. Estas análises químicas e um espectrograma vão anexadas adiante.

Finalizaremos êste trabalho expondo as pesquisas efetuadas pelo Autor, na Barita e nos Morcêgos, essa última em colaboração com o eng^a. José Garcia.

Desejamos agradecer nesta oportunidade, a cooperação do engenheiro Pedro Barroso, diretor da D.P.M., e do engenheiro José Garcia pelo valioso auxílio a nós prestado sob diversas modalidades. Agradecemos ainda a Cia. Brasileira de Cobre, na pessoa de seu Presidente, engenheiro Justo Pinheiro, e ao engenheiro da mina João Carlos Costa, pela acolhida amável em Seival.

HISTÓRICO

Data dos fins do século passado e do início dêste a curiosidade pelas jazidas de cobre do Estado do Rio Grande do Sul. Tornou-se êste Estado em pouco tempo o único centro de interesse por êste metal, no Brasil, ao remeter o seu rico minério da mina de Camaquã para a Europa. Es tabelecida a natural emulação entre interessados por esse setôr da mineração, novos achados de jazidas de cobre ocorreram, e entre elas, Cerro dos Martins, Bom Jardim, Crespos, Andradas, Primavera e Seival, porém, nenhuma igualou em riqueza à mais velha de todas, trabalhada pelos bêlgas e ingleses, isto é, a mina de Camaquã.

As atividades dêste centro mineiro sulino vem sofrendo desde o início periódicas interrupções, ora estimuladas, ora deprimidas pela situação internacional, e mesmo pelas condições internas do País, onde o capital indigena sem a necessária tradição mineira, tem sido arredo por investimentos de tal natureza. Paulatinamente porém, os atrativos e os segredos das riquezas do sub solo, vão sendo divulgados, os conhecimentos técnicos aumentam, e a desconfiança, gerada pela ignorancia vai desaparecendo. Atualmente há regular interesse pela extração do cobre das minas do Rio Grande do Sul, principalmente de Camaquã e Seival.

O relatório inédito de pesquisa parcial de Seival para a Diretoria da Produção Mineral, de autoria do Eng^o. José Garcia, contém as seguintes informações referentes à evolução das atividades mineiras na região. Foi descoberta em 1901 por Miguel dos Santos Paz Junior, que associou-se a João Tolomeotti para explorá-la. Não chegaram à lavra e já tinham invertido quinhentos contos de reis. Sob a orientação de M. Chabril a mineração continuou irregularmente, por cerca de 4 anos, tendo sido encerrados os trabalhos à mesma época que Camaquã, por volta de 1912, vésperas do primeiro grande conflito mundial.

Nos anos de 1932 e 1933 a companhia "Estrada de Ferro e Minas São Jerônimo", enviou o Engenheiro Anatol Brómirsk para dar um balanço nos recursos de cobre nos municípios de Caçapava, Lavras e S. Gabriel, especialmente nas jazidas de Seival, Camaquã e Pequiri. Avaliou aquele Engenheiro as reservas em 400 000 toneladas de minério de 3% de cobre.

Em 1935 a Cia. "Industrias Eléctro-Químicas Ltda.", de Porto Alegre requereu averbação da mina de Seival, até então em nome dos irmãos Freitas Mercio. Essa companhia iniciou, naquela época, a lavra de Seival, produzindo cobre eletrolítico. O minério preferido era rico em sulfureto, especialmente calcocita, e pobre em carbonatos. Porém os resultados nunca foram animadores, em vista da alta perda no rejeito da lixiviação, que oscilava de 4% a 6% de cobre, conforme análises químicas de

contrôle. Este cobre eletrolítico era remetido para Esteio, onde a mesma companhia operava no fabrico de sulfato de cobre. Foram exportadas para o Japão em 1939, pela mesma Cia., 100 toneladas de minério escolhido manualmente de uma das suas ocorrências, com 15% de cobre metálico.

Operou a Eléto-Química com produção irregular até 1942, época em que foi fundada a Cia. Brasileira de Cobre, que adquiriu os direitos de lavra que aquela companhia possuía sobre as minas de Seival e Camaquã.

A C.B.C. explora atualmente as jazidas de Camaquã e de Seival. A maior produção origina-se de Camaquã, ao passo que Seival contribue com pequena parcela mensal de concentrado, com cerca de 30% de cobre metálico. Os concentrados são remetidos para a metalurgia e refino do cobre em Itapeva, Estado de São Paulo.

As usinas de concentração de ambas as minas foram adquiridas no Uruguay, de um acervo de maquinária mineira de origem alemã, fabricação Krupp, em fins de 1942. Em meados de 1943 estava montada a usina de Seival que operou regularmente até 1945, sob a orientação do Prof. Viktor Leinz e do Eng^o. de minas José Garcia, tendo neste ano cessado os trabalhos, que só foram reiniciados dez anos depois, em 1955. Hoje, Seival ainda está em produção pouco regular, em torno de 300 toneladas mensais de concentrado, devido à deficiência do maquinário e irregularidade do minério, empecilhos que a alta direção da C.B.C. pensa eliminar dentro em breve.

SITUAÇÃO DAS JAZIDAS

As jazidas do Seival estão aproximadamente a 30°45' de latitude sul e 10°40' de longitude oeste do Rio de Janeiro. Situa-se próximas do córrego do Seival, afluente da margem esquerda do Camaquã América, no município de Caçapava.

A estrada Caçapava-Bagé passa a 5 quilômetros

das minas, ficando Caçapava a 55 quilômetros. A estação de embarque mais próxima é São Sebastião, a 70 quilômetros.

As estradas de rodagem principais são todas estaduais e oferecem trânsito seguro durante o ano. São encascalhadas e bem consolidadas.

A planta geológica e topográfica da figura (1) mostra as vias de acesso às minas do Seival.

Fig. 1
p. 3, 4

GEOLOGIA REGIONAL.

A geologia da região cuprífera do Rio Grande do Sul é bastante variada. Foi abordada, em seu conjunto, por Paulino Franco de Carvalho (6) que estabeleceu as suas diretrizes básicas e apresentou uma primeira coluna geológica para o Estado. Posteriormente Leinz (14), e Leinz, Barbosa e Teixeira (19), detalharam parte da referida coluna que, resumidamente, é a seguinte de baixo para cima:

O arqueozóico ocorre escassamente na área mineralizada onde são encontrados raros afloramentos de gnaisses, nos municípios de Caçapava e Lavras.

Grande desenvolvimento tem o suposto proterozóico que Carvalho denominou série Porongos, sendo representada por micaxistos, quartzitos e calcareos dolomíticos. A gama litológica e o grau de metamorfismo são semelhantes à série Minas, daí a correlação. O metamorfismo recristalizou os quartzitos e calcareos e xistificou os sedimentos argilosos, deformando-os por intenso dobramento. Ao final do diastrofismo deram-se grandes intrusões de granitos, róseos a claros, que afloram em Caçapava, Lavras, São Sépe, etc.. A estes granitos relacionam-se a mineralização de estanho de Encruzilhada (Campinas, Sanga Negra), ouro em São Sépe, veias de chumbo em Caçapava, etc..

Longa fase erosiva sucedeu-se ao distrofismo do algonquiano, tendo sido em parte interrompida no ordoviciano ou siluriano, quando então depositarem-se os sedimentos da série Maricá, que repousam em certos locais diretamente sobre os granitos. Tais sedimentos estão for

temente dobrados, com metamorfismo incipiente, e compreendem arcósios, arenitos, siltitos e argilitos, aflorantes a 30 km ao norte da cidade de Lavras estendendo — se aos municípios de São Sépe, São Gabriel, D. Pedrito, etc.. O diastrofismo, que afetou a série Maricá, foi seguido de intrusões e derrames de um magma ácido representado por diques, lavas, tufos de quartzo porfiro, que se estendem por vários municípios. Espessuras de 20 a 50 metros podem ser observadas em grotas e ravinas ao norte de Lavras. Fácilmente observados são os diques nos arcósios Maricá, e as lavas de quartzo porfiro recobrendo tais sedimentos.

O diastrofismo e os derrames modificaram a preterita topografia e prepararam o ambiente para a deposição dos sedimentos da série Camaquã, já no Devoniano, provavelmente. Esta série foi depositada em ambiente de águas torrenciais, ou seja em topografia acidentada, com bacias e depressões originadas do diastrofismo anterior. A sedimentação iniciou-se em certos locais (Cerro da Angélica) por depósitos de piemonte, uma brecha angulosa, que passou a conglomeratos bem rolados, de granulação cada vez mais fina para cima, até arenitos conglomeráticos às vezes ocorrem folhelhos cerâmicos de cores variadas, com fendas de contração. Frequentemente também os arenitos apresentam marcas de ondulação. O regime torrencial foi reincidente, em parte pelo menos, ocorrendo camadas de conglomeratos grosseiros no topo da coluna. Othon Leonardos sugeriu origem glacial e fluvio glacial para estes sedimentos, à semelhança dos conglomeratos da Afriaca do Sul, provenientes da glaciação paleozóica.

O entulhamento das bacias atingiu espessura de centenas de metros na série Camaquã, que se estende por grande área dos Municípios de Caçapava, Lavras, Encruzilhada e outros, em estratos horizontais em sua maioria. A maior ocorrência de minério de cobre está nos sedimentos dessa série, na mina do mesmo nome.

Posteriormente, outro grande diastrofismo perturbou os sedimentos Camaquã, falhando-os e empinando-os sob a força intrusiva de um magma andesítico que possivelmente emergiu no fim do Devoniano ou Carbonífero inferior,

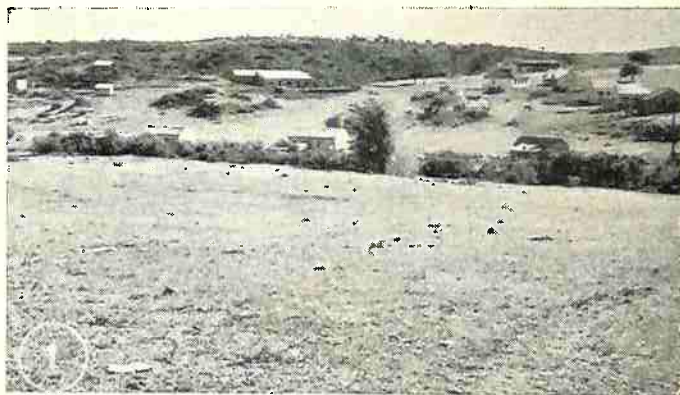


Foto 1 — Vista parcial. Casa de hospedagem ao fundo. Casa do engenheiro, fundo à direita. Casas de operários, primeiro plano.

Foto 2 — Jazida da Barita em 1942.

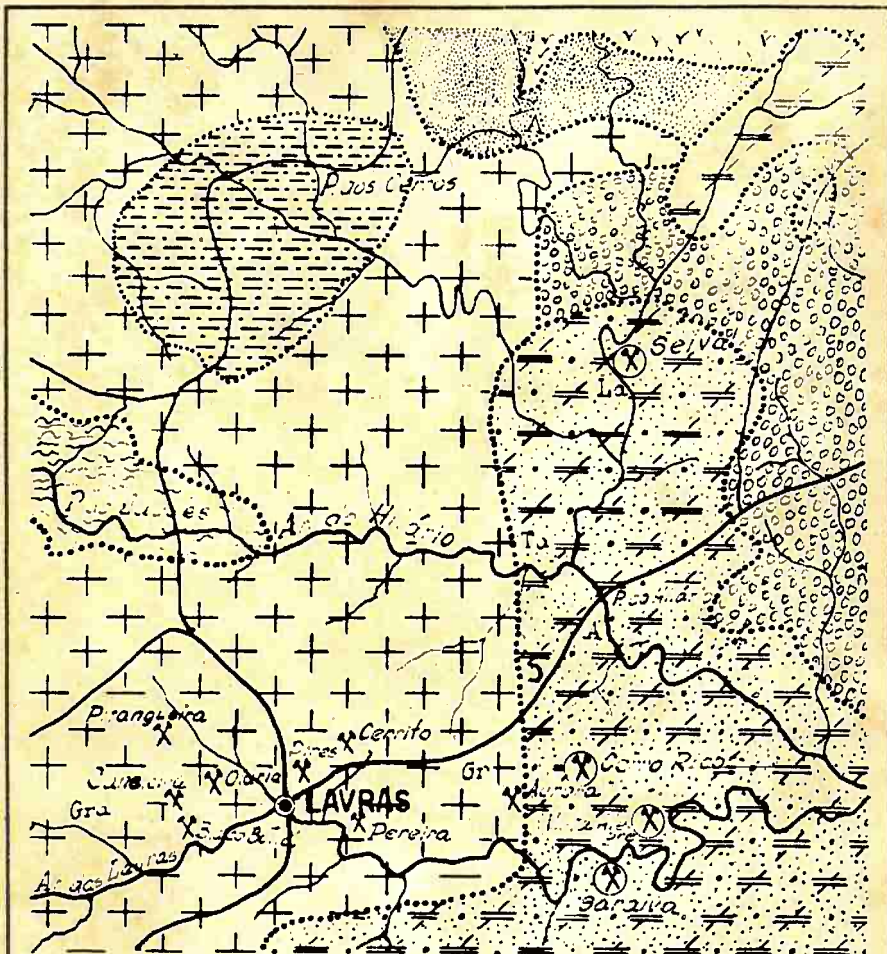


Foto 3 — Vista parcial da jazida da Barita em 1957.

Foto 4 — Jazida dos Morcêgos, em 1957.

MAPA GEOLÓGICO

SITUAÇÃO DA JAZIDA



CONVENÇÕES

ESCALA 0 1 2 3 4 5 km



GRANITO



JAZIDA DE COBRE



ANDESITO



SÉRIE MARICÁ



SÉRIE CAMAQUÃ



XISTOS DA
SÉRIE PORONGOS



QUARTZO-PORFIRO



GNAISSE

CÓPIA PARCIAL DO MAPA DO BOLETIM 90

D.P.M.-R.G.S.-1941

Fig. 1

The following is a list of the names of the
 persons who have been elected to the
 office of the Board of Directors of the
 City of New York for the year 1875.
 The names are arranged in alphabetical order.
 The names of the persons who have been
 elected to the office of the Board of
 Directors of the City of New York for
 the year 1875 are as follows:

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

pois o vulcanismo é anterior às formações do Carbonífero superior ou do permo-carbonífero. Tais atividades magnéticas manifestaram-se ao longo de linhas tectônicas a N30°E e N60°-70°E, que ficaram balizadas pelas rochas andesíticas e os sedimentos perturbados da série Camaquã, conforme podemos verificar na planta do trabalho de Leins, Barbosa e Teixeira (19). Formas extrusivas de andesito amigdalóide ou maciço, podem associar-se a termos intrusivos hipabissais de andesito e dacito, como no Seival, onde ocorrem lavas, tufos, andesito amigdalóide, e diques de andesito vermelho, até dacitos. A espessura dos derrames alcançou seguramente uns 100 metros. Esse vulcanismo é também muito extenso na região centro sul Rio Grandense e há uma relação espacial e temporal entre as rochas andesíticas e a mineralização de cobre, no Estado do Rio Grande do Sul.

Portanto, parece sem dúvida que as diversas jazidas de cobre tiveram origem no magma andesítico. As formações mais velhas não atingidas pelas intrusões de andesito ou que não são portadoras de mineralização de cobre, são os sedimentos do Carbonífero superior e do Permo-Carbonífero. As mais novas, afetadas por aquele diastrofismo ou que contém mineralização de cobre, são os termos da série Camaquã, e os corpos intrusivos de andesitos, suas lavas e tufos. Assim, a idade da mineralização fica bem delimitada e coincide com a idade daquele mencionado vulcanismo.

Ao fraco diastrofismo do Carbonífero brasileiro, talvez equivalente atenuado do Hercyniano europeu, sucedeu-se um período de severa agravação climática, com glaciação em todo centro-sul brasileiro, uma particularização da glaciação do hemisfério sul que se estendeu pela África do Sul, Índia e Austrália.

Os sedimentos marinhos depositados no Carbonífero superior, passam para o Permiano não perturbados, salvo raras deformações nas vizinhanças dos diques e sills de diabásio mesozóico. Porém, predominam os sedimentos horizontais em toda a faixa gondwana do Rio Grande, sendo de notar apenas as exceções assinaladas por Barbosa (38)

em vista dos trabalhos de Dolianiti (22), Damiani Pinto (29), Emmanuel Martins e colaboradores (36).

Seguiu-se a deposição da série Tubarão, que se estendeu para o município de São Sepé, Caçapava, Cachoeira, etc., e onde estão encravadas as nossas bacias de carvão originadas de uma flora de clima frio. Após o Irati e Estrada Nova, o clima foi evoluindo para o fim do Permiano, com aridez crescente, isto quasi em todo o mundo, passando para o Mezozóico no Rio Grande do Sul, com a formação Santa Maria e posteriormente para os depósitos de clima deserticos que caracterizam os arenitos Botucatú, expostos magestosamente nas escarpas das serras de Santa Maria.

O vulcanismo basáltico, do Mezozóico, que recobriu os desertos Botucatú é fracamente representado na área cuprífera por diques de diabásio. Os derrames de basalto não alcançaram esta região que ainda hoje é relativamente elevada; ficaram restritos ao meio norte do Estado do Rio Grande, na zona colonial, de onde ingressaram para o Uruguai e Argentina.

Seguem-se, fechando a coluna, ocorrências menores do Terciário e Quaternário dispersas por diversos pontos do Estado, sem maior expressão para o nosso estudo,

Os termos litológicos componentes da coluna riograndense, são bem expostos na superfície. Há bons afloramentos em toda a região, que não é densamente recoberta por florestas. Ao contrário, predominam os campos e as pastagens, que muito facilitam a tarefa do geólogo.

GEOLOGIA LOCAL

O relêvo na região das minas do Seival é ondulado levemente, sendo os desníveis máximos da ordem de 70 metros. A região é coberta por ricas pastagens de gramíneas, em terras muito férteis, que alimentam bonitos rebanhos de gado Hereford e numerosas ovelhas.

O clima é agradável no verão, por vèzes quente,

indo a temperatura de 35°C a 38°C. O verão é às vezes muito rigoroso de novembro à fevereiro, havendo grande escassez de chuvas, e podendo até secar completamente por muitos dias as sangas e os córregos, o que traz sérias dificuldades à marcha do tratamento do minério, à população da campanha e aos gados.

O inverno é bastante rigoroso, e não raro a temperatura alcança alguns graus abaixo de zero; muito chuvoso, e inadequado a qualquer trabalho de campo, de junho à agosto.

A região do Seival apresenta geologia pouco diversificada, fig. 1. É formada por núcleos vulcânicos associados a sedimentos da série Camaquã, ou sejam arenitos e conglomeratos fig. 2. Estes sedimentos têm inclinações diversas, conforme sua situação em relação às eruptivas, passando invariavelmente à posição horizontal, à medida que delas se afastam. Trata-se de uma tectônica resultante de um magma ativo, que forçou o teto mais superficial dos sedimentos Devonianos ou Carboníferos, empinando-os e falhando-os com intensidade variável, como pode ser mais bem observado na mina de cobre de Camaquã.

A forma dos aparelhos vulcânicos não é conhecida devido à falta de um levantamento geológico, topográfico e petrológico de toda a região do Seival. Calcar a geologia sobre uma planta aérea possivelmente existente, será tarefa pouco dispendiosa para a Diretoria da Produção Mineral do Estado. Pessoalmente acreditamos, à vista do mapa geológico de Leinz, Barbosa e Teixeira fig. 1, que o centro vulcânico não seja uma típica "caldera", mas uma ou várias aberturas irregulares, localizadas ao longo de uma das referidas direções tectônicas, visto que as intrusões acompanharam linearmente tais zonas de fraqueza e perturbação.

O magma hipabissal e efusivo era de composição andesítica e as ações de contáto intrusivo, com os sedimentos da série Camaquã foram estudados já por Leinz, Barbosa, Teixeira (19) que assinalaram inclusões de arenitos na lava, diques, endurecimento e recristalização dos arenitos, ações essas que vêm reforçar, para maior segurança, as relações intrusivas e tectônicas, que situam o vulcanismo nu

ma época bem posterior à formação dos sedimentos Camaquã.

Superiormente esse vulcanismo está limitado pelo Carbonífero superior ou Permo-Carbonífero, cujos sedimentos repousam sem perturbação, nem ação de contáto, nem mineralização, sobre as lavas andesíticas.

A mineralização de cobre está, em Seival, inteiramente associada às rochas andesíticas, não se conhecendo até esta data outra encaixante mineralizada, pois os sedimentos Camaquã estão afastados das jazidas conhecidas. Assim sendo limitamos o nosso estudo apenas às rochas andesíticas, que apresentam as seguintes variedades: andesito normal, andesito amigdalóide, lava aglomerática, tufo e dacito.

A - LITOLOGIA

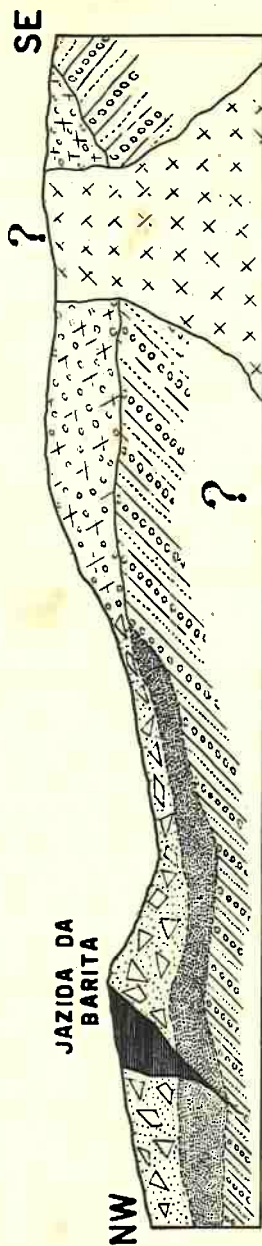
1 - Andesito normal.

Os andesitos são os equivalentes extrusivos dos dioritos, segundo Johansen (30). São cristalinos, porfiríticos, às vezes parcialmente hialinos, com fenocristais de plagioclásio ácido, com um ou mais minerais feni-cos (augita, hornblenda, biotita), envolvidos por uma massa clara ou escura avermelhada, contendo uma segunda geração dos mesmos minerais. O quartzo pode ocorrer, em algumas variedades, e temos então o quartzo-andesito ou dacito. Esse nome foi dado por von Buch e Roth (1835 - 1861) às rochas hipabissais e efusivas dos Andes, que inauguraram ou precederam os sucessivos ciclos, após o Terciário, dos vulcanismos andesíticos, que são quasi tão extensos quanto os de basalto. Estas rochas são de tonalidades diversas: claras, cinzentas, vermelhas, marrons, verdes e às vezes quasi negras.

O andesito em Seival é cinzento esverdeado e avermelhado, e neste último caso há sempre certa impregnação secundária de óxidos de ferro. É rocha compacta de granulação muito fina, excepção feita para os prismas dos fenocristais, entrelaçados, com textura porfirítica


ESBÔÇO DA INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA


DE SEIVAL





LEGENDA

 SÉRIE CAMAQUÃ

 LAVA ANDESÍTICA

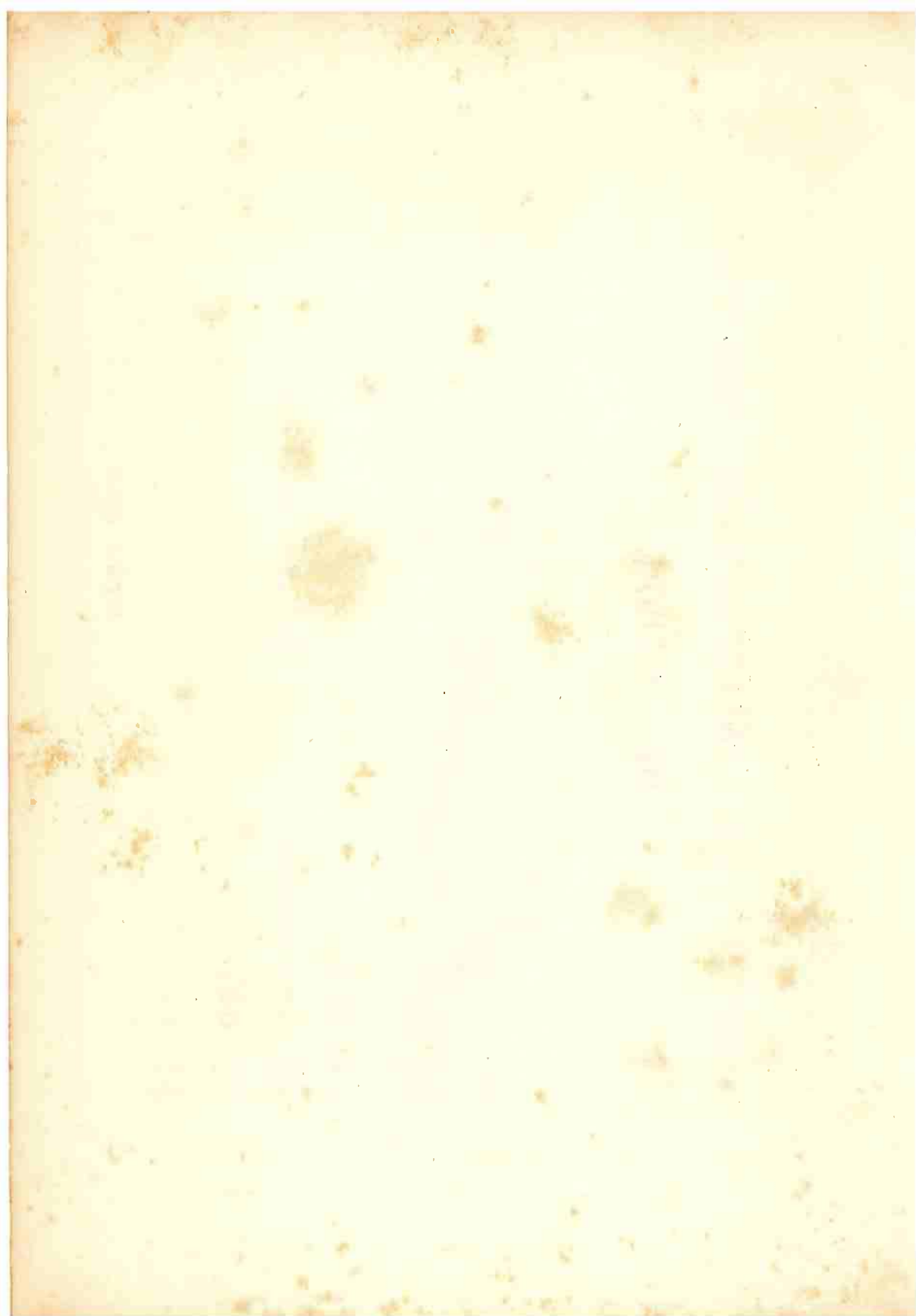
 ANDESITO INTRUSIVO

 LAVA AGLOMERÁTICA

 TUFO

ESCALA APROX. 0 20 40 60 80 100 m.

Fig 2



característica. Não há, neste tipo compacto, vesículas vizíveis a olho n^o. Notamos na superfície da rocha pontos escuros-esverdeados a negros, mais ou menos abundantes e arredondados, que correspondem a agregados esferolíticos de clorita.

Microscópicamente a rocha é cristalina, textura porfiritica formada por um feltro básico de plagioclásio e augita, envolvendo fenocristais destes mesmos minerais, com predominância de plagioclásios. Nas amostras que estudamos não identificamos biotita ou hornblenda, frequentemente citados por Walter (2), seja na matriz fina ou como fenocristais. A alteração da rocha é muito intensa para os ferro magnesianos.

Os fenocristais de plagioclásio, quasi sempre com a geminação da albita, correspondem a $Ab_{60}An_{40}$, isto é, a andesina, às vezes, zonada. Nos exemplares examinados os maiores fenocristais eram ripas de 2mm de comprimento por 0.6mm de largura. Estão muitas vezes fraturados, com extinção ondulante, frequentemente alinhados paralelamente. Estes fenocristais podem estar parcial ou completamente substituídos por carbonatos e sericita, não raro pseudomórficamente; a sericita em finos prismas está mais comumente disseminada na massa de plagioclásio. Outro mineral não identificado, em agulhas finas e esverdeadas, pleocroico, está incluso nos plagioclásios.

Os fenocristais de augita, estão frequentemente corroídos e as cavidades da corrosão preenchidas pela matriz fina. A forma é hexagonal ou octogonal, parcialmente corroídas; podem estar completamente transformados em carbonatos, pseudomórficamente, ou uma transformação parcial, como manchas de carbonatos no interior do fenocristal, pode ser observada. A clorita e antigorita ou serpentina também oferecem casos de transformação pseudomórfica completa ou substituição parcial, não raro associadas aos carbonatos no mesmo cristal, nas zonas mineralizadas. Os fenocristais podem ocorrer inteiramente corroídos nas bordas, ficando com aparência arredondada. Os maiores cristais têm 0,9 x 0,7 mmq. de secção.

Parece ter havido menor equilíbrio entre os feno

crystalis de augita e o magma fundido, visto sua maior sensibilidade à corrosão do que os plagioclásios. Esta corrosão, aliás, é uma consequência da diferenciação pois o magma cada vez mais ácido reagirá mais fortemente com os minerais femicos.

A massa fundamental é formada por um agregado cristalino de feldspatos e augita, com frequente apatita e magneto-ilmenita acessórias. Os feldspatos são idiomórficos com secções da ordem de 0,05 x 0,01 mmq; a augita é xenomorfa intercrescida com os plagioclásios, ou ainda mais ou menos arredondada. Os plagioclásios ocorrem às vezes alinhados paralelamente, e contornam os fenocristais, orientando-se como tóras de madeira na água corrente, frente a um obstaculo. Podem, entretanto estar desorientados, conforme a posição da secção delgada ou devido talvez ao meio mais tranquilo de cristalização. Nos intersticios dos plagioclásios e augita nota-se, com maior aumento, uma massa de minúsculos minerais, formando uma trama ligeiramente anisotrópica, que deve corresponder à antiga base vítrea, hoje desvitrificada em mesostase de crystalis idénticos aos descritos. Formas irregulares e esferolíticas são observadas, algumas correspondendo a minúsculas vesículas posteriormente preenchidas por clorita ou carbonatos. Apresenta-se esta matriz intersticial muito modificada nas áreas mineralizadas.

2 -Andesito amigdalóide.

São rochas efusivas que se consolidam em contacto com o ar ou com a superfície do terreno antigo ficando as bolhas de gás aprisionadas, escapando-se depois, e deixando uma rocha cheia de cavidades mais ou menos elípticas. Abaixo dela segue-se o andesito compacto. Fazem parte do grupo mais geral dos melafiros.

Elas constituem o topo ou a base dos derrames, e têm espessura variável de poucos metros. São em certos casos, horizontes favoráveis à mineralização ou ao armazenamento de água subterranea.

Certas zonas da rocha efervescem bruscamente

ao 1:1 HNO₃ a frio; outras zonas fracamente. As primeiras estão impregnadas de calcita branca e as segundas correspondem a um carbonato de cor creme, que dá reação de ferro, devendo tratar-se de ferro dolomita ou anquerita.

No Seival o andesito amigdalóide é invariavelmente vermelho na superfície, ao passo que em profundidade ele é cinzento esverdeado, conforme vemos nos testemunhos de sondagens. Este contraste indica que a cor vermelha é em geral dependente dos processos de oxidação superficiais. Nas zonas mineralizadas esta cor poderá resultar, em parte pelo menos, da oxidação pelas soluções deutéricas.

As dimensões das vesículas são no máximo de 10 mm no maior alongamento, e estão preenchidas por quartzo microcristalino ou granular, clorita, calcita, e mais raramente zeolita.

Microscópicamente a textura é granular, frequentemente orientada pelo paralelismo dos plagioclásios, que têm 5 mm ou mais. A matriz cristalina, idêntica ao do andesito normal, apresenta plagioclásio no máximo de 0,20 x 0,02 mmq. de seção. Os plagioclásios estão muito fraturados, com óxido de ferro ou sericita preenchendo as fraturas, fig. e; há abundante sericitização, irregular, dos plagioclásios. Na matriz fina os feldspatos estão soldados por óxido de ferro, daí a tonalidade vermelha da rocha.

Raramente observa-se um remanescente da augita no andesito amigdalóide; ela foi transformada pelos processos de alteração ou concentrada mais abaixo no andesito mais compacto. Walter (2), cita biotita no andesito de Seival, e hornblenda; não observamos estes minerais nas amostras estudadas. A massa fina deverá ter sido rica em ferro visto a abundância da hematita presente, que impregna uniformemente a rocha.

Os minerais acessórios são os mesmos citados: apatita, magneto-ilmenita, e minerais prismáticos alongados incluídos nos plagioclásios e não fraturados.

Nas vizinhanças das zonas mineralizadas as la-

vas amigdalóides apresentam também diversas modificações, deutéricas ou secundárias. Alterações deutéricas são aquelas produzidas pelas primeiras emanções ígneas, quando as rochas ainda estavam quentes. Assim é a alteração da augita, em antigorita ou serpentina e carbonatos. Notamos que há veias de antigorita de 0,1 mm a 0,08 mm e muito menores ainda, que seccionam os feldspatos da matriz, e também os fenocristais fraturados de andesina. Esta relação com fraturas mostra que houve soluções com migração de antigorita e às vezes serpentina; esta é fibrosa e aquela não. A origem desses minerais magnesianos, deverá estar na transformação dos minerais félicos pelas soluções ou exudações iniciais "in situ". Com efeito, notamos frequentemente inclusões hexagonais, rombóidricas ou poligonais, cheias de antigorita com manchas de hematita; outras, mais ou menos arredondadas, mostrando serpentina fibrosa alternada concentricamente com antigorita. Interpretamos, graças aos contornos, como sendo restos da alteração da augita, biotita e hornblenda ou então preenchimento de vesículas.

Em certos locais os carbonatos e clorita substituem a antigorita.

Veias de dolomita ou anquerita cortam também o andesito; contém numerosas inclusões, inclusive de calcita. Este carbonato porém, é de sequência muito posterior. Dolomita ou anquerita estão associadas à alteração deutérica do andesito, que gerou também antigorita e serpentina. A anquerita precipitou-se à custa de parte do ferro liberado pela alteração dos félicos. Walter (2) cita a presença de óxido de manganês que segundo esse autor possivelmente derivou-se da oxidação da rodocrosita.

3 - Lava aglomerática.

É o nome dado por Leinz, Barbosa e Teixeira (19) a uma lava andesítica, brechóide, muito comum em Seival fig. 2. A sua origem está relacionada ao fraturamento irregular das crostas superficiais da lava já consolida-

da, pelo movimento da lava líquida inferior, facilitado pelas fraturas de contração e pela pressão dos gases.

Os fragmentos quebrados, de dimensões microscópicas até vários centímetros, foram envolvidos pela lava ainda líquida, dando o conjunto, após consolidação a lava aglomerática.

Caracterisa-se portanto pelo aspeto brechóide, e por ter os fragmentos da eruptiva cimentados por matriz da mesma rocha.

Difere do aglomerado vulcânico de Geikie (1), que é propriamente uma brecha tectônica circunscrita ao material eruptivo dos aparelhos vulcânicos, e também do conglomerado vulcânico, que é um conglomerado de rochas vulcânicas e rochas de outras origens.

A formação dessas lavas no Seival implicou movimentação dos derrames em superfície irregular, figura 2, *fractura a 19/10*. Comumente o embasamento dela é tufo vulcânico, que representa uma atividade explosiva com acumulação em depósitos irregulares, previamente ao extravasamento das lavas. A sua espessura é, em certos casos, de 10 metros, revelada nas sondagens da Barita.

A lava aglomerática é bastante porosa, pois é formada por fragmentos da zona superficial dos derrames, e é esta talvez a razão principal da associação do minério, em todas as jazidas, com este tipo de lava. A sua cor é bastante variada, quando serve de encaixantes à mineralização, o que faz destacar bem os fragmentos da massa fina. Pode ser avermelhada, cinzenta, esverdeada, cor de tijolo de argila, etc., refletindo as variações da coloração, as modalidades diversas das alterações primárias ou secundárias.

De um modo geral a estrutura brechiforme é dada pelos fragmentos angulosos ou arredondados das lavas andesíticas, cimentados por feltro fino de plagioclásio e augita, idêntico à matriz do andesito normal, fig. *h* e foto 8. O arredondamento dos fragmentos, em muitos casos, é devido a um processo hidrotermal que os substitue periféricamente por calcedonia ou carbonato. As vezes

observa-se que os grandes fragmentos são angulosos e os pequenos arredondados, em vista de corrosão mais avançada, pelo magma. Nas proximidades das jazidas a lava é atravessada por veias de calcita, barita ou calcedônia, e está impregnada finamente de sulfuretos de cobre. E em certos locais está quebrada por movimentos de falha e a estrutura fica caótica, com milonitização e fraturamento variável dos constituintes.

4 - Tufos.

Os tufos representam a atividade explosiva dos centros vulcânicos e consistem de material piroclástico e clástico, de forma e granulação variável, ligados por fina matriz secundária, originada da alteração dos produtos mais finos. Eles precedem às efusões do magma, e são lançados a maior ou menor distância do centro vulcânico, acumulando-se em depósitos de espessuras variáveis, conforme a intensidade explosiva preparatória dos derrames das lavas. Podem servir de embasamento para os derrames posteriores. O termo cinerito é mais adequado para o material fino consolidado; material mais grosseiro, anguloso, recebe o nome de brecha vulcânica.

Podem ser sub-divididos, segundo Williams e colaboradores (33), em tufos vítreo, petreo e cristalino fragmentado. No vítreo predominam fragmentos vítreos de rocha não diferenciada; no petreo os fragmentos de rochas predominam e são derivados não só da rocha eruptiva como das paredes encaixantes; o terceiro refere-se à abundância de fragmentos de cristais, localmente predominantes, originados do fraturamento dos fenocristais, previamente separados na câmara magmática.

No caso dos tufos de Seival encontramos tipos que se enquadram no primeiro e terceiro grupos, embora não se possa excluir a presença do segundo. Quanto aos tufos vítreos, do primeiro grupo, só poderemos inferir a preterita presença de vidro, pelas formas e microtexturas observadas, visto que houve completa recristalização da

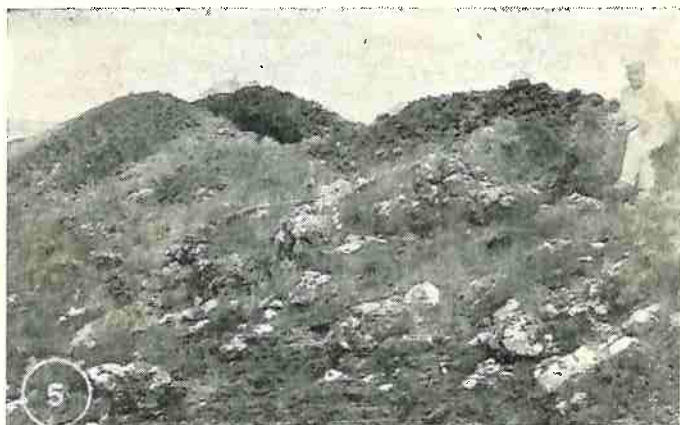


Foto 5 — Jazida do Alcides.

Foto 6 — Vista geral. Ao fundo a casa de hospedagem.

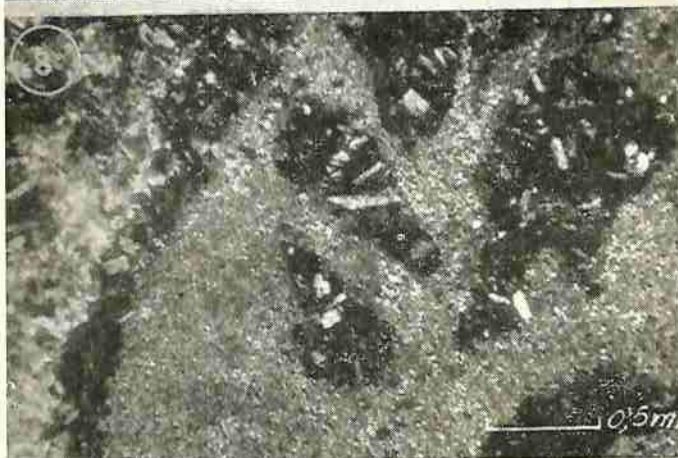


Foto 7 — Andesito. Fenocristais de andesito e corpos irregulares e poligonais de carbonatos. Luz transmitida, N+.

Foto 8 — Silicificação da lava aglomerática. Restos angulosos de fragmentos do andesito envolvidos por calcedonia finíssima. Luz transmitida, N+.

fase vitrea. A esse respeito Williams e colaboradores (33) afirmam ser a desvitrificação a alteração inicial da maioria dos tufos intermediários a ácidos; o processo é rápido, ocorrendo comumente nas lavas ainda quentes, e só tufos muito impermeáveis foram encontrados no Cretáceo, com fase vitrea preservada. Não podemos portanto esperar a presença frequente de vidro vulcânico nos tufos de Seival, que são sem dúvida pré-Carbonífero.

No Seival os tufos são rochas verde-escuras, de granulação fina clástica, duros e compactos, aos quais se aplicaria bem o termo cinerito, na maioria dos casos, visto a uniformidade da granulação fina. Estão fraturados, com suas fraturas de paredes lisas, preenchidas por calcedonea e quartzo, não raro com calcopirita e carbonatos, o que indica rápida compactação, antes da formação destas soluções mineralizadas, sob a carga dos sucessivos derrames.

Sendo um sedimento originalmente poroso, a rápida alteração inicial com formação de óxidos de ferro abundante, clorita e escassos carbonatos, tornou-os impermeáveis sem dúvida, o que explica a fraca mineralização cuprífera destes piroclásticos quando comparados com a lava aglomerática.

De um modo geral, os tufos de Seival caracterizam-se pelas seguintes feições texturais e estruturais, fig. c, e foto 12:

- A - Textura clástica e brechóide microscópica. Fragmentos de feldspatos e corpos irregulares, cloritizados, com formas curvas, angulosas com fraturas conchoidais; ou arredondadas que correspondem sem dúvida a fragmentos vitreos, ou a pequenos esferolitos. Matriz ferruginosa ou silicificada, ou cloritizada, conforme o ponto de observação.
- B - Ausência da matriz de plágioclásios alinhados, contornando fenocristais, como na lava normal.
- C - Blocos angulosos de andesito e de tufo preexistente, indicando essa circunstância uma reincidência da fase explosiva ou talvez mais de uma fase magmática.

As áreas irregulares de contornos curvos, são às vezes sericitizadas ou cloritizadas, ficando aparentemente isotrópicas, ou estão impregnadas de óxidos de ferro passando a translúcidas, e necessitando maior aumento para se observar anisotropia fraca. São os remanescentes, nos tufos, mais próximos do vidro vulcânico.

5 - Dacito.

É uma rocha hipabissal ou extrusiva, equivalente em composição ao quartzo diorito, segundo Johansen (30). É de textura porfirítica, com plagioclásio, um ou mais feldspicos e quartzo. Este ocorre mais frequentemente na matriz, podendo aparecer como fenocristal também; eventualmente, as variedades polimórficas do quartzo, tridimita e cristobalita estão também presentes.

O nome desta rocha deriva-se de Dacia e é sinônimo de quartzo-andesito. A matriz é afanítica e em muitos casos vítrea, e mais ou menos vesicular. As linhas fluidais são comuns. A cor varia com a composição e o grau de alteração, sendo cinzenta a clara quando fresca, ou esverdeada; quando alterada, a matriz é avermelhada, amarelada ou marron, hialina ou criptocristalina. Ocorre como diques ou derrames.

No Seival o dacito ocorre como diques, principalmente, em vários lugares, cortando a lava andesítica. Isto indica tendência final mais ácida na diferenciação do magma andesítico. Será possível encontrarem-se remanescentes da lava correspondente, que na maior parte foi erodida por ser a mais superficial.

É avermelhado, homogêneo e compacto. Um longo dique a N90°E, no fundo da casa da Administração, tem cerca de 2 metros de espessura. Outra ocorrência mal definida, talvez restos do derrame, ocorre no caminho da Barita para os Morcêgos, no alto.

Segundo Garcia, em seu relatório à D. P. M., há

também diques de dacito a N50°E. Assim temos nitidamente duas direções tectônicas antigas, representadas por esses dois diques de dacito. Walter em seu trabalho (2), menciona o dique da casa da Administração, dando-lhe como composição, plagioclásio e augita em fenocristais, e biotita; e acessóriamente ilmenita, magnétita e apatita.

O exame de uma amostra do dacito da casa da Administração, mostra-nos uma rocha de textura porfirítica, com fenocristais de andesina ligeiramente corroidos, com 3 mm de comprimento máximo por 0,6 mm transversalmente, frequentemente fraturados e estas fraturas preenchidas por óxido de ferro, carbonato ou sericita. O próprio feldspato tem a massa incipientemente alterada para sericita e carbonato. A matriz é de plagioclásio com secção média de 0.15 x 0.03 mmq, de textura ofítica, quartzo de granulometria em torno de 0.035 x 0.025 mmq. A apatita é frequente. Os femicos não foram determinados, estando muito decompostos. Intersticialmente há agregado indefinido, apenas anisotrópico, obscurecidos pela hematita translúcida.

Amigdalas começando por calcedonea nas paredes, e quartzo no centro, são comuns, mostrando a mobilização final da sílica em soluções residuais; as amigdalas são de 0.2 x 0.1 mmq, as maiores; e 0.08 x 0.04 mmq, as menores.

As soluções mineralizadoras que trouxeram o cobre do Seival devem ter surgido após as últimas manifestações da fase magnética, depois das intrusões e derrames do magma de dacito.

B - TECTÔNICA

O diastrofismo pré-Carbonífero superior manifestou-se segundo zonas lineares preferenciais no Rio Grande do Sul, conforme se observa no mapeamento de Leinz, Barbosa e Teixeira (19). Ao longo destas zonas emergiram as massas do magma andesítico, com manifestações vulcânicas em Seival, principalmente. As minas de cobre es

tão, conseqüentemente, localizadas nestas zonas de perturbação, e a tectônica, que orientou os corpos mineralizados, não deverá discrepar muito da primeira, salvo em de talhes locais.

Seival está no extremo norte da faixa de andesito aflorante, que vem do sul, fig. 1, emergindo da região da mina de Camaquã. Nesta zona os sedimentos mais novos movimentados pela intrusão são os arenitos e conglomeratos da série Camaquã. Estes sedimentos estão relativamente próximos das minas de Seival e apresentam-se empinados em grau variável.

Walter, em seu trabalho de 1912 (2), já cita três direções tectônicas que são N-S, E-W, e NNW-SSE. As zonas mineralizadas seguem, segundo aquele autor, a primeira e a terceira daquelas direções, sendo a direção E-W estéril.

A planta altimétrica levantada por Orlando Melo, em 1938, sob a orientação de Emilio Alves Teixeira, e a ampliação desse levantamento realizada pela Diretoria da Produção Mineral e pelo Engenheiro José Garcia, permitiu-nos a localização das principais jazidas de Seival, e das direções tectônicas, conforme se vê na figura 3.

Na jazida da Barita há uma nítida ^{falha N20} falha, no sentido do alongamento da lente, a N45^oE de direção e mergulho 65^oNW. Os trabalhos de lavra permitiram examinar o plano de falha, que se apresenta com estrias de deslizamentos, havendo uma zona estreita de ~~rocha~~ andesítica fraturada, com fragmentos ou blocos de vários centímetros. Esta falha contém veias de quartzo e barita. Ela continua mineralizada além da lente principal numa extensão de mais de 100 metros, com possança de 2 metros de minério de cobre de baixo teor. A inclinação da lente é para o mesmo lado da inclinação da falha. É uma direção tectônica antiga, pré-existente à mineralização. Transversalmente a essa direção observa-se na Barita um fraturamento a N20^oW, vertical, que não parece ter influência na distribuição do minério.

Na jazida da Cruzeta, há uma falha, também importante, na direção N-S ou melhor N5^oE, mais ou menos

PRINCIPAIS DIREÇÕES TECTÔNICAS EM SEIVAL

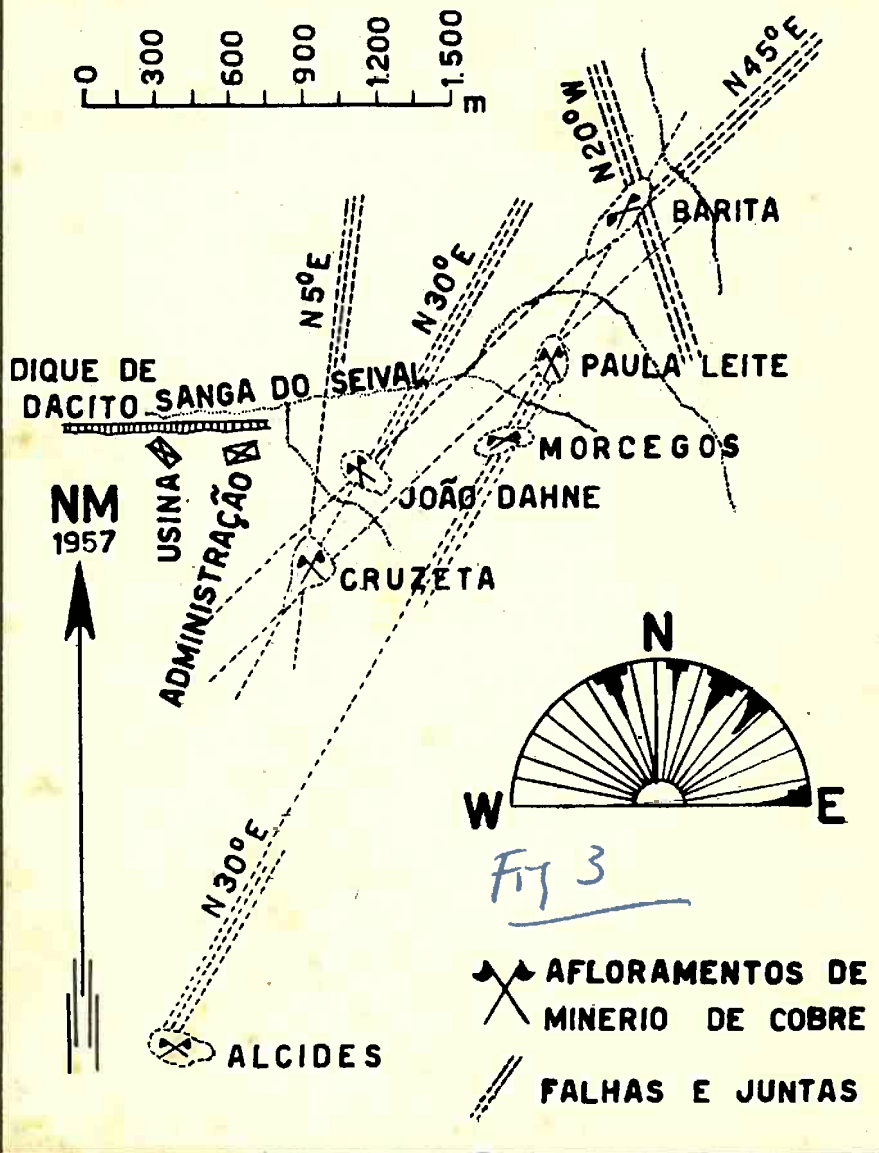
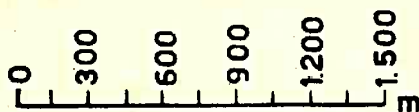
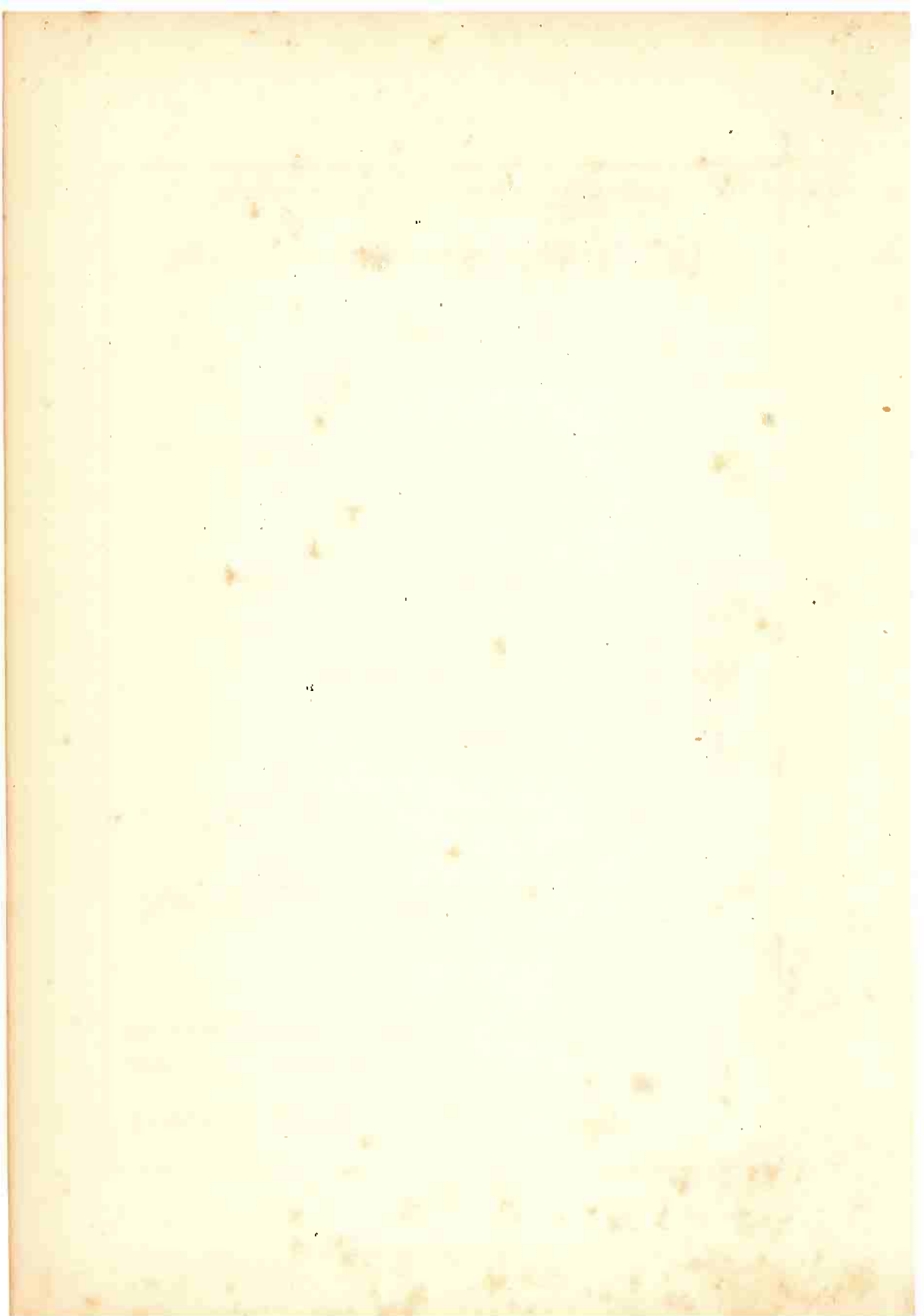


Fig 3

Fig. 3



vertical, com brecciação do andesito; a mineralização de cobre é cortada por ela. Corresponde a uma movimentação mais moderna, posterior à mineralização.

Na jazida dos Morcêgos ha três zonas mineralizadas mais importantes, próximas uma da outra, alongando-se a $N35^{\circ}-40^{\circ}E$, verticalmente. Há uma fina impregnação de sulfuretos nestas zonas de falha, com brecciação e silicificação dos fragmentos, devendo este falhamento ser também posterior ou contemporâneo da mineralização de cobre.

Na jazida do Alcides ha três zonas mineralizadas na direção $N30^{\circ}E$, parecendo que a mineralização foi controlada por fraturamento nesta direção, conforme mostrou uma galeria na base do morro, mais ou menos normalmente a elas.

Do exposto e da observação da fig. 3 concluímos que as direções $N30^{\circ}E$ e $N45^{\circ}E$ parecem muito importantes quanto ao controle da localização das jazidas do Seival, e menos importantes as direções $N5^{\circ}E$, $N20^{\circ}W$ e $N90^{\circ}E$. Entretanto, como a direção este-oeste é também antiga, poderão ocorrer combinações dos sistemas de fraturas, de modo a desviarem possíveis ocorrências para fora das direções principais.

JAZIDAS

As jazidas mais importantes do Seival são as três já citadas, isto é, Barita, Morcêgos e Alcides. Estudaremos suas características nesta ordem.

A - BARITA.

Generalidades:- Esta jazida vem fornecendo minério já há muitos anos. Atualmente a sua lavra segue a céu aberto, estando já desmontada cerca da metade da elevação antiga, fotos 2 e 3. A

lavra deverá prosseguir depois em cava abaixo da cota da vargem, até cerca de 20 metros, que é o alcance mais profundo de mineralização.

O minério da Barita, na superfície, está bastante oxidado sendo manchado intensamente de verde pela malaquita. Porém devido à finura da mineralização primária, mesmo esse oxidado apresenta certa porcentagem de minerais sulfurados.

O minério primário está localizado dentro da massa da lava aglomerática, seja em disseminação muito fina, seja em vênulas que se entrecruzam irregularmente formando trama finíssima ou venulação microscópica. Minério às vezes de bom teor em cobre, só é suspeitado pela densidade anormal da rocha, pelo exame à lupa ou pelas alterações apresentadas. Essa finura do grão dificulta mesmo o estudo das relações mútuas dos sulfuretos e a interpretação das texturas do minério.

Extrutura:- A jazida da Barita é formada por um corpo simples, de lava aglomerática difusamente mineralizada por sulfuretos de cobre. A forma desse corpo é a de uma cunha invertida, em que a quantidade e a riqueza metálica crescem para a superfície, fig. 2 e 4. É uma forma comum em depósitos epitermais, como assinala Schmitt (31), em que as soluções ascendentes encontram em certo momento ambiente favorável para uma rápida expansão e deposição dos minerais.

Formaram-se assim corpos alongados em secção transversal e longitudinal, lenticulares, restritos aos horizontes porócos da lava aglomerática, conforme sugere o esboço da interpretação geológica do Seival, figura 2.

A lavra da Barita removerá portanto toda a massa lenticular, com diminuição gradual da secção transversal, à medida que os trabalhos forem se aprofundando.

Mineralogia do minério.

O minério sendo uma íntima associação da rocha encaixante, com os sulfuretos e a ganga não metálica, a sua mineralogia deverá compreender os minerais da encaixante, que é a lava aglomerática já descrita, mais os neo formados, deutéricos, e os introduzidos posteriormente pelas soluções mineralizadoras, incluindo os minerais metálicos e a ganga. Para facilidade da exposição dividimos os minerais em dois grupos: o dos não metálicos e o dos minerais metálicos, para todas as jazidas aqui descritas, pela semelhança que apresentam os seus minérios.

1 - Minerais não metálicos.

A lava aglomerática na Barita, em virtude das ações modificadoras das soluções primárias e secundárias, associadas ao processo mineralizador, apresenta-se variavelmente afetada em sua composição mineralógica. São comuns os seguintes minerais:

Plagioclásio.

A rocha conserva a textura porfiritica e a estrutura breciforme original, estando os plagioclásios bem preservados, na maioria dos casos, apresentando-se porém alterados em sua massa em sericita e carbonatos. Mais raramente a clorita os substitue também, tendo sido neste caso mobilizada das vizinhanças. Apresentam-se embebidos em matriz fina a finíssima, avermelhada, cloritizada, silicificada ou carbonatada, ocorrendo estas alterações às vezes associadas na mesma lâmina. Estas alterações da base vitrea antiga ou matriz, afetaram pouco os plagioclásios, notando-se às vezes a transformação completa de um fragmento de andesito, pseudomórficamente identificado pelos contornos, sem grandes modi-

ficações dos feldspatos. É o caso da silicificação e da hematitização, em que o óxido de ferro e silício envolvem a trama de plagioclásios e protegem-os, figuras d, e. Estão eventualmente quebrados pelo movimento da lava ou por falhamento.

Se não houve proteção por envoltório hematítico ou silicoso, os plagioclásios podem estar inteira e pseudo-morfológicamente cloritizados, sericitizados ou caulinizados, até carbonatados.

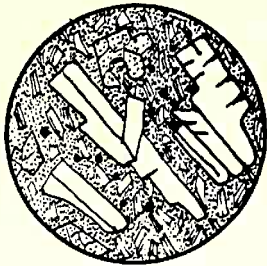
Augita.

A augita desaparece na rocha mineralizada ou hidrotermalmente alterada. Raros remanescentes em fragmentos, ou pseudomórfos, com as clivagens características podem ser observados. Aliás, esse piroxênio é dos primeiros a desaparecer no início da alteração deutérica, conforme referem Williams e colaboradores (33), confirmando a conhecida sensibilidade dos minerais ferro-magnesianos de se alterarem sob a ação dos processos secundários.

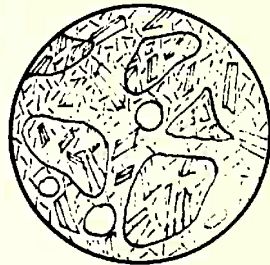
A presença da augita na lava é suspeitada pelos pseudomorfos gerados durante a alteração. Assim, comuns são as formas poligonais mais ou menos regulares de 6 a 8 lados, de carbonato, anquerita ou dolomita, clorita ou mesmo calcedônia, fig. r. O carbonato foi precipitado num ambiente rico de óxido de ferro, devendo tratar-se de ferro-dolomita ou anquerita, que absorveram o ferro em sua formação. A clorita ou calcedônia podem substituir parcial ou completamente o carbonato, e quando se dá a silicificação deste, o ferro concentra-se nas bordas, limites do extinto feno-cristal. São verdadeiros processos metassomáticos, por intermédio das soluções que depositaram clorita ou calcedônia, deslocando o carbonato.

Carbonatos.

A lava aglomerática apresenta-se intensamente



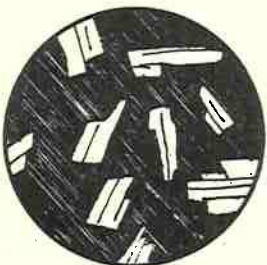
a



b



c

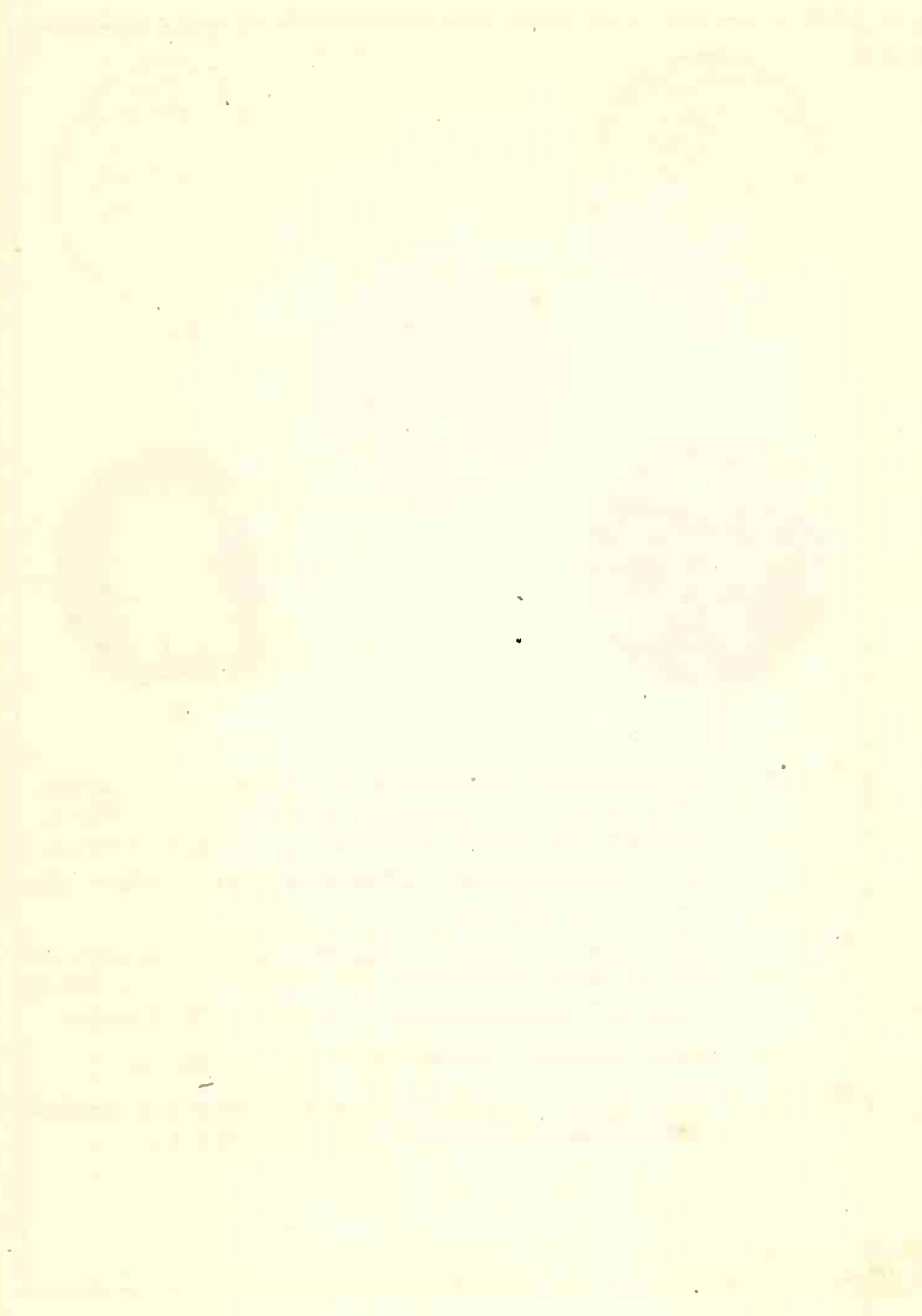


d



e

- Fig. a - Fenocristais orientados de andesina fraturada marginalmente. Hematita nas fraturas. Pseudomórfos de augita corroídos, com antigorita.
- Fig. b - Lava aglomerática. Fragmentos envolvidos por matriz cristalina.
- Fig. c - Estrutura do tufo. Fragmentos irregulares de tufo e lava envolvidos por corpos curvos. Triangulares e arredondados. Matriz ferruginosa.
- Fig. d - Plagioclásios preservados por hematita.
- Fig. e - Plagioclásio envolvido por hematita e fraturado marginalmente com veias de hematita.



carbonatada. As soluções iniciais eram ricas em CO_2 , que promoveu a carbonatação generalizada das lavas. O carbonato formado inicialmente foi ferro-dolomita ou anquerita, com coloração creme e mais raramente depositou-se siderita; na fase final da mineralização depositou-se calcita. A distinção entre os dois carbonatos pode ser observada sob a ação do 1:1 HNO_3 , a frio aplicado diretamente na rocha; a ferro dolomita ou anquerita dão efervescência fraca e a calcita dá brusco desprendimento de bôlhas. A coloração creme dos primeiros e branca da calcita, e os testes microquímicos para ferro, positivos para a primeira e negativos para a segunda, facilitam também a distinção.

A distribuição do carbonato ferro magnesiano é irregular. Ele ocorre como pseudomorfos da augita, como formas irregulares arredondadas e mesmo esferolíticas, foto 7, resultantes da carbonatação diferencial da base vítrea ou de preenchimento de vesículas da lava. Existem também perfeitas veias de fraturas, principalmente preenchidas pela calcita.

A carbonatação da lava, para nós, foi o fator preponderante na deposição do minério primário sulfurado do Seival, como veremos mais adiante.

A origem dos carbonatos está em parte nos minerais ferro-magnesianos e nos feldspatos das encaixantes, em parte sem dúvida deve ter tido origem nas soluções do próprio magma diorítico-andesítico.

A presença dos pseudomorfos poligonais de carbonato não deixa dúvida quanto à existência preterita da augita; comumente êsses carbonatos apresentam sistemas de fraturas, herdadas da substituição da augita fraturada ou das clivagens.

Veias finas de anquerita seccionam o minério, tendo largura de 0,6 a 0,01 mm, isto é, são finíssimas; associadas a essas veias de carbonato há também veias independentes de quartzo, que cresceu perpendicularmente às paredes das micro-fraturas. Outras vezes o quartzo penetra, por substituição, ao longo das veias de carbonato e retem muitas inclusões deste carbonato, ou é a calcedônia que promove a substituição da anquerita ao longo dos con-

tactos, figs. h, i.

Ocorrem também veias de carbonato envolvendo cristais prismáticos da barita, fig. h. A silicificação - pela calcedônia se deu ao longo dos contactos, por dissolução dos carbonatos e até mesmo da barita. Notam-se também pseudomorfos prismáticos da barita inteiramente carbonatados, isto é, em parte os carbonatos formaram-se após a deposição de barita. Veias de carbonatos com sulfuretos preenchem fraturas e foram substituídas por calcedônia, ocorrendo também nestas veias, quartzo idiomórfico depositado normalmente às paredes, o que parece indicar certa superposição na deposição do carbonato e quartzo. Estas mesmas veias seccionam massas cloritizadas, vesículas ou pseudomorfos de augita, fig. q. Assim a cloritização deve ter ocorrido também inicialmente além da já observada no fim da mineralização.

As veias de calcita são mais recentes que as dos outros carbonatos. A silicificação delas é mais intensa ainda, e iniciou-se às vezes irradiando de inclusões que serviram de núcleos de deposição de calcedônia. A silicificação pode penetrar lateralmente substituindo os minerais da lava encaixante. Em outras veias há intensa corrosão da barita e do carbonato, ficando restos destes dentro da calcedônia. Os carbonatos estão porém, mais frequentemente, distribuídos de modo irregular na massa da lava alterada, em nódulos, esferolitos, corpos irregulares ou pseudomorfos.

As veias que cortam a lava aglomerática podem reter inclusões alongadas, fig. i, resultantes do fraturamento paralelo da lava ou substituição preferencial numa direção. Algumas destas veias foram reabertas e soluções silício-carbonatadas depositaram simultaneamente, no contacto com a veia anterior, siderita e calcedônia coloridas e a seguir quartzo com estrutura em pente enchendo os vãos. Uma fina veia de calcita, com barita, corta a deposição anterior. A fase final carbonatada ainda depositou barita, podendo observar-se também veias de calcita cortando e mesmo falhando veias de carbonato silicificado.

Um aspecto importante na deposição dos carbona

tos ferro magnesianos está nos pseudomorfos e na disseminação irregular na massa de lava em alteração. A sua substituição posterior por clorita, calcedônia e sulfuretos é feição fundamental na evolução do ciclo de mineralização.

Clorita.

A clorita ocorre também em mais de uma geração. Inicialmente ela contribuiu para a formação dos pseudomorfos ou para o preenchimento das vesículas da lava, o que deu a essa, em certos casos de abundantes vesículas, a aparência de uma rocha pintalgada, com pontos negros. Esta clorita de primeira geração, substituiu os carbonatos, a matriz, a augita, e menos intensamente os feldspatos, podendo atravessá-los em finas veias, fig. j. Ela dá uma generalizada tonalidade esverdeada à rocha.

A segunda geração de clorita acompanhou as soluções mineralizadoras e depositou-se no fim do processo, lado a lado com a calcita ou substituindo a dolomita, calcedônia ou mesmo a calcita.

A clorita da primeira geração formou-se diretamente da augita, mas pode ocorrer intercrescida ou substituindo os carbonatos no mesmo cristal; outras vezes agregou-se em nódulos, que correspondem a uma substituição irradiante da ferro-dolomita por clorita, ou a um preenchimento de vesículas.

A matriz fina também pode estar inteiramente cloritizada, e nesse caso ela é praticamente isotrópica, devido à finura de grão e baixa birrefringência da clorita; com maior aumento observa-se fraca anisotropia.

Mais comumente a cloritização é esparsa, em veias, nódulos, zonas irregulares, vesículas e pseudomorfos diversos.

Calcedônia.

A calcedônia ou o quartzo microcristalino é mui

to abundante no minério, tornando-o extremamente resistente. O seu aparecimento data do início da alteração, tendo sido o quartzo removido e redepositado em soluções de baixa temperatura, que não permitiram a recombinação de sílica com os carbonatos presentes. É um processo comum de deposição da sílica em jazidas epitermais e fontes quentes, associadas aos vulcanismos.

Seus efeitos dominantes fizeram-se sentir mais para o fim da fase de mineralização ou seja depois que a ferro-dolomita e anquerita já tinham depositado.

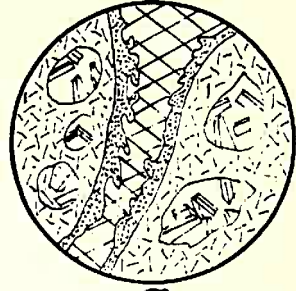
Há zonas em que a matriz está quasi completamente silicificada. A calcedônia substitue a trama fina, os carbonatos e até os plagioclásios quando não protegidos por hematita, foto 8 e fig. k. Esferolitos são comuns, com extinção circular, fig. p. Os fragmentos da lava aglomerática podem ter sido apenas ligeiramente corroidos, foto 8, ou completamente substituídos pela calcedônia, que conserva pseudomorfos deles. As soluções já tinham composição bem diferente da inicial, daí a grande instabilidade dos minerais em sua presença.

Comuns também são as veias de enchimento, em que a calcedônia depositou-se no contacto com as paredes, de senhando na rocha uma lista branca, opalescente, que acompanha com frequência também os contactos das veias de quartzo. Mais para o centro das veias formou-se quartzo perpendicularmente à faixa de calcedônia, em pente, ou então conservou certo paralelismo com os contactos. Veias e métodos de substituição já citamos quando tratamos de carbonatos. Estas veias podem ser desde milimétricas até alguns centímetros de possança.

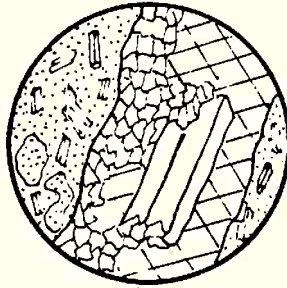
A partir das paredes a deposição da sílica iniciou-se como calcedônia, às vezes alternando com siderita marron, foto 9, em deposição rítmica coloidal, passando muitas vezes a cristais alongados apontando os espaços vazios. Há recristalização plumiforme ou irradiante da geléia de SiO_2 , que apresenta frequentemente fendas de contração irregulares. A siderita formou-se em pequena quantidade à custa do material removido da anquerita, no processo de silicificação. Por isso é contemporânea



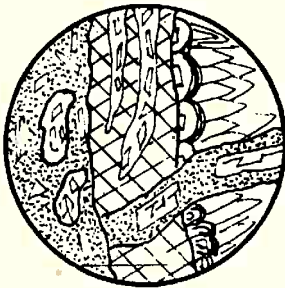
f



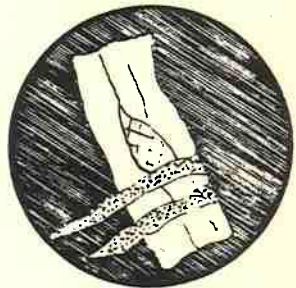
g



h



i



j

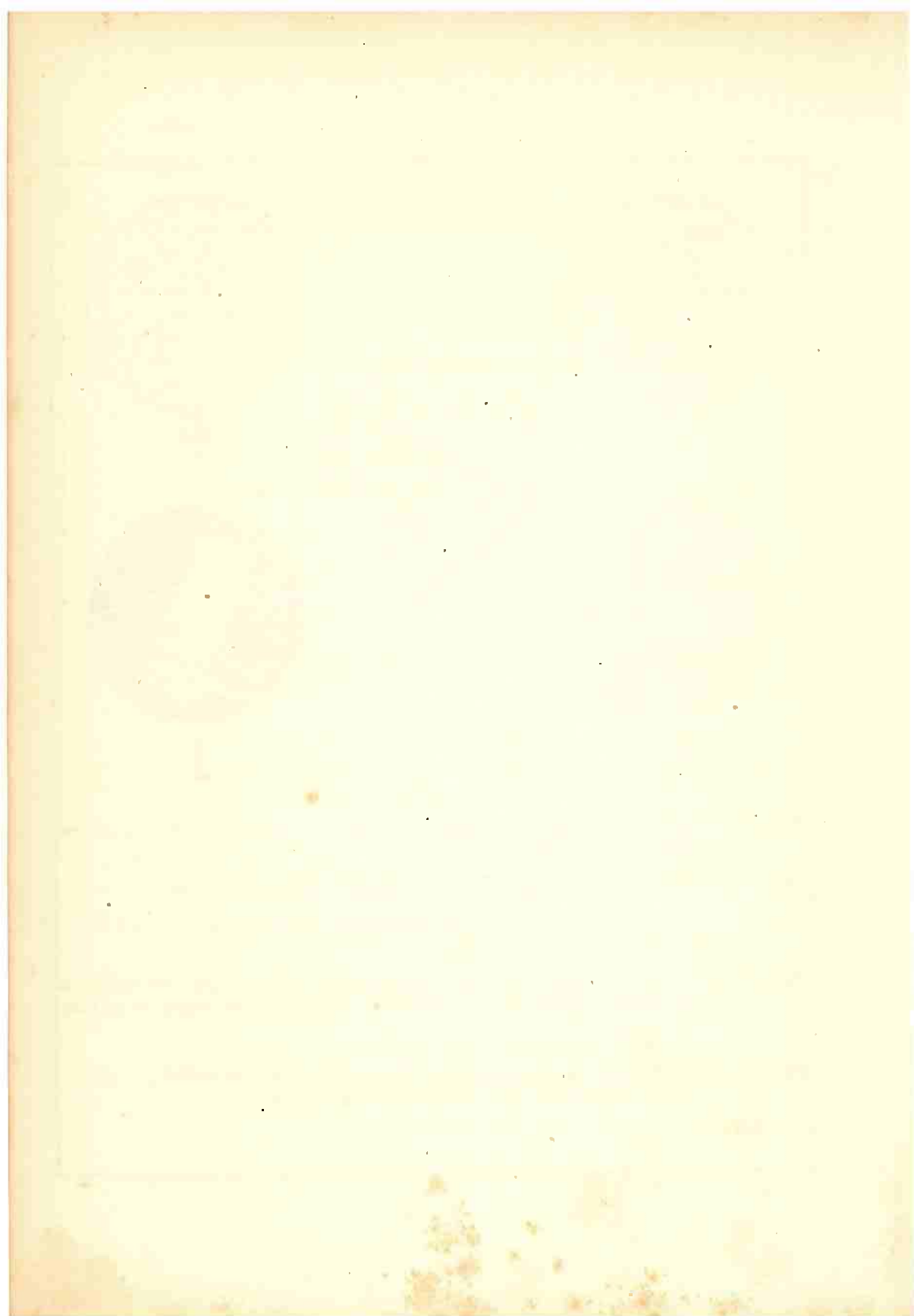
Fig. f - Veia de carbonato substituida por quartzo, com inclusões remanescentes.

Fig. g - Veia de carbonato silicificada marginalmente.

Fig. h - Veia de carbonato com inclusões de cristal de barita. Corrosão por calcedônia.

Fig. i - Veia de anquerita com inclusões. Deposição de quartzo coloidal sobre ela. Veia de calcita com barita corta o conjunto.

Fig. j - Feldspato envolvido por hematita e seccionado por veias de clorita. Núcleo de carbonato.



dêsse processo, quando então as soluções já eram pobres em ferro. Algum sulfureto, calcocita e calcopirita depositou-se ainda nesta fase, haja vista as citadas vênulas de quartzo com sulfuretos.

Uma veia de quartzo calcedônico de 4 a 5 centímetros, ocorre na jazida de Barita, ao longo da falha principal. Tem as mesmas características das vênulas com calcedonia, em anéis ritmicos, siderita nas bordas e quartzo mais grosseiro para o centro. Raro sulfureto é observado nela. Recristalização plumiforme, em leque, corta todas as franjas concêntricas dos anéis do gel original. Raramente o quartzo é idiomórfico, em prismas hexagonais perpendiculares às paredes da fratura; frequentemente ele é do tipo do quartzo "fantasma".

Minerais acessórios.

Entre os minerais não metálicos, de menor importância, citaremos a apatita, epidoto, barita, caulim, sericita, antigorita e crisotila.

A apatita é frequente no andesito e na lava aglomerática. Mesmo após as alterações, sob a influência hidrotermal, ela conserva-se inalterada, idiomórfica, em prismas e secções hexagonais.

O epidoto é raramente observado associado à clorita, em minúsculos prismas e raros cristais bem desenvolvidos.

A barita ocorre como ganga do minério em finas veias junto à calcita ou calcedônia, ou veias mais desenvolvidas, de centímetros, através da lava aglomerática. A sua importância como ganga não justifica o nome da jazida.

O caulim é observado como produto de alteração, sob intemperismo químico, dos feldspatos. Não é abundante, visto que os plagioclásios que sobreviveram da intensa alteração hidrotermal, estão bem protegidos.

A sericita é escassa, porém frequente, na incipien

te alteração dos plagioclásios.

A antigorita e crisotila são dois minerais também raros, porém observados nos pseudomórfos da augita. Alguns destes contêm antigorita lamelar no centro e crisotila fibrosa na periferia, contornando-a e envolvendo-a. São produtos comuns na alteração dos silicatos magnesianos, sob condições hidrotermais.

2 - Minerais metálicos.

São poucas as variedades de minerais metálicos da jazida da Barita. Entre eles, estão na ordem da importância, a calcocita e covelita, bornita, calcopirita e os secundários malaquita e cuprita. A calcocita e covelita são absolutamente predominantes e raramente é encontrada alguma concentração dos outros sulfuretos, indicando esse fato que na época de sua formação as soluções primárias eram muito pobres em ferro.

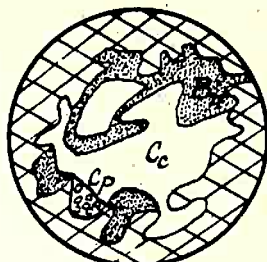
Calcocita e covelita.

É generalizada a disseminação finíssima dos sulfuretos na lava aglomerática, o que imprime ao minério uma textura de difusão, segundo Bastin (32). Raramente conseguem-se alguns exemplares com calcocita bem visível a olho nu. A cor da calcocita é geralmente branca ou cinzenta azulada; aspecto da galena em luz refletida verticalmente. Microscópicamente ela apresenta-se como finos grãos disseminados na massa da lava aglomerática; eventualmente forma vênulas ou agregados de cristais maiores. É facilmente identificada ao toque com HNO_3 que dá viva efervescência. É quase sempre fortemente anisotrópica, mostrando que está na forma ortorombica, original ou invertida.

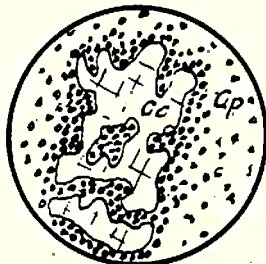
Os agregados de minerais podem ter 4×4 mmq, e os maiores grãos observados de $0,3 \times 2,4$ mmq; frequentes



k



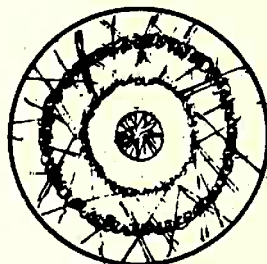
l



m



n



o

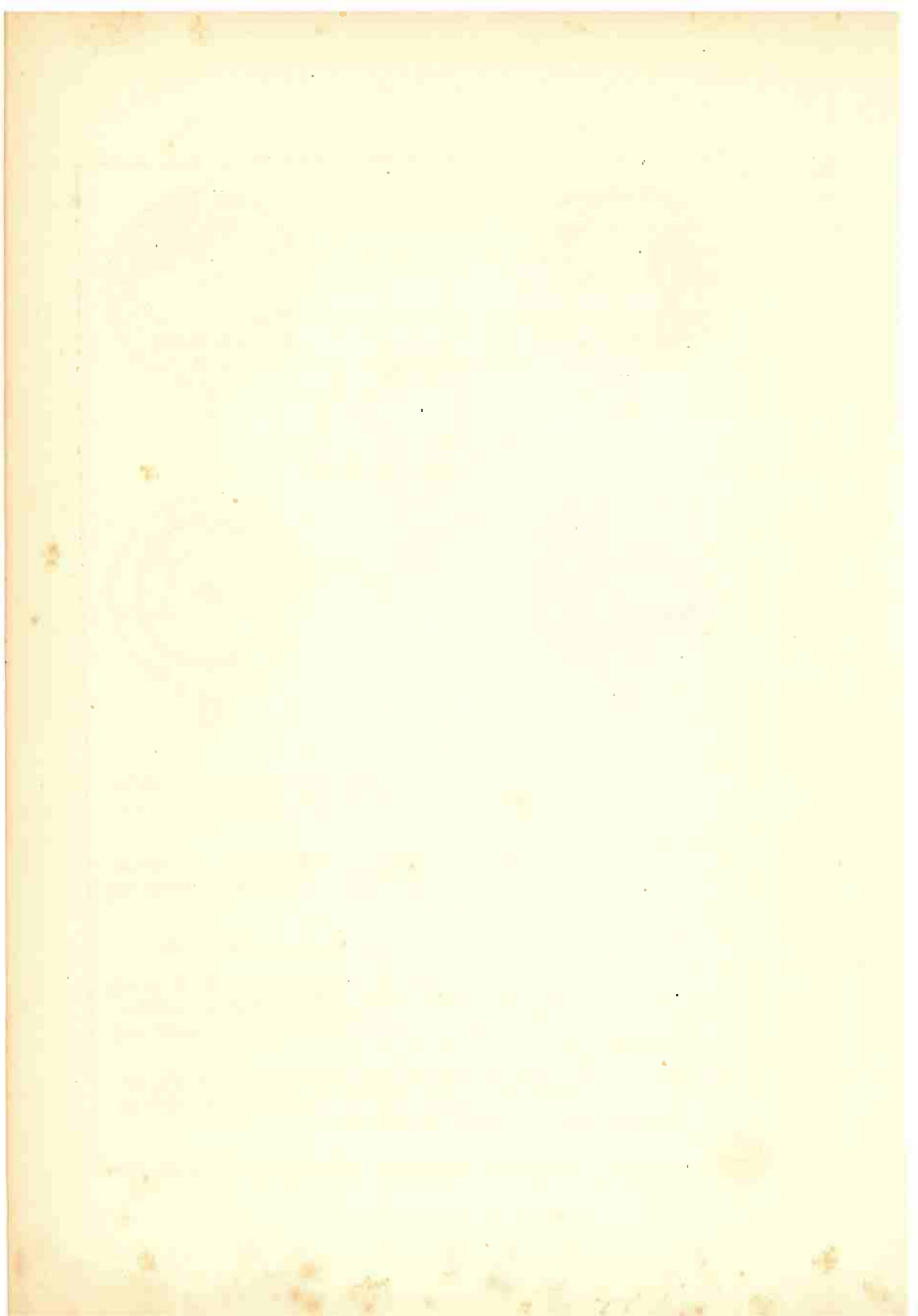
Fig. k - Hematita protegendo os plagioclásios contra a silicificação. Restos de carbonatos na calcedônia.

Fig. l - Relações mutuas de calcocita (Cc), bornita (Bn), e calcopirita (Cp). Carbonato envolve o conjunto.

Fig. m - Calcocita (Cc) corroída pela cuprita (Cp).

Fig. n - Veia de ferro dolomita no andesito ferrugíneo, substituída por calcedônia com hematita nas bordas. Avanço esferolítico da substituição.

Fig. o - Esferolito de calcedônia crescendo em ferro dolomita com deposição de siderita e anéis concentricos de hematita



são os de 0,04 x 0,02 mmq. Os agregados estão infiltrados de calcita que os penetra formando vênulas. Algumas vênulas de calcocita, que ocorre substituindo a dolomita, têm 0,4 mm de possança e veias finíssimas de 0,02 mm preenchendo fraturas da lava.

Não raro os grãos de calcocita apresentam-se fraturados, com fraturas irregulares, que devem ser interpretadas como fendas de contração do gel de sulfureto. Estas fraturas estão preenchidas por calcita que efervesce bruscamente ao ácido diluído.

Ao toque com 1:1 HNO₃, delinea-se a estrutura, os contactos de grãos e as clivagens em duas direções.

Grânulos irregulares de calcopirita, foto 15, anisotrópica, estão inclusos na calcocita, com superfície rugosa característica e testes de toque específicos. Os contactos de calcocita com a calcopirita são pouco expressivos, embora irregulares; são realmente inclusões de um mineral mais antigo.

A bornita ocorre inclusa também na calcocita e vice-versa, sob a forma de massas arredondadas de contactos curvos regulares recíprocos, de duvidosa deposição contemporânea, foto 14. Muitos cristais de calcocita não têm inclusões de bornita ou calcopirita.

A covelita às vezes substitui completamente a calcocita, e ficam os grãos pseudomórficamente transformados, havendo entretanto remanescentes pseudo-esqueléticos na covelita, dispostos mais ou menos em ângulo reto. Na substituição a covelita exclui não só a calcopirita como a bornita, o que seria estranho se fossem soluções alienígenas; esta é uma relação de observação geral e mostra que a "substituição" é mais exsolução, ou transformação "in situ" da calcocita em covelita. Soluções mais ricas em ferro e temperatura mais alta permitiram a deposição parcial da bornita e calcocita intercrescidas e as pobres em ferro e mais baixa temperatura deram calcocita e covelita, em época posterior da mesma fase de mineralização. A covelita apresenta-se também como prismas irradiantes dentro da calcocita.

A calcocita substitui também a matriz fina, segun

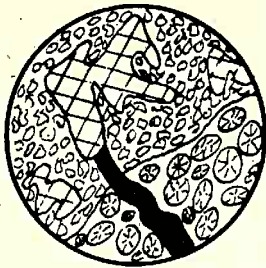
do linhas mais ou menos paralelas da estrutura fluidal, e ao longo delas o sulfureto digere o carbonato e preserva as suas formas irregulares. Os fragmentos de andesito podem ser contornados pela substituição.

A calcocita aparece nitidamente substituída pela cuprita; esta às vezes imprime textura de pontilhamento finíssimo em torno dos cristais corroídos de calcocita, fig m. A cuprita pode ocorrer finamente disseminada na rocha, disseminação herdada da calcocita. Fraturas na calcocita também são cheias de cuprita que atacou o sulfureto a partir delas. É talvez uma oxidação primária pela água e CO₂ conforme a experiência de Parks e colaboradores (4).

Bornita e calcopirita.

Já nos referimos aos principais modos de ocorrências destes dois sulfuretos. Frequentemente estão associados com calcocita: a calcopirita como inclusões irregulares finas e a bornita como manchas violeta de formas e contornos regulares, dentro da calcocita, curvas até pseudo-gráfica. Talvez esta seja principalmente uma estrutura de substituição, porém poderia ter ocorrido certa demisturação dos dois sulfuretos.

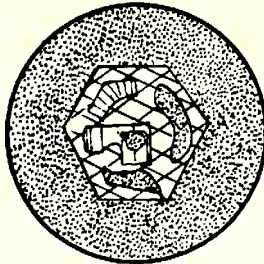
Ocorre também como a calcocita, finamente disseminada na massa de lava, e tem decidida preferência, para sua localização, nos lugares onde existiam carbonatos ferro magnesianos, substituindo-os. Vênulas muito finas de pura bornita das mesmas dimensões das de calcocita, podem ocorrer. Partículas finíssimas da ordem de 0,02 mm de dimensão, pontilham a massa da lava, como a calcocita e a calcopirita. A calcopirita também pode estar inclusa na bornita, sob forma e granulos irregulares, anisotrópicos. Há aqui decidida preferência da bornita e calcopirita para substituírem os carbonatos.



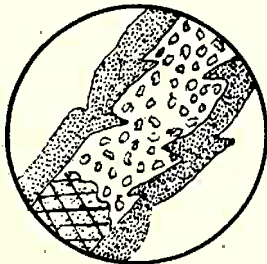
p



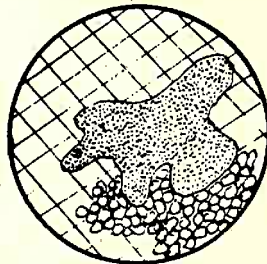
q



r



s



t

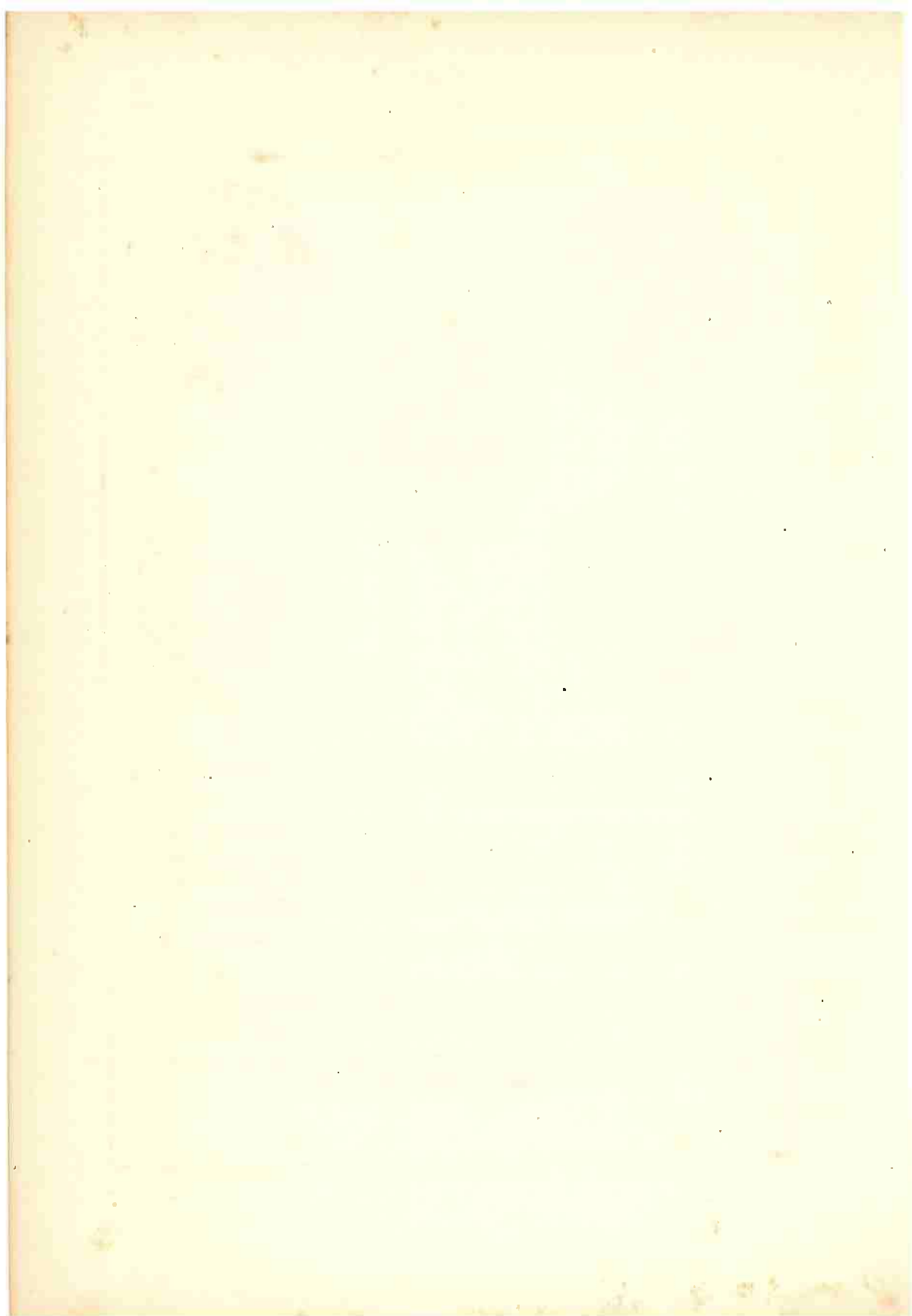
Fig. p - Remanescentes de anquerita na calcedônia fina. Vênula de siderita.

Fig. q - Estrutura do tufo de Morcêgos. Fragmentos de feldspatos, de lava, corpos irregulares de clo_rrita envolvidos por massa detritica. Veia de calcedônia cortada por veia de calcita.

Fig. r - Pseudomorfo de carbonato com calcocita e bornita incluídas.

Fig. s - Veia de quartzo nas bordas e carbonato no centro. Calcocita substituindo o carbonato.

Fig. t - Calcocita substituindo o carbonato e calcedônia silicificando-o preferencialmente.



Malaquita e cuprita.

O carbonato de cobre é abundante na jazida da Barita e tem oferecido resistência ao seu aproveitamento pela facilidade com que escapa aos reagentes da floculação. Está manchando o minério de calcocita finamente disseminada. O óxido de cobre é muito mais raro sendo também um produto de alteração dos sulfuretos, em pequena proporção. Aliás, ambos os minerais são produtos da alteração meteórica do minério, sob a ação dos agentes oxidantes atmosféricos, ou seja, do intemperismo químico. Parece que cuprita gerou, em parte, como alteração primária.

B - MORCÊGOS

Generalidades.

A jazida dos Morcêgos foi trabalhada há muito tempo e forneceu bastante minério. A lavra a céu aberto talhou o morro, foto 4, deixando um paredão contínuo. A mineralização está disseminada em três zonas na lava aglomerática; há veias de centímetros nos tufos. É menos regular, o corpo do minério, do que o da Barita. É atravessada por falhas, que fraturou a lava em certas zonas, que posteriormente foram silicificadas e alguns planos de falha foram preenchidos por hematita ou siderita. Movimentação posterior é indicada pela laminação da siderita, em certas faixas.

As três zonas, mal definidas com minério, correm a faixas de movimentação dentro da direção mais geral, N30°E. O minério é idêntico ao da Barita, diferindo apenas em detalhes, que são úteis, entretanto, ao melhor entendimento da sua origem.

Minerais não metálicos.

Os minerais da encaixante, que é a lava aglome-

rática, apresentam as características já mencionadas para o minério da Barita. Os plagioclásios em parte preservados por hematita, fig. d,e, e a augita completamente substituída por carbonatos, clorita, antigorita, que por vezes estão substituídas por calcedônia.

Os carbonatos ocorrem com abundância como ferro dolomita ou anquerita e calcita posterior. Veias destes carbonatos, cortam o minério, associadas a veias de calcedônia leitosa, que pode aparecer margeando as referidas veias de carbonatos, fig. g, ou veias de quartzo, substituindo-os mais ou menos intensamente. O processo de substituição da ferro-dolomita por calcedônia é frequentíssimo observando-se não raro deposição marginal de hematita, fig. n, quando cessou o processo. O carbonato dissolvido depositou-se não raro o interior de calcedônia, como siderita, ou nas frentes de substituição também. O avanço ou progresso da silicificação do carbonato pode realizar-se por coalescência dos esferulitos de calcedônia, que foram como que a guarda avançada do processo. Alguns esferulitos apresentam anéis de hematita.

Ocorrem também os carbonatos como pseudomórfos de secção poligonal ou arredondada, podendo estar mais ou menos silicificados ou cloritizados. A clorita aparece preenchendo vesículas aproximadamente esféricas, responsáveis pelo pontilhamento macroscópico negro-esverdeado na superfície da rocha.

Encontramos aqui mais evidências de que o processo de silicificação se deu em solução carbonatada. Assim, quando a ferro dolomita é silicificada, há deposição concêntrica de calcedônia e siderita, em bandas ou faixas brancas e avermelhadas, atravessadas perpendicularmente pelos feixes de prismas de recristalização do gel, o que indica sem dúvida, segundo Edwards (34), deposição coloidal para esses minerais, hoje metacoloídes.

Confirma-se aqui a idéia da existência de três ou quatro gerações de carbonatos, pela simultaneidade da precipitação da siderita com calcedônia e pela existência de calcita de deposição posterior; veias de siderita também interrompem-se ao atingirem a calcedônia foto 9.

No final as soluções exauridas de metal só depositaram - calcita **branca**. Nestas veias de carbonatos há eventual-
mente **calcocita azul**, mostrando isso o papel fundamen-
tal das soluções e das zonas carbonatadas na deposição de sul-
furetos também.

A deposição de calcedonia sôbre carbonatos, em drusas, é também observada, assim como a reabertura de veias e novo enchimento por calcedônia, o que indica certa movimentação durante a fase de mineralização.

Um outro aspecto curioso do crescimento dos esferulitos de calcedônia, dentro da ferro-dolomita, é a formação de um núcleo de calcedônia envolvido por siderita, marrom, calcita ou dolomita, conforme a pureza do dolomito em ferro; segue-se um anél de hematita, e depois um outro anél, às vezes mais forte, de hematita, na borda mais externa do carbonato redepositado, fig. o. Neste caso a estrutura parece indicar que as soluções sílico-carbonatadas, ligeiramente oxidantes, depositaram primeiramente a calcedônia e a seguir os carbonatos, ficando o ferro oxidado rejeitado para a periferia durante a cristalização dos carbonatos. Isto é, todo o ferro não foi aceito desta vez na estrutura dos carbonatos, restando um saldo oxidado.

Outra relação ilustrativa é dada pela substituição da anquerita por calcedônia, com a formação de veias de siderita que nascem precisamente nas bordas de substituição, fig. p; isto para mostrar certa sequência no processo de dissolução do carbonato e deposição na veia, em fraturas preexistentes ou após fraturamento do gel já endurecido. São duas etapas da silicificação. A calcedônia, de modo geral, quando depositada em espaços abertos é mais grosseira do que a de substituição. A siderita também preenche fraturas e vesículas, adaptando-se às paredes de calcedônia, recobrando-a; são evidentemente contemporâneas na deposição.

Na jazida dos Morcegos os tufos são mais frequentes do que na Barita. São negros esverdeados, com veias de quartzo e carbonatos. A massa fina clástica pode confundir-se microscôpicamente com a rocha das zonas de fa-

lha. Raros fenocristais integros; quasi sempre são fragmentos destes minerais, que aparecem associados à formas irregulares ou arredondadas, foto 12, cloritizadas, que contribuem pela abundância, para dar a côr negra esverdeada à rocha. Há também formas hexagonais ou poligonais menos regulares, de clorita em agregados de finas palhetas e mais raramente de carbonatos. Formas esferolíticas são comuns como transformação da base vitrea em clorita, sericita, carbonato, antigorita ou óxido de ferro. Frequentes nos tufos são zonas amareladas ou avermelhadas, quasi isotrópicas, mostrando fraca anisotropia com maior aumento do campo microscópico. Generalizada é a matriz ferruginosa que dá às vezes grande dureza à rocha. A hematita é ora densa e opaca cimentando ou envolvendo cristais e fragmentos de minerais, ora é translúcida com muitos minerais dentro de sua massa, fig. d. Fragmentos de tufo mais antigo podem ocorrer dentro de tufos mais modernos, fig. c. Muito característicos também são os fragmentos de fraturas conchoidais ou curvas, cloritizados, sericitizados ou caulinizados, que dão a rocha um aspecto de brecha microscópica. Um fragmento de tufo, de forma elipsoidal e dimensões de 2,8 x 0,8 mmq, apresenta inclusões irregulares, curvas também, de 0,6 x 0,4 mmq, 0,08 x 0,8 mmq e outras dimensões; esses fragmentos são praticamente isotrópicos pela predominância de fina clorita, que substitui a antiga base vitrea, fig. c.

Não observamos grande silicificação dos tufos, porém veias de quartzo e calcedônia, o que permite inferir que na época em que as soluções mineralizadoras penetraram as efusivas, os tufos já estavam praticamente impermeáveis a elas.

Minerais metálicos.

Os minerais opacos do minério são os mesmos assinalados na Barita; calcopirita, calcocita, bornita, covelita e os já citados secundários.

Uma veia de quartzo cristalino mostrou em sua

massa grãos isolados de calcopirita; êstes grãos muitas vêzes associados a siderita, que corroi e atravessa o quartzo, e outro carbonato que parece contemporâneo do quartzo na veia, não o atacando, e estando incluso em grãos de contactos irregulares. Veias de calcedônia também ocorrem com grânulos arredondados de calcopirita, rodeada por siderita. Esta secciona a calcedônia em numerosas veias paralelas e perpendiculares como vimos anteriormente; o carbonato de ferro também enche vesículas na calcedônia.

Outro modo de ocorrência da calcopirita é em grãos disseminados na massa da lava andesítica, sem razão aparente desta distribuição.

A bornita e calcocita ocorrem associadas. A primeira em corpos irregulares de bordas arredondadas, dentro da segunda. Podem aparecer isoladamente como a calcopirita, em cristais vermiculares de dimensões até menores que 0.004 mm. Calcocita e covelita estão sempre intercrescidas, com exclusão da bornita. A calcocita forma também vênulas finíssimas, irregulares, substituindo primitivas veias de carbonatos. A cuprita ocorre disseminadamente.

A razão principal da localização disseminada dos sulfuretos está na distribuição abundante dos carbonatos, na massa da lava alterada. Assim, é frequente observarmos a calcocita, ou outro sulfureto, rodeada por restos corroidos destes carbonatos. Só quando a substituição foi total é que perdemos essa referência aos carbonatos, ou teremos que constatar preenchimento de vesículas.

C - ALCIDES.

A jazida do Alcides é relativamente nova e ainda pouco conhecida, porque foi pouco pesquisada. Há ali também três zonas mais importantes na direção aproximada N30°E, seguindo transversalmente à lombada de pequeno morro, foto 5. Está sendo lavrada a primeira zona nas partes mais baixas, onde há uma falha na direção geral atrás citada.

O minério está finamente disseminado na lava a-

glomerática, que tem fragmentos vizíveis de andesito até 10 cms. Os minerais não metálicos e metálicos são quasi os mesmos já descritos e não haverá necessidade de repetições.

Minerais não metálicos.

Ocorrem todos os já vistos com as mesmas relações.

As alterações, com formação de clorita e carbonatos e introdução silica, são também frequentíssimas, descolorando a rocha para uma cor de tijolo de argila queimado, ou verde escuro.

Uma variedade de clorita aparece em agregados macroscópicos, negros de pixe, gelatinosos, tratando-se da "chlorophaeita", segundo Williams e colaboradores (ob. cit. p. 157), que nada mais é que uma leptoclorita, na definição de Klockmann e Ramdohr (27 p. 623). Ela é um produto da alteração deutérica dos piroxenios, biotita, hornblenda e no caso presente originou-se, sem dúvida, como a clorita, da augita ou outros fêmicos.

Minerais metálicos.

Os minerais metálicos apresentam a mesma e já citada finura dos sulfuretos e mesmo grau de dispersão na rocha aglomerática. Encontram-se às vezes, exemplares do minério que mostram os sulfuretos a olho nú. A finura do grão de sulfureto pode ser avaliada pelas medidas das secções transversais seguintes, em mmq.: os maiores são de 0,8 x 0,4 - 0,4 x 0,1 - 0,6 x 0,3; em média, temos 0,03 x 0,01 - 0,02 x 0,01 - 0,06 x 0,03, estando com maior frequência no intervalo de 0,01 a 0,06 mm.

Entre os minerais opacos ocorre na jazida do Alcides um sulfureto negro, a princípio confundido com calcocita azul-escuro, raramente encontrada nos exempla-

res estudados, e cujas reações de toque e microquímicas conduziram à enargita. Dá forte reação de arsênio e cobre, ausência de Ag e Sb, e é anisotrópico; é dificilmente solúvel no 1:1 HNO₂, e tem boa clivagem numa direção. Segundo Palache e colaboradores (21) a fórmula mais geral da enargita é Cu₃ (As, Sb) S₄; vemos que o antimônio pode substituir parte do arsênio. O minério no caso da amostra analisada tem teor em Sb maior que o do arsênio, cerca de 0,1%, não pedido mas estimado pelo químico na análise n. 153 413 do I.P.T., em anexo. Assim, o Sb e o ~~minério~~ *arsenid* podem ser derivados da enargita ou então outro mineral de cobre e antimônio, não identificado ainda, será responsável pelo Sb. A enargita é mineral de ocorrência comum, associada à calcocita em depósitos de baixa temperatura.

Na jazida do Alcides a enargita ocorre associada a calcocita: esta apresenta-se envolvida ou ligeiramente dorrendo a enargita. Preenche vãos da lava e recobre o quartzo das vesículas. A calcocita e calcopirita podem dar reação positiva de arsênio, graças a estas dependências mútuas dos sulfuretos. Frequentemente a calcocita e a enargita estão associadas à cuprita que as atravessa em veias ou substitue irregularmente.

Apresenta a enargita da mesma maneira que a calcocita, inclusões arredondadas de bornita. As inclusões de bornita podem transformar a enargita em sua variedade avermelhada, que é a luzonita. A substituição dos carbonatos pela enargita é observada, foto 15, ficando assim a distribuição deste sulfureto também na dependência da distribuição dos carbonatos.

A calcocita é anisotrópica, azulada, com frequentes veias de cuprita. Preenche cavidades no quartzo, aderindo às paredes e recobrando cristais idiomórficos deste mesmo mineral, foto 16. Uma relação comum, repetida aqui, é a substituição dos carbonatos, dolomita ou anquerita, pela calcocita com remanescentes irregulares. Um exemplo é dado pela fig. r em que um cristal pseudomorfo ou idiomorfo de carbonato contém inclusões de calcocita e bornita, e pela foto 13 em que uma veia de calcocita es

ta' removendo uma veia de carbonato no interior de uma veia de quartzo fig. 5, a antiga veia de quartzo tinha um núcleo de carbonato, que foi finalmente substituído por calcocita.

O carbonato pode estar silicificado por calcidônia fina, que o substitui; outro carbonato, frequentemente calcita, depositou-se sobre o quartzo.

A bornita e calcocita mostram duvidosas evidências de deposição contemporânea, porque as inclusões de bornita na calcocita são curvas, até vermiculares, foto 14, com contactos regulares que, para alguns autores, são indícios de contemporaneidade, para outros de substituição. Ambos estes sulfuretos perseguem de preferência os carbonatos da lava e aí se localizam por substituição. A silicificação é posterior, em parte, à calcocita, porque substitui o carbonato em torno.

Associações vermiculares, raras, são vistas também entre bornita e calcopirita, aquela com inclusões desta. As duas estão também relacionadas aos carbonatos, corroendo-os. Podem ocorrer também como grânulos isolados, finamente distribuídos na rocha, com granulação menor que 0.08 mm.

Em suma, os sulfuretos apresentam de um lado relações de contemporaneidade parcial ou de sequência, entre a bornita e calcocita, e a calcocita e covelita, estas muito frequentes, e de outro lado uma sequência mais clara entre calcopirita e bornita, ou calcopirita e calcocita.

ALTERAÇÕES DAS ENCAIXANTES

As encaixantes do minério do Seival, especialmente a lava aglomerática, foram alteradas em diversas circunstâncias. Provavelmente logo após a consolidação, soluções deutéricas atuaram através da rocha porosa, modificando os seus minerais. A seguir soluções hidrotermais superpuzeram suas ações às anteriores, somando os

efeitos, e transformando as rochas em verdadeiro propilito; finalmente atuaram a seu modo as águas subterrâneas comuns e o intemperismo químico.

A propilitização é um processo que acompanhou sempre as rochas efusivas do vulcanismo Terciário, que inaugurou grande atividade ígnea no globo, transformando os andesitos, basaltos, etc., em rochas verdes e de outras cores. O termo é especialmente aplicado à alteração clorítica dos andesitos, por soluções deutéricas ou alienígenas, ricas em CO_2 e H_2O , tornando-as caracteristicamente esverdeadas. A matriz perde o caráter microlítico ou vítreo original, passando à textura granular, por recristalização, segundo Johansen (ob. cit. p. 177). Os minerais néo formados são: carbonatos, clorita, epidoto, actinolita, pirita, quartzo, etc., nascidos à custa da destruição dos feldspatos e dos minerais fêmicos, conforme Williams e colaboradores (ob. cit. p. 96).

No nosso caso podemos distinguir os seguintes processos de alteração: 1 - carbonatação; 2 - cloritização; 3 - silicificação; 4 - sericitização; 5 - intemperização. A eles podemos acrescentar a baritização e serpentinização, sem grande importância genética.

Os quatro processos principais de alteração ocorreram em sucessão ou em sequência, na fase deutérica e na hidrotermal, podendo ser considerados simultâneos em cada uma destas fases, em vista da descrição já feita das relações mineralógicas e texturais.

A alteração deutérica é aqui considerada, em parte de acordo com os comentários de Alling (12 p.260), como sendo limitada aos efeitos produzidos por substituição "in situ", dentro da própria massa da rocha eruptiva, pelos resíduos finais da cristalização, principalmente na forma de gases e vapores.

A alteração hidrotermal, é um processo imediato ou remotamente posterior, ou até mesmo contemporâneo do deutérico, em certos casos, implicando substituição com introdução e remoção de substâncias, por soluções aquosas quentes em trânsito.

As alterações ditas secundárias serão aquelas filiadas a uma outra origem e, no caso atual, ao intemperismo químico ou ao complexo da ação meteórica.

1 - Carbonatação.

As soluções deutéricas ou as primeiras emanações vulcânicas que impregnaram os poros da rocha andesítica, deviam ser ricas em CO_2 e vapor d'água, cuja ação combinada decompõe a augita e os feldspatos da matriz e dos fenocristais, com a formação de abundante carbonato. Este chegou até a substituir pseudomórficamente os fenocristais destes silicatos, assim também a antiga base vítrea que apresenta romboedros de ferro-dolomita e anquerita. Estes primeiros carbonatos formados são ferríferos porque provieram principalmente de um mineral ferro magnésiano, a augita. Algum ferro ferroso excedente à saturação dos carbonatos foi depositado como hematita, por oxidação na presença de CO_2 e vapor d'água, em temperatura relativamente alta, sem dúvida, conforme ensaios de Lasky (5). Notamos, às vezes, realmente, agregados irregulares de óxidos de ferro, associados a estes carbonatos; são os primeiros óxidos depositados, de volume muito inferior entretanto àquêles que se formaram sob a ação meteórica. Estes óxidos de ferro cimentaram grande parte dos fenocristais de plagioclásios que escaparam a esta primeira alteração, protegendo-os de posteriores transformações; o mesmo aconteceu aos feldspatos da matriz.

Em seguida, com a chegada das soluções hidrotermais, sem dúvida em parte magmáticas, percolando por fraturas e poros, continuou a mobilização dos carbonatos até o final, depositando veias e enchendo cavidades diversas, a princípio ainda ferríferos e gradualmente perdendo ferro, até veias de calcita pura.

A primeira deposição de ferro dolomita e anquerita, disseminada na massa da lava, precedeu à deposição dos sulfuretos, porque sempre eles estão substituindo estes carbonatos; há, porém, sulfuretos em veias de quart-

zo-dolomito, de sequência posterior, envolvidos por esta ganga.

2 - Cloritização.

A clorita é muito abundante no andesito alterado, na lava aglomerática e nos tufos, conforme vimos anteriormente. Segundo Williams e colaboradores (ob. cit. p.157) quando soluções deutéricas quentes foram ativas, o elemento vítreo das rochas piroclásticas, a base vítrea e os ferrocristais fêmicos da lava, podem ser substituídos por clorita ou "clorophaeita". Já descrevemos estes minerais como presentes na rocha efusiva do Seival, o que confirma ou comprova a presença de uma fase deutérica inicial.

A clorita desta fase está ocupando pseudomórfos de contornos regulares, hexagonais, de ferro-dolomita ou anquerita, ou poligonais de augita, ou ainda forma corpos irregulares, resultantes da transformação da base vítrea original. A clorita substitui o carbonato nestes pseudomórfos, porém, há relações inversas, o que autoriza considerá-los como de deposição contemporânea.

A deposição da clorita efetuou-se também na fase hidrotermal, e então ela preencheu fraturas dos minerais ou da rocha, poros e vesículas e teve em certos casos sequência posterior à calcita, parecendo isto mostrar que as soluções continuaram alcalinas até o final da mineralização.

Os pseudomórfos regulares da clorita deutérica e os agregados arredondados podem ser atravessados por veias de carbonatos, fig. q, que se apresentam por sua vez, substituídas pela segunda geração da clorita. Ela pode corroer ou substituir a calcedônia, estando por vezes em torno dos sulfuretos.

3 - Silicificação.

A deposição de quartzo e calcedônia deutéricas pa

rece ter sido frequente, embora em menor escala do que o carbonatos e cloritas. O preenchimento de vesículas e cavidades amigdaloides por calcedônia bandeada e quartzo central, em locais onde não há evidência de silicificação generalizada, deve ser atribuída ao primeiro estágio de alteração da lava. Isto implica certa migração da sílica dos locais de alteração dos silicatos para os vãos, da mesma maneira que as cloritas ou carbonatos, fazendo presumir ou admitir, como é necessário, a competência das soluções deutéricas para transporte limitado, e nesta conduta está mais uma diferença das hidrotermais.

A estas primeiras soluções pode também ser atribuída a deposição da calcedônia que substituiu os carbonatos, em pseudomórfos isolados, do primeiro ciclo de substituição.

Porém, a maior parte da sílica liberada na alteração da base vítrea e dos cristais silicatados da lava aglomerática, foi mobilizada pelas soluções hidrotermais que se seguiram. Estas soluções, não podemos negar, já deveriam conter alguma sílica coloidal proveniente em parte das soluções magmáticas; as veias de quartzo e calcedônia contém sulfuretos, da mesma maneira que as veias de carbonatos.

As soluções ricas em sílica vieram mais remotamente do que as de simples carbonatos. É muito comum no minério do Seival o processo de silicificação das veias de dolomita e anquerita, assim como dos agregados irregulares de carbonatos, ao passo que é raro o fenômeno inverso. Assim mesmo as exceções observadas correspondem geralmente à calcita, cujas veias seccionam ou substituem a calcedônia. Houve assim uma gradual e progressiva sucessão entre as primeiras soluções hidrotermais, ferríferas e carbonatadas, para as soluções carbonatadas e silicosas, pobres em ferro, até as soluções finais carbonatadas.

Eventualmente, a substituição parcial da ferro-dolomita ou anquerita por calcedônia, promoveu a formação da siderita, que se depositou simultaneamente com a calcedônia, isto é, as soluções silicosas que as substi-



Foto 9 — Veia de calcedonia, bandeada com siderita. Siderita também com fraturas. Luz transmitida, N+.

Foto 10 — Silicificação dos carbonatos, periféricamente, e a partir do interior dos cristais. Luz transmitida, N+.

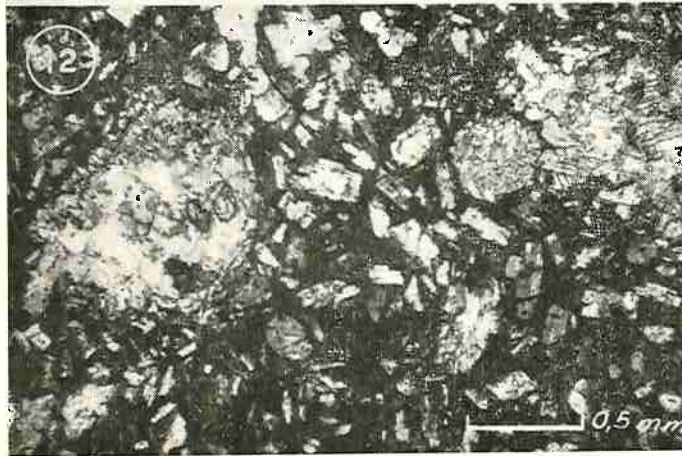


Foto 11 — Andesito amigdaloide, cloritizado e carbonatado. Drusas. Luz transmitida, N+.

Foto 12 — Tufo andesítico. Fragmentos de feldspatos, esferolitos de carbonato e clorita. Luz transmitida, N ||.

turam saturaram-se de ferro e o carbonato precipitou-se como siderita.

Esta deposição se deu também em zonas ou faixas amareladas e marrons concentricamente com a calcedônia, foto 9, isto é, houve um verdadeiro bandeamento da calcedônia e da siderita, que se formaram de gel original. Tanto a calcedônia como a siderita têm fraturas de contração. A calcedônia neste caso pode estar recristalizada radialmente ou plumiformemente, em agulhas finíssimas, cujos leques são perpendiculares às faixas concêntricas, pseudomórficamente preservadas no metacoloide. Neste caso ou nestes locais as soluções não eram oxidantes, visto a preservação integral da siderita; entretanto, em outros locais há evidências de que as soluções mineralizadoras foram pelo menos temporariamente, oxidantes. Assim, na fig. n, a silicificação cessou com a interposição de uma orla de hematita entre a calcedônia e anquerita. Do mesmo modo certos esferolitos de calcedônia no carbonato ferroso, estão com uma aureola de hematita. Percebe-se, nestes casos que o processo de silicificação foi uma substituição gradual dos carbonatos, a partir de mais de um centro, foto 10, ficando em equilíbrio na solução o gel de sílica e os carbonatos. Cessado o processo poderemos ter, como na fig. 0, um núcleo central de calcedônia rodeado por siderita, envolvida, por sua vez, por anél de hematita. A seguir depositou-se dolomita, às vezes em coincidência cristalográfica com o ferro-dolomita hospedeira, com outro anél concêntrico de hematita. Por esses exemplos concluímos que alguma oxidação interferiu com a deposição destas soluções em baixa temperatura, talvez por misturas com outras soluções superficiais ou por simples contaminação.

A silicificação invadiu também a massa da rocha, especialmente onde houve forte carbonatação deutérica da matriz. Neste caso, os blocos de andesito ferruginoso com os feldspatos protegidos, ficaram embebidos em calcedônia, fig. k e foto 8.

Estas soluções silicosas carrearam sulfuretos, principalmente a calcocita, que aparece frequentemente

nas veias de calcedônia e quartzo, assim como nas veias de carbonatos. Parece sem dúvida que uma solução hidrotermal silico-carbonatada foi o agente de transporte dos sulfuretos. De fato a contemporaneidade destes dois minerais, quartzo e carbonato, é notada frequentemente, sendo a relação mais característica o recobrimento do carbonato por quartzo, cujas extremidades prismáticas livres, nem sequer foram corroídas pela deposição da calcedônia ou quartzo e vice-versa.

4 - Sericitização.

A formação da sericita deutérica dificilmente poderá ser diferenciada da sericita hidrotermal. Os argumentos anteriores quanto à silicificação isolada, poderão servir para a sericitização. Assim os feldspatos protegidos e sericitizados, afastados de outras manifestações hidrotermais, podem ser considerados como deutericamente sericitizados. Da mesma maneira a sericita, associada à clorita nos pseudomorfos dos silicatos, poderá ter a mesma origem.

Geralmente os feldspatos estão mais ou menos sericitizados, porém o processo não ganhou a mesma intensidade que a cloritização. Raramente a sericita ocorre associada a clorita nas veias. Na matriz alterada, entre tanto, há finíssimas e numerosas agulhas ou prismas, formando um feltro indefinido que poderá corresponder à maior ocorrência de sericita. Ela é, entretanto, um mineral comum na alteração dos feldspatos, principalmente os potássicos; êsses não são frequentes no andesito, daí mais uma razão para a maior escassez de sericita. Esse mineral poderá, porém, ser introduzido pelas próprias soluções alienígenas.

5 - Intemperização.

As rochas efusivas e o minério, expostos aos

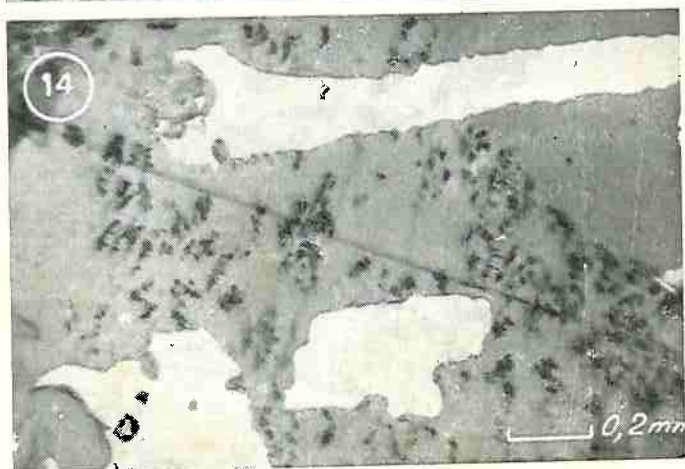
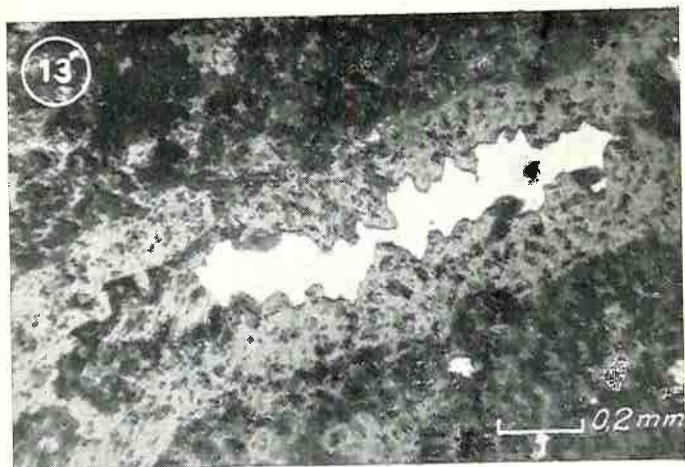


Foto 13 — Calcocita substituindo seletivamente o carbonato, dentro do quartzo. Luz refletida, N ||.

Foto 14 — Calcocita com inclusões de bornita. Veias e amígdalas. Luz refletida, N ||.

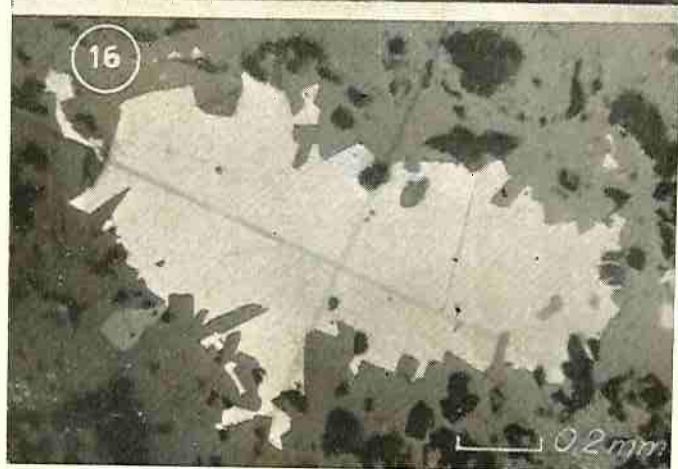
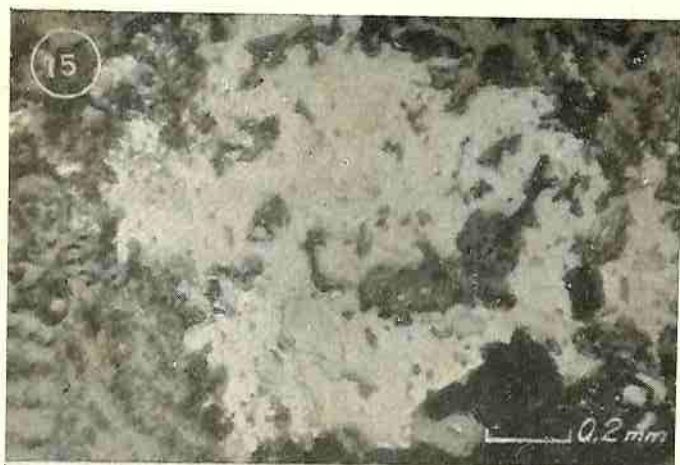


Foto 15 — Calcocita com inclusões de calcopirita e enargita (?).
Luz refletida, N//.

Foto 16 — Calcocita em drusa de quartzo. Projeções de alguns
cristais dentro da calcocita. Luz refletida, N//.

efeitos modificadores da água, do oxigênio e do ácido carbônico, deram origem a diversos minerais oxidados essencialmente secundários, em relação aos anteriores, visto que eles nasceram de outra fonte genética.

As lavas andesíticas e os tufos tiveram seus feldspatos caulinizados em pequena proporção. A maior parte dos feldspatos que escaparam da prévia e intensa alteração primária, ficou abrigada num envólucro de calcedônia ou hematita e, por isso, protegidos contra novas alterações. Muito maior, porém, foi a oxidação dos carbonatos ferrosos, ankerita, siderita e ferro-dolomita e em menor proporção a magnetita e os silicatos ferro-magnesianos. Devido a isso a rocha andesítica é mais ou menos avermelhada na superfície, mesmo quando afastada dos locais mineralizados, e mais porosa, quando intensamente pigmentada de óxidos de ferro.

A profundidade da oxidação é pequena, avançando mais em zonas de falha ou brecciação; podemos observar com frequência a rocha acinzentada próxima da superfície. A estrutura densa do minério impediu também grande alteração.

A escassez de calcopirita e ausência da piritita foram fatores que grandemente contribuíram para limitar a extensão da zona de oxidação.

Quanto aos sulfuretos de cobre a sua alteração, na zona de oxidação, gerou bastante malaquita, que permanece misturada aos sulfuretos de granulação finíssima. Assim o minério carbonatado, esverdeado fortemente, tem sempre algum sulfureto remanescente. Não verificamos a presença de cuprita associada aos minerais secundários.

Na jazida do Seival não houve condições próprias à formação de sulfuretos secundários, que pudessem ser considerados como precipitados em uma zona de cimentação. Esta zona pode tornar-se importantíssima em certas jazidas de cobre, ultrapassando frequentemente em valor a zona primária. Porém, aqui em Seival, ela não encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento, como era de esperar do ambiente carbonatado em que se formaram os sulfuretos e dos carbonatos depositados durante a fase mineralizadora. Com efeito, Bateman (20) considera, entre outras aqui existen

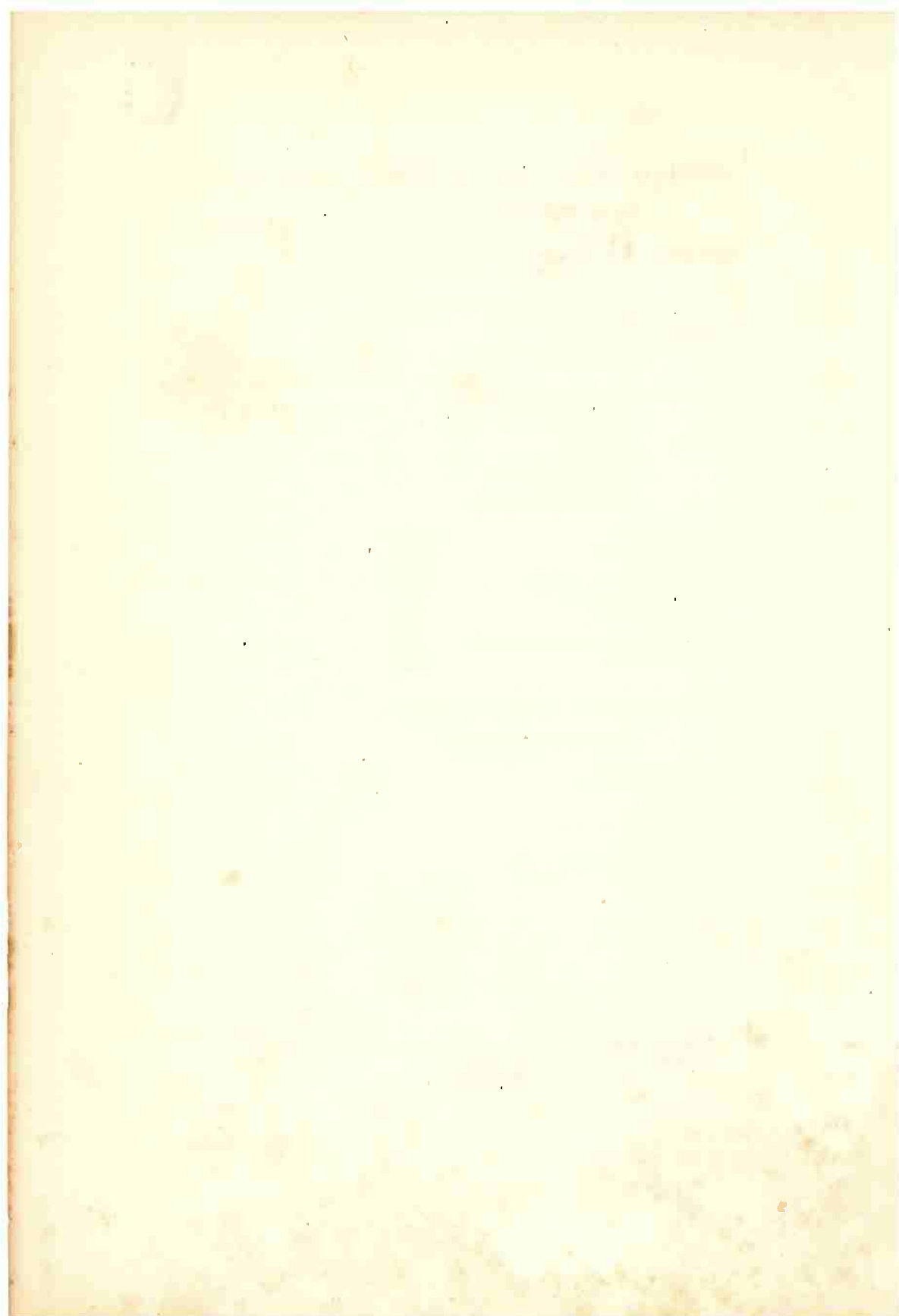
tes, duas condições muito importantes para o desenvolvimento da zona de cimentação: a presença de sulfuretos de ferro, principalmente pirita, arsenopirita ou pirrotita e ausência de uma ganga ou encaixante carbonatada. Ora, como vimos da descrição mineralógica não há pirita no minério e a calcopirita e bornita são escassas, ao passo que predomina abundante ganga de carbonatos. As piritas, na oxidação, fornecem o sulfato férrico, que é um grande solubilizador do cobre e outros metais e os carbonatos da ganga ou da encaixante agem no sentido oposto, fixando na parte superior oxidante, todos os metais que tentarem caminhar até abaixo do nível hidrostático, em busca de um ambiente redutor, onde seriam regenerados os sulfuretos. Por estas evidências consideramos todos os sulfuretos do minério como primários e voltaremos mais adiante a este assunto, com outras observações e argumentos favoráveis à origem primária.

PARAGÊNESE

A paragéneze geral do minério e da encaixante poderá agora ser estabelecida em vista das relações observadas e descritas anteriormente entre os minerais transparentes e opacos.

O quadro paragenético esboçado na figura anexa pretende resumir a evolução das soluções, desde a fase magnética inicial, através das soluções primárias até as alterações secundárias, com os correspondentes grupos mineralógicos, característicos de cada uma destas etapas mineralogénicas.

Após a consolidação das lavas e a paralização dos processos eruptivos, durante a atividade vulcânica, as primeiras emanações ricas em vapor d'água e gás carbônico, e pobres em gás sulfídrico, promoveram a alteração deutérica da base vítrea e dos silicatos pré-formados na consolidação da lava, gerando "in situ" abundantes carbonatos ferro-magnesianos, clorita, etc., e nenhum sulfureto, mesmo a pirita, que é um dos constituintes comuns na



alteração deutérica, destas lavas. A ausência da pirita no minério só poderá ser atribuída ao baixo teor em gás sulfídrico ou grande excesso de gás carbônico entre as emanações, uma vez que o ambiente era rico em ferro, e as demais condições físico-químicas eram favoráveis à precipitação deste sulfureto persistente, que foi preterido pela precipitação dos carbonatos ferrosos e cloritas.

No decorrer da evolução normal dos processos de cristalização, em profundidade, apareceram as soluções hidrotermais, após um recrudescimento da movimentação telúrica com falhamentos e fraturamentos, que serviram de condutos àquelas soluções, até o horizonte da lava aglomerática, porosa e receptora da mineralização cuprífera. A princípio, parece que aquelas soluções foram normalmente enriquecidas em bicarbonatos ferrosos, de mistura com bicarbonato de bário e, em consequência, foram depositadas nas fraturas abertas e poros, a ferro dolomita, a anquerita e a barita.

A barita reforça o conceito do ambiente redutor, necessário à conservação do ferro no estado ferroso, segundo observações de Riley (10). Para nós o aparecimento da barita marca o início da fixação do enxofre que, na forma de gás sulfídrico, foi impedido até então pelo excesso de CO_2 , de reagir com os cations metálicos. O bário pode ter sido derivado das alterações dos feldspatos, conforme opina também Walter (2) ou foi introduzido pelas soluções alienígenas.

Em sucessão, começam a aparecer a calcopirita e a bornita, que nunca foram abundantes, atestando a ação sulfurante das soluções ainda ferríferas. Estes sulfuretos localizaram-se em maior parte por substituição dos carbonatos já depositados, e parecem contemporâneos à fase da barita o que, em parte, assemelha-se à gênese da calcopirita da mina de Camaqua, segundo Leinz e Almeida (18).

As soluções vão evoluindo, porém, com perda gradual do ferro e enriquecimento em gás sulfídrico e sílica. Mas em nenhum momento houve oportunidade para a formação da pirita, talvez pela maior exigência de enxofre ou maior concentração de H_2S ou se ela se formou em escassa proporção, foi totalmente eliminada por substituição. Nesse ambiente

silico-carbonatado-sulfuroso precipitou-se francamente a calcocita, covelita, enargita e possivelmente, outro mineral de cobre e antimônio e prata ou simplesmente de antimônio e prata, não encontrado em nossas pesquisas. A calcocita no início, substituiu a bornita ou depositou-se em parte contemporaneamente com ela; a barita continuou a formar-se em proporções cada vez menores.

A deposição da calcedônia ora precede, ora segue a dos sulfuretos, mostrando isso uma relação contemporânea com eles. Alguma hematita e siderita ainda deposita-se contemporaneamente com a calcedônia. No final do processo as soluções ainda carbonatadas alcalinas, deprimidas de outros elementos, só depositaram calcita e clorita que fecharam o ciclo hidrotermal.

A ação intempérica formou malaquita e cuprita à custa dos sulfuretos de cobre, caulim derivado dos feldspatos e sericita, e hematita resultante da oxidação dos minerais ferríferos.

Um problema de interesse genético e econômico que deve ser aqui abordado é o da genese da calcocita. Sabemos que este sulfureto ocorre em abundância nas jazidas de cobre formadas em baixa temperatura e pressão, podendo ser de origem primária ou secundária.

A calcocita primária pode apresentar-se como pseudo cúbica acima de 91°C a 105°C, ou ortorombica quando formada abaixo deste intervalo, em soluções hidrotermais. Com a queda da temperatura a calcocita inverte-se, naquele intervalo, para a forma ortorombica, se for pura ou tiver menos de 8% de covelita dissolvida.

A calcocita secundária forma-se na zona de cimentação, geralmente abaixo do nível hidrostático, sendo um sulfureto regenerado de soluções sulfatadas sobre os sulfuretos primários, como núcleos de precipitação. Já assinalamos anteriormente a ausência das piritas de ferro no minério do Seival, o que exclui de início a formação do sulfato ferroso, que é o maior solubilizador dos metais na zona de oxidação; mostramos também a abundância da ganga calcárea. Estas duas condições associadas inibiram a formação da calcocita secundária. O exame das

relações deste sulfureto, com minerais possivelmente secundários só nos mostrou a alteração da calcocita para cuprita, ou malaquita, e vênulas de calcita em suas fraturas. A origem secundária da calcocita está portanto excluída, no horizonte da lava aglomerática.

Resta-nos examinar as duas outras possibilidades da condição hipogêna. Para nós este sulfureto formou-se num intervalo de temperatura que vai desde o momento de sua precipitação contemporânea com bornita até a precipitação de calcocita contemporânea de covelita; ou quando isenta deste intercrescimento apresentar fraturamento de contração, isto é, com características de um verdadeiro gel de sulfureto já recristalizado, com fraturas idênticas às "syneresis", de Bastin (32).

Vejamos as relações de calcocita com a bornita. A bornita ocorre em associação com a calcocita, sempre inclusa, como formas dispersas irregularmente na massa desta, com contornos regulares e curvos suaves. Dá perfeita idéia de uma textura de substituição ou de intercrescimento gráfico de substituição, Edwards (ob. cit. p.140 e 146).

Leinz e Carneiro (ob.cit.p. 39-40) ao estudarem as relações de calcocita com a bornita no minério da mina de cobre de Camaquã, dão para esta estrutura gráfica uma interpretação metasomática, ou seja resultante da substituição da bornita pela calcocita, ascendente ou não. Entretanto, como é provável que no final da precipitação da bornita, quando as soluções estavam muito empobrecidas em ferro, alguma calcocita tenha precipitado, admitimos certa contemporaneidade nesta fase final, de acordo aliás com a exposição do assunto feita por Schwartz (13), que assinala ser muito discutida essa textura gráfica ou subgráfica mirmequitica ou pseudoeutética, entre esses dois sulfuretos. Para Edwards, (ob.cit.p. 97), a demixturação destes dois sulfuretos só raramente conduz a uma textura ou intercrescimento gráfico, e mais comumente a textura é a de um arranjo triangular da bornita sobre as faces (111) da calcocita, que correspondem a faces comuns do S (111) e do cobre (111); a distância entre estes planos na bornita é 3.84 \AA e na calcocita 3.95 \AA , cerca de 3% de diferença.

Não observada esta textura triangular no minério do Seival.

Ainda segundo Edwards (ob.cit.p. 97) a solução sólida destes dois sulfuretos é atingida de 175°C a 275°C com teóres de 15% a 60% de bornita na mistura. Teóres mais baixos de bornita dão à calcocita um tom azulado e não cinza claro. Assim, um arranjo triangular entre bornita e calcocita indica sem dúvida uma calcocita primária cubica, que não deve ser confundida com a calcocita azul de origem secundária. Para nós a calcocita do Seival é predominantemente posterior à formação da bornita, e frequentemente substitue esta.

Vejam os agora as relações calcocita-covelita. Estes dois sulfuretos aparecem com muita frequência intercrescidos no minério do Seival. A covelita ocorre inclusa na massa da calcocita sob forma de cristais esqueléticos, mais ou menos em linhas ou angulos retos, e também de prismas ou agulhas, não relacionados a fraturas, mas talvez a direções cristalográficas. Às vezes houve completo pseudomorfismo sobre a calcocita, podendo-se observar grãos deste sulfureto substituídos por agregados aciculares de covelita. Para nós, houve duas alternativas, sendo a primeira e a mais importante da ex-solução, assinalada pelos intercrescimentos recíprocos, segundo esclarece Bastin (ob. cit. p. 82), e a segunda também comum, a substituição pseudomorfica. Entretanto é importante notar que essas substituições ou pseudomorfos são exclusivos da covelita sobre a calcocita, nunca sobre bornita ou calcopirita. Isto parece indicar uma formação da covelita, exclusiva e limitada à deposição da calcocita. Talvez um processo de demisturação homogênea de uma solução sólida dos dois sulfuretos. A contemporaneidade é patente, embora haja períodos curtos de sequência dentro do mesmo intervalo.

A solução sólida do sistema calcocita-covelita, como foi demonstrado por Posnjak, Allen e Mervin (3) e por Bateman e Lasky (7) está em torno de 100°C, e verificaram ser a temperatura de 75°C o ponto de demisturação, com o desenvolvimento de agulhas de covelita orientadas nos pla

nos (111) da calcocita. Não verificamos no minério do Seival, precisamente esta textura dos dois sulfuretos, porém há grande penetração de agulhas da primeira sobre a segunda e inclusões de cristais regularmente orientados. A retenção de mais de 8% de covelita na calcocita impedirá a inversão da forma cúbica para a ortorombica, ficando isotrópica à temperatura ambiente. No minério do Seival a calcocita é acentuadamente anisotrópica, porém muitos grãos a pareçam isotrópicos, seja pela orientação ótica, seja pela possível não inversão.

Buerguer (17) estudando o sistema $Cu_2S - CuS$, e examinando os resultados por raios X, em câmara com temperatura controlada, verificou que esse sistema contém três compostos à temperatura ambiente ou seja, calcocita (Cu_2S)-digenita (Cu_9S_5) - covelita (CuS). A digenita corresponde à calcocita azul e tem estrutura hexagonal básica, pseudo-cúbica, sendo que a calcocita cúbica para ele não ocorre a baixo de $300^{\circ}C$. Aquecendo a calcocita pura achou que os átomos de cobre entram em desordem a $78^{\circ}C$ e esta desordem é completa a $105^{\circ}C$; se o aquecimento é feito em contacto directo com o ar, a calcocita começa a inverter para digenita ou calcocita azul, e a desordem da estrutura do cobre permite crescente solução sólida com a calcocita ou covelita. O resfriamento lento no sentido da restauração da estrutura ordenada ortorombica, produz a demisturação da solução sólida, refletida em um intercrescimento de calcocita e digenita, calcocita branca e azul, seja em um intercrescimento de calcocita e covelita. O resfriamento rápido, porém, conduz a uma solução sólida homogênea.

Embora esses critérios sejam de difícil aplicação prática, sendo quasi sempre indispensável o auxilio dos raios X, pudemos verificar no minério do Seival a calcocita esbranquiçada e a azulada, por inclusões de covelita ou de bornita. Como há fraca possibilidade de origem secundária, a interpretação é fácil, para a calcocita azul, que seria primária de baixa temperatura.

Para verificar se a calcocita é primária e forma da acima de $105^{\circ}C$, deve-se procurar a ocorrência simultânea de alguns dos critérios e práticas sugeridos por Kelley (11).

- 1 - Completo isotropismo sob luz polarizada.
- 2 - Côr azul aço característica, indicando tal vez covelita a mais de 8 %, que impede a inversão para ortorombica.
- 3 - Substituição ou exsolução segundo planos cristalográficos isométricos produzindo contornos triangulares ou ortorombicos.
- 4 - Raios X.
Quando invertida para ortorombica, o problema é verificar a procedência isométrica da calcocita. Os critérios são:
 - 5 - Maior tamanho de grão, revelado por toques.
 - 6 - Substituição da calcocita grosseira por calcocita de granulação fina, que pode ser provada secundária.
 - 7 - Interrelações de grãos das mesmas dimensões, que não inverteram porque havia localmente mais de 8 % de covelita.
 - 8 - Coloração cinza rósea da calcocita devido a solução sólida da bornita na calcocita, formada acima de 91°C.
 - 9 - Calcocita lamelar que, segundo Schneiderhon e Ramdohr, é uma forma paramórfica da calcocita formada acima de 91°C.

A calcocita primária formada abaixo de 91°C, ortorombica, não terá ancestral cúbico e parece-se muito com a secundária. Os critérios 1 e 2 podem ser usados e outras evidências devem ser colhidas tais que:

- 10 - Posição indiscutível abaixo da zona secundária de oxidação-cimentação.
- 11 - Participação zonada com outros minerais primários.
- 12 - Substituição de calcocita por outros minerais primários.

13 - Possibilidades para a formação de uma zona de cimentação.

A origem secundária da calcocita do minério do Seival já foi por nós afastada, graças às evidências diretas proporcionadas pela mineralogia do minério, estudo que preencheu as condições do item 13 acima.

A origem primária foi confirmada à base da aplicação parcial dos critérios mencionados anteriormente, nomeadamente dos critérios 1 - 2 - 7 - 8 - 11 - 12 - 13. Além de tudo, em virtude do intercrescimento com a covelita, que se dá a 75°C, a origem da calcocita primária está neste intervalo de temperatura, devendo ocorrer portanto, no minério, as formas cúbica, ortorombica sem ancestral cúbico e ortorombica invertida. Entretanto a maior intensidade da precipitação parece que ocorreu na forma ortorombica, abaixo de 91°C, devido à frequência da associação com a covelita, intercrescida com a calcocita.

CLASSIFICAÇÃO DAS JAZIDAS.

As jazidas do Seival têm filiação hidrotermal magmática, conforme inferimos do estudo anterior. A mineralização em todas as ocorrências passou pelas mesmas fases do ciclo mineralizador e concretizou-se em posição muito próxima da superfície primitiva, pois que está associada às lavas e tufo andesíticos. Embora não conheçamos ainda a espessura desses derrames, sabemos entretanto que não foram frequentes os extravasamentos da lava andesítica na superfície irregular preexistente ou antiga, isto é, o volume da lava não deve ter sido muito grande, tendo o magma ficado na maioria dos casos confinado em sua câmara superficial. Estas lavas têm, talvez, várias dezenas de metros de espessura em Seival, pois podemos deduzir pelo nivelamento topográfico, cerca de 80 metros. Trata-se portanto de uma mineralização hidrotermal, muito próxima dos depósitos de fontes quentes, cuja temperatura máxima deve ter sido inferior a 175°C, conforme vimos anteriormente.

Segundo critério genético adotado por Lin¹⁹⁶⁰ (9), à base da profundidade e temperatura, podemos considerar a mineralização como tendo sido realizada no intervalo epitermal. Adicionalmente as características texturais abaixo, confirmam esta classificação.

- 1 - Granulação extremamente fina dos sulfuretos.
 - 2 - Quartzo calcedônico com textura coliforme , metacolooidal.
 - 3 - Preenchimento de vesículas, por sulfuretos e ganga, às vezes bandeados.
 - 4 - Presença de barita, que é mineral de baixa temperatura e pressão.
-

Análises Químicas
INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
Analista Dr. Pedro Santini.

CERTIFICADO OFICIAL Nº. 148 818

Minério do Seival.

Umidade.....	1,07 %
Perda ao fogo	3,32 %
Silica (SiO ₂)	55,6 %
Oxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	14,5 %
Oxido de titânio (TiO ₂)	0,98 %
Oxidos de ferro (em Fe ₂ O ₃)	9,50 %
Oxido de cálcio (CaO)	3,65 %
Oxido de magnésio (MgO).....	2,06 %
Oxido de sódio (Na ₂ O)	3,40 %
Oxido de potássio (K ₂ O)	2,45 %
Enxofre (S)	0,83 %
Fósforo (P)	0,35 %
Prata (Ag)	traços
Ouro (Au)	não encon-
	trado.
Cobre (Cu)	1,58 %

Análise espectrográfica.

Além dos elementos acima a análise espectrográfi-
ca revelou ainda a presença de pequenas quantidades de ní-
quel, bário e traços de chumbo, estanho, vanádio, berílio,
cromo, boro, cobalto, antimônio e manganês.

São Paulo, 15 de maio de 1 957

CERTIFICADO OFICIAL Nº 153 413

Minério da jazida do Alcides, Seival.

Cobre (Cu)	2,05	%
Arsênio (As)	0,0003	%
Prata (Ag)	0,0058	%
Ouro (Au)	inferior a	0,0005 %

São Paulo, 9 de novembro de 1957

TRABALHOS DE PESQUISA E RESERVAS PARCIAIS.

O primeiro planejamento de pesquisa sistemática das jazidas do Seival foi lançado por nosso saudoso colega, Emilio Alves Teixeira que, por parte do D.N.P.M. estava naquela época fazendo um reconhecimento das possibilidades do cobre no Rio Grande do Sul. Sugeriu Emilio Teixeira a necessidade da pesquisa superficial, por poços e galerias, ser auxiliada por perfuração a sonda, a diamante. Após o levantamento planimétrico e altimétrico da área da concessão em 1939, os trabalhos de pesquisa concentraram-se nas jazidas da Barita e dos Morcêgos e outras de menor importância, pois a do Alcides só muito depois é que foi descoberta e examinada.

Estabelecido o plano de cooperação entre a Diretoria da Produção Mineral e o D.N.P.M. para a pesquisa de cobre no Rio Grande do Sul, fomos designados pela

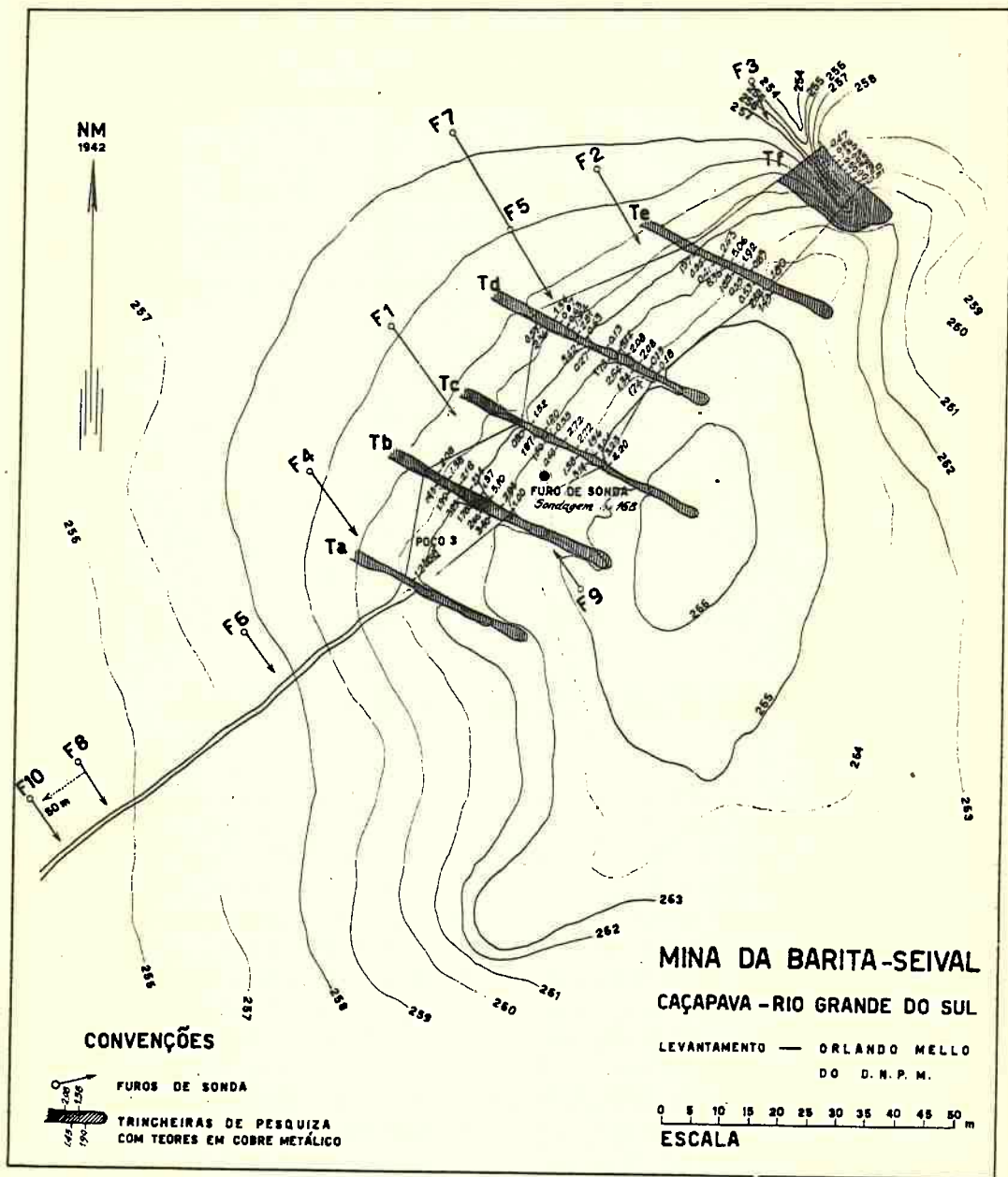
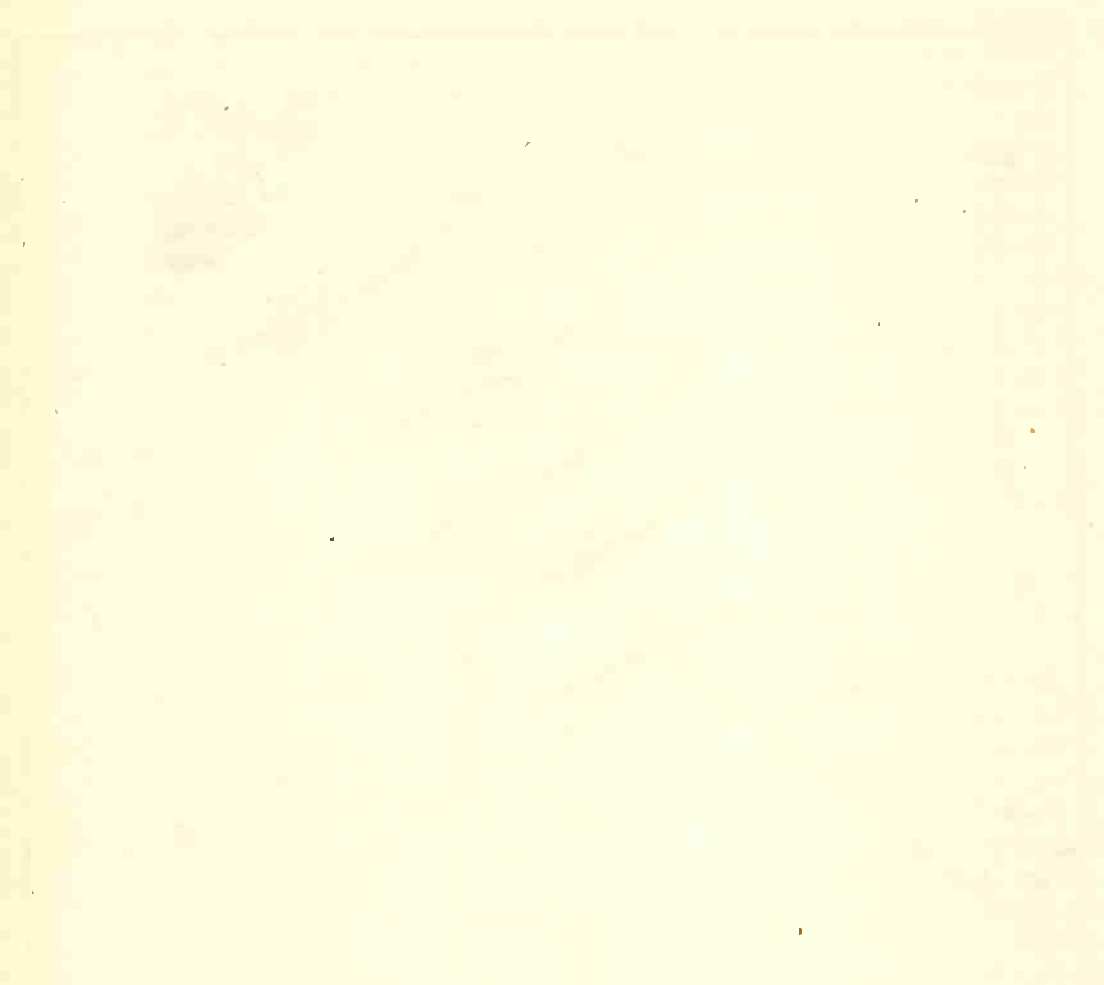


Fig. 4



1. The first part of the
 2. second part of the
 3. third part of the
 4. fourth part of the
 5. fifth part of the

1. The first part of the
 2. second part of the
 3. third part of the
 4. fourth part of the
 5. fifth part of the

D.P.M. para dirigir os serviços de pesquisa na jazida do Cerro dos Martins, em 1940, e posteriormente no Seival, abrangendo tais serviços, escavações superficiais e sondagens a diamante, estas a cargo do D.N.P.M.. Residindo na própria mina, pudemos acompanhar de perto a execução dos trabalhos de pesquisa projetados e locados por nós, e apresentamos um relatório referente à cubagem parcial da ocorrência da Barita e o respectivo plano de bom aproveitamento. Depois de nosso afastamento os serviços continuaram sob a orientação do Eng^o. José Garcia, nosso colega na D.P.M.. Entretanto a pesquisa da Barita por meio de sondagens e trincheiras ficou terminada em 1942 e os resultados da pesquisa são dados a seguir.

BARITA

a) Pesquisa.

A planta altimétrica da jazida Barita, fig 4, foi levantada por Orlando Melo do D.N.P.M.. As trincheiras Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf, e o furo de sonda vertical n. 168 foram executados ainda sob a orientação de Emílio Teixeira, assim como a amostragem destas trincheiras e do furo. As análises destas amostras, cujos teóres vão representados em planta, permitiram limitar lateralmente o corpo mineralizado e calcular o teor médio na superfície. A forma aparente manifestou-se como lenticular, bojuda na parte média, correspondendo a uma zona de intensa impregnação superficial, esverdeada pela malaquita. Na trincha Ta a espessura mineralizada reduz-se a 3 metros, com teor médio 1,53 % Cu e a mineralização cai para menos de 1 %, no prolongamento para sudoeste, onde a lente reduz-se a uma zona tabular de 2 ms de espessura, em média. Essa fratura foi testada pelos furos de sonda F₆, F₈, F₁₀, cujos testemunhos analisados deram baixo teor, conforme relação adiante. Esse prolongamento não é visível na superfície. No extremo NE a trincheira T_f tem 9 m mineralizados, com 0.66 % Cu. A mineralização talvez continue além desses vestígios de cobre, pois essa zona para NE foi objeto da mais antiga lavra conhecida, antes da primeira Grande Guerra.

Os resultados da amostragem feita em canais a meia altura das trincheiras, de metro em metro, analisadas no laboratório do D.N.P.M., montado na vizinha cidade de Lavras, são os seguintes:

Trincheira	Exp. miner. E, m	Teor médio T %	Distância D, m	Produtos E. D.	Produtos EDT	Valores médios.
Ta	3	1.53	18.50	55.50	84.91	$\text{Teor médio } T_m = \frac{2.478.34}{1.483.75} = 1,67\%$ $\text{Possança média na superfície } P_m = \frac{77}{6} = 12,83 \text{ m}$
Tb	16	2.29	16.75	268.00	613.72	
Tc	16	2.21	16.50	264.00	583.44	
Td	18	1.55	20.25	364.50	564.97	
Te	15	1.50	22.25	333.75	500.62	
Tf	9	0.66	22.00	198.00	130.68	
Somas	77	—	116.25	1483.75	2478.34	

Essas trincheiras interceptaram uma área mineralizada na superfície, de possança média 12,83 m e teor médio 1,67 % de cobre metálico.

O poço antigo nº 3 foi também amostrado de dois em dois metros, na parede NE, e deu os seguintes resultados.

Poço nº. 3.

Na superfície.....	3,22 %	Cu
A 2 m de profundidade	3,05 %	"
A 4 m de profundidade	1,16 %	"
A 6 m de profundidade	2,24 %	"
A 8 m de profundidade	0,25 %	"
A 10 m de profundidade	1,17 %	"
A 12 m de profundidade	nihil	"

Esses valores mostram a diminuição do teor do minério com a profundidade. Galerias traçadas no fundo do poço deram resultados negativos. O corpo do minério tem um mergulho de cerca de 50°, como veremos nas sondagens, e neste poço a lente foi cortada na profundidade de 10 metros. Até aqui o teor ao longo da parede é de 1,68% de cobre metálico, isto é, média idêntica à da superfície.

O furo de sonda nº 168, vertical, é também antigo, porém os testemunhos foram amostrados de metro em metro, e analisados. Os resultados são:

Furo 168

0 a 1 m - 4,9 % Cu.....	9 a 10 m 6,1 % Cu
1 " 2 m - 5,6 % Cu.....	10 " 11 " 0,6 % "
2 " 3 m - 5,5 % Cu.....	11 " 12 " 0,49% "
3 " 4 m - 4,00 % Cu	12 " 13 " 0,52% "
4 " 5 m - 3,00 % Cu	13 " 14 " 0,49% "
5 " 6 m - 1,3 % Cu	14 " 15 " 0,18% "
6 " 7 m - 2,6 % Cu	15 " 16 " 1,2 % "
7 " 8 m - 2,3 % Cu	16 " 25 " 0,6 % "
8 " 9 m - 2,4 % Cu	25 " 46 nihil "

Também nesse furo, a 10 metros, foi atravessada a lente rica, caindo bruscamente os teóres para valores inferiores a 1%. Até 10 metros o teor médio do furo 168 é de 3,77 % de cobre metálico.

A amostragem e análise dos trabalhos preexistentes, isto é, de todas as trincheiras, do poço 3 e do furo 168 mostraram a importância da mineralização da Barita. Eram porém ainda insuficientes para uma apreciação segura de toda a reserva de minério, assim como do teor da massa restante da jazida, não atingida por trabalhos de pesquisa.

Para completar o programa de pesquisa, locamos do lado do mergulho da lente os furos de nº 1 a 10 e o furo 21, inclinados de modo a atravessarem a lente ao nível da última zona rica indicada pelo poço nº 3 e pelo furo 168. A direção da sondagem é S35^oE, perpendicular à direção da lente.

Todos os testemunhos dos furos foram amostrados e analisados em Lavras, no Laboratório do D.N.P.M., assim como a lama correspondente.

Os resultados foram os seguintes.

Furo 1

Direção S35^oE - Inclinação 53^o - Comprimento 45m

Testemunho	Lama
17 a 18 m - 0,54 % Cu	
18 a 19 m - 1,11 % "	
19 a 20 m - 1,42 % "	traços
20 a 21 m - traços % Cu	1,09 % Cu
21 a 22 m " " "	nihil
22 a 23 m nihil % Cu	nihil
23 a 45 m nihil % "	nihil

De 0 a 17 metros a sonda atravessou a lava aglomerática fraturada, decomposta, que deu testemunhagem fragmentada. De 17 a 23 metros, andesito brechoso, com veias de calcita e barita.

De 23 a 45 metros, lavra aglomerática e tufo.

Furo 2

Direção S35°E - Inclinação 38° - Comprimento 34 m

Testemunho	Lama
10 a 12 m - traços	
12 a 15 m - 0,84 % Cu	
15 a 16 m - 4,07 % "	..... 2,65 % Cu
16 a 17 m - 6,12 % "	..... 4,61 % "
17 a 18 m - 2,15 % "	..... 2,77 % "
18 a 20 m - 0,4 % "	..... 0,87 % "
20 a 25 m - traços % Cu	..... traços % "
25 a 34 m - traços % Cu	..... nihil % "

Até 10 metros, rocha decomposta. De 10 a 25 m, lava aglomerática, mineralizada com calcita, cortada por filetes de quartzo e barita. De 25 a 34 m, lava aglomerática e tufo, cortados por filetes de barita e calcita.

Furo 3

Direção S35°E - Inclinação 45° - Comprimento 30 m

Testemunho	Lama
Entre 17 a 31 m - traços	nihil

De 0 a 17 m - terra vegetal e rocha decomposta.

De 17 a 18 m - lava aglomerática, muito alterada, filetes de calcita e barita.

De 18 a 21 m - lava aglomerática, fortemente silicificada com traços de minério.

De 21 a 30 m - lava aglomerática e tufo com filetes de calcita.

Furo 4

Direção S35°E - Inclinação 38°30' - Comprimento 25 m

Testemunho

Lama

Entre 11 a 25 m - traços 0 a 25 m - traços

Até 2 metros terra vegetal

De 2 metros a 11 m. lava aglomerática, com filetes de calcita.

De 11 metros a 25 m - lava aglomerática, silicificada e veias de baritina;

filetes de quartzo e calcocita esparsa.

Furo 5

Direção S35°E - Inclinação 45 ° - Comprimento 26 m

Testemunho

Lama

			4 a 5 m ..0,78% Cu
			5 a 6 m ..0,42% "
0 a 6,45 m - 0,76 % Cu		6 a 7 m ..0,21% "	
6,45 a 7,55 m - 0,46 % "		7 a 8 m ..1,26% "	

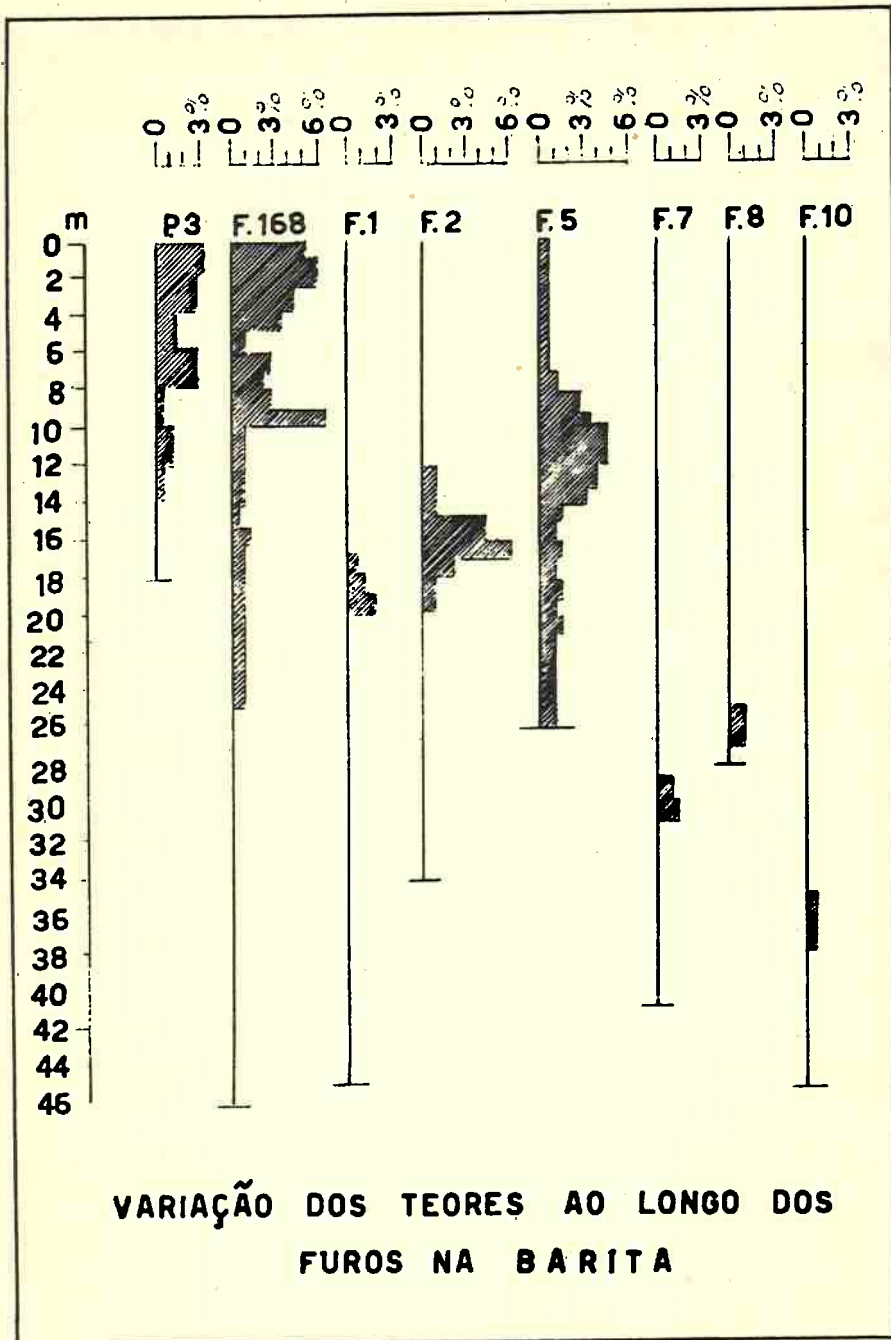


Fig 6

Testemunho	Lama
7,55 a 8,84 m - 3,02 % Cu	8 a 9 m ...1,58 % Cu
8,84 a 10,00 m - 3,37 % "	9 a 10" ...1,63 % "
10 a 12,00 m - 4,73 % "	10 a 12" ...3,63 % "
12 a 13,30 m - 3,76 % "	12 a 13" ...3,86 % "
	13 a 14" ...2,07 % "
13,30 a 15 m - 1,32 % "	14 a 15" ...1,27 % "
15 a 16 m - 0,36 % "	15 a 16" ...0,67 % "
16 a 17 m - 0,81 % "	16 a 17" ...0,89 % "
17 a 18,50 m - 0,67 % "	17 a 18" ...0,49 % "
	18 a 19" ...1,11 % "
18,50 a 19,50 m - 0,52 % "	19 a 20" ...0,93 % "
19,50 a 26,00 m - traços % Cu	20 a 21" ...1,10 % "
	21 a 22" ...0,79 % "
	22 a 23" ...0,70 % "
	23 a 24" ...0,76 % "
	24 a 25" ...0,88 % "

De 0 a 6 m - rocha decomposta e terra vegetal.

De 6 a 13,50 m - lava aglomerática e tufo com calcocita malaquita.

De 13,50 a 26 m - lava aglomerática e tufo com filetes de quartzo; silicificação generalizada, filetes de barita, calcocita dispersa e escassa.

Furo 6

Direção S35^oE - Inclinação 60^o - Comprimento 25 m

Testemunho	Lama
15 a 25 m - traços	15 a 25 m - traços

- De 0 a 15 m - não deu testemunho e lama. Rocha decomposta e fraturada.
De 15 a 25 m - tufo com filetes de quartzo, barita e rara calcocita.

Furo 7

Direção S35°E - Inclinação 45° - Comprimento 41 m

Testemunho

Lama

15 a 29 m - traços Cu	20 a 29 m - traços Cu
29 a 30 m - 1,10 % "	29 a 30 m - 0,27 % "
30 a 31 m - 1,29 % "	30 a 31 m - 0,99 % "
31 a 41 m - traços "	31 a 41 m - traços "

Na perfuração perdeu-se a lama até 20 metros e a testemunhagem até 15 metros.

- De 0 a 15 metros - Rocha muito decomposta, fraturada.
De 15 a 41 metros - Tufo silicificado, filetes de calcita e barita, calcocita disseminada.

Furo 8

Direção S35°E - Inclinação 60° - Comprimento 28 m

Testemunho

Lama

24 a 25 m - 0,17 % Cu	
25 a 25,60 m - 0,72 % Cu	25 a 26 m - 0,44 % Cu
25,60 a 26,50 m - 0,50 % Cu	26 a 27 m - 0,22 % "
26,50 a 28 m traços Cu	27 a 28 m - 0,80 % "

- De 0 a 25 m - Rocha decomposta.
- De 25 a 28 m - Lava aglomerática, brecha tectônica e tufo, com filetes de calcita e barita.

Furo 9

Direção N35°W - Inclinação 58° - Comprimento 39 m

Testemunho

Lama

30 a 31 m - traços 4 a 39 m - nihil

- De 0 a 3,50 - terra vegetal.
- De 3,50 a 39 - lava aglomerática, brecha tectônica, tufo, filetes de barita.

Furo 10

Direção S35°E - Inclinação 58° - Comprimento 44 m

Testemunho

Lama

35,50	a	36,50	m	-	0,41 %	Cu			
36,50	a	37	m	-	0,22 %	"	.....	5 a 44 m	- nihil
37	a	37,70	m	-	0,55 %	"	.....	-	-
37,70	a	42	m	-	traços	"	.....	-	-

- De 0 a 5,00 m - terra vegetal, rocha decomposta.
- De 5,00 a 44 m - lava aglomerática, brecha tectônica, tufo com filetes de barita.

Furo 21

Direção S35^oE - Inclinação 40^o - Comprimento 50 m

Testemunho

Lama

0 a 50 m - nihil 0 a 50 m - nihil

De 0 a 50 m - Furo negativo. Lava, brecha tectônica, tufo.

Examinando o resultado das sondagens notamos que os furos mais ricamente mineralizados foram aqueles abaixo da zona coberta pelas trincheiras, ou sejam os furos 1, 2, 5, 7, fig. 4. Os furos 3 e 4 localizados nos extremos da lente, atravessaram zonas fracamente mineralizadas. Os furos 6, 8, 10 foram localizados com o objetivo de verificar se havia boa continuidade da mineralização na direção geral da lente, isto é, a ... N55^oE. Entretanto, apesar de existir uma zona de cerca de 2 metros de espessura, ela é fracamente mineralizada, com teores geralmente menores de 1 % de cobre. Tiveram estes furos o mérito de identificar uma direção predominante de mineralização, que é aquela precisamente da falha da Barita. O furo 21 foi localizado no extremo oposto e não revelou mineralização nenhuma para nordeste da lente.

Terminado este programa de sondagem julgamo-lo suficiente para bloquear uma pequena reserva para a Barita. Vê-se que o corpo do minério é lenticular não só no sentido da direção como do mergulho.

b) CUBAGEM.

O método de cubagem baseou-se nas seções transversais da Barita representadas na fig. 5.

SECÇÕES TRANSVERSAIS DA BARITA

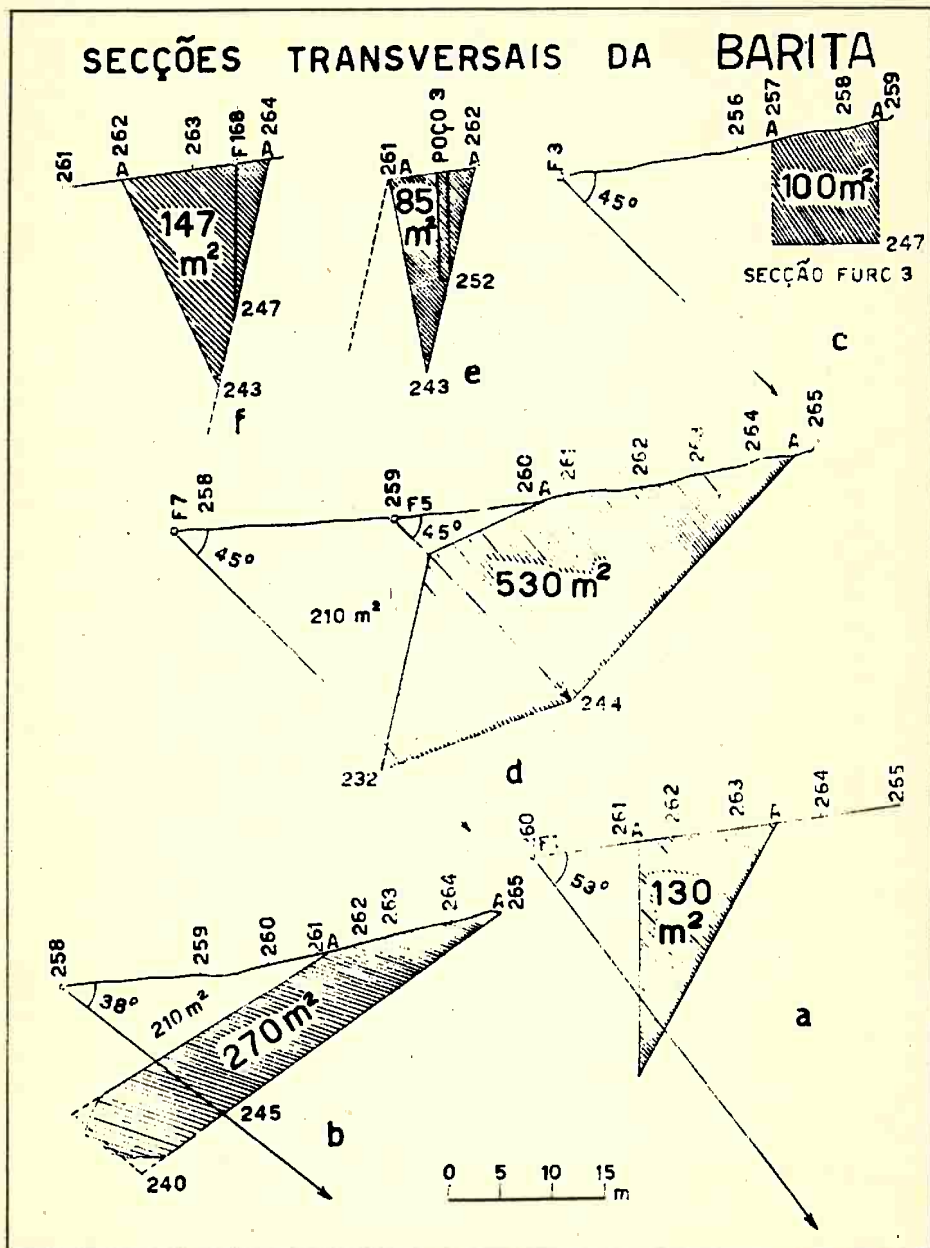


Fig. 5

A fig. 5a, representa a secção transversal do furo F. 1, perpendicular à direção do alongamento, onde locamos o comprimento mineralizado, pela descrição. Ligamos a capa e a lapa ao afloramento e prolongamos até a cota 243. Na fig. 5b, o perfil do F. 2, na mesma direção anterior, supondo a mineralização contínua além de F. 2, e a base na cota 240; ligamos os pontos correspondentes da capa e da lapa, e prolongamos até a cota 240, da mesma maneira procedeu-se para as outras secções, sendo de notar que adotamos a cota 243 para base da secção do poço nº. 3 e do furo vertical F. 168. Para o F. 3, negativo, adotamos para o perfil a mesma profundidade do poço. Calculamos as áreas dos perfis, e considerando as distâncias entre perfis, teremos:

$$\text{Volume entre } T_a \text{ e } P_3 - V_1 = \frac{1}{3} \times 85 \cdot 6 = 170 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume entre o } P_3 \text{ e a sec. do } F_1 - V_2 = \frac{85 + 130}{2} \times 17 = 1827 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume entre a sec. do } F_1 \text{ e sec. do } F_{168} - V_3 &= \\ &= \frac{130 + 147}{2} \times 7 = 969 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume entre a sec. do } F_{168} \text{ e sec. do } F_5 \text{ e } F_7 - V_4 &= \\ &= \frac{147 + 530}{2} \times 18 = 6093 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume entre a sec. do } F_5 \text{ e } F_7 \text{ e secção } F_2 - V_5 &= \\ &= \frac{530 + 270}{2} \times 18 = 7200 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume entre a sec. do } F_2 \text{ e secção } T_f = \frac{270 + 100}{2} \times 32 =$$

$$\begin{aligned} \text{TOTAL} \dots\dots\dots &= 5920 \text{ m}^3 \\ &= \underline{\underline{22179 \text{ m}^3}} \\ &= 22200 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Reserva} = 22200 \times 2.9 = 64.400 \text{ toneladas.}$$

Os teôres médios correspondentes das zonas amostradas e a extensão mineralizada, destacadamente são:

Superfície da Barita	1300	m ²	com	1,67 %
Poço nº 3	10	m	"	1,70 %
Furo nº 168	16	m	"	3,90 %
Furo nº 1	4	m	"	1,00 %
Furo nº 2	8	m	"	2,80 %
Furo nº 5	19	m	"	1,80 %
Furo nº 7	2	m	"	1,1 %

A variação dos teôres está no gráfico da figura 6.

O cálculo do teor médio da jazida da Barita, tomando-se 1,67 Cu na superfície, será obtido aproximadamente dividindo-se a soma dos produtos parciais, dos teôres pelo comprimento amostrado, pela soma dos comprimentos parciais tirados da tabela anterior, e dos perfis transversais. Assim o teor médio será:

$$\begin{aligned}
 T_m = & \frac{[(10 \times 1,7 + 1,67 \times 8,5 \text{ (figura 5 e)})] +}{10 + 8,5 + 16 + 14 + 4 + 14 + 8 + 18 + 19 + 2 + 26} \\
 & + \frac{[(16 \times 3,9 + 14 \times 1,67 \text{ (figura 5 f)})] +}{10 + 8,5 + 16 + 14 + 4 + 14 + 8 + 18 + 19 + 2 + 26} \\
 & + \frac{[(4 \times 1 + 1,67 \times 14 \text{ (figura 5 a)})] +}{10 + 8,5 + 16 + 14 + 4 + 14 + 8 + 18 + 19 + 2 + 26} \\
 & + \frac{[(8 \times 2,8 + 1,67 \times 18 \text{ (figura 5 b)})] +}{10 + 8,5 + 16 + 14 + 4 + 14 + 8 + 18 + 19 + 2 + 26} \\
 & + \frac{[(19 \times 1,8 + 2 \times 1,1 + 26 \times 1,67 \text{ (figura 5 d)})] +}{10 + 8,5 + 16 + 14 + 4 + 14 + 8 + 18 + 19 + 2 + 26}
 \end{aligned}$$

$$T_m = \frac{31,20 + 85,78 + 27,38 + 52,46 + 73,82}{139,50} = \frac{270,64}{139,50}$$

$$T_m = 1.71 \%$$

Em conclusão, a Barita constitui uma pequena reserva, até 20 metros mais ou menos, de minério com bom teor de cobre e ainda 70 gs de prata por tonelada de minério.

Morcêgos.

A pesquisa desta jazida foi iniciada pelo Autor, que fez amostragens e locação de furos, porém terminada pelo Eng^o. José Garcia que o substituiu naqueles trabalhos do Seival. Os resultados são registrados a seguir, para que também não se percam. Foi uma das jazidas mais lavradas pelos antigos concessionários.

A lavra antiga desta jazida deixou um paredão de 46 m de frente por 22 m de altura, foto 4, na direção N80°W. Esse paredão está cortado por faixas irregularmente mineralizadas, algumas seguindo zonas de brecciação tectônica ou fraturas paralelas, na direção N55°E, mesma orientação que a jazida da Barita. O primeiro trabalho de pesquisa foi a amostragem do paredão, por 4 faixas horizontais, fig. 7, sendo as amostras tomadas de metro em metro, analisadas, e os resultados estão representados na fig. 7. Esta figura mostra 4 zonas bem desenvolvidas, de mineralização acima de 1 %, e uma quinta zona, menor, na base.

A fig. 7 b é a amostragem de uma antiga galeria, normal ao paredão, conforme representada na figura 7; só apresentou mineralização nos primeiros 6 metros, dando 2,2 % de cobre. O pequeno poço e a travessa, deram resultados nulos para cobre. O furo de sonda vertical n^o. 169, é também antigo e está mineralizado nos primeiros 4 metros, com média de 2,4 % de cobre.

Os furos inclinados são de n.ºs. 14, 15, 16, 17 e 18 cujos perfis são:

Furo 14

Direção N80°W - Inclinação 25° - Comprimento 59 m

Este furo foi completamente negativo para cobre. A rocha é um tufo negro, esverdeado, sem mineralização.

Furo 15

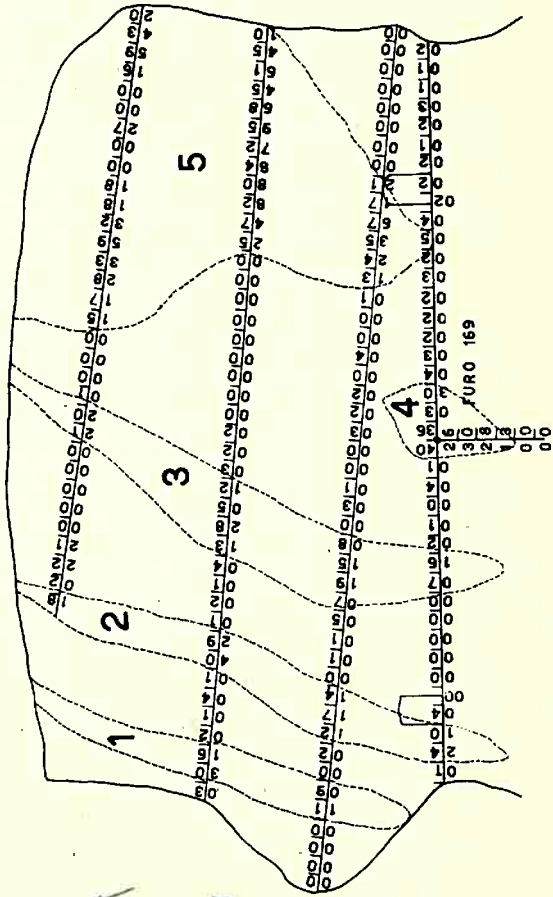
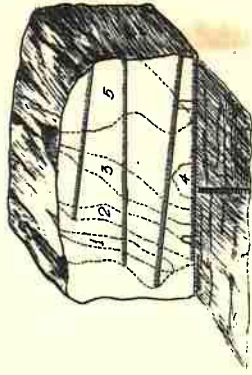
Direção N10°W - Inclinação 35° - Comprimento 70 m

Testemunho % cobre		Lema % cobre	
8 a 15 metros	- traços	4 a 15 metros	- traços
15 " 16 "	0,36		0,5
16 " 17 "	0,26		0,5
17 " 22 "	traços		traços
22 " 23 "	0,04		0,5
23 " 24 "	0,06		0,5
24 " 38 "	0,13		traços
38 " 39 "	2,72		0,6
39 " 40 "	1,38		0,7
40 " 70 "	traços		traços

- De 0 a 6,5 metros - Andesito decomposto.
- De 6,5 " 11,00 " - Andesito arroxeadado ligeiramente mineralizado.
- De 11,00 a 15,00 m - Brecha ou lava aglomerática, nodulos de andesito roxo, sem mineralização visível.

JAZIDA MORCEGOS

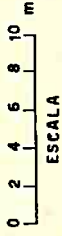
AMOSTRAGEM DA FACE EXPOSTA

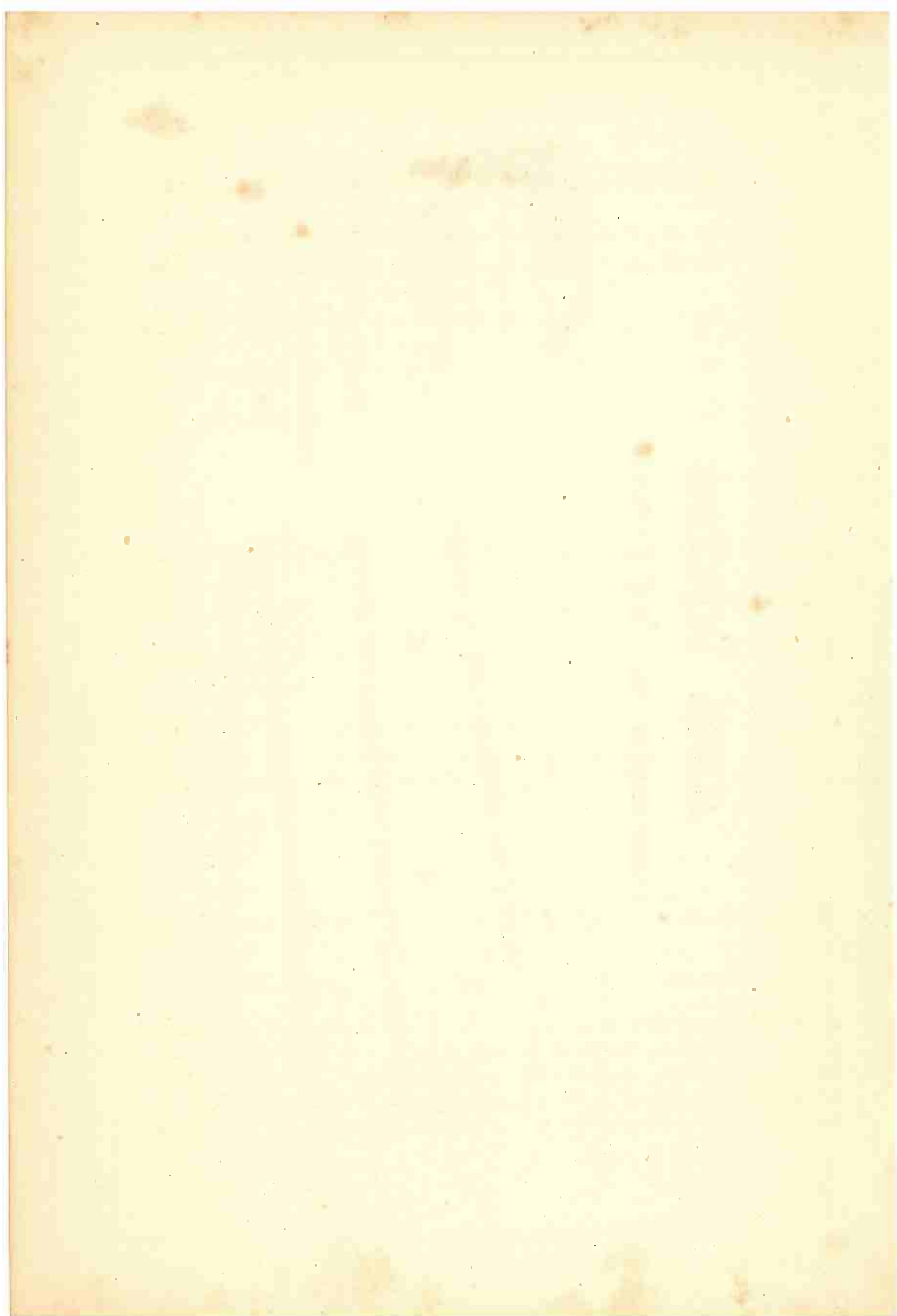


GALERIA DOS MORCEGOS
DIREÇÃO N 15° E

POÇO →

TRAVESSA DE 3m PARA UM
LADO E 5m PARA O OUTRO





- De 15,00 a 18,00 m - Brecha com vestígios de calcocita.
- De 18,00 a 20,00 m - Tufo sem mineralização.
- De 20,00 a 38,00 m - Brecha sem vestígios de calcocita.
- De 38,00 a 40,00 m - Brecha predominando andesito cinzento com calcocita.
- De 40,00 a 51,00 m - Brecha com vestígios de calcocita.
- De 51,00 a 70,00 m - Tufo sem mineralização.

Furo 16

Direção N90°E - Inclinação 32° - Comprimento 40 m

Testemunho

Lama

11 a 40 m - traços 4 a 40 m - traços

De 0 a 4 m - Brecha decomposta

De 4 a 40 m - Andesito roxo e brecha, com encasamento mineralização de calcocita.

Furo 17

Direção N16°W - Inclinação 44° - Comprimento 45 m

Testemunho % cobre

Lama % cobre

6 a 15 m - nihil	3 a 15 m - traços
15 a 16 m - 0,38 % Cu	0,51 % Cu
16 a 17 m - 0,26 % Cu	0,66 % "
17 a 18 m - 0,43 % Cu	0,52 % "
18 a 45 m - traços	traços

- De 0 a 6 m - Rocha decomposta.
- De 6 a 11 m - Brecha sem mineralização visível.
- De 11 a 19 m - Tufo sem mineralização à vista
- De 19 a 40 m - Andesito arroxeadado.
- De 40 a 45 m - Tufo.

Furo 18

Direção N2°W - Inclinação 45° - Comprimento 31 m

Testemunho % cobre

Lama % cobre

Não testemunhado 3 a 31 m - traços

De todos êstes furos inclinados, apenas o furo 15 apresenta três zonas: de 15 à 17 m, 23 à 25 m, 38 à 40 m, esta última com bom teor. Essas zonas parecem cor responder as faixas 1, 2 e 3, fig. 7a.

Cubagem.

A resêrva aproximada do Morcêgo, conforme o relatório do Eng^o. José Garcia, foi calculada à base das amostragens da frente, e dos perfis da fig. 8, da galeria e dos furos de sonda, tendo êle chegado a 15 349 toneladas com teor 2,5% cobre, e 70 gramas de prata por tonelada de minério.

Alcides.

Esta ocorrência é conhecida ha longo tempo, ~~por~~ poucos trabalhos de pesquisa fôram realizados até esta data. Há apenas algumas trincheiras no topo do cerro, uma galeria e poços razos de amostragens. Esta sendo feita atualmente uma pesquisa geoquímica para delimitar os cor pos mineralizados.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 309

LECTURE 1

THE CLASSICAL LIMIT

OF QUANTUM MECHANICS

AND THE CORRESPONDENCE PRINCIPLE

OF QUANTUM MECHANICS

AND THE CLASSICAL LIMIT

OF QUANTUM MECHANICS

AND THE CLASSICAL LIMIT

OF QUANTUM MECHANICS

AND THE CLASSICAL LIMIT

OF QUANTUM MECHANICS

AND THE CLASSICAL LIMIT

Copyright © 1995 by the University of Chicago

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos parciais que acabamos de realizar sobre as jazidas de cobre do Seival permitem-nos destacar as seguintes considerações:

- 1 - As jazidas da Barita e Morcêgos contam com uma reserva mínima de cerca de 100 000 toneladas de minério de cobre de bom teor médio metálico. A jazida do Alcides, não pesquisada ainda, visa reforçar substancialmente aquelas reservas.
 - 2 - A granulação dos minerais metálicos é muito fina, exigindo uma divisão granulométrica grande para o seu integral aproveitamento.
 - 3 - Os minerais secundários estão intimamente associados aos primários, especialmente os carbonatos de cobre com a calcocita.
 - 4 - O reconhecimento para descobrimento de novas jazidas deve ser feito dentro das direções assinaladas N30ºE, N45ºE, etc..
 - 5 - A zona secundária de oxidação é de fraco desenvolvimento; não houve condições favoráveis à formação de uma zona de cimentação, ao contrário da mina de Camaquã, que a tem desenvolvida.
 - 6 - O minério de Camaquã contém calcocita especialmente secundária, conforme Leinz e Carneiro, assim também a covelita, que tem preferência para substituir a calcocita. São ambas primárias no Seival e a calcocita substitue os outros sulfuretos mais velhos.
 - 7 - A calcocita e covelita sendo primárias, são maiores as possibilidades de continuidade do minério em profundidade, em locais favoráveis à precipitação dos sulfuretos. Como está provado que os sedimentos Camaquã são receptivos à mineralização de cobre, e sendo verdadeiro o perfil geológico da fig. 2, há então boa possibilidade de mineralização profunda.
 - 8 - Há predominância absoluta de calcocita sobre os demais sulfuretos, sendo excassa a calcopirita e frequente a bornita.
-

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Geikei, A. (1 903) - Textbook of geology, p. 173 - 174. Londres.
- 2 - Walter, K. (1 912) - Zur Geologie der Gegend von Seibal und ihrer Kupfererzlagerstätten in Staate Rio Grande do Sul - Krahmann, Praktische Geologie - XX - Jahrang, October.
- 3 - Posnjak, E. - Allen, E.T., and Mervin, H.E. (1 915) The Sulphides of Copper. Econ. Geol., v. 10 - p. 491
- 4 - Parks, G.R. - Charles, F. (1 931) - Hydrothermal experiments with copper compounds. Econ. Geol. v. 26 p. 857.
- 5 - Lasky, Samuel G. (1 931) - The system "iron oxides : CO_2 :CO, and iron oxides H_2O : H_2 , as applied to limestone contact deposits".
- ✓ 6 - Carvalho, Paulino, Franco (1 932) - Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul - Bol. 66 - Serviço Geológico e Mineralógico - Ministério da Agricultura.
- 7 - Bateman, A. M. - Lasky, S. G. (1 932) - Covellite-chalcocite solid solution and ex-solution. Econ. Geol., v.27 p. 52.
- 8 - Schwartz, G. M. (1 932) - Microscopic criteria of hypogene and supergene origin of ore minerals. Econ. Geol. v. 27 - p. 554.

- 9 - Lindgren, W. (1 933) - Minerals deposits. Mc Graw Hill - NY.
- 10 - Riley, Christopher (1 933) - A chalcocite deposit, Great Bear Lake, Canada. Econ. Geol. v . 28 p. 496.
- 11 - Kelley, Vincent (1 935) - Paragênese of the Colorado Copper Sulphides, Cananéa, México - Econ. Geol. v. 30 - p. 663. .
- 12 - Alling, Harved L. (1 936) - Interpretative petrology of the igneous rocks - Fivst Edition. NY.
- ✓ 12a- Teixeira, Emilio Alves (1 937) - Cobre no Rio Grande do Sul - Avulso nº. 22 S.F.P.M. - Ministério da Agricultura.
- 13 - Schwartz, G.M. (1 939) - Significance of Bornite - Chalcocite microtextures-- Econ. Geol. v. 34- p. 399.
- 14 - Leinz, Viktor (1 939) - Problemas Geológicos no Estado do Rio Grando do Sul - Min. e Met. - Rio de Janeiro.
- 15 - Short, M.N. (1 940) - Microscópic determination of the ore minerals Bull. 914, Geological Survey - Second edition Washington.
- 16 - Coats, Robert (1 940) - Propylitization and related types of alterations on the Comstock Lode. Econ. Geol. v. 35 - p. 1.

- 17 - Buerguer, Newton W. (1 941) - The chalcocite problem - Econ. Geol. v.36. p. 39.
- 18 - Leinz, Viktor - Almeida, Sandoval C. (1 941) - Gênese da jazida de cobre de "Camaquã, Caçapava" - Rio Grande do Sul. Bol. 88 - Sec. de Estudos dos Negócios da Agricultura e Comércio - D.P.M..
- 19 - Leinz, Viktor - Barbosa, Alceu Fábio - Teixeira, Emílio Alves, (1 942). - Mapa Geológico Caçapava Lavas. D.P.M.- Bol. 90 da Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul.
- 20 - Bateman, A.M. (1 942) - Economic minerals deposits - John Willey & Sons, N.Y. p.252.
- 21 - Palache, Berman - Frondel (1 944) - Dana's system of Mineralogy, Seventh Edition.
- 22 - Dolianiti, E. (1 945) - Descoberta de fósseis na Formação Maricá, Est. do Rio Grande do Sul, Min. Met. v.9, nº. 51.
- 23 - Grout, Frank F. (1 946) - Microscópic characters of veins carbonates. Econ. Geol. v. 41. p. 475.
- 24 - Schwartz, Georg M. (1 947) - Hydrothermal alteration in the "Porphyry Copper" - Deposits - Econ. Geol. v.42. p.319.
- 25 - Anderson, Alfred L. (1 947) - Structural control and wall rock alteration - Econ. Geol. v. 42 . p. 368.

- 26 - Holser, William T. (1 947) - Metasomatic processes - Econ.Geol.,v.42 p.384.
- 27 - Klockmann, F - Ramdohr, P. (1 947) - Tratado de mineralogia - 12^a. Edit. Alem. Version do Dr. Francisco Pardo - Barcelona.
- 28 - Passos, Nero - (1 947) - Mineração e Metalurgia - v. 12,n^o 67 - março - maio.
- 29 - Pinto, Irajá Damiani (1 947) - Novos fósseis na formação Maricá - Universidade do Rio Grande do Sul. Fac. de Scie., v. 1 - n^o. 1.
- 30 - Johannsen, A. (1 949) - A descriptive petrography of the igneous rocks.v.3.p160.
- 31 - Schmitt, Harrison (1 950) - Origin of the "epithermal" mineral deposits -Econ Geol. v. 45. p. 191.
- 32 - Bastin, Edson - (1 951) - Interpretation of ore textures. Geological Society of America, Mem. 45. p. 29 .
- 33 - Williams,Howel - Turner, Francis J. = Gilbert, Charles M. (1954) - Petrography - W:H. Freeman and Co. - San Francisco. p. 149.
- 34 - Edwards, A. B. (1 954) - Texture of the ore minerals and their significance Aust. Inst. of. Min. and Met. p. 96 - Melbourne .

-80-

- 35 - Davis, G.R. (1 954) - The origin of the Roan Antelope Copper Deposits of the Northern Rhodesian. Econ. Geol. v. 49. p. 575.
- 36 - Martins, E.A.-Beurlen, K - Sena Sobrinho, M.(1955). Novos reconhecimentos no Rio Grande do Sul. - Bol. 19 - Museu Nacional - Geol. Rio de Janeiro.
- 37 - Leonardos, Othon H. - (1 956) - Cobre no Brasil e no estrangeiro. Avulso - 79 - D.F.P.M. - Ministério da Agricultura.
- 38 - Barbosa, Alceu Fábio - (1 957) - A Série Maricá e sua posição na coluna geológica do Estado do Rio Grande do Sul, Bol. da Soc. Bras. Geol. v. 6. nº. 2 .
-