

ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE A JAZIDA DE CHUMBO DE PANÉLAS, ESTADO DO PARANÁ

POR

ALCEU FABIO BARBOSA

Escola Politécnica de São Paulo e Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo

ABSTRACT

The Panelas lead deposit, Paraná State, has been developed by the firm "Plumbum S.A.", which is the concessionaire. The ore is treated in the same place and the output is about 1,100 tons lead per month. At present, the Panelas mine is the only one, in the Rio Ribeira valley, that has been producing lead and silver regularly.

The deposit consists of two independent mineralized zones, enclosed in limestones of presumably pre-Cambrian age. The mineralization is connected with granitic rocks intruded in metamorphic limestones.

The ore was deposited during three phases of mineralization — part pyrometasomatic and part hydrothermal (high temperature) — argentiferous galena being the sulphide more important economically speaking.

High temperature silicates (diopside, tremolite, and sphene) are found among the gangue minerals.

The author studies also the paragenetic relations among the opaque and non-opaque minerals the probable sequence of their deposition; the temperature and depth of the veins, and arrives to the conclusions that the mineralization is affiliated to magmatic phenomena.

RESUMO

A jazida de chumbo de Panélas está sendo lavrada e o minério beneficiado no próprio local da mina Adrianópolis, pela firma Plumbum S/A., concessionária dos direitos de lavra, e a produção gira em torno de 1.100 toneladas de minério, mensalmente.

É formada por duas zonas mineralizadas, independentes, encaixadas em calcários de idade pre-cambriana, e a mineralização relacionada à intrusão de granito nos calcários.

O minério, em parte pirometasomático, em parte hipotermal, consiste de galena, como sulfureto mais importante economicamente, e silicatos de alta temperatura como diopside, titanita e tremolita.

São estudadas as relações paragenéticas e estabelecidas as sequências na deposição, concluindo sobre a filiação da mineralização, sua temperatura e profundidade.

I — INTRODUÇÃO

A mineralização de chumbo da região de Panélas de Brejaúvas, hoje Adrianópolis, no Estado do Paraná, é conhecida há muitos anos. Os primeiros trabalhos de lavra subterrânea da jazida foram lançados por Moraes Rego, por volta de 1940. Desde então os trabalhos de pesquisa, lavra e metalurgia, vêm sofrendo lenta evolução através de múltiplas dificuldades, até que, finalmente, podemos hoje contemplar ali um conjunto quase completo para o aproveitamento do minério de chumbo, resultado êsse devido exclusivamente ao espírito pioneiro, à tenacidade e persistência do Sr. Adriano Seabra, concessionário da lavra, que não fracassou em seu objetivo de dotar a região de uma unidade completa de transformação do minério. Aos trabalhos de pesquisa-lavra, seguiram-se: a instalação dos fornos de redução e da secção do refino do chumbo, até a separação do ouro e prata. Atualmente está em funcionamento a secção de tratamento e concentração do minério primário.

A antiga firma Plumbum S/A, associou-se à Pennaroya e têm hoje, ambas, o encargo da direção da mina. A produção de minério para a Usina gira em torno de 1.100 toneladas mensais, com 25% Pb; a produção mensal de chumbo metálico é de 200 a 210 toneladas, devendo acrescentar, como subprodutos, 3 quilos de prata por tonelada de chumbo refinado e 1,5 quilos de ouro por mês. O minério é pobre em arsênico, zinco, cobre e antimônio, que são eliminados no tratamento. (Êstes dados foram obtidos de um relatório anual ao Departamento Nacional de Produção Mineral, da autoria do engenheiro de minas e metalurgia Sérgio Barão, encarregado da secção de metalurgia).

Em 1945 foram feitos trabalhos de pesquisa, por meio de sondagem a diamante, pelo Departamento Nacional da Produção Mineral, do Ministério da Agricultura, conforme o boletim 84 de Guarany e Velasco (1). Êste é o trabalho mais minucioso sôbre Panélas e nele os autores abordam não só a pesquisa como a geologia, a gênese da jazida, etc.

Outro trabalho de Barbosa e Guimarães (2) faz referência sôbre Panélas, especialmente sôbre a paragênese do minério. Ainda podemos citar Oliveira (3), Oliveira (4), Freitas, (5) Oliveira (6), Moraes Rego (7), Knecht (8), Leonardos (9), Bastian (10), que de um modo ou outro referem-se à região plumbífera do Vale do Ribeira.

A presente contribuição resultou da soma de dados obtidos em diversas excursões anuais à Panélas, juntamente com alunos do curso de Minas e Metalurgia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e os trabalhos de gabinete foram realizados no Laboratório de Jazidas Mineraias da mesma Escola e no Departamento de Mineralogia e Geologia da Escola de Engenharia de São Carlos, da mesma Universidade.

O autor agradece aos Diretores da Plumbum S/A e aos engenheiros da mina e da metalurgia, aos senhores Diretores da Escola Politécnica e da Escola de Engenharia de São Carlos por terem todos possibilitado a confecção e publicação dêste trabalho.

II — SITUAÇÃO

A mina de Adrianópolis fica situada à margem direita do Rio Ribeira, a 14 quilômetros da estrada inter-estadual que liga a cidade de São Paulo a Curitiba, Capital do Estado do Paraná.

A estrada particular, de 14 quilômetros, é conservada pela Plumbum S/A., e segue margeando o Ribeira até a mina, fig. (1). O suprimento da mina é feito, principalmente, de Curitiba, ao passo que a produção, sob a forma de lingotes de chumbo, é transportada por rodovia até São Paulo, maior centro consumidor.

O rio Ribeira está na altitude 100 m próximo da Usina, ao passo que os afloramentos, no alto do morro, ou os veieiros alcançam 360 m, nos pontos mais altos.

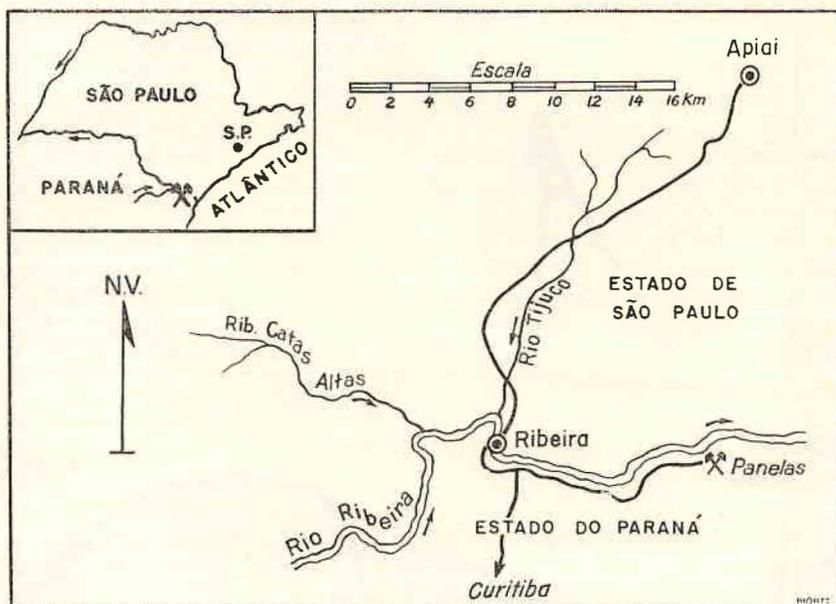


Fig. 1 — Planta de situação.

III — FISIOGRAFIA E GEOLOGIA

A região tem o relêvo acidentado, característico das bordas dos planaltos São Paulo — Curitiba, ao longo do vale do Rio Ribeira. A topografia erizada oferece desníveis acentuados, haja vista as cidades de Apiaí, no planalto, e Ribeira na margem do rio, que apresentam um desnível que é da ordem de 700 metros, em menos de 30 quilômetros. O estágio juvenil da evolução do relêvo, com numerosos vales encaixados, contrasta com o aspecto senil do talvegue do rio Ribeira, com certa tendência à formação de meân-

dros. Há, atualmente, nítida desproporção entre o volume d'água do rio e dos córregos, e a profundidade dos respectivos vales. A erosão diferencial não parece ser a única responsável pelo modelado na rede de drenagem e teremos que invocar, adicionalmente, a ação de processos diastróficos que favoreceram o entalhamento dos vales. A confirmar isso há numerosas evidências de movimentação nas rochas metamórficas e granitos intrusivos da série São Roque, que afloram ao longo da estrada; os granitos são laminados, às vêzes miloníticos, e os quartzitos apresentam evidências do falhamento,

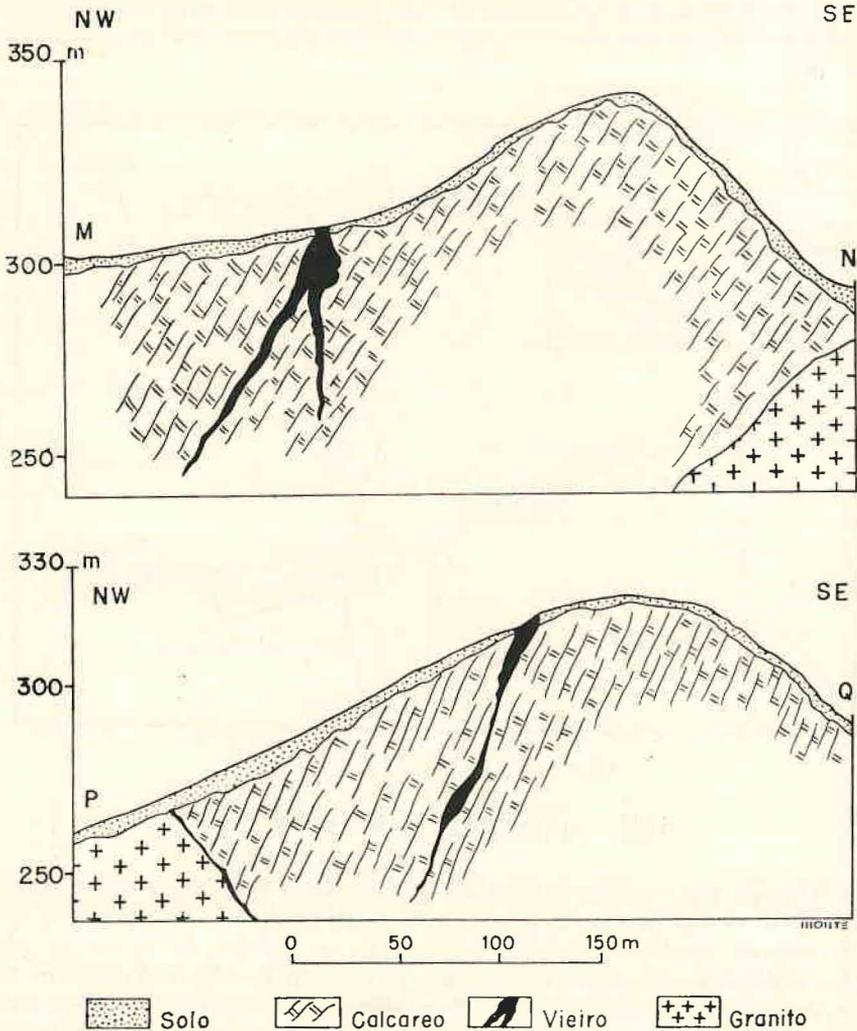


Fig. 2 — Secções transversais MN e PQ.

como caneluras de centímetros de profundidade ao longo das superfícies de falha. Trata-se, sem dúvida, de um relêvo tectônico.

A região é recoberta por vegetação densa, às vezes verdadeiras florestas em certos locais, e em outros por vegetação raquítica onde as rochas afloram. Há dependência entre a densidade da vegetação e a natureza das rochas. O clima é quente no verão e agradável no inverno, com cêrca de 25° de temperatura média anual, e as chuvas são regulares na primeira estação e escassas na segunda.

No vale do Ribeira predominam rochas da série São Roque, equivalente à série metamórfica de Minas. Os têrmos mais comuns, na ordem da sua importância, são micaxistos, quartzitos e calcáreos, para a maior parte dos quais, é aceita uma origem marinha em mares précambrianos. Não ocorrem aqui como na série Minas, os itabiritos e não são conhecidos depósitos de minério de ferro semelhantes aos daquela série, isto é, de origem sedimentar marinha. O metamorfismo não foi muito intenso, sendo os quartzitos recristalizados, os xistos com biotita, clorita ou muscovita, e os calcáreos marmorizados. São comus as dobras de grande ângulo, porém, ocorrem zonas de dobramento intenso, com dobras apertadas até recumbentes. As rochas eruptivas, não metamorizadas, intrusivas na série São Roque, são granitos de diversas modalidades texturais, também do précambriano, gabro e diabasio de idades mais recentes, possivelmente do mesozóico. Os granitos estão estreitamente associados à mineralização de chumbo de Panélas.

IV — JAZIDA

A jazida de Panélas é formada por duas zonas mineralizadas, conhecidas por zona A e zona B, separadas horizontalmente entre afloramentos por cêrca de 300 metros. As duas zonas estão encaixadas em calcáreos cinzento a negro, com direção N 70° E e mergulho 60° NW aproximadamente, com variações locais devido principalmente às instruções graníticas. Os veieiros, são, em grande parte, concordantes com as camadas de calcáreo, porém há outros veios transversais a elas, o que dá à jazida uma estrutura mais complexa, fig. (2) e fig. (3).

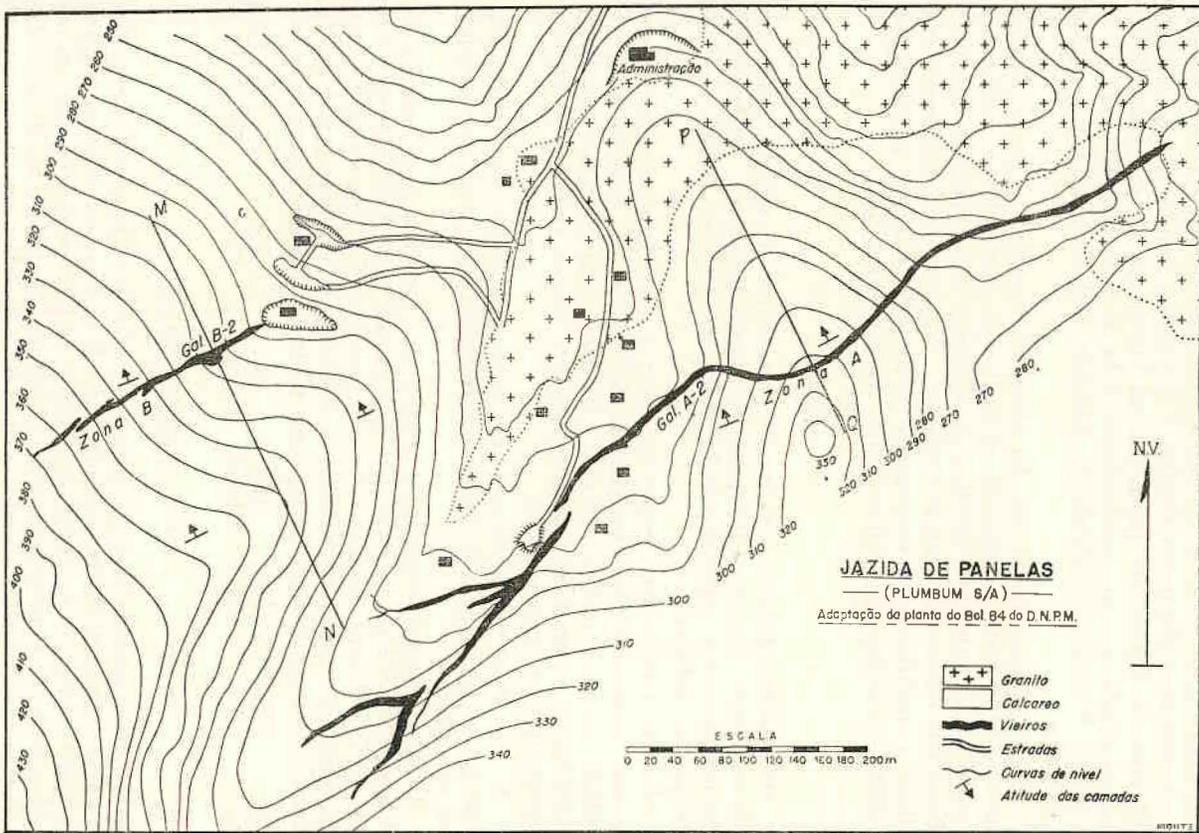
Entre as duas zonas interpõe-se uma apófize alongada de granito, intrusivo no calcáreo. Outras janelas de granito pontilham o calcáreo, porém, no extremo leste do filão A, o morro próximo é inteiramente de granito, assim também o vale e morros, da margem esquerda do rio Ribeira. Cortando o granito ou calcáreo, há pegmatitos e aplitos, bem como diques de caráter "lamprofirico", negros devido à presença de turmalina. O granito no contacto com o calcáreo aparenta, às vezes, maior basicidade de seus plagioclásios, tornando-se esbranquiçado, de aspecto aplítico.

O exame do mapa geológico, fig. (3), mostra-nos que a jazida está localizada nas vizinhanças da primitiva câmara magmática e, portanto, se houver dependência entre magma e mineralização, esta deverá ser de alta temperatura, o que veremos confirmado no estudo do minério.

As zonas A e B dispõem-se paralelamente no sentido da direção do calcáreo encaixante, e são separadas, como dissemos, por uma sobrelevação ou apófise do magma granítico. Isto faz presumir que as soluções mineralizadoras tenham afluído de partes diferentes do magma, embora próximas, podendo influir na composição das soluções com reflexos na composição mineralógica. Realmente, a zona A contém blenda, ao passo que em B este mineral não ocorre, pelo menos nos níveis superiores; a textura do minério no extremo S de A, principalmente, é diferente do minério de B. Não padece dúvidas que dois horizontes de calcáreos foram receptivos à mineralização, tendo porém as soluções acompanhado subsidiariamente outras direções de fraturas.

A mineralização não foi uniforme ao longo das camadas ou fraturas. Como sói acontecer nas jazidas de calcáreos, a irregularidade da distribuição do minério é a lei. Veias camadas bem definidas, em um ponto, vão gradualmente estreitando-se até reduzirem-se a filetes ou simples fraturas. Frequentemente, acompanhando-se a vênula ou fratura no sentido da direção ou do mergulho, nova expansão do veieiro será encontrada. Razões desta estrutura foram o movimento diferencial, com brecciação irregular de um pacote de calcáreo em relação a outro, ao longo de planos de estratificação, combinado com metasomatismo incompleto. O movimento diferencial foi responsável também pela formação de espaços mais ou menos abertos, séde de enriquecimento, em virtude das variações do mergulho ou da direção, como observamos na zona A, onde o veieiro, já lavrado, deixou um espaço aberto em que a capa é lisa e polida, com estrias de escorregamento, e nítida ondulação; nestes pontos os veios são ricos e a possança ultrapassa 2 metros. Blócos de calcáreo remanescentes, não digeridos ou substituídos, podem subdividir os veieiros, feição essa também explicável pelas mesmas razões anteriores.

Outra causa responsável, na jazida de Panélas, pela formação de zonas ricas ou "ore-shoots", já indicada por Barbosa e Guimarães (2), é a intersecção do veio camada com outros sistemas de veias transversais. Os "ore-shoots" de intersecção, causadores da formação da gruta Nova e gruta Velha da mina de Furnas, repetem-se aqui em Panélas. O exemplo mais ilustrativo é o do veieiro B-2, onde êle apresenta um engrossamento, conforme se vê da planta da mina. Neste ponto foi atingida uma zona rica, de atitude quase vertical e na direção das camadas, representada hoje por um salão vazio de cerca de 15 m de comprimento por 8 m de largura e 10 m de altura. A 1/3 da base do salão, aproximadamente, observa-se o veio camada que foi interceptado pela fratura vertical. Justamente no cruzamento deu-se o enriquecimento da veia vertical e, em muito menor proporção, da veia camada, fig. (2). O minério do veio camada e do "ore-shoot" apresenta as mesmas associações e sequências, tratando-se de mineralização contemporânea por soluções que percolaram zonas diferentes. O "ore-shoots" estende-se até próximo da superfície do sólo. O minério estava quase completamente oxidado, consistindo de uma massa terrosa de limonita e minerais secundários de chumbo e cobre, em que os blocos de galena, pirita e outros sulfuretos, ocorriam envolvidos pelos produtos secundários. A atitude dos "ore-shoots" de intersecção depende, é claro, das respectivas fraturas cruzadoras, e a sua continuidade é função da continuidade do veio camada.



Em resumo, podemos afirmar que a estrutura da jazida é a combinação de um veio camada, descontínuo, com zonas ricas, resultantes da ondulação ou da intersecção com outros sistemas de menor importância individual.

A zona de oxidação, em Panélas, é de pequena importância se comparada à da mina de Furnas. Ao passo que em Furnas ela alcança quase 100 metros, em Panélas a maior profundidade é de cerca de 30 metros. Já ao nível da galeria B-2 há inter-mistura de sulfureto, inclusive pirita, com produtos da oxidação.

A zona de cimentação não foi observada em nenhum ponto da jazida, como era de se esperar, aliás, em mineralização encaixada em calcários. Ela é revelada comumente pela presença de sulfuretos neo-formados à expensas dos sulfatos que descem da zona de oxidação. Nem um desses sulfuretos secundários foi identificado, em associação com os outros minerais, que permitissem concluir pela redeposição em ambiente redutor superficial.

V — MINA

Os trabalhos de lavra iniciaram-se pelas partes superficiais, a céu aberto, onde o minério oferecia fácil separação manual da galena. Gradualmente, a zona primariamente mineralizada foi sendo atingida por trabalhos subterrâneos, poços e galerias.

A zona A está sendo desenvolvida por 4 níveis subterrâneos designados por suas respectivas cotas, galeria 160-180-220-260. O espaçamento vertical escolhido foi de 40 metros, portanto. Diversos subníveis foram traçados, para atenderem às irregularidades dos veieiros. Poços verticais ou planos inclinados ligam os demais níveis.

A zona B foi menos desenvolvida pelas galerias B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, ligadas por poços ou galerias inclinadas, trabalhos esses mais concentrados na zona rica da B-2.

O minério total desmontado, anualmente, nas duas zonas, orça por 20 mil toneladas, 3/4 para a zona A e 1/4 para a zona B, indo para a Usina cerca de 13 mil toneladas e o restante fica acumulado como minério de baixo teor, a ser aproveitado no tratamento mecânico. A escolha manual do "tout venant", dá a seguinte análise realizada no laboratório da Usina:

25%	17%	14%	16%	15%	0.5%	3%	500g/t
Pb	S	CaO	Insol.	Fe	Cu	Zn	Ag

VI — MINERALOGIA

O minério caracteriza-se por uma associação de sulfuretos de ferro, chumbo, zinco, cobre, embebidos num agregado de carbonatos, silicatos e quartzo. O minério localiza-se em fraturas definidas, onde é grosso-granular, ou ocorre sob a forma de impregnação fina e finíssima, no calcáreo encaixante. Houve, portanto, enchimento simples, mais raro, entretanto, do que a mineralização por metasomatismo ou substituição dos carbonatos por sulfuretos; a substituição deu-se também ao longo das zonas pré-mineralizadas, especialmente dos primeiros minerais depositados, pirita e quartzo.

A textura do minério é variável. Alguns minerais, como a galena e pirita, podem ter desenvolvimento centimétrico com contornos idiomórficos, outras vezes são de granulação fina. Maior desenvolvimento dos cristais ocorre quando a deposição se deu em espaços existentes ou produzidos pela dissolução do calcáreo; a granulação fina é típica do calcáreo impuro, silicificado ou tremolitizado, sujeito a intenso metasomatismo. Os sulfuretos, especialmente a pirrotita-calcopirita e galena, podem apresentar uma textura herdada no minério metasomático, palimpsesto da textura original do calcáreo silicificado ou tremolitizado. Os minerais não metálicos apresentam-se também cristalizados, não ocorrendo texturas ou estruturas de caráter coloidal. Os minerais secundários podem ter estruturas coloidais ou terrosas ou, eventualmente, cristais de carbonatos de cobre e chumbo ocorrem em drusas e veias.

As rochas eruptivas apresentam a associação mineralógica característica das rochas graníticas. Descreveremos sumariamente estas, em primeiro lugar, e a seguir o minério e as encaixantes nos contactos com os veieiros.

A — Granito e granito-aplito

O granito regional é de coloração rosea, com predominância dos feldspatos (ortoclasio-microclina) sobre o quartzo e biotita; minerais acessórios são, apatita, titanita, magnetita. A alteração do granito resultou em sólo pouco profundo, sendo freqüentes os afloramentos das rochas ao longo das grotas e encostas. Forma parte dos morros em torno de Panélas, apresentando relêvo irregular.

Nos contactos com o calcáreo o granito passa à coloração branca, o mesmo ocorrendo com certos diques de aspecto aplítico, dentro do próprio calcáreo. Neste caso, onde houve assimilação do calcáreo, o granito tornou-se mais básico, quase sem biotita e quartzo, com freqüente predominância dos plagioclásios sobre a microclina. Os feldspatos têm granulação de 0,04 mm a 2,00 mm, o que dá uma relação de 50 vezes, resultando uma textura granoblástica, em muitos pontos de observação das lâminas delgadas, onde houve movimentação e fraturamento. Os minerais constituintes são: microclina, plagioclásio, quartzo, biotita, apatita, titanita, sericita, leucóxenio, magnetita.

A microclina predomina nas zonas de movimentação, e aí se desenvolvem fenocristais até 2 mm. Pode apresentar contactos de corrosão com um agregado fino de plagioclásio e raro quartzo. A apatita está inclusa em forma de prismas, com secção hexagonal, dentro da microclina, e esta pode apresentar-se intercrescida com plagioclásio. Há contactos endentados entre microclina e quartzo.

Os plagioclásios são de ocorrência variável, em intensidade, raros em certos locais, abundantes em outros. Atravessados, às vezes, por vênulas de quartzo; têm contactos endentados com biotita e quartzo, havendo nítida substituição por biotita. (Fig. 7). A seqüência na formação foi: microclina, plagioclásio, quartzo, biotita. Esta inversão deve ser atribuída à escassez de biotita e quartzo, isto é, a concentração relativa deve ter influenciado na modificação da seqüência normal.

Os plagioclásios apresentam-se com alteração incipiente, com a formação de sericita: podem ser fraturados, havendo recristalização parcial em muitos locais.

O quartzo é muito mais escasso do que o plagioclásio, tendo freqüente extinção ondulante e recristalização nos contactos, com ninhos de quartzo. A titanita, leucóxento e magnetita são muito subordinados.

B — *Pegmatito*

Pegmatitos ocorrem em muitos lugares, encaixados nos granitos e nos calcáreos. As galerias interceptaram diversos corpos de pegmatitos, próximos dos veieiros. Textura irregular e granulação mais grossa que a dos aplítos e granitos. Composição simples: microclina e quartzo, com ninhos de plagioclásio na microclina. Há intercrescimento perfitico.

A microclina às vêzes é quebrada ou fraturada e as fraturas cheias de quartzo e carbonato (fig. 6) nos pegmatitos próximos do veieiro; êstes dois minerais devem ter sido introduzidos por soluções hidrotermais.

C — “*Lamprófiros*”

Observam-se, encaixados no granito, diques de poucos centímetros de espessura, de coloração escura, cortando também pegmatitos simples, de pequena possança, e falhando-os. Ao microscópio êstes diques mostram-se constituídos de microclina, quartzo e um feltro de turmalina em finos prismas, esverdeada, que dão ao dique a côr enegrecida. Não se trata, portanto, de verdadeiro “lamprófiro” e sim de pegmatito simples turmalinizados. Nestes diques o quartzo é também muito deformado e recristalizado, ocorrendo também inclusões vermiculares na microclina. Quartzo e microclina são infiltrados pela turmalina, que foi introduzida depois da formação dos minerais do pegmatito simples. A turmalinização aparecendo depois da formação dos pegmatitos, estará certamente associada ao princípio da fase mineralizadora que se seguiu.

D — *Minério*

As nossas observações sôbre o minério referem-se principalmente à zona “B”, de onde foram retiradas maior número de amostras para estudos. A zona “A” foi estudada sem muitos detalhes.

Zona B — Minerais opacos

As galerias da zona B estão dentro do minério oxidado até o nível da B-2; dêste nível para baixo o minério torna-se mais isento de alteração. A zona primária é formada pelos seguintes sulfuretos: pirita-arsenopirita — pirrotita — calcopirita — galena — stibinita.

Pirita e arsenopirita: — Dêstes dois sulfuretos a pirita é francamente predominante; é rara a arsenopirita. A pirita em cristais bem desenvolvidos, com mau polimento, está muito fragmentada, com fraturas às vêzes paralelas, (fig. 4 c); há cristais com contornos arredondados, raramente idiomórficos,

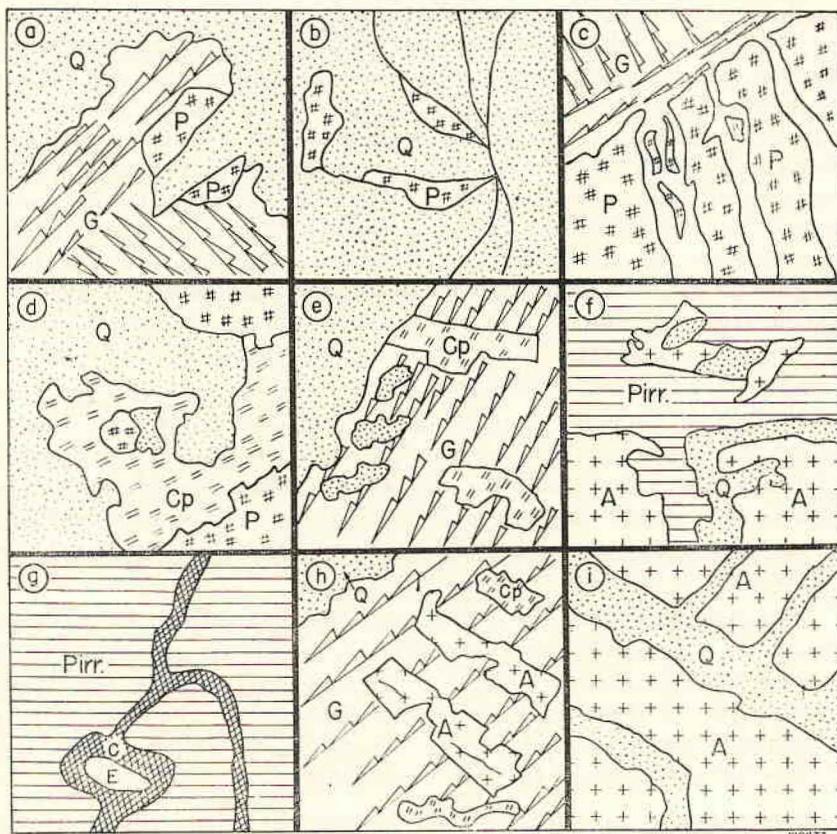


FIG. 4

- a) Quartzo (Q) seccionando um cristal de pirita (P). A galena (G) com contatos de corrosão com o quartzo.
- b) Quartzo (Q) fraturado. Pirita (P) na fratura.
- c) Pirita (P) fraturada. Galena (G) não penetrou nas fraturas.
- d) Calcopirita (Cp) seccionando pirita (P). Corrosão de quartzo (Q).
- e) Galena (G) substituindo quartzo (Q) com restos marginais. Calcopirita (Cp) inclusa na Galena, com contatos retos ou regulares.
- f) Relações entre arsenopirita (A), pirrotita (Pirr) e quartzo (Q).
- g) Veia de carbonato (C) na pirrotita (Pirr) (E), restos da encaixante calcárea.
- h) Galena (G) em contatos irregulares com arsenopirita (A) e quartzo (Q).
- i) Venulas de quartzo (Q) na arsenopirita (A).

envolvidos por outros minerais. A arsenopirita é quase sempre idiomórfica, com bom polimento, fortemente anisotrópica; conservou-se praticamente inerte sob a ação das soluções posteriormente introduzidas.

Êstes dois sulfuretos são praticamente contemporâneos na cristalização, havendo, porém, maior evidência da substituição da arsenopirita pela pirita, (fig. 9 e fig. 5 e.). As relações de contemporaneidade dêstes sulfuretos com o quartzo, permitem concluir que as soluções mineralizadoras, que abriram o processo, carregaram também sílica. Com efeito, o quartzo infiltra-se em fraturas dos sulfuretos ou é corroído por êles, (fig. 4 a, b, i). Assim, também há inclusões irregulares de sulfuretos no quartzo e vice-versa. A deposição de sulfuretos e quartzo deu-se em ambiente de movimentação, que os fraturou, haja vista a existência de fraturas nos sulfuretos que não interessam o quartzo e inversamente, assim como fraturas contínuas através de todos êles, preenchidas por calcopirita e outros minerais mais novos. A movimentação foi recorrente durante o processo de mineralização e, desde já, parece destacar-se uma primeira fase com pirita, arsenopirita e quartzo e uma segunda fase com os demais sulfuretos.

Os dois sulfuretos de ferro apresentam oxidação variável, conforme o ponto de observação, notando-se maior ou menor concentração de hematita ou limonita terrosa, em tórno dos resíduos irregulares dos sulfuretos remanescentes, às vêzes em faixas paralelas concêntricas. Êstes óxidos de ferro são posteriores a todos os sulfuretos, corroendo-os ou atravessando-os. Há pseudomórfos dos sulfuretos nos óxidos.

Êstes sulfuretos foram em parte introduzidos nas paredes da encaixante calcárea, sob a forma de impregnação fina, ou em vênulas que cortam faixas previamente silicificadas ou, de outros modos, alteradas; nestas vênulas não há deformação ou fraturamento da pirita e arsenopirita, o que mostra que a movimentação periódica limitou-se ao veio principal. Indica o fato, também, uma prévia deposição da sílica por substituição dos carbonatos.

Pirrotita: — É um mineral muito abundante no minério, quase sempre visível a olho nú, côr característica, fortemente magnética e anisotrópica. Contém traços de níquel, revelado por reações microquímicas. Raramente fraturada ou deformada. Apresenta texturas que indicam certa contemporaneidade com a galena, porém, a maioria das relações é de seqüência na deposição. Assim, observam-se veios de galena na pirrotita, com paredes irregulares, e penetração da galena ao longo dos contactos de quartzo-pirrotita; inclusões arredondadas de pirrotita na galena são comuns. É nitidamente posterior à formação da pirita, arsenopirita e quartzo, (fig. 4f), relações observadas generalizadamente por veias e corrosão. Contemporânea da calcopirita, porque há inclusões desta em formas vermiculares e arredondadas, com contactos regulares.

Nas proximidades dos sulfuretos ferríferos há formação de siderita, evidenciando a ação de soluções carbonatadas sôbre os mesmos.

A pirrotita foi introduzida nas paredes calcáreas juntamente com calcopirita e pouca galena, estando todos associados com o quartzo que silificou as paredes encaixantes (fig. 11, 12, 13). Este é um outro aspecto da mineralização, que se manifesta com pequena intensidade na zona B, e maior intensidade na zona A. Nesta impregnação difusa das paredes, não há fraturas guias da mineralização; esta se deu por difusão através dos carbonatos encaixantes, no estágio inicial da silificação das paredes, em temperatura elevada, correspondente a uma verdadeira fase pneumatolítica. Por isso mesmo o quartzo e sulfuretos precipitaram-se simultaneamente. Teremos que distinguir uma mineralização prévia das paredes, seguida pela deposição nas fraturas, em temperatura mais baixa.

Calcopirita: — É pouco abundante no minério, podendo concentrar-se, localmente. Bom polimento. Intercrescida com a pirrotita e galena nas paredes dos veios, havendo nestes relações de sequência entre a calcopirita e o quartzo, pirita e arsenopirita. Estas relações manifestam-se pelo sectionamento dos três minerais por veias de calcopirita, inclusões idiomorfas de arsenopirita e pirita na calcopirita e contactos mutuos. Evidências de substituição são dadas pela preservação, pseudo-mórfica de fraturas, e de formas idiomórficas.

As relações calcopirita — galena, nos veios, mostram certa sequência na deposição; assim, inclusões freqüentes da primeira na segunda, fig. 4e, e vênulas de galena na calcopirita.

Observa-se que este sulfureto, como os demais, tornou-se instável em certo momento na presença de soluções carbonatadas. É certo que os carbonatos depositados apresentam contactos de corrosão com quase todos os sulfuretos, e quartzo também, o que indica modificação na composição destas soluções. Um sulfureto formado em dado momento, tornou-se instável posteriormente na presença de soluções de composição e características diferentes.

* * *

Galena: — É o mineral de maior valor econômico. Forma blocos maços de galena compacta bem cristalizada, alguns cristais com milímetros de desenvolvimento, podendo estar imersos em massa terrosa de limonita e outros minerais secundários, ou então associada, no minério menos alterado, aos sulfuretos e minerais não metálicos da ganga.

Ocorre na encaixante, como impregnação do calcáreo, juntamente com os outros sulfuretos contemporâneos já citados. Nos veios ela preenche fraturas das piritas e as substitui, assim também ao quartzo. Veias de carbonato cortam a galena e têm contactos endentados.

Observam-se alterações generalizadas na galena para cerussita ou anglezita, que a substituem ao longo dos planos de clivagem e contornos dos grãos.

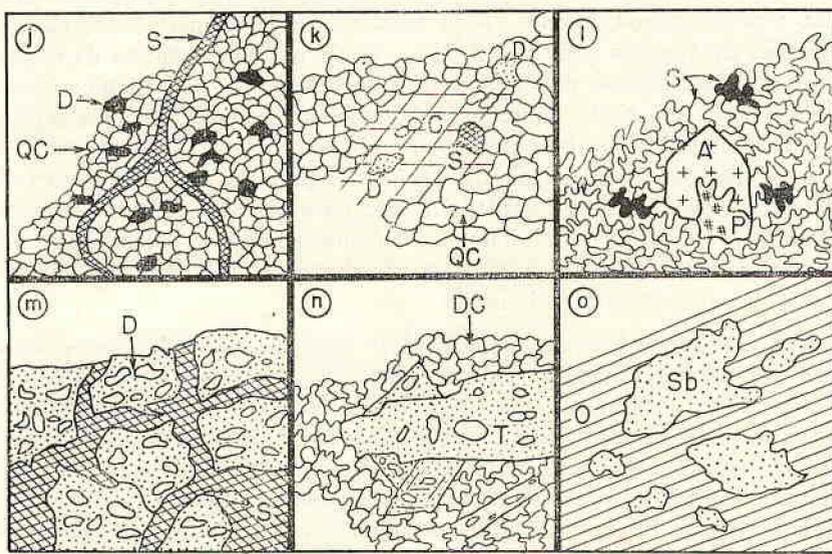


FIG. 5

- j) Agregado de quartzo-carbonato (QC) e diopsídio (D) seccionado por venula de sulfuretos (S).
- k) Agregado de quartzo-carbonato (QC) com porfiroblasto de calcita (C) e inclusões de diopsídio (D) e sulfureto (S).
- l) Cristal de arsenopirita (A) envolvendo pirita (P). Agregado de sulfureto (S), galena-pirrotita-calcopirita envolvendo-os.
- m) Porfiroblastos de diopsídio (D) envolvidos por sulfuretos (S).
- n) Porfiroblastos de tremolita (T) envolvidos por diopsídio e carbonatos (DC).
- o) Stibinita (Sb) envolvida por óxidos de antimônio (O).

As conclusões preliminares são que, no início do processo mineralizador, não houve mobilização dos carbonatos, em virtude, certamente, da baixa volatilidade dos mesmos. A fase pirometasomática foi incapaz de transportá-los, porém é necessário observar que há, às vezes, recristalização da calcita sob forma de porfiroblastos (fig. 5k), associados a diopsídio, tremolita, quartzo, e sulfuretos; pode-se admitir uma ação térmica como responsável por esta recristalização. É verdade que certa parte dos carbonatos liberados no processo pirometasomático, entrou em combinação com parte da sílica, para a formação dos silicatos mencionados, porém outra parte deve ter sido incorporada às soluções hidrotermais nascentes, ou então recristalizou-se sem apreciável migração. Difícil distinguir este último tipo de carbonatos recristalizados térmicamente ou dinamicamente. Ressalta, do que ficou dito, a ausência de carbonatos na primeira fase hidrotermal, que se processou em condições físico-químicas vizinhas da fase pirometasomática, ao passo que eles são abundantes na segunda fase hidrotermal. A fase pirometasomática correspondeu à impregnação da encaixante e dos "horses", ao passo que a hidrotermal processou-se de preferência ao longo das fraturas; houve gradual passagem de uma para a outra, com a concentração das soluções nas aber-

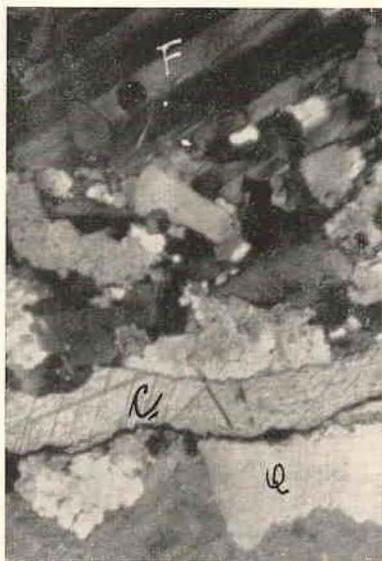


Fig. 6 — Venula de carbonato (C), no pegmatito. N +, 160 X.



Fig. 7 — Biotita (B) substituindo feldspato (F). N +, 160 X.

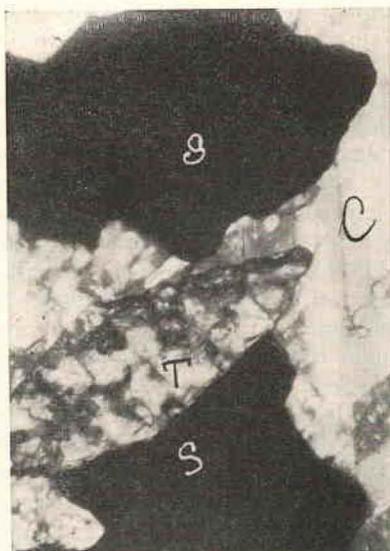


Fig. 8 — Associação de titanita (T), sulfureto (S) e carbonato (C). N +, 160 X.



Fig. 9 — Relações entre arsenopirita (A), pirita (P) e agregado fino de sulfuretos (S). Luz refletida, 100 X. N II.

turas, embora tenham ocorrido também processos metasomáticos, de menor profundidade, associados às soluções hidrotermais. A sequência foi contínua durante o ciclo de mineralização, havendo uma seleção na precipitação dos minerais da primeira fase, em ganga de quartzo, e de uma segunda fase, em ganga de carbonatos. Fases essas separadas por um período de movimentação responsável pelo fraturamento intenso dos primeiros minerais formados, especialmente nas proximidades do cruzamento dos veieiros.

Minerais transparentes

Os minerais transparentes da ganga são silicatos formados em alta temperatura tais que diopsídio, titanita e tremolita e mais quartzo, clorita e carbonatos. Consideramos pertencendo à ganga do minério, os minerais transparentes associados aos sulfuretos. Alguns são preexistentes à mineralização, como parte dos carbonatos, porém outros foram certamente introduzidos durante a mineralização. Nossas observações, repetimos, limitam-se à zona acima da galeria B-2.

Diopsídio — $Ca (Mg, Fe) (SiO_3)_2$: — Ocorre em certos locais da encaixante e está ausente em muitos outros lugares; não houve portanto uma formação uniforme de diopsídio nas paredes dos veieiros, como também não foi generalizada a silicificação da encaixante. Tratando de um piroxênio que tem em sua estrutura, sílica — cálcio-magnésio e um pouco de ferro, e dada a grande concentração de diopsídio observada em certos pontos, percebe-se que, para um calcáreo baixo em sílica, em torno de 2%, houve introdução de silício e talvez magnésio e ferro, indispensável para a formação deste silicato. Em se tratando de um silicato anhidro, condições hidrotermais, propriamente, não favoreceram a sua formação, como aconteceu posteriormente com o aparecimento da tremolita. Somos de opinião que a diopsídio formou-se no início do processo de mineralização, quando as soluções pneumatolíticas, vanguardieras da linhagem hidrotermal, carregaram o silício e ferro sob a forma de compostos voláteis, introduzindo-os lateralmente e por metasomatose na encaixante, a partir de fraturas guias. As relações texturais reforçam este ponto de vista. Com efeito, pode-se observar: a) Associação quartzo-carbonato — diopsídio — sulfureto, em que o diopsídio é finamente granulado e escasso; o quartzo e o carbonato com textura de substituição, isto é, houve silicificação da encaixante; (fig. 11) os sulfuretos podem ocorrer em veias seccionando a faixa alterada (fig. 5j), ou existem grãos irregulares disseminados no interior dela; b) onde há abundância de quartzo há pouco diopsídio, e vice-versa, (fig. 18), parecendo isto indicar que, quando houve oportunidade para a formação de diopsídio esta se processou às expensas do silício das soluções e do cálcio e magnésio da encaixante; c) A textura granular, grãos equidimensionais, do quartzo e diopsídio favorece uma contemporaneidade na deposição, isto é, substituição da encaixante calcárea pelos dois, simultaneamente. As dimensões do diopsídio e quartzo variam de 0,04 x 0,04 mm a 0,08 x 0,08 mm, assim também os carbonatos remanescentes associados a eles.

Nem sempre o diopsídio ocorre como grãos irregulares de pequenas dimensões, associados ao quartzo e carbonatos. Localmente notam-se porfiro-

blastos de diopsídio, (figs. 17, 18), de 1,5 x 1,5 mm, com textura peciloblastica, isto é, grandes cristais com inclusões de carbonatos e do próprio diopsídio de granulação fina; pode-se notar o crescimento destes cristais pelas auréolas de formas irregulares, em torno de um núcleo já definido de diopsídio (fig. 21). Trata-se, sem dúvida, de uma recristalização do diopsídio, pela elevação local da temperatura ou por reincidência do processo mineralizador. O quartzo e os carbonatos, do mesmo modo que o diopsídio, apresentam porfiroblastos (fig. 5k). O que parece claro, é que o diopsídio e o quartzo são dos primeiros minerais formados na fase pirometasomática. O conjunto foi, às vezes, fraturado, tendo os grandes cristais de quartzo extinção ondulante.

Tremolita — $Ca_2 (Mg, Fe)_5 (OH)_2 (Si_4O_{11})_2$: — Este anfíbolio ocorre associado aos carbonatos e diopsídio. Adquiriu, quase sempre, formas automórficas, em prismas longos de seções rombicais, apresentando porfiroblastos até 2 mm de comprimento (figs. 19, 20). É comum a alteração dos piroxênios para anfíbolios. Aqui, observamos relações texturais mútuas, entre diopsídio e anfíbolio, que não deixam dúvidas quanto à alteração. Em se tratando da transformação de um silicato anhidro para outro hidratado, as condições ambientes devem ter mudado para que a alteração tenha sido possível.

Vimos, na descrição do diopsídio, que este mineral recristalizou-se, de grânulos finos para porfiroblastos; se as condições ambientes não sofressem modificações, deveríamos ter somente porfiroblastos de diopsídio. Entretanto, surgem porfiroblastos de tremolita, em estreita associação com o diopsídio, com textura peciloblastica, isto é, com inclusões de diopsídio, de granulação fina, e carbonatos; há contactos transicionais entre os dois silicatos. Cristais idiomórficos de tremolita são envolvidos por outros, do mesmo mineral, evidenciando um processo contínuo de formação deste mineral, a partir de uma matriz favorável pré-existente. Esta transformação só foi possível no momento em que a água pode ser fixada na molécula do silicato, isto é, no início da fase hidrotermal.

Os sulfuretos, em parte, estão incluídos na tremolita ou seccionam o conjunto tremolita-diopsídio-carbonatos, fig. 5 m.

As primeiras soluções hidrotermais, muito fluidas, devem portanto ter impregnado a encaixante, nela introduzindo quartzo, sulfuretos, etc. e favorecendo a formação da tremolita. Este mineral não aparece, normalmente, como ganga do minério de enchimento de fraturas, porém, exclusivamente, metasomático.

Quartzo: — Este mineral ocorre sob três modalidades genéticas silicificando a encaixante, no início do processo (fig. 11 — figura 5j); recristalizado, juntamente com os silicatos, ou introduzido por soluções hidrotermais. Quanto ao primeiro e segundo aspectos, já fizemos referências sobre a contemporaneidade do quartzo e silicato, e sua recristalização e deformação. O quartzo hidrotermal acompanhou toda a primeira fase hidrotermal, estando associado com pirita e arsenopirita, das quais é contemporâneo, conforme se depreende das relações mútuas, (figs. 4, a, b, i). Alguma silicificação hidrotermal foi superposta à pirometasomática, porque são observados veios de



Fig. 10 — Agregado de sulfuretos (S), envolvendo pirita (P) e restos da encaixante (E). Luz refletida, 200 X.



Fig. 11 — Textura da associação quartzo, diopsídio sulfuretos. N +, 50 X.



Fig. 12 — Textura da encaixante (E) com pirrotita (Pirr) disseminada. Luz refletida, 96 X.



Fig. 13 — Associação da pirrotita (Pirr), calcopirita (Cp) e encaixante (E). Luz refletida, 96 X.

quartzo e sulfuretos, em fraturas das paredes silicificadas anteriormente, fig. 5j). Neste caso as soluções corroeram o primeiro quartzo; observam-se cristais do quartzo recristalizado, com contactos de corrosão com quartzo de granulação menor, ambos sendo substituídos por galena, e outros sulfuretos de seqüência posterior.

A granulação do quartzo é de 0.04 x 0.04 mm a 0.08 x 0.08 mm para os menores grãos, e 0.4 x 0.4 mm a 0.8 x 0.6 mm para os maiores grãos.

Associadas ao quartzo dos veios ocorrem sericita e clorita, que vêm confirmar para êles, origem hidrotermal.

Titanita: — Êste silicato ocorre esporadicamente, estando associado aos carbonatos e sulfuretos (fig. 8). Sua posição não é bem definida, porém é mineral de alta temperatura e deve pertencer à fase pirometasomática. A forma eudral de seus cristais, envolvidos por carbonatos recristalizados e sulfuretos, confirma a sua idade anterior à êles, ou contemporânea, haja vista a sua grande fôrça de cristalização.

Clorita e sericita: — São minerais escassos na ganga. Ocorrem como últimos minerais de seqüência hidrotermal, porque infiltram-se entre todos êles, e têm contactos de corrosão. São, ambos, bons índices de soluções aquosas, das quais se separaram todos os sulfuretos de primeira e segunda fase.

Carbonatos: — Os carbonatos mais comuns na ganga são: calcita, dolomita e siderita. Devido à natureza calcárea da rocha encaixante, e aos processos metasomáticos, parte dos carbonatos da ganga do minério, calcita e dolomita principalmente, ficou residualmente incorporada à ganga. Outra parte, entretanto, resultou da recristalização de carbonatos pré-existentes, ou foi introduzida pelas soluções hidrotermais.

A siderita só localmente ocorre, associada aos sulfuretos de ferro, e parece ter resultado da ação das soluções carbonatadas sobre êstes sulfuretos. A calcita é predominante sobre todos os outros carbonatos; êstes aparecem com abundância na segunda fase hidrotermal, e formam a ganga principal do minério.

A não serem os carbonatos associados ao minério pirometasomático, que foram substituídos pelos sulfuretos, os carbonatos que ocorrem nos veios têm seqüência posterior aos sulfuretos (fig. 4g), e só se depositaram no final do processo, envolvendo e penetrando ou corroendo todos os minerais pré-formados.

Êles formam, assim, a ganga principal da mineralização da segunda fase, e deram às soluções um caráter bicarbonatado neutro ou ligeiramente alcalino, como indicam a sericita e clorita, separadas no final do processo.

ZONA A

A zona A tem maior desenvolvimento subterrâneo do que a zona B. Está localizada no horizonte inferior de calcáreo e, como a zona B, é atravessada por diversas formas do magma granítico.

A mineralogia do minério e das encaixantes é semelhante à da zona B. Há também os dois tipos de mineralização: de impregnação e de enchimento.



Fig. 14 — Agregado de sulfuretos (S), substituindo a encaixante (E), impregnada de galeña (G) e pirita (P). Luz refletida, 96 X.

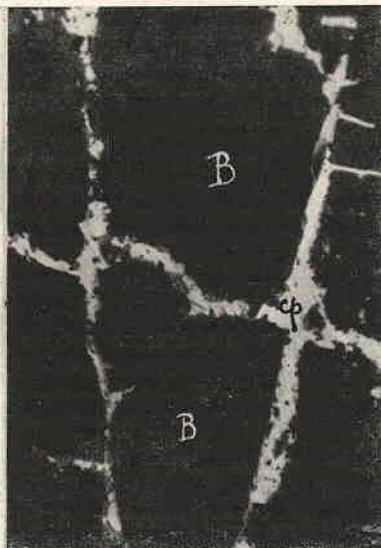


Fig. 15 — Venulas de calcopirita (Cp) na blenda (B). Luz refletida, 96 X.

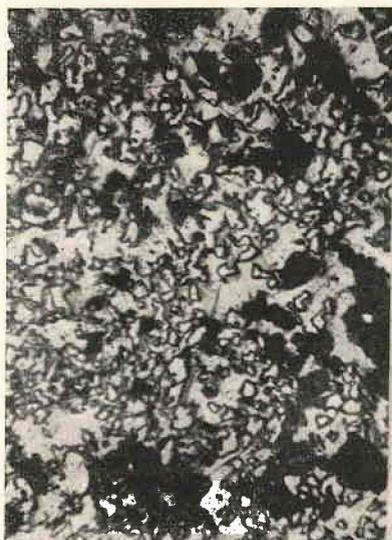


Fig. 16 — Textura do agregado de diopside granular fino, carbonatos, sulfuretos (negro). N II, 160 X.

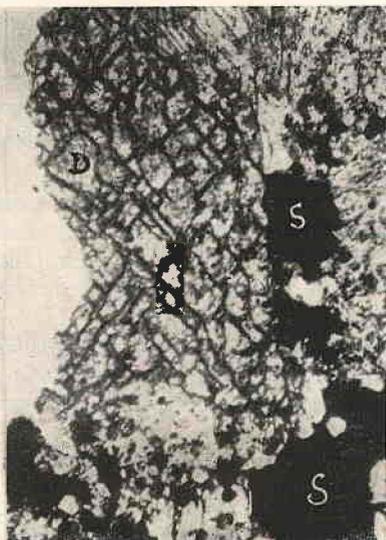


Fig. 17 — Diopside (D) com sulfureto (S) nas clivagens. N II, 50 X.

A primeira é mais acentuada nos extremos da zona A, onde há proximidade com massas graníticas, o que refletiu certamente no modo de fraturamento da encaixante. O veio camada ramificou-se, dando origem a diversas faixas mineralizadas. Não são conhecidos veios de valor econômico dentro das massas eruptivas.

Uma diferença na mineralogia da zona A, em relação à zona B, é a ocorrência de blenda. Este mineral ocupa uma posição, na sequência da cristalização, correspondente ao início da segunda fase, ou ao fim da primeira. Com efeito, a blenda é seccionada e substituída por calcopirita e pirrotita, (fig. 15). Ocorrem no seu interior cristais idiomórfos de arsenopirita. As demais relações confirmam sua posição intermediária, entre a primeira e segunda fases; como está freqüentemente fraturada, é possível que a sua formação corresponda ao início da segunda fase, onde a colocamos.

Nesta zona os carbonatos parecem ter sido mais ativos, isto é, a segunda fase teve maior desenvolvimento de que na zona A. O quartzo é muito escasso, tendo havido, porém, silicificação das paredes e formação de diopsídio e tremolita.

A pneumatolise é aqui, também, evidenciada pela fina impregnação dos sulfuretos no calcáreo e por isso mesmo a fase piromatosomática foi também intensa em certos pontos desta zona. Este aspecto é economicamente importante, porque diz respeito à liberação dos sulfuretos da ganga calcárea, no tratamento do minério. Às vezes a substituição do calcáreo foi intensa e observam-se massas ou aglomerados quase homogêneos de pirrotita, calcopirita e galena, de formação simultânea. Essas massas de sulfuretos, de granulação individual da ordem de 0.008 mm para menos, envolvem a pirita e arsenopirita (figs. 10 e 11). Quando há silicatos associados a carbonatos estes foram preferencialmente substituídos por pirrotita e calcopirita ou galena, cuja textura, em conjunto, reproduz a textura original da encaixante alterada. Resultou uma "textura de difusão" que, segundo Bastin (11), é característica de substituição (figs. 12, 13); neste caso os sulfuretos têm granulação de 0.008 mm para maior.

E — Zona de oxidação

Esta zona em Panélas é de profundidade irregular, alcançando 20 a 30 metros no máximo. A passagem para a zona primária é gradual, observando-se maior freqüência de sulfuretos na massa de minério oxidado, à medida que os trabalhos subterrâneos se aprofundam. É caracterizada pela ocorrência de abundante limonita, desde o afloramento dos veios até os níveis da B-2 ou A-2; daí para baixo há infiltrações irregulares dos óxidos nos sulfuretos.

A zona de oxidação oferece facilidade para escolha manual da galena, sulfureto que apresenta retardo da oxidação em relação aos outros; por isso mesmo, blocos de galena maciça ocorrem envolvidos pela limonita e outros minerais de alteração, de estrutura terrosa, de fácil e econômico desmonte. Atualmente as reservas dessa zona estão muito diminuídas e não há fugir ao tratamento da mistura dos sulfuretos do minério primário. Esta situação

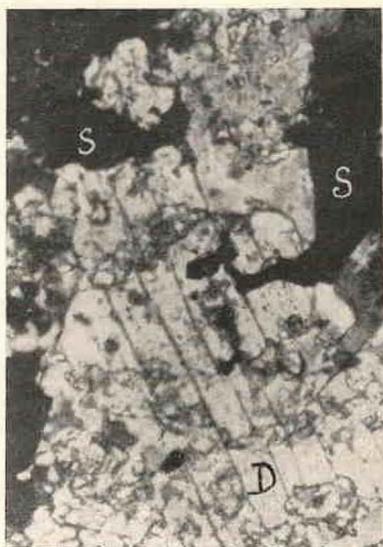


Fig. 18 — Porfiroblasto de diopsídio (D), textura peciloblastica (inclusões de carbonato e grânulos de diopsídio). Sulfureto (S) seccionando o diopsídio. N II, 160 X.



Fig. 19 — Porfiroblasto de tremolita em matriz de carbonato e diopsídio. N II, 160 X.



Fig. 20 — Porfiroblastos de tremolita (T) em matriz de carbonatos e diopsídio. N +, 50 X.



Fig. 21 — Porfiroblasto de diopsídio (D) com aureola de crescimento (A). N +, 50 X.

mesma foi apontada pelo autor, há cêrca de 12 anos passados, que salientou ao então metalurgista e encarregado da mina, Mr. Hall, a necessidade do estudo do minério primário para o tratamento e concentração oportuna do mesmo.

Dada a composição complexa do minério primário, os produtos de oxidação são também variados. Os principais são:

Óxidos de ferro: — São os mais abundantes. Formam massas terrosas e irregulares, avermelhada, ao longo da direção e do mergulho dos veieiros. Envolvem outros minerais secundários, assim também sulfuretos não completamente oxidados. Derivam-se da oxidação da pirita, arsenopirita, calcopirita e pirrotita principalmente. Estruturas coloidal, mamelonar e terrosa. Associados com pirita, pirrotita e calcopirita residuais, indicando o processo de alteração "in-situ".

Óxidos de antimônio: — Ocorrem associados aos óxidos de ferro, apresentando também estruturas de deposição coloidal. Estreitamente dependentes da alteração da stibinita, cujos restos podem estar inclusos nos óxidos (fig. 5-o). Não identificamos êste sulfureto de antimônio entre os minerais primários estudados, devido certamente à escassez do mesmo entre os sulfuretos ou número insuficiente de secções polidas, ou, ainda, mais provavelmente porque, em se tratando de mineral de média a baixa temperatura, êle separou-se com maior abundância em níveis superiores aos atuais, sendo êstes de precipitação em alta temperatura. Também não identificamos sulfuretos complexos de antimônio e outro metal qualquer, da série estudada.

Os óxidos de antimônio foram identificados pela KOH, que dá um induto branco, na superfície de toque, permitindo assim localizar entre os óxidos de ferro as manchas de óxidos de antimônio. O antimônio foi testado nos óxidos e sulfuretos pelo iodeto de potássio e cloreto de rubidio, conforme ensina Short (12). A alteração da Sb_2S_3 , para seus óxidos, tem caráter de substituição a partir das bordas do mineral, das fraturas e dos contactos entre grãos, permanecendo, em estágio avançado da alteração, as inclusões irregulares de sulfuretos nos óxidos. O mesmo é observado em relação aos sulfuretos de ferro e seus óxidos.

O quartzo dos veieiros, remanescente nos óxidos, pode apresentar veios de Sb_2S_3 , com contactos de corrosão. A stibinita foi o último sulfureto da série a separar-se das soluções, em condições muito mais atenuadas da temperatura.

Carbonato de chumbo: — A cerussita é mineral predominante nas chamadas "terras ricas" de chumbo. A anglezita só raramente ocorre, mostrando que soluções sulfatadas foram de pequena importância, se comparadas com as soluções descendentes bicarbonatadas. Do mesmo modo para a gipsita; é comum a calcita secundária, que continua a depositar-se atualmente e chegou mesmo a formar depósito relativamente extenso na superfície atual (talvez depósito de gruta), ao longo de uma depressão próxima da casa da administração.

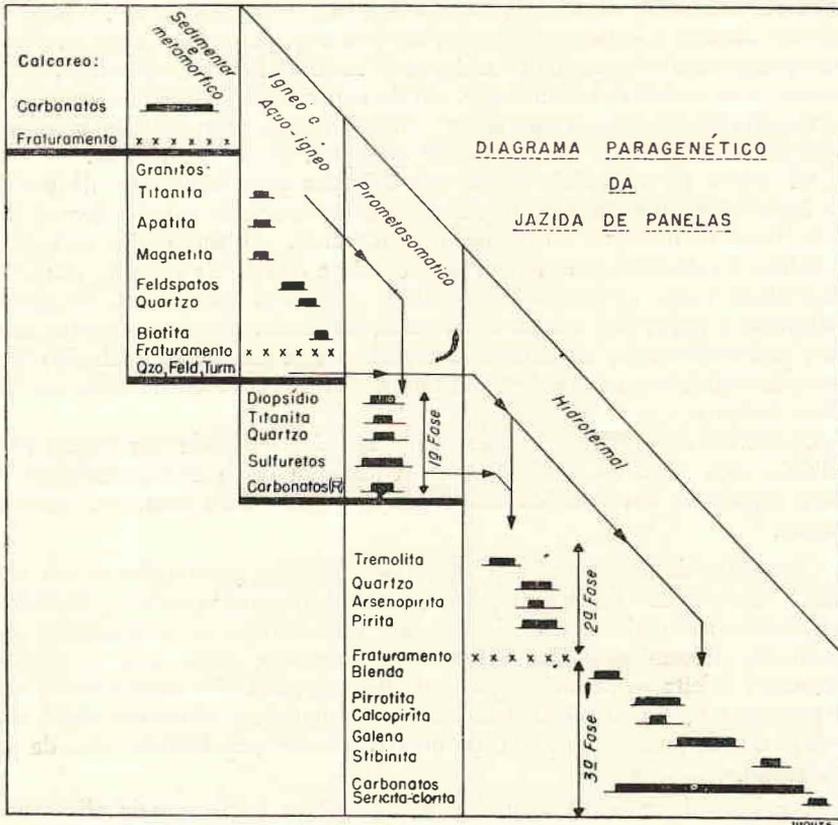
A galena altera-se em cerussita; e o processo inicia-se pela clivagem e contactos dos grãos.

Outros minerais secundários: — Carbonato de cobre, malaquita, ocorre esporadicamente e pode manchar de verde as paredes das galerias. Óxidos complexos de arsênico devem ocorrer no minério secundário, assim também prata. Não foram identificados neste estudo, porém a sua ocorrência está implícita na constituição do minério secundário.

VII — NATUREZA, ORIGEM E IDADE DAS SOLUÇÕES; CLASSIFICAÇÃO DA JAZIDA

Os estudos anteriores sôbre o minério e as alterações da encaixante, permitem-nos agora estabelecer o quadro paragenético para a jazida de Panélas e dêle sacar conclusões sôbre a evolução das soluções mineralizadoras. O diagrama abaixo resume a associação mineralógica e sequência da formação dos minerais da jazida de Panélas. Esta sequência só difere em detalhes do esquema geral deduzido e proposto por Barbosa e Guimarães (2), para a paragéne-e das jazidas plumbíferas do Vale do Ribeira.

Este diagrama, de acôrdo com a interpretação do autor, dá a ordem dos minerais e a filiação das soluções.



Ao calcáreo sedimentar, preexistente, composto essencialmente de carbonatos, seguiu-se a deformação dos sedimentos, com movimentação e fraturamento. Os granitos emergiram no fim do processo orogenético, que atingiu toda a Série Minas, e assumiram formas intrusivas variáveis. No estado ainda plástico, antes de iniciar a cristalização, poderá ter havido uma exsudação do magma sob a forma de mineralizadores voláteis, capazes de produzir fenômenos de pirometasomatismo e, mesmo, depósito de contacto. Não identificamos tais depósitos nas vizinhanças imediatas dos contactos, nos pontos observados.

Ao terno da cristalização dos granitos, as soluções pegmatíticas residuais, enriquecidas em sulfuretos, produziram, em parte, a formação do minério pirometasomático, e maiormente passaram a soluções hidrotermais, ricas em sulfuretos metálicos, que se concentraram nas fraturas e zonas de menor resistência, e aí depositaram os minerais dos veios.

Encerrou-se, deste modo, o ciclo de mineralização hidrotermal, que é caracterizado por duas fases, separadas por movimentação e fraturamento dos primeiros minerais. Estas duas fases distinguem-se não só pelo fraturamento e movimentação inter-mineralização que afetaram a primeira, como, também, pela composição mineralógica diferente, com ganga dominante de quartzo na primeira fase, e de carbonatos na segunda fase.

O processo mineralizador completo, compreende três fases de mineralização. A primeira se deu por difusão, como já referimos, nos calcáreos, às expensas de soluções peneumatolíticas, que se separaram do resíduo pegmatítico. É uma fase economicamente importante, porque carregou também galena e impregnou com minério fino, zonas de espessuras variáveis de calcáreo. Das duas fases hidrotermais, apenas a segunda assume importância econômica porque carregou galena e os demais sulfuretos.

O autor aceita, deste modo, origem magmática para as soluções mineralizadoras como, aliás, tem sido adiantado por outros estudiosos da região. Esta associação do granito à mineralização, relega para os tempos pré-cambrianos a formação do minério de Panélas. Não há outra eruptiva associada à mineralização. Todas as relações mencionadas convergem no mesmo sentido, impondo-nos esta conclusão.

As soluções mineralizadoras estiveram, no início, sob alta temperatura e pressão. Haja vista o caráter metasomático do minério difuso, com pirrotita e silicatos associados. O diopsídio, turmalina, titanita, pirrotita, são minerais de alta temperatura, e ocorrem freqüentemente em depósitos pirometasomáticos, conforme cita Emmons (13), e do mesmo modo a tremolita, pirrotita, arsenopirita ocorrem em veios hipotermais. Os demais minerais têm raio de estabilidade muito maior isto é, podem ser formados sob condições mais variáveis. A alta pressão das soluções está relacionada à vizinhança da mineralização com as massas intrusivas graníticas, isto é, grande profundidade. Deste modo, classificaremos a jazida como pirometasomática-hipotermal. Condições de temperatura mais baixa, sem dúvida, ocorreram no fim do processo ou mais afastado das fontes magmáticas.

As soluções pneumatolíticas, do início, devem ter tido um caráter ácido, como fração volátil destilada do resíduo pegmatítico alcalino. Porém, as soluções hidrotermais foram, sem dúvida, neutras ou ligeiramente alcalinas, como fazem presumir a natureza calcárea da encaixante e a presença de sericita e clorita.

VIII — BIBLIOGRAFIA

- (1) GUARANYNS, MILCIADES Y. e VELASCO, ALBERTO I. — *Mina de Galena Argentífera de Panélas de Brejauvas* — Bol. 84 — D.F.P.M. do Depart. Nacional da Produção Mineral — 1949.
- (2) BARBOSA, ALCEU FÁBIO e GUIMARÃES, JOSÉ E. P. — Contribuição ao conhecimento da província metalogenética da região do Ribeira, Est. de São Paulo — Vol. II dos Anais de Segundo Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia Out. — 1946.
- (3) OLIVEIRA, EUZÉBIO — Geologia e recursos minerais do Est. do Paraná — Monografia número 6 do Ser. Geol. e Min. do Brasil — 1937.
- (4) OLIVEIRA, AVELINO IGNÁCIO de — Chumbo e Prata na Serra de Parana-piacaba — *Mineração e Metalurgia*, Vol. 1, n.º 1 — 1936.
- (5) FREITAS, RUY OSÓRIO de — As Jazidas de galena dos ribeirão do Rocha, Matão e Grande em Cerro Azul e Bocaiuva, Est. do Paraná — *Mineração e Metalurgia*. Vol, X, n. 57 — 1946.
- (6) OLIVEIRA, GABRIEL MAURO de — A jazida de galena argentífera de Panélas das Brejauvas — *Mineração e Metalurgia*, vol. 1 n. 5 — 1947.
- (7) MORAES REGO, LUIZ FLÓRES de — Gólpes de vista sôbre os recursos minerais de S. Paulo — Sec. Agric. Ind. e Com. — Bol. de Agricultura — Sep. 30 — n.º 9 e 10. — 1919.
- (8) KNECHT, THEODORO — Recursos minerais do sul de S. Paulo — *Mineração e Metalurgia* — Vol. III, n. 17 — 1939.
- (9) LEONARDOS, OTHON H. — Chumbo e Prata no Est. de S. Paulo — D.F.P.M. — Bol. n. 6. — 1934.
- (10) BASTIAN, LEOPOLDO — Ocorrência de minerais de chumbo em Lageado, município de Iporanga, Est. de S. Paulo — vol. II dos Anais do Segundo Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia — out. 1946 — Petrópolis — Brasil.
- (11) BASTIN, E. S. — Interpretation of ore textures — Geological Society of América — Memoir 45 — 1950.
- (12) SHORT, M. N. — Microscopic determinations of ore minerals — Bull 914 — Geological Survey, U.S.A. — 1940.
- (13) EMMONS, W. H. — The principle of economic Geology — McGraw Hill Book Inc. N.Y. — 1940.