

ESTRUTURA, PESQUISA E RESERVA DE CERTOS DEPOSITOS MINERAIS

Alceu Fabio Barbosa ()*

Entende-se por estrutura de um depósito mineral o arranjo, no interior ou na superfície da crosta, dos corpos mineralizados que o formam.

Estes, por sua vez, podem ter estruturas e formas características, haja vista um depósito em anticlinal com minério fitado em que faixas de ganga alternam-se com faixas de minerais uteis. Por isto mesmo se faz distinção entre a estrutura do depósito e a do minério.

A estrutura e a forma de cada depósito em estudo devem ficar bem determinadas pelos trabalhos de pesquisa, quando se objetivar a determinação da reserva. É claro que, quando mal interpretada a estrutura, a reserva pode desviar-se notavelmente de seu valor real, com sérios riscos para o empreendimento em vista. Nem sempre a estrutura decorre de medidas diretas nos trabalhos de pesquisa; observações indiretas complementares são indispensáveis. Uma falha não observada altera quasi sempre a estimativa da reserva útil, da mesma maneira que as falhas apenas presumidas; assim uma reserva pode ficar reduzida a números sem expressão económica. A função do geólogo estruturalista é colocar a questão entre limites aceitáveis de modo que a reserva em estudo se aproxime tanto quanto possível de seu valor exacto.

A estrutura original dos depósitos minerais, principalmente os antigos, raramente é conservada. Processos geológicos, contínuos através das idades, tendem a modificar as primeiras estruturas promovendo falhamentos e dobramentos complexos, às vezes, metamorfisando ou eliminando grandes tractos mineralizados e mesmo forçando a migração de certos depósitos para estruturas diferentes. Quando os depósitos são estratigráficamente concordantes com as rochas encaixantes a sua estrutura decorre do conhecimento das estruturas e deformações locais.

Os depósitos discordantes, embora tenham experimentado acções deformadoras, obrigatoriamente não apresentam o mesmo tipo estrutural da

(*) — Professor de Jazidas Minerais, Legislação de Minas da Escola Politécnica de São Paulo.

encaixante porque eles recebem os esforços segundo superfícies diferentemente orientadas. Exemplificando, um veieiro que se localizasse no provável plano axial de uma dobra em evolução sofreria apenas compressão e rupturas por tração e não dobramento. Em qualquer caso, porém, o estudo individual detalhado do depósito e da encaixante levará ao conhecimento da estrutura do depósito.

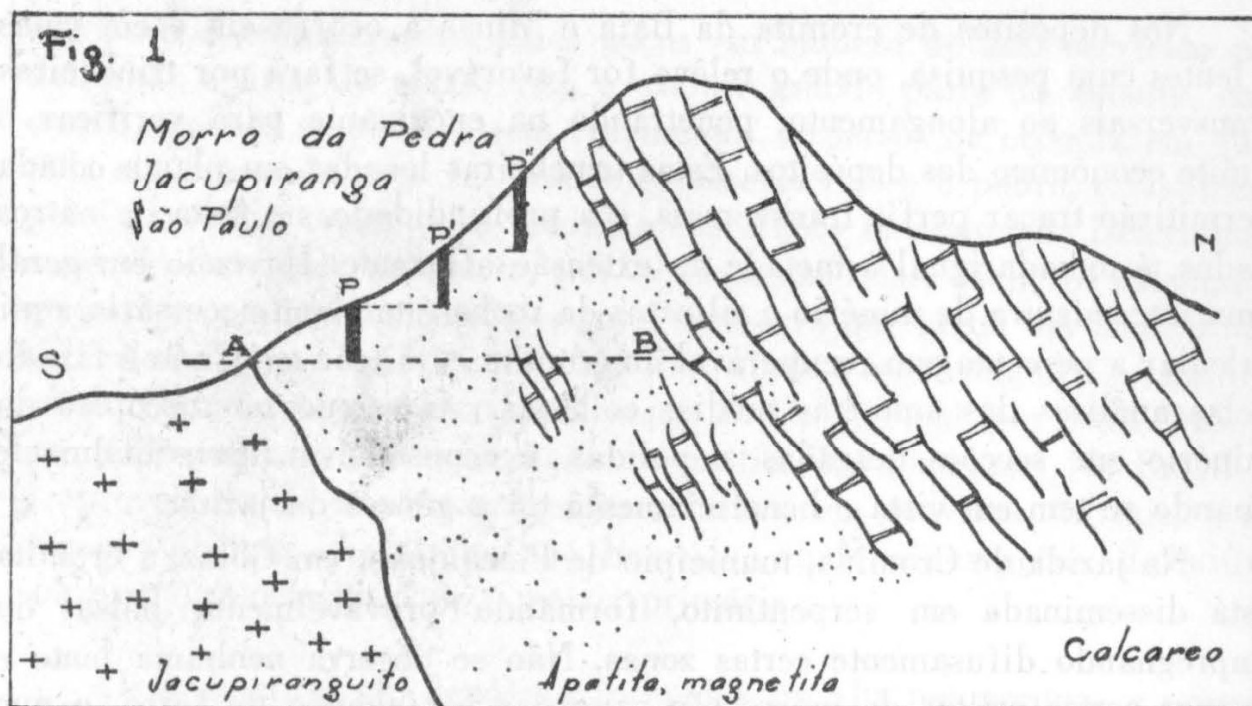
Do exposto, infere-se a importância da geologia estrutural no estudo dos depósitos minerais e bem anda o Departamento Nacional da Produção Mineral em exigir interpretação estrutural de todos os depósitos cujos processos de pesquisa sejam submetidos à sua aprovação. A cadeira de Jazidas Minerais do curso de Minas e Metalurgia da Escola Politécnica ficaria, sem dúvida, mais completa com a criação de uma aula de Geologia Estrutural, assunto extenso demais para ser tratado com detalhe no curso normal da Cadeira de Geologia Geral, já muito sobrecarregada. É o que sinceramente desejamos ver realizado dentro de pouco tempo.

A seguir daremos alguns exemplos de jazidas brasileiras, destinados a ilustrar o tema, e dedicados especialmente a alunos e principiantes, pois não encerram senão pequena contribuição original.

DEPÓSITOS DE ORIGEM MAGMÁTICA

Os depósitos de origem magmática encontram-se no interior e vizinhanças da rocha mãe ou então afastados dela. As formas e estruturas originais destes depósitos compreendem corpos lenticulares, sistemas tabulares, chaminés, massas irregulares etc.

Entre os depósitos orto-magmáticos e de segregação, no contato podemos citar os de magnetita e apatita de Ipanema e Jacupiranga, em São Paulo. Estão relacionados a rochas básicas da família dos sienitos nefelínicos. Estes magmas, de idade provavelmente eo-jurássica, eram ricos em fósforo, fluor, cloro e ferro, que por trocas metasomáticas acumularam-se na zona de contato com horizontes de calcários da Série de Minas. Dos efeitos pirometasomáticos entre mineralizadores e calcário, resultou uma massa irregularmente mineralizada nas adjacências do contato e de preferência no calcário. A estrutura destes depósitos é caótica porque há blocos de calcário na massa do minério, assim também concentrações ricas de magnetita ou apatita em massas independentes, ou ainda mistura variável destes minerais. Uma seção esquemática do Morro da Pedra em Jacupiranga é indicada na fig. (1). Como atacar a pesquisa de um depósito deste tipo? Em primeiro lugar deve-se ter em consideração que nem sempre se pensa em calcular toda a reserva de uma jazida; em geral há um limite econo-

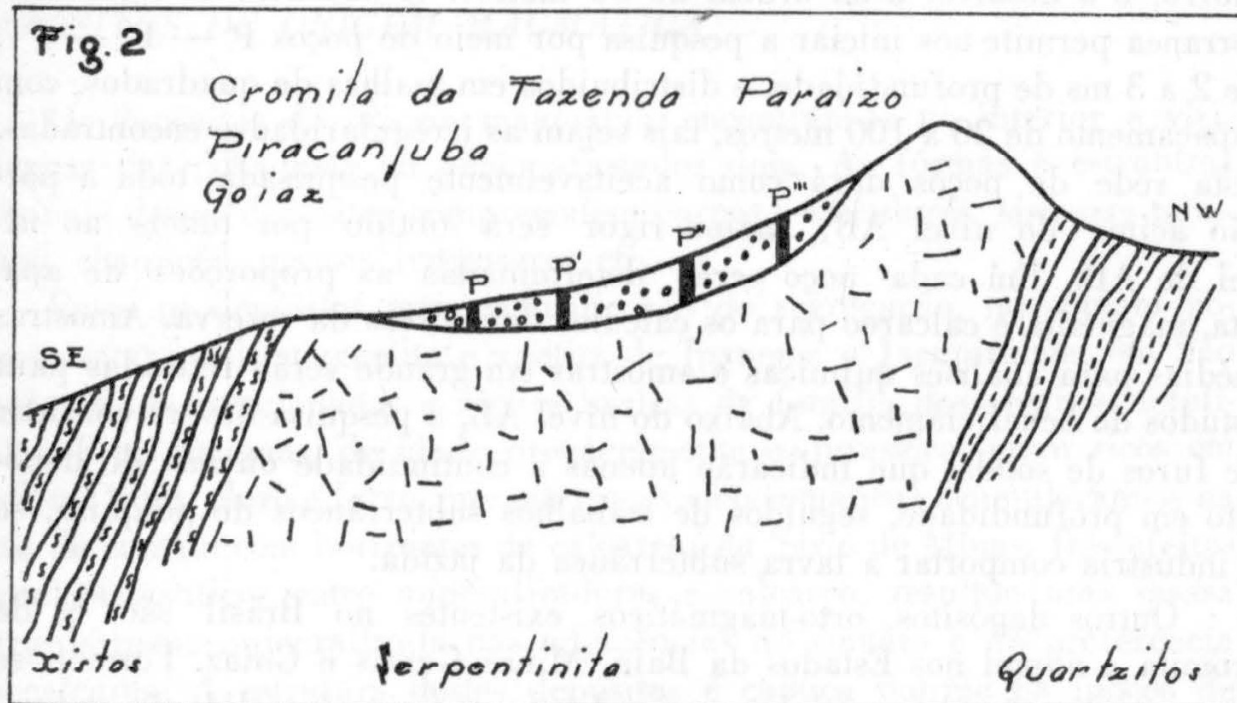


mico mínimo capaz de assegurar a instalação e marcha de uma indústria mineral. A reserva excedente será depois pesquisada a expensas da própria indústria. No caso em apreço o depósito aflora bem no flanco do morro, e o desnível é da ordem de 50 metros. A ausência de água subterrânea permite-nos iniciar a pesquisa por meio de poços P — P' — P'', de 2 a 3 ms de profundidade, e distribuídos em malhas de quadrados, com espaçamento de 20 a 100 metros, tais sejam as irregularidades encontradas. Esta rede de poços dará como aceitavelmente pesquisada tãda a porção acima do nível AB; maior rigor será obtido por tuneis ao nível de AB. Em cada poço serão determinadas as proporções de apatita, magnétita e calcáreo para os cálculos definitivos da reserva. Amostras médias para análises químicas e amostras em grande serão retiradas para estudos do beneficiamento. Abaixo do nível AB, a pesquisa deverá consistir de furos de sonda, que indicarão apenas a continuidade ou não do depósito em profundidade, seguidos de trabalhos subterrâneos de pesquisa, se a indústria comportar a lavra subterrânea da jazida.

Outros depósitos orto-magmáticos existentes no Brasil são os de cromita e níquel nos Estados da Baía, Minas Gerais e Goiaz. Formam-se por cristalização diferencial no seio do magma em consolidação, adquirindo estruturas lenticular ou pseudo estratificada em que leitos do minério alternam-se com leitos de rocha, ou ainda em disseminação irregular no interior da rocha. Deformações posteriores podem dar aos depósitos a estrutura anticlinal e sinclinal características dos facolitos e lopolitos, metamorfosando a rocha matriz básica para serpentinitos.

Nos depósitos de cromita da Baía e Minas a ocorrência é em veias e lentes cuja pesquisa, onde o relêvo for favorável, se fará por trincheiras transversais ao alongamento, penetrando na encaixante para verificar o limite económico dos depósitos. Estas trincheiras locadas em planta cotada permitirão traçar perfís transversais, e a profundidade, na falta de outros dados, é tomada igual à metade da extensão aflorante. Havendo em geral uma intermistura de minério e silicatos da rocha é também necessário aqui calcular a percentagem recuperável de cromita cujo teor em Cr_2O_3 é fixado pelas análises das amostras médias colhidas. O estudo microscópico do minério em secções delgadas e polidas é aconselhável, principalmente quando se tem em vista o beneficiamento ou a gênese da jazida.

Na jazida de Cromina, município de Piraicanjuba, em Goiás, a cromita está disseminada em serpentinito, formando provavelmente bolsas ou impregnando difusamente certas zonas. Não se observa nenhuma lente e apenas certas cristas do morro são capeadas por chapéu de ferro, o que não é de se extranhar em se tratando de rochas básicas. O serpentinito aflora em 1 Km. de comprimento por cerca de 200 metros de largura, tendo sido concordante a intrusão cujo alongamento está na direção geral das camadas. A fig. (2) dá um corte esquemático do morro. O intempe-



rismo desagregando e alterando a rocha promoveu a formação de um eluvio rico em cromita, em blocos de dezenas de quilos, localizado na base do morro; blocos de rocha estão intercalados no minério. A pesquisa, como na maioria dos depósitos da superfície, consistiu na abertura de uma rede de poços P — P'..., de 1 a 4 m de profundidade, isto é, até

encontrar o embasamento. Estes poços em número de 200 serviram para delimitar a área do eluvio rico e excluir grande parte da encosta, como esteril, embora se observassem fragmentos dispersos de cromita em quase toda ela. Em cada poço foi pesado o minério rico e o pobre, classificados pelos aspectos e tomadas as medidas das seções transversais. Determinada a densidade média do eluvio, por diversas medidas, fácil foi calcular as proporções em cada poço e, portanto, a reserva que orçou em 20,000 toneladas de minério, sendo 14.000 com 35% Cr₂O₃ e 6000 com 40%, conforme nosso relatório de pesquisa apresentado ao D. N. P. M. em 20/4/945.

Outro mineral de segregação magmática é o diamante. No Brasil ele é aproveitado de suas matrizes secundárias, em aluviões fluviais, e sua origem é muito discutida, não havendo ainda observações definitivas sobre sua associação com a matriz primária.

Os pegmatitos são depósitos formados em alta temperatura e pressão, com cortejo mineralógico característico. A grande pressão e a mobilidade do sistema facultam alta penetrabilidade das soluções que podem alcançar distâncias grandes da fonte magmática. Quando as soluções são impedidas elas se acumulam em bolsas dentro do próprio magma, cristalizando-se após ele, mostrando passagem gradual para a rocha matriz, uma verdadeira aureola de influência. A tendência dos elementos mais voláteis do magma é difundirem-se em movimento ascensional para os pontos elevados da câmara, dando ao topo mobilidade cada vez maior com correspondente aumento de viscosidade para as zonas inferiores. Se o teto é de impermeabilidade e resistência insuperáveis, em consequência, o magma pelicular, rico em voláteis, será verdadeiramente pegmatítico e assim se consolidará. A dispersão dos voláteis evitará a formação dos primeiros pegmatitos, dando por exemplo um granito pegmatítico, não excluindo, é claro, a formação de outros pegmatitos no curso do processo de diferenciação e cristalização. Nas regiões onde existem estes tetos barreira, os pegmatitos devem ser raros e as rochas pegmatíticas abundantes, ao passo que as rochas normais estão profundas ou afastadas destas zonas. Tenho para mim que os granitos intrusivos na série de Minas em São Paulo e outros Estados brasileiros, apresentam variação de textura em virtude dos argumentos anteriores. O granito "Olho de sapo", abundante no sul do Estado de São Paulo, é pobre de pegmatitos, como que indicando que os voláteis foram os auxiliares em sua cristalização, tendo sido fixados posteriormente nos minerais acessórios como apatita, fluorita, titanita etc. que devem ser mais abundantes neles do que nos granitos normais.

Trata-se de uma sugestão capaz de explicar de modo mais simples a variação da textura, sendo dispensável invocar processos muito mais

complexos para justificar a presença de dois granitos de idade diferentes, o que não tem sido comprovado por qualquer evidência geológica. O assunto deve ser entregue aos petrógrafos, para solução definitiva.

Os pegmatitos podem, portanto, ocorrer com estruturas diversas como sejam bolsas irregulares de segregação, com contatos indefinidos com a matriz; lentes de fraturas na própria matriz ou nas outras encaixantes, em que os contatos são nitidos, veios mais ou menos continuos e chaminés maciças ou anulares. Quanto à constituição mineralógica eles são classificados em pegmatitos simples, quando predomina ora o quartzo ora o feldspato ou mica, e pegmatitos complexos quando portadores de minerais raros — berilo, tantalita, uraninita, gemas etc. São depósitos às vezes muito valiosos pelo conteúdo mineralógico quase que exclusivo deles, haja vista os minerais de uranio e rádio, torio em terras raras etc. Alguns têm pequeno valor económico, seja pelo baixo teor em minerais raros, seja pela imperfeição ou intermistura dos minerais comuns, tornando a sua lavra seletiva muito difícil ou mesmo anti-económica. Quando se procura pesquisar um pegmatito o objetivo é determinar a reserva de um ou mais minerais, sua qualidade e características físicas e químicas. Em certos pegmatitos estes minerais ocupam zonas definidas paralelamente às paredes, devido a deposição centripeta ou ao afastamento lateral da encaixante ou a processos de substituição seletiva. Em outros casos a distribuição dos minerais é errática, alguns formando ninhos ou disseminando-se na massa dos outros. Em se tratando de pegmatitos bandeados, em fraturas, a pesquisa é orientada pela continuidade da fratura e pelo arranjo dos minerais; nestes casos, trincheiras nos afloramentos inalterados e furos de sonda podem dar resultados satisfatórios. Porém nos casos de distribuição errática de minerais raros a pesquisa será efetuada pelo desmonte de grandes massas, seja a céu aberto ou subterraneamente. Só pelo tratamento de grandes tonelagens é que o teor económico pode ser determinado.

Os pegmatitos de São Paulo têm, quase todos, seu feldspato alterado para caulim e são explorados para cerâmica. Estão encaixados nos xistos da série de Minas e raramente nos granitos. A possança é variável podendo alcançar 10 a 20 metros. A alteração é muito profunda e foi verificada em um deles até 100 metros, onde o nível hidrostático está atualmente próximo da superfície. Como a alteração do ortoclasio ou microlina se faz, sob o intemperismo, na presença de O da água e CO_2 é estranho o fato de ser encontrada a tal profundidade, abaixo do nível hidrostático atual. Pode ser explicado pela oscilação daquele nível ou por processo hidrotermal, ficando aberta a questão. A pesquisa destes pegmatitos caulinizados é simples, bastando uma planta cotada e furos de sonda para obterem-se reservas grandes; amostragem representativa permitirá estudos sobre

lavagem e decantação do quartzo, mica, turmalina assim também sobre a qualidade do caulim.

Os pegmatitos inalterados estão, em São Paulo, de preferência associados a granitos e xistos gneissificados. São muito irregulares e eventualmente valiosos por seu feldspato; alguns em Perús e Mogi das Cruzes contêm minerais raros como uraninita e amblygonita. A pesquisa destes pegmatitos é quase sempre difícil devido a sua irregularidade e intermistura do feldspato, quartzo, mica e turmalina. As duas últimas especialmente contaminam o feldspato e o tornam impróprio para a indústria. Entretanto o engenheiro de Minas e Metalurgia José Epitácio Passos Guimarães resolveu, com sucesso, a questão do tratamento do feldspato, baseado na sensibilidade magnética daqueles elementos, possibilitando o seu aproveitamento nas indústrias locais.

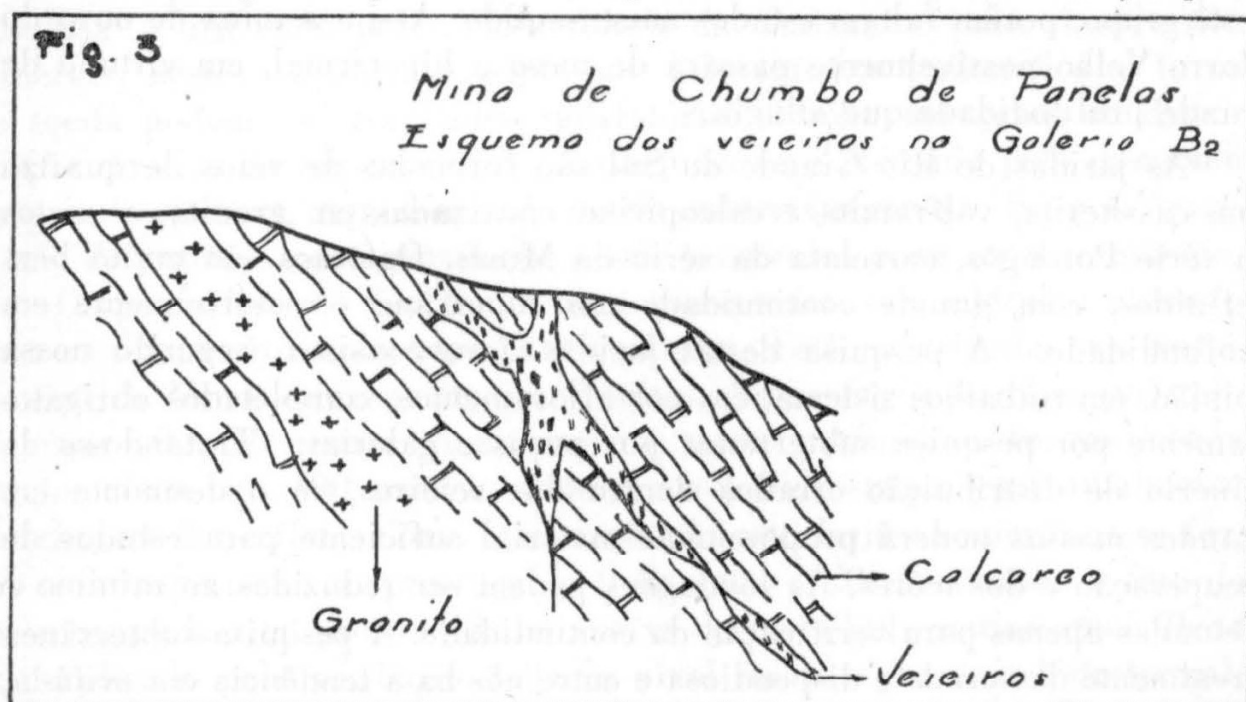
Entre os depósitos hipotermiais podemos assinalar os de cassiterita e volframita de Encruzilhada, no Rio Grande do Sul, que segundo Viktor Leinz, Djalma Guimarães e Ruy Franco são vizinhos de pegmatitos, o de molibdenita de Vacacaí no mesmo Estado conforme estudos de Willian G. R. Camargo, a jazida de volframita e cassiterita de Itupéva, em Jundiá, conforme Saldanha da Gama, Ruy Franco, a jazida de chumbo de Panelas, com maior afinidade para ambiente meso-termal e provavelmente a jazida de cobre de Itapeva. Talvez outras jazidas nacionais possam ser incluídas neste grupo, porém faltam estudos nesse sentido. Assim a mina de ouro do Morro Velho possivelmente passará de meso a hipotermal, em virtude de grande profundidade que atingiu.

As jazidas do Rio Grande do Sul são formadas de veios de quartzo com cassiterita, volframita e calcopirita, encaixadas em granitos e xistos da série Porongos, correlata da série de Minas. Os veios são muito bem definidos, com grande continuidade em superfície e possivelmente em profundidade. A pesquisa destas jazidas deve consistir, segundo nossa opinião, em trabalhos sistemáticos nos afloramentos, completados obrigatoriamente por pesquisa subterrânea por poços e galerias. Tratando-se de minério de distribuição errática dentro dos veieiros, só o desmonte em grandes massas poderá proporcionar material suficiente para estudos de recuperação e dos teores. As sondagens podem ser reduzidas ao mínimo e efetuadas apenas para verificação da continuidade. A pesquisa subterrânea é realmente demorada e dispendiosa e entre nós ha a tendência em evitá-la, preferindo-se a obtenção de elementos básicos — reservas — teores — estruturas — por métodos mais baratos, o que infelizmente tem conduzido a resultados desastrosos para os industriais. Jazidas deste tipo, como as

de ouro e outras, só deverão ser consideradas como pesquisadas quando por trabalhos subterrâneos.

As jazidas de molibdenita não têm reserva economicamente explorável. A jazida de volframita de Itupeva está em lavra e pesquisa subterrânea e tem sido objeto de mais de uma visita dos alunos do Curso de Minas, graças a gentileza de seus concessionários. A estrutura dessa jazida revela-se bem pelo traçado dos veios de quartzo na superfície mostrando falhamentos nítidos.

A jazida de Pannels, na margem direita do rio Ribeira no Estado do Paraná, é formada por veios encaixados em calcários da série de Minas. Os veios ora são bem definidos, como veio camadas, ou transversais, ora se transformam em zonas de brecciação difusamente mineralizadas com passagem gradual para a encaixante. São tipicamente lenticulares, formando bolsas e verdadeiros "ore-shoots" de intersecção. Na galeria B₂ observa-se um veio camada a N 65 E e mergulho para norte em torno de 50.º seccionado por outro veio vertical com a mesma direção. Na intersecção e vizinhanças houve grande enriquecimento do minério, especialmente no veio vertical, onde uma bolsa alongada tem cerca de 6 metros de largura por 10 de altura e comprimento maior, ainda não conhecido. O enriquecimento na intersecção, não deixa dúvida quanto à possível existência de outros "shoots" da mesma natureza. O minério consiste de abundante galena, arsenopirita e pirita, pirrotita e calcopirita, já ao nível da B₂, locada ao tempo em que Moraes Rego orientava os trabalhos de pesquisa.

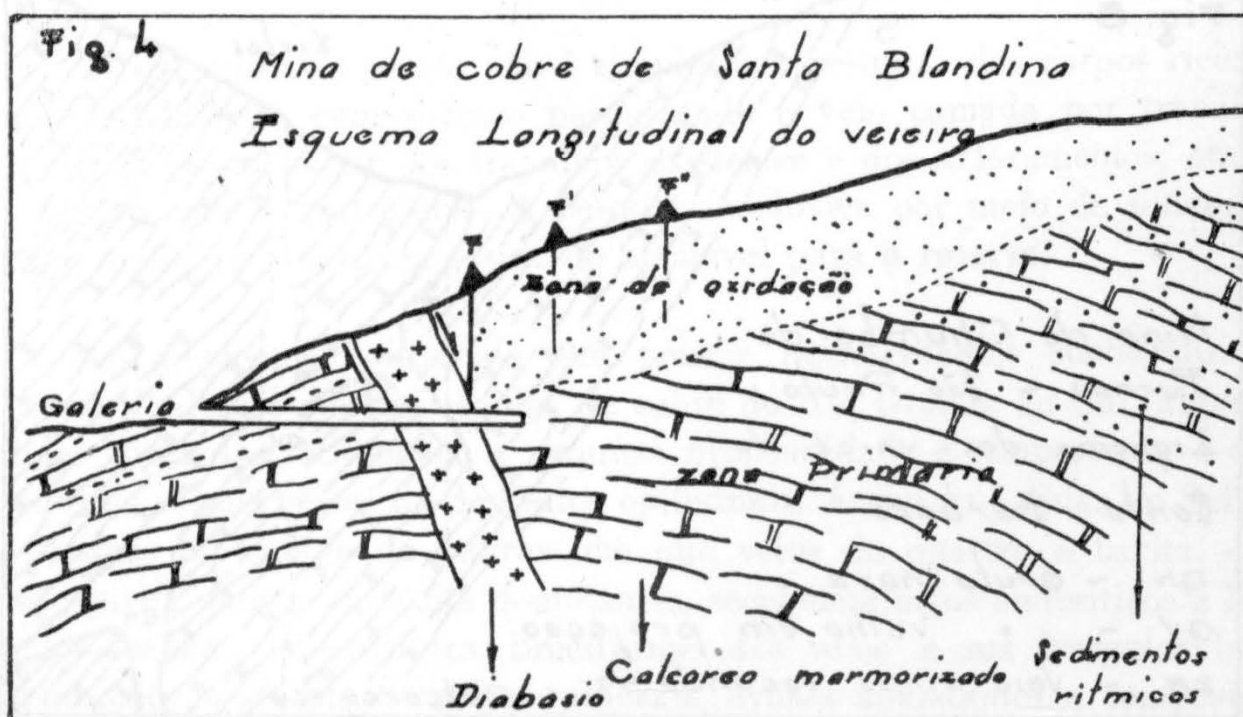


A zona de oxidação é pouco profunda, com menos de 20 metros, de modo que o minério primário ocorre ao nível das galerias existentes. Na

ganga do minério observam-se silicatos de alta temperatura como diopsídio e outros, o que permite, assim como a estrutura do minério, classificar o depósito como hipotermal. Há granito estreitamente associado à jazida, em forma de diques e alguns pequenos pegmatitos. O rio Ribeira corre abaixo em leito de granito e esta jazida oferece o melhor exemplo da filiação granítica da mineralização.

A pesquisa de tal jazida não é simples como se deprende da estrutura lenticular; a pesquisa subterrânea parece a mais indicada, porque permitirá localizar e cubar os ore-shoots, o que dificilmente se realizaria por meio de sondagens. As falhas e deformações em rocha homogênea, como o calcáreo, tornam-se de difícil interpretação nos testemunhos, e o próprio caráter lenticular da mineralização dentro do veio camada, contra-indicam o estudo por sondagens como definitivo. A reserva conhecida desta jazida é de cerca de 100.000 toneladas de minério.

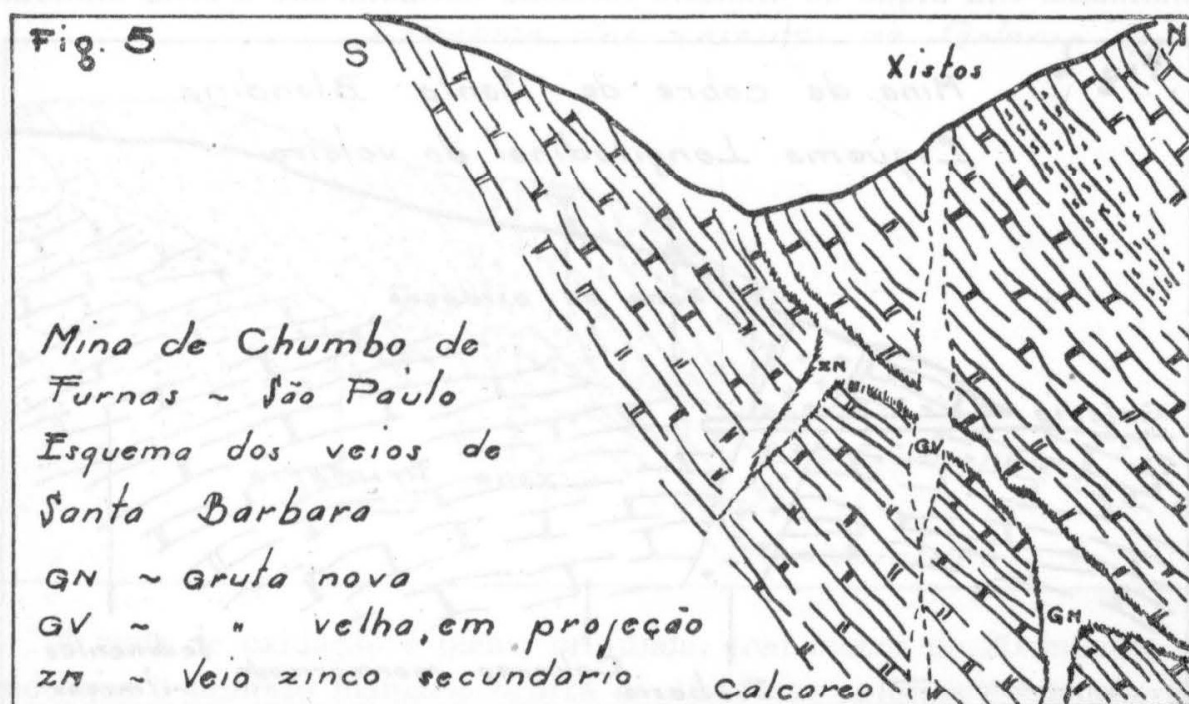
A jazida de cobre de Santa Blandina em Itapeva, Estado de São Paulo, está encaixada em sedimentos ritmicos da série de Minas passando para baixo para um horizonte de calcáreo branco marmorizado, em anticlinal, conforme observações de Octavio Barbosa e do autor. O minério primário é formado de calcopirita e bornita, em ganga de quartzo, calcita escura, granadas e epidoto. A zona de oxidação é de 15 a 20 metros, predominando cuprita no minério secundário e em menor proporção malaquita, azurita e crisocola e rara argila com minério coloidal. Há uma zona mineralizada bem definida, capeada por chapéu de ferro, de mais de 1 quilometro de comprimento, e reconhecida a várias dezenas de metros de profundidade. Um dique de diabasio secciona normalmente a zona minerali-



zada em uma extremidade, e tem 20-30 metros de possança. Próximo aflora granito. A pesquisa orientada por Octavio Barbosa consistiu em furos de sonda na zona secundária, de minério rico, seguidos de furos de maior profundidade objetivando a zona primária. A pesquisa por trabalhos subterrâneos iniciou-se por uma galeria no ponto mais baixo. Pelos elementos colhidos a jazida parece promissora.

Entre os depósitos mesotermiais destacam-se alguns entre os de chumbo, zinco e ouro da província metalogenética do sudoeste de São Paulo, e jazidas de ouro em Minas Gerais. Dos depósitos de chumbo e zinco de São Paulo os de Furnas, Monjolinho e Morro do Chumbo, Braço da Pescaria, Lageado, todos examinados e estudados pelo autor, podem sem dúvida ser classificados como mesotermiais. A mina de Furnas é a mais conhecida e importante entre todas. Fica a 20 quilômetros da cidade de Apiaí, na margem da estrada que leva a Iporanga. A jazida consiste de sistemas de veios encaixados em calcareo negro ou acinzentado e o minério primário é formado de galena argentífera e blenda, arsenopirita e pirita, calcopirita e rara pirrotita, ouro e antimônio, em ganga de quartzo, carbonatos e sericita. A zona de oxidação é rica e profunda, com cerca de 100 metros, e os minerais predominantes são o quartzo e limonita, carbonato e sulfato de chumbo, carbonato e silicato de zinco, óxidos de antimônio e arsênico todos envolvendo buchos de galena inalterada.

A estrutura da jazida compreende um veio camada a N 60 E e mergulho 50.º NW, e veios fortemente inclinados a E-W e N 120 E. Da intersecção destes dois últimos sistemas com o veio camada resultaram



enriquecimentos conhecidos por gruta Nova e gruta Velha, com galena predominante e extendendo-se abaixo e acima da veia camada. São verdadeiros "ore-shoots" de intersecção; a própria veia camada alcança 3 a 4 metros de possança nas vizinhanças da intersecção. Há outro sistema, conjugado do veio camada e anormalmente rico em minério secundário de zinco; fraturas conjugadas com fraca mineralização podem ser observadas em certas galerias que as acompanham com secção triangular. De modo geral ha empobrecimento dos veieiros quando se afasta das intersecções e o caráter lenticular da mineralização é muito acentuado. A paragenese é a seguinte:

Calcáreo encaixante	—————
Fraturamento	××××××
Quartzo (Silicificação)	—————
Carbonato e sericita	—————
Arsenopirita	—————
Pirita	—————
Ouro (?)	—————
Fraturamento	××××××
Carbonatos	—————
Pirrotita	—————
Calcopirita	—————
Blenda	—————
Galena	—————
Argentita?	—————
Estibinita?	—————

A extrutura da jazida não é simples e a pesquisa dos corpos ricos só poderá ser feita com sucesso pesquisando o veio camada por trabalhos subterrâneos, a partir dos trabalhos existentes e dos afloramentos, que se estendem por 1 quilometro. A pesquisa exclusiva por meio de sondagens não conduzirá a nenhum resultado aceitável para a reserva.

Os depósitos epitermais têm poucos representantes conhecidos no Brasil. Podemos citar as jazidas de cobre do Rio Grande do Sul, algumas delas formadas nitidamene a pequena profundidade e temperatura, e com tôdas as carateristicas de depósitos epitermais. Assim as jazidas do Seival, próximas da cidade de Lavras, em que veios de quartzo e barita, com calcopirita, ouro e calcocita dominantes, seccionam tufos andesiticos e lava aglomeratica. A extrutura brecoforme dos veios e sua irregularidade, deposição coliforme de certos minerais, drusas abundantes e composição

mineralógica, associados à pequena profundidade de formação, permitem colocar a jazida no grupo epitermal, de Lindgren.

As jazidas estão relacionadas a vulcanismo andesítico, pre-gondwana, do qual Seival foi um dos centros mais ativos como atestam os tufos e lavas remanescentes. A mineralização ocupou fraturas no andesito pre-consolidado, nas lavas, ou disseminou-se nos tufos incoerentes. Os veios e zonas bem definidos foram pesquisados por furos de sonda, com espaçamento pequeno, provando-se uma reserva de mais de cem mil toneladas de minério com cerca de 3% de cobre.

As jazidas de Camaquã, Cerro dos Martins, Primavera e outras cujo minério é semelhante ao do Seival, talvez possam ser classificados como epitermais.

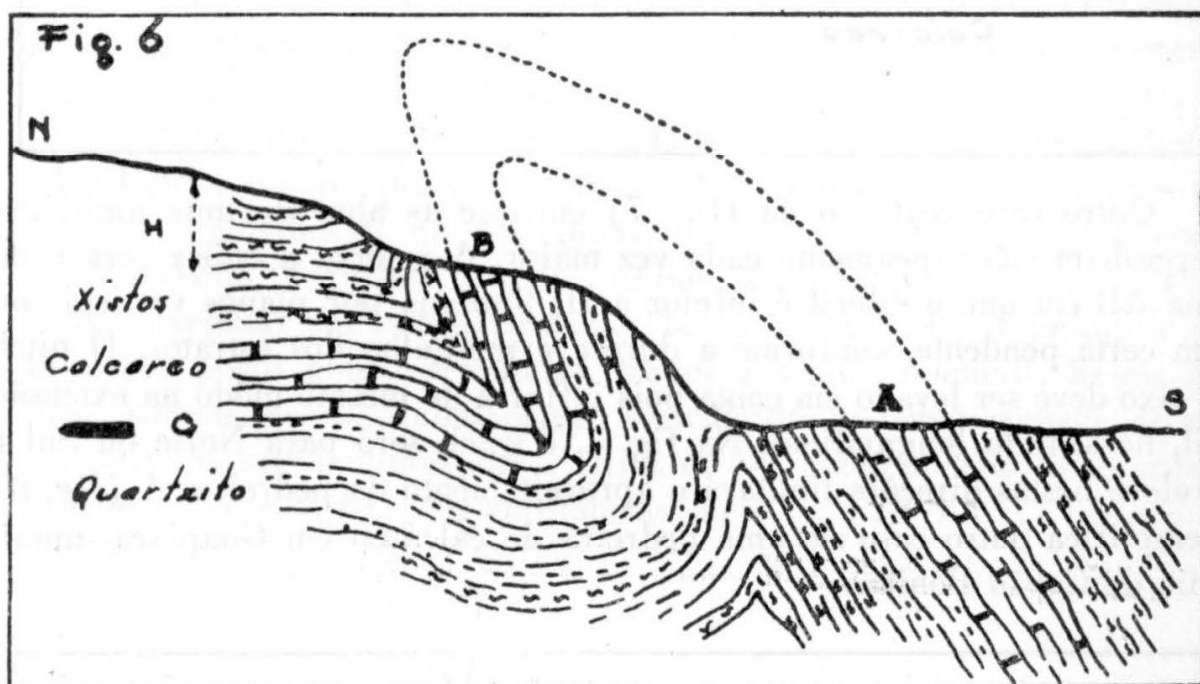
As jazidas de mercúrio e antimônio em Minas Gerais talvez pertencem a depósitos de baixa temperatura, porém faltam-nos elementos para uma classificação definitiva.

DEPÓSITOS SEDIMENTARES E RESIDUAIS:

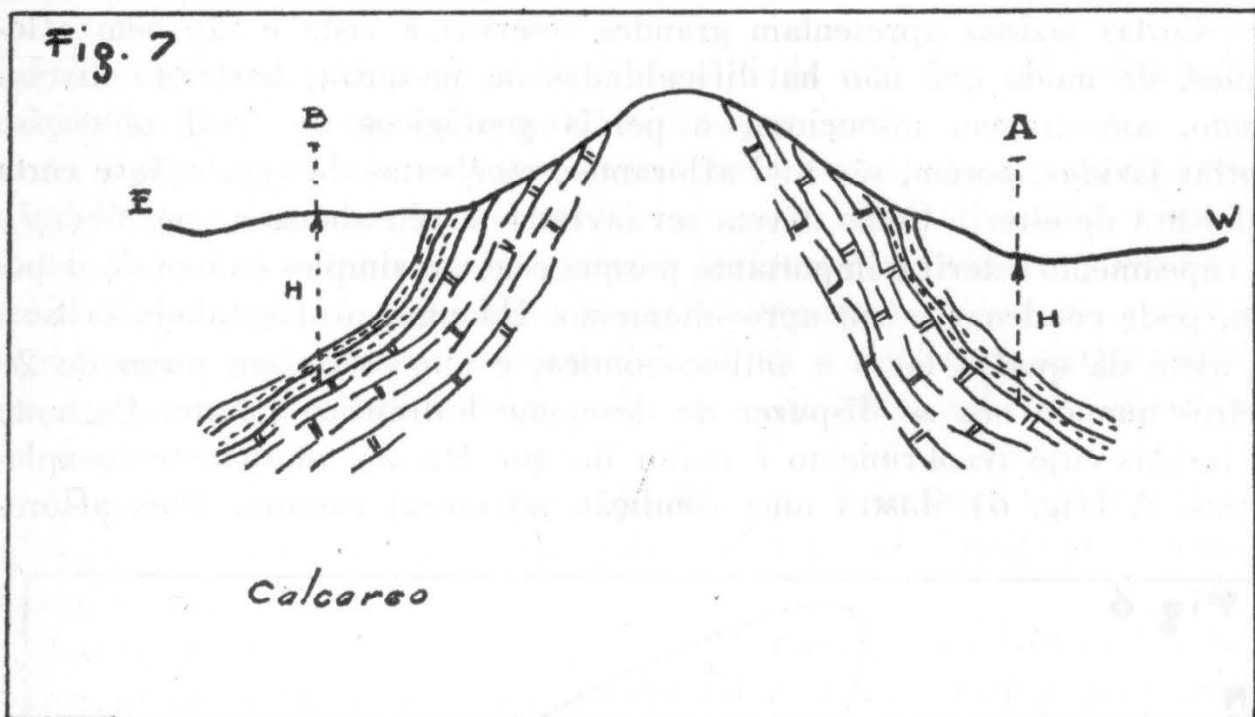
A estrutura destes depósitos, em geral, é mais simples do que as que vimos anteriormente. Pelas condições de formação a substância mineral pode estar uniformemente distribuída em grande extensão de modo a facilitar a pesquisa e cálculo da reserva. Entretanto, certos depósitos sedimentares podem ser soterrados e atingidos por fortes deformações da crosta, o que modifica a estrutura simples original conservando porém a uniformidade de distribuição da substância útil. Assim acontece com as jazidas de minério de ferro e manganês, calcários e quartzitos, carvão e outros minerais. Entre nós as jazidas sedimentares com grandes deformações pertencem quase todas ao pre-siluriano, devido a ausência de fortes movimentações da crosta desde aquela época até o terciário.

Tratando-se do estudo de jazidas sedimentares antigas, entre nós, atenção especial deve ser dedicada à estrutura. Exemplificaremos o assunto com algumas estruturas observadas em calcários do município de Capão Bonito, neste Estado. Atualmente há uma corrida para esta zona em busca de calcários apropriados para fabricação de cimento. Estes calcários são todos da série de Minas e, por isso mesmo, em certos locais são intensamente dobrados e falhados. O dobramento frequentemente tem tendência ao recobrimento, sendo possível a existência de dobras paralelas com repetição de horizontes; as pequenas ondulações nos flancos são comuns. A direção regional é N 60 a 90 E e mergulhos variáveis conforme o ponto da estrutura; o mergulho do eixo das dobras (pitch) e às vezes muito forte.

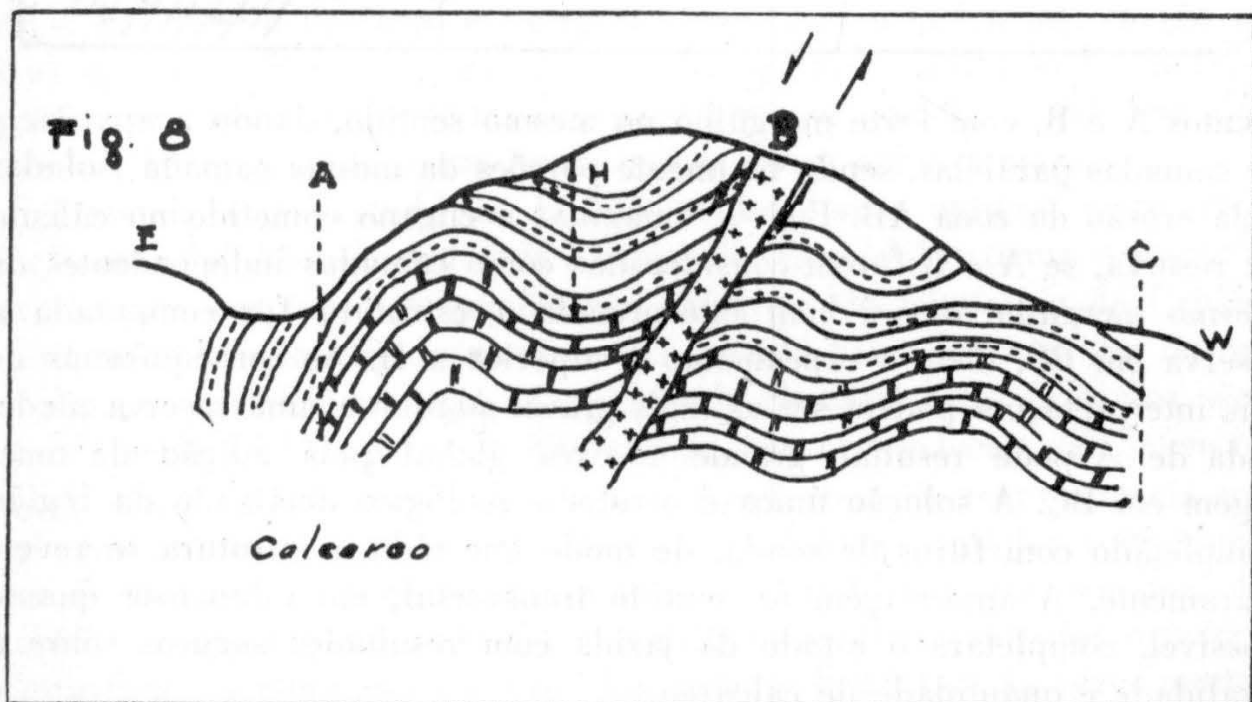
Certas jazidas apresentam grandes reservas à vista e são bem aflorantes, de modo que não ha dificuldades na pesquisa, bastando nivelamento, amostragem minuciosa, e perfís geológicos de facil obtenção. Outras jazidas, porém, são mal aflorantes, recobertas de vegetação e certa espessura de esteril. Como devem ser lavradas a céu aberto a consideração do capeamento esteril é importante porque este, ao simples exame do depósito, pode condenar o seu aproveitamento. Há uma profundidade crítica, H, além da qual a lavra é anti-económica, e que oscila em torno de 20 metros quando não se dispuzer de desmonte hidráulico barato. Portanto as jazidas cujo recobrimento é maior do que H, são atualmente inexploráveis. A (fig. 6) ilustra uma condição estrutural comum. Dois aflora-



mentos A e B, com forte mergulho no mesmo sentido, dando a aparência de camadas paralelas, sendo realmente porções da mesma camada isoladas pela erosão da zona AB. Pode-se imaginar o engano cometido no cálculo da reserva, se A e B forem consideradas como camadas independentes de mesmo mergulho ou, si bem interpretada a estrutura for computada a reserva em BC, onde o capeamento é superior a H. As consequências de tais interpretações podem ser as mais graves porque a uma reserva moderada de A pode resultar grande reserva global pela adição da tonelagem em BC. A solução única é o estudo geológico detalhado da região completado com furos de sonda, de modo que toda a estrutura se revele claramente. A amostragem no sentido transversal, tão minuciosa quanto possível, completará o estudo da jazida com resultados seguros sobre a qualidade e quantidade de calcáreo.



Outro caso real é o da (fig. 7) em que as abas de uma anticlinal mergulham sob capeamento cada vez maior. A reserva a cubar será a da zona AB em que o esteril é inferior a H, limitada por planos verticais ou com certa pendente, conforme a dureza e mergulho dos estratos. O pitch do eixo deve ser levado em conta pois influirá do mesmo modo na extensão útil, no sentido longitudinal. Na fig. 7, o pitch será para Norte ou Sul e o relevo nestas direções limitará o aproveitamento da pedra. A (fig. 8) exemplifica outro caso de uma pedra de calcáreo em Guapiara, município de Capão Bonito.



Um dique de diabasio B, de cerca de 1 metro de possança, atravessa um calcáreo em anticlinal complexo tendo ocasionado falhamento com forte rotação do bloco AB em relação a BC. Esta rotação é evidenciada pela diferença de pitch em AB e BC, sendo de 45.º para norte em AB e cerca de 45.º para sul em BC. Como o relevo cresce para o sul, caindo para o norte, os dois blocos devem ser considerados como pedreiras independentes, para o cálculo da reserva, admitindo-se que o falhamento não seja localizado a pequeno trecho do dique. As porções uteis de cada bloco, onde o esteril é inferior a H, crescem em sentidos opostos e assim devem ser consideradas no cálculo da reserva.

Os exemplos poderiam multiplicar-se, porém os casos citados dão idéia da importância do assunto, que deve merecer o máximo carinho por parte do engenheiro de minas, porque não raro esses estudos servem de base para a inversão de milhões de cruzeiros.

Os depósitos residuais, transportados ou não, estão quase sempre na superfície e sua pesquisa é relativamente simples. São constituídos pelos aluviões e eluviões de minerais uteis, resistentes ao intemperismo, como o ouro, cromita, diamante, argilas, areias e cascalhos, bauxita etc. e têm forma irregular em lentes, camadas, bolsas, canais etc. A pesquisa realiza-se por poços pouco profundos, trados e sondas manuais, hastes metálicas, bateias etc. Os trabalhos são distribuídos sistematicamente de modo a cobrir as áreas interessadas, afim de se obterem valores estatísticos médios representativos das substâncias uteis.