

II SIMPÓSIO DE MINERAÇÃO

CAPITULO XII

Beneficiamento de Minérios Não-Metálicos, Especialmente de Matérias Primas para Indústrias Cerâmicas e Similares.

Paulo Abib Andery

Paulo Abib Andery e Associados

mi não metal - Ings

Inicialmente gostaria de explicar que o título do tema é bastante extenso porque a maior parte do material de demonstração que foi trazido aqui serviu para uma palestra específica para indústrias cerâmicas e similares que foi realizada na Sociedade Brasileira de Cerâmica.

Mas, o meu objetivo seria o de discutir com os senhores alguns aspectos do tratamento de matérias primas ditas industriais, matérias primas não metálicas e matérias primas metálicas para indústrias outras que não metálicas.

Em primeiro lugar queria mencionar alguma coisa sobre o estado da indústria mineral do país e fazer comparação da situação dessas indústrias no mundo, no que se refere a matéria primas para a indústria de transformação, ou seja, os chamados minérios industriais ou minérios não metálicos.

Sabemos que há indústria mineral de materiais não metálicos e minérios industriais e temos a intuição de que essas indústrias são, tanto em valor de produção como característica de suporte das indústrias de transformação, mais importante para o país do que para as indústrias de minérios metálicos.

Difícilmente pudemos trazer aqui, hoje, em curto prazo dados que suportem esta afirmativa. Porém, como exemplo, os senhores vêem no quadro, dados estatísticos da produção americana de 1967 a 1969. Temos, nos Estados Unidos, a preços constantes de 1967, praticamente duas vezes o valor da produção em minério não metálico em relação a minério metálico. Estes valores representam o valor da venda das matérias primas minerais, os valores de venda ou valores contabilizados, de utilização no caso de lavra cativa.

Se pensarmos que da mesma fonte que foram extraídos esses dados resumidos, obtemos o valor médio da tonelada de minérios metálicos cerca de 5,7 dólares, e para valor médio de tonelada de não metálicos cerca de 4,3 dólares, excluindo, naturalmente, dos não metá

licos, a produção de matérias primas para indústria de construção, como por exemplo pedra britada, areia, pedregulho, etc., verificamos que o valor unitário das matérias primas dos dois principais segmentos das indústrias de mineração são bastante próximos.

A diferença flagrante do valor total de produção espelha o volume físico da produção também. Ao mesmo tempo, uma vez que esses dois segmentos das indústrias de produção mineral tem essa importância relativa no momento, poderíamos pensar em qual seria o futuro desses dois segmentos, dessas duas partes do campo de produção.

Infelizmente não temos aqui espaço para transcrevermos todos os dados e não houve possibilidade de prepararmos projeções, mas vamos ler alguns dados referentes a produções atuais e projeções para o ano 2.000 de alguns bens minerais nos diferentes casos. No caso de minério metálico ferroso ou minério de ferro, sempre nos Estados Unidos, uma vez que infelizmente não temos dados completos no Brasil, de minérios não metálicos, o consumo aparente, isto é, a utilização, não a produção, de minério de ferro em 1969, chegou a 140 milhões de toneladas. O consumo aparente, projetado, para o ano 2.000 vai de 240 a 330 mil toneladas. Haverá, nesse espaço de tempo, um acréscimo de 170 a 230% na produção atual.

Minério de manganês, o consumo atual é de 2.180.000 toneladas. O consumo projetado para o ano 2.000 vai de 3.400.000 a 4.300.000, com um aumento de 156 a 197%.

Tungstênio, em metal curtido, é da ordem de 13 milhões de libras. O consumo projetado é de 60 a 93 milhões de libras, com um acréscimo de 460 a 700%; não ferrosos, alumínio, o consumo é da ordem de 4.600.000 toneladas em metal contido; o consumo projetado é da ordem de 22 a 44.000.000 de toneladas, no ano dois mil, com um acréscimo de 480 a 950%; chumbo, de 1.380.000 toneladas, atualmente, com uma projeção para 2.520.000 a 4.140.000, com um acréscimo de 180 a 298%.

Nos não metálicos, em comparação com esses dados de minérios metálicos, teríamos amianto, asbestos, 784.000 toneladas, consumo atual; consumo projetado: de 1.280.000 a 1.860.000, com um acréscimo de 164 a 238%; argilas, de modo geral, materiais argilados, englobados: 58.000.000 de toneladas, com um crescimento previsto para 136 a 203.000.000, um crescimento de 230 a 350%; fosfatos: 3.500.000 toneladas em fósforo contido para 8.800.000 toneladas a 15.500.000, um acréscimo de 281 a 443%; iomenita e demais minerais de titânio em TiO_2 contido, 639.822 toneladas para 1.800.000 a 4.300.000, portanto, um crescimento da ordem de 281 a 672%.

Então, verificamos que, no grupo das matérias primas metálicas, o consumo aparente tende a crescer de valores tão baixos

como 137%, que é o menor aumento de consumo previsto no caso do zinco metálico, para 950%, que é o maior aumento previsto para uma comunidade mineral, no caso, o alumínio. Nos não metálicos, o consumo tende a crescer de 164%, que é o menor aumento previsto para os bens instáveis, no caso do amianto, para 670%, que é o maior aumento de estados nessa relação, para o caso dos minerais de titânio de uso industrial TiO_2 contido.

Este apanhado, a meu ver, indica que o segmento de mineração de matérias primas não metálicas tenderá, nas próximas décadas, a manter a importância relativa que hoje tem, no cômputo da produção genérica.

Acho que ainda está longe o dia em que, eventualmente, a indústria química substitua a maior parte dos minérios não metálicos, como certos segmentos das indústrias, às vezes, fazem prever. Sendo um segmento uma parcela tão apreciável da indústria mineral, causa espécie, de certa maneira, o desconhecimento ou a falta de discussão, muitas vezes, dos problemas dessas porções da indústria. Normalmente, os problemas tanto técnicos como econômicos, das indústrias minerais e das indústrias de primeira transformação dos minerais metálicos, de certa forma, dominam o ambiente e a forma de pensar das pessoas ligadas ao campo da indústria mineral. Aparentemente, isso se passa em todo mundo, mas é especialmente importante no Brasil.

Na semana passada, em Goiás, tive a oportunidade de verificar que em planificações de reconhecimento global de mapeamento geológico destinado a levantar possibilidades minerais em primeira aproximação, normalmente se dá uma atenção que é necessário dar à possibilidade de encontrar-se bens minerais metálicos.

Mas nenhuma menção se faz ou precaução especial se toma por exemplo, para, no curso desses trabalhos, se prestar atenção também ao levantamento de bens mais modestos ou menos atraentes, aparentemente, que são os bens não metálicos e bens minerais industriais também.

Se em relação à descoberta e à avaliação de recursos tal desconhecimento dos bens se faz notar, em relação à possibilidade de aproveitamento de recursos minerais que não se encontram em condições de utilização direta, o desconhecimento em torno do assunto é muito mais intenso, é a meu ver bastante mais grave. De modo geral, mesmo os mineradores, mesmo produtores de bens minerais não metálicos e boa parte do segmento da indústria de utilização, da indústria de transformação, tem desconhecimento muito grande das possibilidades de utilização de recursos minerais que contém os bens minerais não metálicos industriais, mas que não se encontram em condições de utilização direta em estado natural. Portanto, existe grande desconhecimento

e até mesmo uma certa desconfiança sobre a possibilidade de utilização adequada, técnica e econômica das possibilidades de beneficiamento por meios mecânicos, por meio de conservação e por meio de outros processos de tratamento.

Apenas nos últimos anos, no Brasil, o assunto começou a receber uma certa atenção, enquanto que em outros países, especialmente nos Estados Unidos, há já 15 ou 20 anos que o tratamento e o beneficiamento de minerais não metálicos vem sendo objeto de atenção e de produção industrial.

Seria, talvez, interessante procurar diagnosticar por que razão, no nosso país, de modo especial, e na maior parte dos países produtores, de modo geral, tal parte da indústria mineral não recebe, digamos, o mesmo tipo de atenção tecnológica e não atinge o mesmo grau - para usar a palavra da moda - de satisfação industrial dos minerais metálicos.

Naturalmente, as explicações que se seguem são de minha exclusiva responsabilidade pessoal, mas a meu ver existe uma série de fatores que, ao menos no Brasil, explicam, em grande parte, esse desconhecimento que só agora começa a agir no campo de produção de forma a mostrar esse panorama. Em primeiro lugar, creio, que um dos fatores que mais influem nesse campo será o fato de que, ao menos no Brasil, boa parte da produção mineral de bens industriais, é uma produção cativa das próprias indústrias de transformação.

Sendo esse o caso, não tenho dados geométricos que provem, é a minha intuição, temos dois fatores primordiais, agindo numa certa acomodação com o que a indústria julga que é possível fazer.

Em primeiro lugar, temos uma dispersão de unidade de produção, uma dispersão em número correspondente ou superior ao dos estabelecimentos industriais que utilizam essa matéria prima. Com esse fato, fica, de certa maneira, excluída a possibilidade de racionalização da mineração e, eventualmente, do tratamento por divisão da produção em unidade de escala bastante insuficiente.

Em segundo lugar, essa forma de produção cativa, de certa maneira mascara, provavelmente, em grande número de casos, a ineficiência da indústria extrativa propriamente dita e da indústria de beneficiamento, uma vez que os custos totais e industriais englobam como uma pequena parcela o custo da matéria prima e, mais do que isso, sem que o usuário, que é o próprio produtor dessa matéria prima, tenha condições de verificar num mercado, numa economia de mercado (teoricamente seria o mercado) o que a concorrência, o que unidades mais eficientes, do ponto de vista da mineração e beneficiamento poderiam oferecer. Isto é, neste caso, parece que, em grande parte dessas indústrias, a indústria de mineração não atingiu estágio de economia de mercado. Tra

tam-se de unidades fechadas de próprio consumo.

Ao lado dessa causa, evidentemente, existem outras, tais como, eventualmente, que boa parte das indústrias que utilizam bens minerais não metálicos, em particular das indústrias de cerâmicas, em indústrias correlatas como as de vidro e até certo ponto refratárias, cal, etc., são indústrias que nasceram dominadas pela proximidade de matérias primas utilizáveis em estado natural, e com métodos de produção que eram, inicialmente, frequentemente adaptáveis às características dessas matérias primas em estado natural. É evidente que, em grande número de casos, a evolução tecnológica obrigou essas indústrias a se afastarem dos padrões industriais iniciais. Mas, essa modernização tecnológica, provavelmente, ainda não atingiu, em grande número de casos, a obtenção e a utilização das matérias primas minerais que suportam tais indústrias. Entretanto, em nosso país, o panorama começa e mudar por uma série de fatores de pressão. Esses fatores são originários, alguns, da própria indústria, e, outros, do ambiente em que essa indústria trabalha.

Da própria indústria nós poderíamos mencionar um grande número de casos: a primeira é a consequência do aperfeiçoamento tecnológico dessa indústria. O aperfeiçoamento tecnológico dessa indústria obriga a métodos cada vez mais padronizados de produção, e, como consequência, a uma crescente padronização também, das matérias primas admitidas nessa indústria. Então, as especificações às matérias primas começam a ficar cada vez mais estritas, cada vez mais rigorosa. Tal rigor vai se transferir, como já está se transferindo, à indústria extrativa mineral e tal padronização, as especificações mais rigorosas, levarão, sem dúvida, à adoção cada vez maior de minérios, ao mesmo tempo de mineração e de preparação das matérias primas para a indústria utilizadora, que é essa preparação que chamaríamos de beneficiamento de modo geral ou que envolve aspectos de purificação, concentração e preparação física.

Também o fato de pressão oriundo de dentro da indústria que utiliza a matéria prima mineral, mais como ação reflexa, causada pelo ambiente, nós temos, sem dúvida, o progressivo estabelecimento do verdadeiro valor da mão-de-obra, dos fatores de produção, tais como combustíveis, tarifas de energia elétrica, enfim, a chamada verdade tarifária, a verdade cambial, a verdade que está demorando um pouco a se estabelecer, do valor da mão-de-obra. O estabelecimento de valores reais vem obrigando as indústrias utilizadoras a realmente modernizarem os seus métodos de produção, a aferir os seus padrões de eficiência tecnológica, a eficiência industrial crescente. Sem dúvida que tal eficiência industrial crescente obrigará a indústria utilizadora a exigir da indústria extrativa, materiais não só cada vez melhor especificados

mas, também, produtos minerais cada vez mais ricos, cada vez menos portadores de componentes inertes e prejudiciais e, portanto, obrigará a uma revisão dos métodos de preparação e purificação generalizadas e ao mesmo tempo a concentração da produção em unidades de produção maiores, ainda que não cativa, isto é, obrigará eventualmente que boa parte, pelo menos, da produção das matérias primas minerais para indústrias metálicas venham de produtores de unidades de produção que faxem da indústria extrativa o seu tipo econômico principal e não, como é na maioria dos casos hoje, a unidade acessória da unidade industrial utilizadora.

Finalmente, como fator de pressão ainda bastante importante, podemos citar a criação da tecnologia nacional em todos os níveis. Sem dúvida, a tecnologia nacional vem sendo criada em todos os níveis, e essa criação, esse fortalecimento, tanto em conhecimentos técnicos como no que poderíamos talvez chamar, em consciência tecnológica, tem uma influencia muito grande, a começar dos órgãos governamentais, tanto órgãos de concessão como de fiscalização, de fomento de financiamento, que exige métodos industriais cada vez mais eficientes em todos os estágios da produção, como no interior das próprias empresas, os seus técnicos têm, cada vez mais consciência de que, ao verdadeiro técnico repugna a não conservação de recursos, o desperdício de fatores e é especialmente desagradável a má qualidade ou a inconstância de características de produção.

Embora, talvez, de natureza mais psicológica, consideramos que essa criação de tecnologia nacional acabará influido de maneira desproporcional, à sua participação no capital, no comportamento das empresas, como já vem realmente ocorrendo.

Se é esta, a meu ver, a direção que pode se esperar das técnicas, da evolução da indústria extrativa, da indústria produtiva de bens minerais não metálicos ou bens metálicos para indústrias outras que não a de metalurgia, vamos fazer uma avaliação até que ponto as técnicas específicas de beneficiamento vão concorrer nessa evolução desse segmento da indústria mineral.

As técnicas de beneficiamento, tal como as conhecemos, nesse segmento da indústria, serão utilizadas de três formas principais: em primeiro lugar, teremos técnicas que serão simplesmente de preparação de matérias primas e outras, que, quanto à sua própria natureza, à sua própria capacidade química e mineralógica, são naturalmente aptas para o consumo industrial. Então, as técnicas de preparação dessas matérias primas normalmente se restringirão, de modo geral, a operações de divisão ou redução de tamanho, operações chamadas de diminuição e operações auxiliares desses tipos de operações, que são as operações de classificação, e eventuais operações auxiliares de acaba-

mento, que chamaremos de acabamento físico, tais como as operações de secagem, de aglomeração, de moldagem e operações intermediárias entre as de simples preparação física e as de transformação, tais como operações de calcinação.

Praticamente, todas as matérias primas minerais industriais já passam por operações do tipo mencionado, embora especialmente, nesse campo, a indústria nacional dedique realmente pouca atenção a uma melhor técnica de realizar tais operações.

Em particular, pode-se mencionar que nos últimos anos talvez, se tenham construído 8 a 10 fábricas de cimento. É um exemplo típico de uma indústria de transformação que utiliza, de modo geral, matéria prima que, quanto às condições químicas ou mineralógicas são, naturalmente, aptas para o consumo, mas que precisam ser preparadas principalmente para a indústria de transformação. Tal preparação, no caso da indústria de cimento, inclui, basicamente, a operação apenas de cominuição e classificação. E das fábricas novas que eu conheço, não são todas, mas uma parte razoável, em construção e em operação, talvez a metade tenha dedicado tão pouca atenção à preparação dessas matérias primas, que embora frequentemente gastando quantias consideráveis nas pesquisas das jazidas, durante essas pesquisas tenham se preocupado exclusivamente com a composição química e muito pouco com a obtenção - que seria talvez relativamente fácil de fazer ao mesmo tempo, de uma caracterização tecnológica que levasse a uma adequada escolha dos métodos, processos e equipamentos para operação de cominuição. Como resultado, em 2 ou 3 casos de conhecimento nosso e talvez no maior número desses casos, por exemplo, equipamentos tão simples, como os de britagem primária, foram evidentemente mal escolhidos. As operações de cominuição são impropriamente conduzidas por métodos pouco apropriados às características dos materiais, características que seriam determinadas facilmente na fase de pesquisas das jazidas causando consideráveis prejuízos às empresas, à economia do país, aos órgãos financiadores e à produção industrial do Brasil, de modo geral.

O segundo tipo de operações, de manuseio, de tratamento, de beneficiamento de matérias primas minerais, refere-se às operações que não modificam substancialmente a composição da matéria prima original; refere-se mais a operações, como as do primeiro tipo, de modificação do estado físico, porém que estão, de certa forma, adicionadas de uma leve modificação da composição de forma a excluir da utilização posterior os componentes minerais, ou componentes químicos que tornariam impossível - por pouco econômico ou pouco eficiente ou por pouco técnico - o aproveitamento dessa matéria prima.

Neste caso, as operações têm a mesma natureza que as o-

parações de concentração propriamente ditas. Mas, haverá uma diferença muito pequena de massas, entre a massa alimentada e a massa produzida, como mineral tratado. As operações serão, então, chamadas de operações de purificação. Não haverá propriamente uma relação de concentração, porém as operações podem ser, e normalmente são, mais complexas do que as operações de concentração propriamente ditas. No entanto, serão operações da mesma natureza, que podem ser vistas junto com a descrição que vamos fazer das operações de concentração.

Em terceiro lugar, teríamos as técnicas de operação de beneficiamento de minerais por concentração. Neste caso, teríamos um complexo de operações que englobam tanto uma modificação das propriedades físicas como operações de classificação, etc., como operações de modificação da composição química original, dividindo a massa mineral originariamente produzida, em porções bastante diferentes da massa original, uma ou mais das quais vai à utilização industrial e outra ou mais das frações sendo descartadas por inútil à produção industrial.

Nós poderíamos avaliar a composição desses processos de separação basicamente pela relação entre a massa originalmente provida da mina e a massa que segue para o tratamento industrial. Esta relação, como todos os senhores sabem, é chamada de relação de concentração e indica que, quanto maior for o valor dessa relação, tanto maior será o enriquecimento dos valores úteis, isto é, de teores dos elementos ou dos minerais que realmente interessam, a que se chegou no processo de beneficiamento, isto é, tanto maior será o enriquecimento em minerais ou em elementos úteis entre o produto final e produto inicialmente vindo dali.

Para se dar uma noção da importância dessas técnicas, em países de indústria mineral ou de indústrias que utilizam bens minerais bastante desenvolvidos, eu havia preparado um quadro, indicando em 1960, unicamente por processo de concentração por flotação, a importância das técnicas da indústria de beneficiamento, em relação a determinados grupos de bens minerais não metálicos ou bens minerais metálicos para uso industrial.

Este grupamento é evidentemente, do ponto de vista, tanto da indústria de utilização como da indústria de produção de bens minerais, um grupamento infeliz. Os minerais estão aqui agrupados sem nenhum relacionamento nem de produção nem de utilização, mas foi um meio encontrado pelos autores do trabalho, de não revelarem certos dados individuais que eles tinham a obrigação de não revelar.

Os senhores verificam, por exemplo, que, para bens minerais como a calcita granita, a cianita, etc., no ano de 1960, foram produzidas 102 mil toneladas de bens minerais utilizáveis na indústria por técnicas de flotação, com um tratamento de 425 mil toneladas de mi

neral produzido na mina. Portanto, uma relação de concentração pouco mais de quatro mil toneladas de minério por tonelada concentrada.

O custo médio de tratamento unicamente pelo processo de flotação foi, naquele ano, de 20 cents por tonelada, para este grupo de bens minerais.

Para minerais como argila, de modo geral, mica, quartzo etc., havia 10 instalações industriais de tratamento, nos Estados Unidos, produzindo 400 mil toneladas de concentrados, a partir de 930 mil toneladas de bens minerais originários.

O custo médio de tratamento foi da ordem, neste grupo heterogêneo, de 70 cents por tonelada.

Para os bens minerais tão simples como por exemplo, areia para indústrias de abrasivos, cerâmicas, etc., se produziu, naquele ano, e por flotação unicamente, de 700 a 800 mil toneladas, ou tudo a partir de 722 mil toneladas. Uma relação de concentrados, portanto, de 1,1%. Naturalmente nesse caso a técnica é muito mais de purificação do que propriamente de concentração.

Para magnesita e omilita, que eu apresento neste outro grupo, são 250 mil toneladas com uma relação de concentração de pouco mais, de concentração original, de 560 mil toneladas, com o custo de tratamento por flotação de 20 cents em média, por tonelada.

Nesse agrupamento, naturalmente, a concentração de magnesita é tipicamente uma concentração de purificação. Praticamente não há nenhuma redução de massa.

Esses dados referentes a 1960 são particularmente importante porque se compararmos tais dados com os de 1948 ou 1949, verificaremos que em 1949 nenhum destes grupos era tratado por flotação nos Estados Unidos. Quer dizer, que cerca de menos de 15 anos, o tratamento por flotação havia atingido uma produção superior, em minerais tipicamente industriais, não metálicos, excluído o grosso da massa de não metálicos como, por exemplo, é o tratamento de minerais de indústrias de fertilizantes, como fosfato, salinos, potássio, que são minerais industriais de longa tradição na concentração, onde verificamos que a técnica industrial havia dado um salto relativamente grande

Se fizermos, agora, uma avaliação do panorama nos Estados Unidos, em 1969, vamos verificar uma evolução ainda mais significativa.

Por exemplo, em 1960, em feldspato, havia uma produção de 250.000 toneladas concentradas. Em 1969, havia uma produção de 630 mil toneladas de concentrados, resultadas do tratamento de 1.707.000 toneladas de minério original, com uma relação de concentração de 2,7 para um.

Se verificarmos argilas, de modo geral, havia uma produ

ção tratada, produto comercial, de 58.700 toneladas, um volume originalmente tratado de 58.500 toneladas, portanto, uma relação inversa; um minerado para 1,01 comercializado. Evidentemente, na comercialização foi vendida um pouco mais de água do que minério originalmente contido, mas praticamente toda essa tonelagem, de certa forma, tratada por técnicas de purificação.

Cianita, em 1969, produzia-se 183.000 toneladas, enquanto que em 1960, cianita estava incluída num grupo de 4 por 102.000 toneladas, resultadas do tratamento de 357.000 toneladas iniciais, numa relação de concentração de 1,9 para um. Tais assemelhados, pedra sabão, etc., numa produção comercial de 1.030.000 toneladas tratadas, resultantes do beneficiamento de cerca de 1.100.000 toneladas, numa relação de concentração de 1,1 para um.

Vermiculita, 310.000 toneladas tratadas, resultantes do beneficiamento de 1.505.000 toneladas tratadas, numa relação de concentração de 4,9 para um.

E, assim, um grande número de outros bens, que indicam uma produção total, excluindo-se fosfatos, potássio, bórax, sal gema, que são, digamos assim, bens minerais não metálicos de outra categoria, uma produção tratada superior a 200.000.000 de toneladas/ano.

Vejamos, agora, rapidamente, uma vez que não dispomos de muito tempo, alguma coisa sobre métodos de beneficiamento de minerais não metálicos e alguns esquemas típicos de tratamento de minerais dessa classe. Naturalmente, os métodos de beneficiamento de minerais não metálicos, possivelmente de utilização, mais conhecidos por minerais metálicos, mas de qualquer maneira, aplicáveis a não metálicos em condições análogas.

Se existe diferença, é no sentido de que minerais não metálicos, de modo geral, apresentam, normalmente, uma composição mineral com diferença bastante pequena, em determinadas propriedades físicas, como densidade e susceptibilidade magnética, etc.

Na média dos minerais não metálicos, a diferença das propriedades densidade e susceptibilidade magnética é menor do que na média dos minerais metálicos. Então, sob esse aspecto, possivelmente, os métodos de concentração gravimétrica e os métodos de concentração magnética serão menos aplicáveis, de modo geral, aos minerais não metálicos.

Ao lado disso, talvez como uma característica geral, os minerais não metálicos normalmente podem apresentar propriedades de liberação em granulação bastante mais fina do que muitos dos minerais metálicos. E isso, talvez, contribua para limitar a aplicação de métodos gravimétricos e métodos magnéticos de concentração na maior parte dos minérios não metálicos.

Porém, tanto o método de concentração gravimétrica como o método de concentração magnética são hoje aplicados em grande escala no beneficiamento de minerais não metálicos. Não obstante isso, sem dúvida, o método de concentração por flotação é muito mais importante, do mina certamente o campo da concentração dos minerais não metálicos.

Nos últimos anos tem havido um grande aperfeiçoamento em certos tipos de processos gravimétricos e há mesmo uma certa revicecência, uma certa revitalização de processo de beneficiamento gravimétrico. Nos casos dos não metálicos, tal é especialmente verdade dos métodos gravimétricos de concentração, por meio denso.

O aperfeiçoamento dos métodos por meios densos permitiu, ao mesmo tempo, a utilização econômica desses métodos para diferença de densidade relativamente pequenas e pode-se mencionar um exemplo de concentração por meio denso em utilização nos Estados Unidos, em que se separa a magnesita da dolomita, numa densidade inferior a 2 ou 3 décimos. Uma diferença de densidade menor a 2 ou 3 décimos se separa, economicamente por meio denso.

Tais pequenas diferenças de densidades, naturalmente acontecem em todos os métodos de concentração gravimétricos, para serem efetivas exigem, entretanto, tratamento apenas das frações grossas do minério, das frações mais grossas. E é sabido que quanto menor a diferença de densidade, especialmente quanto menor for a relação das densidades diversas dos minerais de separação, tanto menor será a faixa granulométrica e o processo aplicado. E para pequenas diferenças de densidades, embora o processo utilizado seja bastante eficiente hoje, continua limitado ao tratamento de frações relativamente grosseiras.

Gostaria, agora, em primeiro lugar, de mostrar alguns tipos de equipamentos para separação em meio denso, através de alguns slides.

(passa-se à projeção de slides)

Nós vimos equipamentos mais importantes para concentração gravimétrica, no campo dos não metálicos. Métodos de separação magnética também são intensamente utilizados no campo dos não metálicos, embora de importância inferior aos métodos de concentração gravimétrica e aos métodos de separação por flotação. Naturalmente, métodos de separação magnética serão sempre muito mais limitados porque métodos fáceis de separação magnética só são possíveis quando, dos minerais a separar, pelo menos um tenha propriedades ferro magnéticas. E isso não é realmente comum. Entretanto, ultimamente, o desenvolvimento de equipamentos eficientes de separação magnética úmida, de alta intensidade, ve, eventualmente, modificando esse panorama. Todos sabem que já é operacional no Vale do Rio Doce, equipamentos de concentração magnética, trabalhando tonelagens grandes numa separação de hematita e quartzo. A

hematita não é propriamente um mineral ferro-magnético. É intensamente para-magnético. Então, os separadores de alta intensidade podem ter um futuro relativamente promissor, também no campo dos minerais não metálicos. Entretanto, ha uma certa dificuldade nesse campo, no sentido de que equipamentos magnéticos costumam ser relativamente pesados, quanto mais alta a intensidade, em relação às suas características de produção. Para dar um exemplo, digamos, para tratar gravimetricamente 100 toneladas/hora de um minério médio, precisaremos de cerca de 15 toneladas de equipamentos, no caso de uma silhagem; cerca de 25 a 30 toneladas de equipamentos, no caso de uma concentração por flotação; 120 toneladas de equipamento, toneladas essas mais caras porque incluirão o preço do cobre e outros materiais, no caso de um separador de alta intensidade. Nesse caso, os custos de investimento deverão ser maiores para as mesmas capacidades de produção. E isso talvez seja uma dificuldade comparativa dos processos de concentração magnética.

Em seguida, temos o campo dos processos de concentração por flotação. A concentração por flotação de minerais não metálicos, é certamente, a técnica mais importante nesse campo. E ela é suficientemente conhecida para que seja necessário dar-se explicações a respeito de equipamento ou técnica de concentração propriamente dita. Eu me permitiria, apenas, rapidamente, correr com os senhores alguns esquemas de tratamento, dentro desse campo.

Nos dois primeiros quadros, temos um esquema típico, exemplificativo do que nós chamaríamos de preparação para concentração. Lembro que tais operações são mais ou menos obrigatórias em toda a indústria de produção de bens minerais. Nos bens minerais não metálicos que não necessitam propriamente de concentração ou purificação, normalmente sempre necessitarão este estágio de preparação para o uso, de modo geral.

Neste caso, temos um esquema que seria, digamos, apropriado para rochas duras ou muito abrasivas, britos de minas, duros ou abrasivos. Teríamos um estágio de redução primária, britagem primária, no qual seria recomendável britador de mandíbula ou britador giratório. Normalmente teríamos um estoque de regulagem intermediária que poderia ser feito em pilhas, silos ou outro método, uma classificação ao diâmetro final de britagem ou ao diâmetro de passagem do estágio seguinte de britagem e uma redução de tamanho secundário que, para rochas duras ou abrasivas, normalmente deve ser utilizado britador tipo cone. Normalmente o produto do britador cairia na peneira ou no dispositivo de classificação; o produto viria, de novo, a estocagem intermediária que tem o fim primário de regular o fluxo en

tre a instalação de mineração e britagem que normalmente trabalha no mesmo esquema de produção e a operação posterior de beneficiamento ou de preparação final que trabalha em um outro esquema de produção. Mas ao mesmo tempo que regula este fluxo, tal estocagem normalmente executa as funções de armazenamento e, portanto, de pulmão e, ainda, de homogenização ou de composição da chamada blindagem para uma composição média necessária ao posterior aproveitamento. Em seguida teríamos numa instalação completa um estágio de moagem grossa, na qual o equipamento mais usado - no caso de minério duro ou rocha dura - será o moinho de barras mas que pode, eventualmente, ser substituído por equipamento de moagem seco, por exemplo, moinhos de pêndulos ou moinhos de roletes sobre pistas fixas ou móveis.

É normal que esse estágio de moagem grossa se faça em circuito aberto e frequentemente uma determinada fração granulométrica sofre - a partir desse estágio - alguma operação de beneficiamento ou concentração. A maior parte do produto, entretanto, vai a uma moagem fina, a um ou mais estágios de moagem fina. Para materiais desse tipo, normalmente, de um modo geral, obrigatoriamente, se usa o moinho de bolas, trabalhando quer a seco, quer, mais frequentemente, a úmido, em circuito fechado, se for o caso de beneficiamento a úmido, com classificadores mecânicos, ou hoje, cada vez mais frequentes, nos ciclones. É ainda frequente nos casos de minerais não metálicos que o processamento posterior exija a eliminação de frações muito finas. É uma operação que chamaríamos de deslamagem.

Teríamos, em seguida, um esquema semelhante àquele para minério pouco coerente ou muito mole e teríamos o bruto de minas proveniente de escavações mecânicas de dragagem e eventualmente desintegrado, mais do que cominuído, em log washers ou desintegradores rotativos ou hidromes escovadores.

O produto de desintegração, normalmente, passa por um estágio de classificação que, nesse caso, frequentemente, se faz ou em peneiras vibratórias de lavagem ou em peneiras rotativas tipo escovador. É frequente, ainda que, nesse estágio, ou se elimine uma fração graúda ou que se faça a cominuição dessa fração graúda com a eventual recirculação do material cominuído no circuito ou material desintegrado e escalpado, passado na primeira classificação grosseira e vai normalmente, a classificadores mecânicos e ou hidro-ciclones ou mesmo e peneiras finas com lavagem, separando-se uma fração grossa que frequentemente é eliminada e pode ser cominuída em britadores finos, tipo moinho de bolas ou mesmo moinho de martelos, ou, o que é cada vez mais frequente, em moinho de barras, voltando ao circuito de classificação. Se necessário, existirá ainda, um estágio final de cominuição, que é normalmente feito em moinho de bolas, em circuito fechado de

classificadores. Se for necessária a deslavragem, é feita em um ou mais estágios, em hidro-ciclones e ainda o material deste tipo de jazidas é frequentemente fracionado em diferentes frações granulométricas após a cominuição, de forma que uma fração grossa pode ir à concentração gravimétrica ou concentração magnética ou mesmo à concentração por flotação, nem sempre flotação por espuma, às vezes flotação por aglomeração. E, a flotação fina vai, normalmente, à uma concentração por flotação.

Temos aqui um circuito típico para concentração de minerais não metálicos, e, às vezes, até alguns metálicos, provenientes de pegmatitos, tendendo ao aproveitamento tão completo quanto possível, de todos os elementos minerais do pegmatito. É verdade que jazidas de pegmatito exigem, para sua utilização econômica, um aproveitamento global ou, pelo menos, um aproveitamento tão completo quanto possível, dos elementos minerais ali contidos. Então, teríamos aqui, no caso de um pegmatito que eu chamei simples, porque constituído essencialmente de quartzo, feldspato e minerais acessórios do tipo mica e outros silicatos e óxidos metálicos e o grupo de minerais submetidos a um sistema de cominuição semelhante ao que nós vimos, passando à operação de concentração propriamente, através de um primeiro circuito de flotação, no qual se pretende, basicamente, a eliminação da mica. Então, é um circuito basicamente de purificação. Aqui, teríamos que eliminar a mica e parte de contaminantes ferruginosos, principalmente silicatos do tipo anfibórios ou outros minerais que possam conter ferro. No caso deste circuito, o flotado passaria por uma classificação após a concentração; os finos são rejeitados e os grossos, se bem que finos e grossos, aqui têm muito pouco sentido, o diâmetro médio de partículas provavelmente é o mesmo, mas a mica tende a ficar retida na produção e vai a um circuito de reestruturação da mica para um aproveitamento como concentrado de mica, e o autor deste artigo garante, neste caso, um concentrado de mica com um material não micasso, chamado esmeril, inferior a 1,7%.

Deprimido no primeiro circuito, passaria para o condicionamento e iria a um segundo circuito comum a flotação ainda, na qual a maior parte dos minerais pesados - ilimita, granada e outros materiais constituintes - são eliminados pela flotação. Flutuam e são rejeitados. O deprimido passaria por um condicionamento final e haveria a separação realmente importante, que seria a separação de quartzo-feldspato. Essa separação seria feita por uma flotação catiônica, com depressão específica de quartzo e coleta do feldspato. Donde o concentrado como alcalis acima de 12% e ferro abaixo de 0,06%, portanto dentro das especificações do quartzo-feldspato, e o rejeito deprimido de sílica com ferro abaixo de 0,03%. Neste caso temos, ainda, uma concentração de material pegmatítico, porém oriundo de material retrabalhado de aluviões, coluviões ou eluviões, procedente de pegmatítico.

Então, aqui nós temos, naturalmente, uma preparação do tipo do esquema 2, que já vimos, mas com desagregação, com lavagem pelas máquinas de limpeza por atritos, além daquelas para tentar a limpeza mais perfeita da superfície dos solos, com peneiras finas que rejeitam os grãos e pedregulhos existentes nesse material, que passariam para os classificadores espirais, pois que a deslamagem é feita por esses classificadores espirais, onde são rejeitados uns 200 nesse sistema.

Dos classificadores passam para a operação de condicionamento da flotação, conforme já ficou dito antes, para rejeição dos minerais pesados e ferríferos, uma classificação intermediária que tem por fito melhorar o funcionamento e, depois de fazer-se uma flotação catiônica o feldspato se deprime no quartzo, dando ao concentrado feldspato um concentrado seco.

Neste esquema, os senhores têm um esquema de concentração que é, na verdade, uma purificação, não propriamente uma concentração, de areia silicosa proveniente de interpostos aluvionários e eluvionários. De modo que esse esquema 1 é semelhante aos esquema 2, de preparação, de deslamagem, que é a limpeza por atrito, quer dizer, vários estágios de deslamagem, um condicionamento com a flotação catiônica, onde se flutuam os minerais pesados, ferríferos, etc., uma deslamagem intermediária eliminando os finos e o excesso de água, uma secagem do material e a separação magnética final do material seco para a operação última do concentrado.

Pode-se obter, segundo o autor desse artigo, um ferro inferior a 0,03% e, por outro lado, outros esquemas podem neste estágio, substituir a separação magnética por uma flotação catiônica em que se flutua a sílica deprimindo os restantes minerais pesados - hematita, magnesita principalmente, e grão sujos de sílica eventualmente contida no minério.

Os senhores têm, aqui, um esquema de tratamento de cianita, concentração por flotação, mas não vou me demorar muito porque vai ser objeto de um trabalho apresentado neste simpósio, com muito mais detalhes.

Finalmente, os senhores têm um exemplo de tratamento conhecido nos círculos por super-flotação. É um tratamento estranho porque será, talvez, o único exemplo, pelo menos que eu conheço, em que se impurifica, em que se faz uma impurificação intencional do material a tratar, para se obter uma purificação final. Neste caso, o esquema criado para o tratamento de caulim vai se valer da absorção preferencial de certos óxidos e hidróxidos de ferro, especialmente de titânio, caulim titannífero, que podem purificar o caulim, que estão no estado coloidal, ou semi-coloidal, do caulim, utilizando-se a ab

absorção preferencial desses óxidos e hidróxidos num mineral que se introduz na mistura e que pode ser separado depois, do caulim, por flotação. Tem-se então, uma preparação do tipo dois, por desintegração e lavagem, e se tem a introdução do chamado material portador. Esse material, em alguns esquemas, é calcita moída. A calcita moída é misturada com o caulim, condicionada nessa mistura a uma absorção preferencial dos hidróxidos de titânio e também dos hidróxidos de ferro. A calcita, em seguida, é flutuada várias vezes, separada do caulim por flotação e descartada. Então, tem-se uma flotação primária; o deprimido é produto praticamente acabado e flotado. O caulim contém, ainda, flotado do material portador, por exemplo, a calcita como titânio contém ainda, bastante caulim; então é submetida a uma primeira, segunda, terceira, quarta, quinta reflotação, de forma a aumentar a recuperação do caulim; o deprimido de cada flotação é juntado ao deprimido da flotação primária e depois é processado como um concentrado de caulim, de simples lavagem. Recebe um floculante, passa um primeiro espessador, coagulador onde o grosso do caulim é espessado junto com água, depois um alvejamento, se for o caso, recebe sulfito de sódio ou ácido sulfídrico, para produzir um alvejamento adicional e depois vai à filtragem, que será filtragem contínua à vácuo, ou, no caso do Brasil, mais frequentemente filtros prensa, semi-contínuos, e depois a secagem em spray.

Tem-se então, um concentrado de caulim, segundo as características, eu não conheço muito a respeito da especificação do caulim:

- uma proporção superior a 90%, entre 90 e 94% menos 2 μ ; um brilho de 90 a 92%; um retido entre 325 mash, inferior a 0,005%; uma densidade de 2,58 e um ph de água neutra de 6,3 a 7,0.

Certamente eu ultrapassei o prazo que havia sido previsto, mas estou à disposição do auditório, para qualquer esclarecimento e discussão adicional.

DEBATES

O Sr. Slawomir Piatnicki - Qual o custo utilizado para uma instalação desse tipo?

O Sr. Paulo Abib Andery - É muito difícil dizer-se porque vai depender da tonelagem, das características do caulim, mas vamos dizer que uma instalação de flotação comum custe, talvez, somente a parte da flotação, dois a três dólares por tonelada / ano tratada.

Nada mais havendo a perguntar, quero agradecer a presença de todos os senhores. (Palmas).