



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NA LAVARIA DE PREPARAÇÃO DE MINÉRIO DO CABEÇO DO PIÃO SILVARES FUNDÃO NO ÂMBITO DO **PROJECTO RIO**

(Versão Provisória)



Aurora Futuro
Alexandre Leite

FEUP - Dep. Minas

Março de 2005

ÍNDICE

- Introdução
- Preparação de minérios como tecnologia de transformação das matérias primas naturais
- Operações principais da Preparação de Minérios
- Processos gerais de concentração
- Processos gravíticos de concentração

1. Separação em Meio Denso

2. Separação em jigas

3. Separação em mesas

4. Separação em bateia

Procedimentos para trabalho com a bateia:

- Separação magnética
- Concentração electrostática
- Separação por flutuação
- Fundamentação da proposta de intervenção na Lavaria do Cabeço do Pião
- Declaração final

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NA LAVARIA DE PREPARAÇÃO DE MINÉRIO DO CABEÇO DO PIÃO – SILVARES, FUNDÃO - NO AMBITO DO **PROJECTO RIO**

Introdução

Ao abrigo do Protocolo estabelecido entre a Câmara Municipal do Fundão e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, surge o presente documento que propõe intervenções na antiga Lavaria de preparação de minério da Mina de Volfrâmio da Panasqueira, situada no lugar de Cabeço do Pião, freguesia de Silvares, concelho do Fundão.

Esta proposta visa colaborar com as intenções definidas no denominado “**Projecto Rio**”, projecto esse que tem em vista a requalificação de espaços e infra-estruturas existentes neste lugar de Cabeço do Pião, e que tiveram papel preponderante no passado da actividade mineira da região.

Preparação de minérios como tecnologia de transformação das matérias primas

A Preparação de Minérios integra com a Exploração de Minas uma das indústrias primárias, a chamada Indústria Extractiva, real criadora de riqueza de qualquer comunidade através da incorporação de novos bens ao património colectivo, extraídos directamente da crusta.

Se em alguns casos os produtos extraídos da exploração mineira têm utilidade imediata pelo homem, independentemente de qualquer tratamento (por exemplo algumas argilas para cerâmica ou quartzo para silício metal), na generalidade dos casos é necessário proceder a uma transformação prévia, que valorize a matéria prima natural a ponto de poder ser entregue ao mercado ou à indústria transformadora corrente. O aproveitamento do recurso em termos económicos depende em larga medida da viabilidade desta valorização.

A transformação inicial dos produtos directamente arrancados da crusta, embora multifacetada, pode basicamente dividir-se em dois grandes tipos de tratamentos:

- os que se traduzem por simples melhoramento de forma dos produtos extraídos, quer através de fragmentações e classificações no caso das britas e das alvenarias para construção civil, quer por serragem e polimento no caso das rochas ornamentais, quer por moagem fina no caso dos cimentos, etc.
- os que exigem enriquecimento do lote inicial em várias substâncias minerais de maior valor económico, através da rejeição das inúteis, também chamadas gangas. Nesta categoria englobam-se os chamados minérios metálicos de onde se extraem

os diversos metais, mas também os diamantes, alguns quartzos e feldspatos para fins especiais, talcos, argilas de qualidade, caulinos, carvões, urânio, etc.

No quadro seguinte resumem-se alguns valores de teor médio dos elementos da crosta (chamado CLARKE), teores limiares de explorabilidade (teores mínimos a partir dos quais a exploração é economicamente rentável) e os teores normais dos CONCENTRADOS. Para comparação dos níveis de enriquecimento dos elementos nos jazigos exploráveis em relação à média da crosta, incluiu-se uma outra coluna no quadro, o quociente do teor limiar pelo clarke, ao qual chamamos CLARKE DE ENRIQUECIMENTO. De igual modo se construiu um outro parâmetro que mede o enriquecimento operado pela Preparação de Minérios sobre o teor limiar, que por analogia se chamou CLARKE DE ENRIQUECIMENTO DO CONCENTRADO.

Elemento	CLARKE % (Crusta)	Teor limiar de explorabilidade	CLARKE de Enriquecimento	Teor % Concentrados	CLARKE Enriq. Concentrados
Ferro (Fe)	5.8	25 - 30 %	5 x (vezes)	60 - 70	2 x (vezes)
Cobre (Cu)	0.0058	1 - 1.5 %	258	25 - 55	40
Chumbo (Pb)	0.0010	1 - 3 %	3000	60 - 70	23
Zinco (Zn)	0.0082	2 - 6 %	200	50 - 60	30
Estanho (Sn)	0.00015	2 - 3 kg/ton	2000	65 - 72	300
Tungsténio (W)	0.00010	2 - 4 kg/ton	3000	65 - 74	300
Ouro (Au)	0.0000002	4 - 10 gr/ton	5000	-	-

A análise dos valores do quadro permite comparar o esforço (energético) operado por uma LAVARIA (ou oficina) de tratamento dum minério e o dispêndio em energia química investido pela natureza no processo geológico que conduziu à formação do jazigo. Aos valores substancialmente maiores do clarke de enriquecimento no jazigo, há que acrescentar o tempo em que esse enriquecimento foi conseguido: largos milhões de anos para a natureza e alguns anos para o homem. A consciência da existência deste factor tempo é muito importante para a clarificação do problema das inevitáveis perdas de qualquer processo industrial de tratamento de minérios e para a perda irreversível representada pelo mau aproveitamento (exploração deficiente ou gananciosa) de qualquer recurso mineiro ou geológico.

Por fim, e em especial no caso dos minérios metálicos, sucede que o produto resultante do tratamento, o concentrado, não é ainda de utilização imediata pelo homem e não pode ser entregue à indústria transformadora. Com efeito, trata-se apenas de um lote de partículas minerais enriquecido na espécie útil, portadora do metal procurado. De um modo geral, à preparação de minérios seguir-se-á uma outra fase de valorização – a METALURGIA –

que incidindo sobre o concentrado produz o METAL, fim último da cadeia de operações desencadeada com a prospecção.

Para completar este quadro genérico transcreve-se um texto escrito por um poeta da Geologia, HANS CLOOS

Porém, só o mais primário dos observadores pode sentir a Mina como uma perturbação do equilíbrio natural ...

Se contemplarmos cuidadosamente este quadro do progresso humano, veremos que as suas partes se organizam em uma bela harmonia: nas escombrelas maiores estão os minerais das gangas; em outras, de cores variadas, os resíduos da Preparação Mecânica; em outras ainda, de cor negra, as escórias; finalmente, dentro da Lavaría, o cobre vermelho ou o ouro deslumbrante.

Sob a aparente confusão do quadro oculta-se uma ordem maravilhosa: iniciada de modo natural na Metalogénese, acabou de cumprir-se a separação dos materiais; do caótico estado primitivo surgiu finalmente uma ordenação clara. A árvore genealógica natural dos jazigos Minerais ramificou-se ainda mais, a sua floração foi estimulada pelo Homem para obter das suas mais finas extremidades o ansiado metal.

O Mineiro venceu, finalmente, a Entropia.

HANS CLOOS, Diálogo com a Terra

Operações principais da Preparação de Minérios

Dado que a Preparação de Minérios tem como objectivo fundamental produzir um CONCENTRADO a partir de um fragmento inicial do jazigo, que possui todos os minerais da sua paragénesis, a primeira operação a processar é a FRAGMENTAÇÃO que terá de ser levada tão longe quanto o necessário para que o fragmento inicial seja dividido em grãos suficientemente pequenos para que a cada um corresponda uma única espécie mineral. A isto chamamos libertação de minérios.

Uma vez conseguido este primeiro passo, podem ser iniciadas as operações de SEPARAÇÃO que, através das propriedades que adquirem valores diferentes consoante as espécies minerais (por isso designadas propriedades diferenciais – densidade, permeabilidade magnética, condutividade eléctrica, flutuabilidade, etc), agrupam os grãos individualizados em classes. A essas classes dão-se as designações de CONCENTRADO (CONCENTRATE) e ESTÉRIL (TAILING), respectivamente às que agrupam as espécies úteis e as gangas. Em casos de libertação insuficiente pode formar-se uma outra classe, designada por MISTOS, que agrupa os grãos de valores intermédios da propriedade.

Existe uma outra propriedade que é comum a todas as partículas com que os processos de tratamento vão lidar: o tamanho de grão, ou mais genericamente o CALIBRE. De acordo com os valores do calibre assim os equipamentos que realizam as fragmentações e as separações vão ter eficiências e adaptabilidades diferentes. Por isso, intercaladas no meio das operações anteriormente referidas, terão que ser efectuadas operações específicas que se destinam a CLASSIFICAR as partículas a tratar segundo gamas de calibre, a fim de otimizar ou mesmo viabilizar a operação de beneficiação.



Instalação de preparação de minérios

Em casos mais específicos, como por exemplo no caso dos produtos de utilização imediata (exemplo das britas para construção), a beneficiação do produto consiste, não no enriquecimento num dado mineral, mas sim nas próprias características granulométricas do lote, de modo que o agrupamento das partículas em classes pelos seus calibres é a mais importante operação do tratamento.

Surge assim um novo conjunto de operações designado por CLASSIFICAÇÃO, que juntamente com as duas anteriores, a FRAGMENTAÇÃO e a CONCENTRAÇÃO, constituem as chamadas OPERAÇÕES PRINCIPAIS DA PREPARAÇÃO DE MINÉRIOS.

Processos gerais de concentração

A separação entre espécies minerais – CONCENTRAÇÃO – é conseguida tomando por base propriedades que as distinguem ou diferenciam – propriedades diferenciais – dependendo, obviamente, a eficácia da separação obtida, do grau de diferenciação existente entre as propriedades escolhidas para tal efeito.

Dessa escolha resulta um processo de concentração cuja índole geral será de natureza física, físico-química ou química, consoante a natureza da propriedade escolhida.

Processos gerais de concentração			Propriedade diferencial
Processos físicos	Gravíticos	Meios densos	Densidade
		Jigas	
		Mesas	
		Bateia	
	Magnéticos	Baixa intensidade	Permeabilidade
		Alta intensidade	
	Electrostáticos		Conductividade
Processos vários	Escolha manual	Cor, lustre, fluorescência	
	Calibragem	Calibre e forma	
Processos físico-químicos	Flutuação	Espumas	Adesão ao ar e água
		Mesas	
Processos químicos	Hidromineralurgia	Extracção directa e Indirecta	Dissolução em soluções

O calibre dos fragmentos sobre os quais terão de processar-se as separações tem uma elevada influência na escolha do processo de concentração a adoptar. É que todos eles, embora com variantes que lhes permitem adaptações, terão de processar-se dentro de uma determinada gama de calibres, fora da qual a sua eficácia diminuiu se anula.

Processos gravíticos de concentração

A concentração gravítica visa a separação de minerais tendo por base as suas diferentes densidades, servindo-se de processos que visam o efeito combinado da massa, do volume, e da forma das partículas minerais para obter condições de deslocamento diferentes num fluido estático ou em movimento. As partículas são por isso sujeitas à acção combinada da gravidade e de outras forças (como a resistência à penetração ou ao movimento no meio do fluido de separação, atrito devido à viscosidade do fluido ou entre partículas sólidas, etc). O fluido de separação é habitualmente a água, daí estes processos serem normalmente designados por processos hidrogravíticos.

As separações gravíticas são, naturalmente, tanto mais ineficazes quanto mais reduzida for a diferença de densidade entre as espécies minerais a separar, dependendo também o seu êxito dos calibres e do meio fluido de separação.

1 - Separação em Meio denso

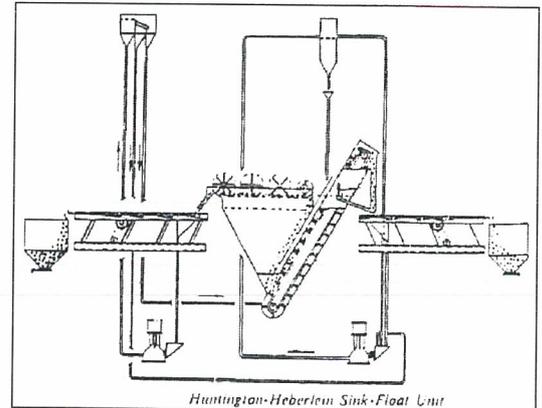
Os separadores chamados de meios densos (*heavy media separation* – HMS) são separadores em que o meio fluido denso é conseguida à custa de: líquidos molecularmente densos (por exemplo: bromofórmio, iodetos, etc); soluções salinas (de densidade relativamente baixa) e suspensões de sólidos finamente moídos em água e sob elevadas concentrações. Em termos industriais todos os processos de concentração em

meio denso usam as suspensões de sólidos - *medium*, normalmente de ferrosilício em água.

No processo de sedimentação é necessário garantir que exista uma grande diferença de calibre entre as partículas que compõem a suspensão e as que irão ser separadas. Quando estas começam o seu processo de sedimentação os choques com os sólidos em suspensão provocam uma grande perturbação e atraso na sua sedimentação. Este atraso é aproveitado entretanto para retirar as partículas que estão a flutuar por não terem densidade suficiente para vencer a resistência imposta pela suspensão.

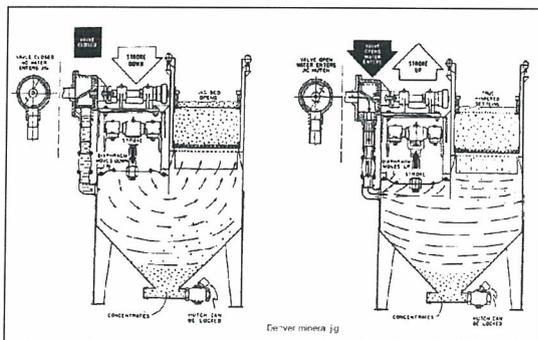
Um processo de separação por meios densos com suspensões envolve um dispositivo constituído por:

- Vaso separador – que poderá ser um tanque ou tambor;
- Descarga do *float* por transbordo;
- Mecanismo de descarga do *sink* ;
- Lavagem dos dois produtos para recuperação da suspensão;
- Circuito de regeneração do *medium*.



Esquema geral de um dispositivo de meio denso

2 - Separação em jigas



Esquema de uma jiga Denver

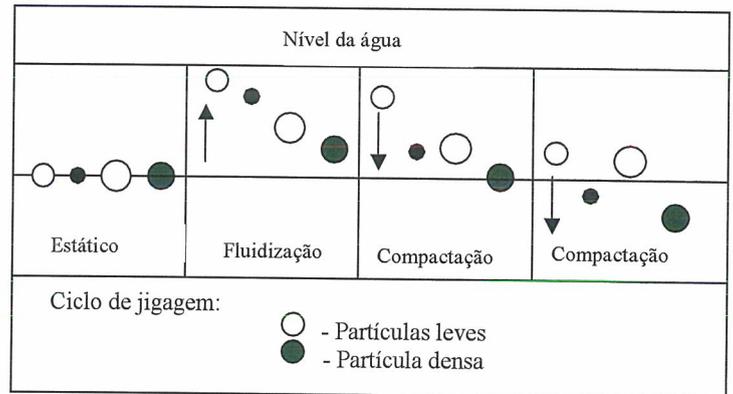
A separação densitária de misturas de duas espécies minerais de densidades diferentes e de calibres desde granalhas a areia grossa (30 a 3 mm), faz-se em aparelhos denominados jigas.

Uma jiga é um concentrador mecânico que efectua separação de grãos de minerais pesados dos minerais leves utilizando a diferença da

capacidade dos grãos para penetrar num leito semiestacionário.

Ela é essencialmente uma caixa com um fundo perfurado e sem tampa, em que os minerais são estratificados em camadas por acção de correntes de água que podem ser ascendentes e/ou descendentes.

O ciclo de jigagem pode ser dividido numa fase de fluidização (ou propulsão) e numa fase de compactação (ou sucção). A fluidização do leito consiste assim no desenvolvimento de sucessivas fases de dilatação do leito, que flexibilizando as interacções entre as partículas próximas, permite novos arranjos, com os densos a ocupar preferencialmente níveis inferiores a que se seguem alternadamente fases de compactação que vão consolidar os novos arranjos alcançados.



3 - Separação em mesas

Na concentração hidrogravítica de minerais com calibres de areias (0.1 a 3 mm) utilizam-se processos ou aparelhos nos quais intervêm, como acções ou efeitos responsáveis pelas operações densitárias verificadas, os seguintes:



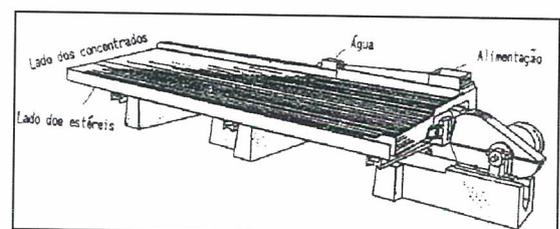
Separação em mesa do séc. XVI

- classificação vertical operada em leitos plurigranulares de partículas minerais apoiadas inferiormente sobre uma superfície inclinada oscilante e deslocamento provocado por uma corrente de água de lavagem mais ou menos horizontal;

- classificação longitudinal operada em leitos monogranulares de partículas assentes sobre uma superfície inclinada mais ou menos fixa, sob acção de um delgado filme de água de lavagem .

Nos leitos plurigranulares oscilatórios originam-se concentrações e classificações verticais em estratos formados por partículas de densidade decrescente da superfície oscilante de apoio para o topo e por um arranjo dos grãos de igual densidade de cada estrato segundo calibres crescentes a partir da sua base.

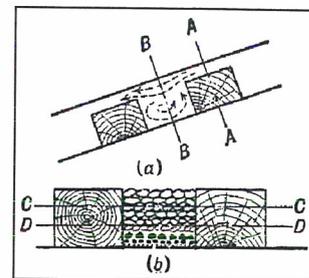
A mesa oscilante consiste de um tabuleiro, ou mesa rectangular, em posição quase horizontal, apoiada em guias ou lâminas flexíveis que lhe permitem tomar um movimento oscilatório no seu próprio plano e mais ou menos paralelo ao seu eixo maior.



Esquema de uma mesa oscilante

Normalmente a esta direcção, a superfície do tabuleiro é de inclinação ajustável, correndo sobre ela uma delgada toalha de água.

A superfície do tabuleiro é em quase toda a sua extensão provida de "rifles" (fasquias de madeira ou metal) orientados paralelamente à direcção dos impulsos. A sua altura diminui longitudinalmente desde a zona de alimentação para a de colheita de concentrados e, aumenta, desde a zona de alimentação para a descarga dos estéreis. Sob a acção do movimento oscilatório opera-se, nos grãos minerais, entre os rifles uma estratificação vertical. Ao mesmo tempo, sob acção de tais impulsos, os grãos dos estratos inferiores vão sendo encaminhados longitudinalmente para a zona de descarga e ficando os superiores sujeitos à acção transversal da corrente de água de lavagem. Ao mesmo tempo, sob acção de tais impulsos, os grãos dos estratos inferiores vão sendo encaminhados longitudinalmente para a zona de descarga e ficando os superiores sujeitos à acção transversal da corrente de água de lavagem. Desta simultaneidade de acções resulta que as partículas tendem a dispor-se diagonalmente, sobre a superfície da mesa, formando bandas ou zonas constituídas por produtos de igual composição granulométrica e densidade.



Estratificação vertical das partículas operada entre rifles



4 - Separação em bateia

Bateia é um termo técnico usado internacionalmente com a designação portuguesa, pois diz-se ter a sua origem no Brasil. Porém, esta designação corresponde ao modelo cónico semelhante a um chapéu de chinês, enquanto o modelo tronco-cónico, em forma de bacia, é conhecido por *golden pan*, ou simplesmente *pan*.

A operação de concentração em bateia compreende uma sucessão de estágios de estratificação sob movimentos oscilatórios e rotatórios imprimidos, manualmente, alternando com lavagens sob acção de uma toalha de água. Esta remove os leitos superiores de grãos minerais menos densos, ficando no fundo os grãos mais pesados.

Tendo em vista proporcionar aos visitantes do complexo Rio actividades de "garimpo", passamos a descrever os procedimentos para que estes possam concentrar minerais densos recorrendo ao uso de bateias.

Procedimentos para trabalho com a bateia

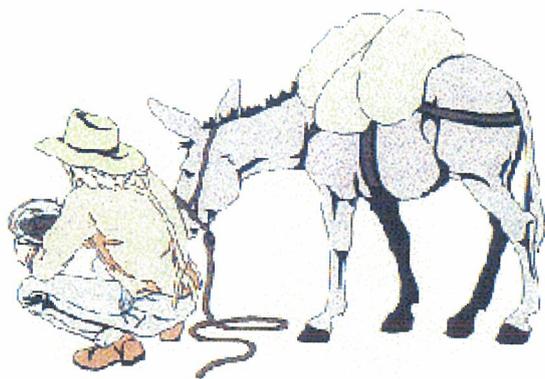
Enche-se a bateia com o material de aluvião ou rocha moída, eliminando previamente os fragmentos de grandes dimensões por meio de crivagem.

Coloca-se a bateia debaixo de água e remexe-se bem todo o material com as mãos para o empapar. Depois, com a bateia em posição na horizontal roda-se em ambos os sentidos e sacode-se alternadamente. Assim, se consegue atirar para o fundo a substância densa, desenlamar e trazer ao de cima todos os fragmentos estéreis que se retiram com as mãos. Empregando a bateia cónica (chapéu de chinês) é preferível iniciar os movimentos pondo a bateia à superfície da água em posição de flutuar para deixar entrar a água pelos bordos. Se a bateia estiver bastante cheia, consegue-se expulsar, por acção da força centrífuga, os fragmentos de maiores dimensões, enquanto se desenlameia e arrastam para o fundo as partículas densas.



Repetir os movimentos fora de água com a bateia inclinada, de modo a ir expulsando pela borda o material mais leve. De vez em quando para-se, varre-se num golpe rápido com os dedos a parte superior da polpa e renova-se a água. Procede-se assim sucessivamente até restar no fundo apenas o concentrado.

Na operação final faz-se a separação dos concentrados obtidos por densidade, no vértice da bateia. Utilizando o mínimo de água, que deve ser bem limpa, rodando e sacudindo a bateia com movimentos adequados em posição inclinada, conseguem-se destacar por zonas, no concentrado, as várias substâncias que o compõem, tanto mais nitidamente quanto maior for a diferença de densidades. No caso do ouro este isola-se facilmente devido à sua alta densidade (19.3).



Separação magnética

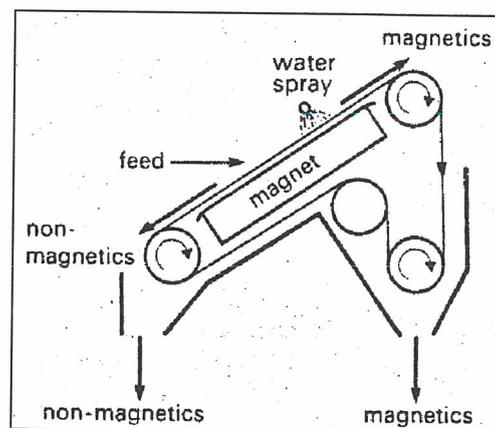
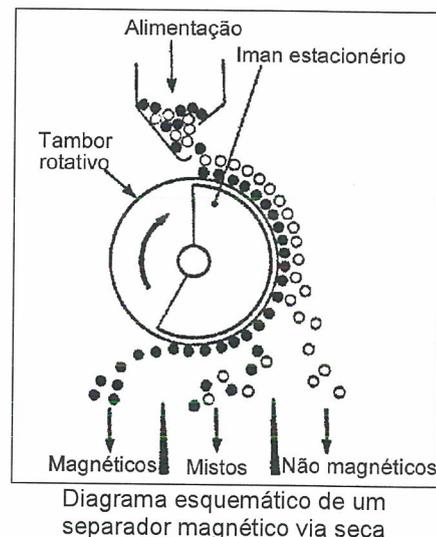
Este processo baseia-se nas propriedades magnéticas dos minerais, permitindo realizar a sua separação mesmo quando apresentem densidades muito próxima ou para os quais outros processos de concentração não fornecem resultados satisfatórios.

As separações magnéticas realizam-se empregando a acção combinada de forças de um campo magnético e de forças mecânicas – gravidade, força centrífuga, arrastamento pela água, atrito, etc – para produzirem trajectórias diferenciais dos grãos minerais que atravessam esse campo magnético.

Como qualquer outra substância, os minerais colocados num campo magnético, são por este afectados. Consoante a sua permeabilidade magnética (que exprime a maior ou menor aptidão dos corpos para neles serem induzidas propriedades magnéticas quando introduzidos num campo magnético, ou para se deixarem atravessar pelas linhas de força desse campo), nalguns o seu efeito é praticamente nulo, mas para outros é particularmente elevado.

Na concentração de minérios, as separações magnéticas são classificadas em:

- separação magnética de baixa intensidade de campo, quando se opera em campos cuja indução é da ordem de 1000 Gauss (0.1 Weber/m^2) ou inferior – utilizado na concentração de minerais fortemente magnéticos (por exemplo magnetite, franklinite, ilmenite e por vezes pirrotite)
- separação magnética de alta intensidade de campo, quando se usam campos magnéticos de indução da ordem dos 20000 Gauss (2 Weber/m^2) – utilizado na concentração de minérios fracamente magnéticos (por exemplo hematite, limonite e volframite).



Concentração electrostática

A separação electrostática utiliza a força do campo eléctrico, cruzada com outras forças, para produzir o movimento diferencial dos grãos minerais. Este processo de concentração baseia-se na diferente condutibilidade eléctrica dos minerais, entre as quais são conhecidos os bons condutores, como a cassiterite e alguns sulfuretos, e maus condutores, como os silicatos em geral.

A condutibilidade eléctrica depende directamente do grau de mobilidade dos electrões, de modo que é possível classificar os corpos em condutores, isoladores e semicondutores (de condutibilidade variável em função da intensidade do campo electrostático).

Dos processos de electrização das partículas minerais a separar por via electrostática, os mais importantes são os de indução (ou influência de um campo eléctrico), de condução (por contacto ou transferência de cargas) e de bombardeamento iónico (por efeito de Corona ou de alta tensão).

A técnica de separação electrostática consiste em submeter os grãos minerais a forças electrostáticas e mecânicas (gravítica e centrífuga) que originarão trajectórias diferenciais que promovem a separação.

A utilização de forças electrostáticas exige o concurso de 2 fenómenos eléctricos:

- existência de um campo eléctrico suficientemente intenso para permitir desviar as partículas carregadas electricamente;
- as partículas possuírem cargas eléctricas ou apresentarem polarização induzida suficiente para serem influenciadas pelo campo eléctrico.

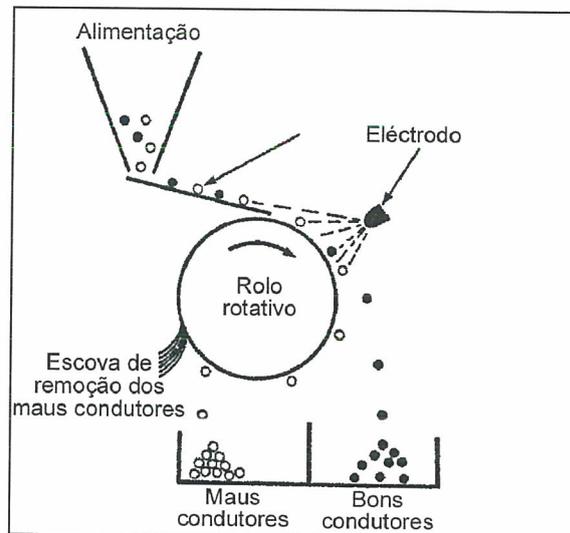


Diagrama esquemático de um separador electrostático

Separação por flutuação

Sem o desenvolvimento, no início do nosso século, da flutuação em espumas a indústria mineira não existiria certamente na forma em que a conhecemos hoje. Com efeito, provavelmente nenhum outro processo metalúrgico na história da indústria mineira foi responsável por tamanho aumento na produção de minerais como o foi a estranha e complexa técnica da flutuação. Isto porque o mundo é hoje, virtualmente, dependente de metais como o cobre, o chumbo e o zinco que são maioritária, se não exclusivamente, processados por flutuação em espumas. A flutuação permite a exploração de minérios complexos, de baixo teor e de calibre de ocorrência muito reduzido, minérios que seriam desperdiçados caso tivessem de ser tratados pelos clássicos métodos de concentração gravítica.



Espumas de flutuação de calcopirite

Tecnologicamente a flutuação é um processo que envolve a agregação de bolhas de ar e partículas minerais num meio aquoso e sua levitação até à superfície das partículas agregadas. A selectividade do processo resulta da maior ou menor facilidade com que a adesão e agregação ocorrem. Estas são determinadas pelo

grau de molhabilidade da superfície das partículas minerais. Quando a superfície de uma espécie mineral apresenta pequena afinidade para a água, diz-se que ela é hidrofóbica (ou aerófila) e ela poderá aderir a uma bolha de ar. Quando a superfície de um mineral apresenta grande afinidade para a água, ela é denominada hidrófila e nesse caso não irá aderir às bolhas de ar. Tirando partido desta propriedade o processo baseia-se numa simples operação física de flutuação-submersão, pois se a combinação da densidade da partícula com a bolha de ar resultar em densidade inferior à do líquido, a partícula ascenderá para a superfície onde será colhida pela espuma, caso contrário irá afundar-se. As partículas que flutuam e as partículas submersas abandonam a célula de flutuação de dois modos diferentes: as que flutuam são descarregadas com a espuma pelo topo da célula, enquanto as que se afundam são descarregadas pelo fundo.

Os sulfuretos e, em particular, os minerais de brilho metálico têm um elevado grau de hidrofobicidade, enquanto que os óxidos, de brilho vítreo e/ou terroso são fortemente hidrófilos. Por isso, a flutuação é um processo indicado por excelência para o tratamento dos vários tipos de sulfuretos. Mas o comportamento dos minerais na água pode ser alterado através de reacções químicas, induzidas por determinadas substâncias, que se desenvolvem na superfície dos minerais. Essa modificação só foi possível graças ao fabrico de reagentes específicos:

- **colectores**: reagentes que conferem aos minerais um revestimento aerófilo e não molhável pela água de modo que elas possam ser flutuadas por aderência às bolhas de ar;
- **depressores**: reagentes que inibem a flutuação de determinados minerais;
- **espumantes**: reagentes usados para promover a formação das espumas;
- **reguladores de pH**: cada mineral tem um pH óptimo de flutuação, por isso ele deverá ser obtido e mantido à custa da adição de determinados reagentes.

Este processo é utilizado para apenas produtos que apresentem calibres finos – entre 48# (0.03 mm) e 5 µm. Isto porque calibres superiores não são facilmente levitados pelas bolhas de ar produzidas pelos agitadores existentes nas células de flutuação. Mas calibres inferiores a 5 micra também são difícil flutuação pois, se por um lado a probabilidade de choque das partículas com as bolhas de ar diminui com a diâmetro da partícula, por outro lado as partículas muito finas têm tendência a acompanhar os filetes de água que se formam em torno das bolhas.

Quando o grau de levitação é insuficiente para promover que os agregados de partículas flutuem, a separação far-se-á numa mesa.

Esta modalidade de flutuação consiste em lavar numa mesa de concentração hidrogravítica uma polpa onde foi promovida a criação de aglomerados das partículas minerais a flutuar, à custa do revestimento selectivo produzido por óleos pouco solúveis, constituindo esférulas aerófilas, cuja densidade foi fortemente reduzida, relativamente à das partículas não aglomeradas. Tais aglomerados ao entrarem em contacto com o ar, quando sujeitos à acção da lavagem, deslocam-se na superfície da toalha de água, sendo por ela arrastados transversalmente e descarregados na zona dos estéreis, enquanto as partículas que se afundam ficam sujeitas à acção da separação hidrogravítica operada nas mesas. O processo realiza-se sob calibres maiores que a flutuação em espumas e exige um desenlameamento prévio para retirar da polpa as partículas demasiado finas. As principais aplicações são o apuramento de concentrados de cassiterite e volframite contendo alguns sulfuretos.

Fundamentação da proposta de intervenção na Lavaria do Cabeço do Pião

A presente proposta de intervenção na antiga Lavaria do Cabeço do Pião, pretende respeitar os princípios definidos no âmbito do Projecto Rio, nomeadamente:

- Respeitar o legado edificado.
- Realçar a lógica da gravidade e a “imersão” do visitante dentro do ciclo de processamento do minério.
- Respeito pela demonstração de um engenho industrial único.
- Propor um itinerário de visita lógico e completo.
- Facilitar o usufruto individual do espaço da Lavaria.
- Re-incluir a Lavaria na vida dos habitantes e antigos trabalhadores.

A estes princípios, gostaríamos de acrescentar os seguintes:

- Não abdicar de mostrar, pelo menos um exemplar das máquinas que trabalhavam em cada sub-unidade do circuito total de processamento do minério.

- Disponibilizar, ao nível estético, uma imagem da totalidade de máquinas que operavam na Lavaria.
- Transmitir os conceitos de Minério = Mistura e Concentrado = Mineral.
- Assumir as gangas (estéril) como sub produto impossível de não existir e não eliminável.
- Tornar possível uma visualização dos diferentes itinerários que o minério percorria dentro da Lavaria, recorrendo a diversificadas formas de o operacionalizar.
- Não prescindir de exibir a “complexidade – emaranhado” de todo o circuito do minério.
- Mostrar a missão e a forma de operar de cada máquina que existiu na Lavaria.
- Possibilitar o funcionamento, ainda que em regime batch, de algumas das máquinas.
- Mostrar a gravidade e a água como agentes fulcrais dos processos de separação.

Assim, genericamente propomos:

- ↳ Se liberte espaço em área para que na Lavaria possam ocorrer os mais diversos tipos de eventos.
- ↳ Que o minério seja apresentado aos visitantes como uma mistura de minerais, a saber: volframite, cassiterite, siderite e gangas (sulfuretos, quartzo etc). Para facilitar a conceptualização deste facto, podem-se associar cores às diferentes espécies minerais presentes no minério.
- ↳ O percurso do minério deverá poder ser acompanhado pelo visitante, seguindo autonomamente tubos coloridos entrançados (sempre que as espécies no circuito estiverem misturadas) ou separados (quando ocorrerem fenómenos de separação) dispostos de forma adequada por toda a área da lavaria. O conjunto, mais ou menos complexo de tubos, poderá ser uma imagem da singularidade deste tipo de oficinas e que, por certo, será retida pelos visitantes. Essa imagem, traduzirá a complexidade (que na realidade existiu) do diagrama de preparação de minério desta Lavaria.
- ↳ Será legítimo, e esteticamente aconselhável, que em alguns dos percursos do minério na Lavaria estes sejam representados por traços pintados no chão.
- ↳ A passagem (inferior à estrada) da câmara inicial de britagem para o corpo da Lavaria poderá ser iluminada somente com tubos de luz fluorescente, com as cores eleitas para representar as diferentes espécies presentes no minério.

- ↪ Propõe-se que nas diferentes baterias de máquinas que trabalhavam em paralelo, se preservem somente uma de cada (em casos pontuais, duas) mas que o lugar de todas as outras seja devidamente assinalado na laje de betão que constitui o pavimento.
- ↪ Deve ser encetado um esforço, junto da BERALT TIN & WOLFRAM (PORTUGAL) e mesmo em outros complexos mineiros do País, no sentido de repor no devido local, um exemplar das máquinas que entretanto já não se encontram no complexo mineiro do Rio.
- ↪ Apoiando-se em painéis explicativos instalados junto de cada máquina preservada, promover uma explicação da missão de cada uma delas (principalmente através de imagens e esquemas) bem como das suas formas de operar.
- ↪ Alguns pormenores, menos importante do diagrama de preparação de minérios, poderão ser omitidos. No entanto, e porque esta Lavaria poderá vir a ser visitada por especialistas neste tipo de operações ligadas á actividade extractiva, essas simplificações devem ser cuidadosamente avaliadas. Este cuidado também estará ao serviço da preservação da memória do que foi esta Lavaria.
- ↪ Algumas máquinas (britador, crivo, jiga, mesa hidrogravítica e separador magnético) devem ter a possibilidade de serem colocados em funcionamento, possibilitando melhor a compreensão dos fenómenos que nelas ocorrem, e para que se entenda a separação das espécies em face dos seus comportamentos perante uma propriedade física / química eleita para promover essa separação.
- ↪ Os produtos iniciais (minério) e finais (concentrados e estéreis) devem poder ser tocados (apalpados) pelos visitantes. Assim, junto da entrada da Lavaria (funil) deve ser constituída uma pilha de material oriundo da mina onde o visitante possa ver e recolher diversos tipos de minerais presentes no minério. Nos armazéns de concentrados devem se preservados sacos com concentrados de volframite e cassiterite. As escombreliras, e em particular a pilha de sulfuretos que se encontra em processo de condicionamento tendo em vista a sua neutralização, não devem ser omitidas. O caminho dos estéreis deve então se vincado como um caminho necessário, apesar de nele circular algo inútil.
- ↪ A cobertura, taipais verticais por onde entrava a luz natural, asnas de suporte, portões, janelas, divisórias de espaços e restantes limites internos e externos da Lavaria, devem ser mantidos o mais possível na forma e aspecto original, restituindo-se-lhes a funcionalidade para que foram criadas.
- ↪ O circuito de água da Lavaria deverá ser destacado e, em particular, o processo de reciclagem de água que nela existia.

- ↳ Para acompanhamento das vistas à Lavaria, deverão ser formados monitores, preferencialmente antigos mineiros que nela tivessem trabalhado, que possam esclarecer todas as dúvidas e questões que venham ser levantadas pelos visitantes.

Declaração final

Toda a intervenção, no âmbito do Projecto Rio, que se possa vir a ter nesta Lavaria deverá ser orientada considerando diversas opiniões, uma das quais poderá ser a que nesta proposta está definida. No entanto, actuais e antigos engenheiros da Beralt e mineiros que nela trabalharam, e que a conheciam mais do que ninguém, devem ser chamados a opinar sobre as propostas que forem surgindo até ao formato final que se venha a estabelecer.

Da parte dos subscritores desta proposta, e ao abrigo do Protocolo estabelecido entre a Câmara Municipal do Fundão e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, existe toda a disponibilidade para acompanhar o processo de definição e implementação das intervenções a fazer.

PORTO, FEUP, 16 de Março de 2005

Aurora Magalhães Futuro da Silva
Prof. Auxiliar

Alexandre Júlio Machado Leite
Prof. Associado

