

O desenvolvimento recente e aplicações de espirais concentradoras

Volker Eisenlohr *

1. INTRODUÇÃO
2. O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO
3. OS PRINCIPAIS MODELOS EXISTENTES
4. CARACTERÍSTICAS
5. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES
6. PERSPECTIVAS
7. BIBLIOGRAFIA

* Diretor Técnico da AKW do Brasil Equip. Mineração Ltda.

Resumo

A Espiral Concentradora tipo HUMPHREYS já existe para a aplicação industrial desde os anos 50. Depois de muitos anos de relativa estagnação no desenvolvimento, os últimos anos levaram os inventores para modelos confeccionados em poliéster reforçado com revestimento em poliuretano. Variações no perfil da calha, no passo da helicóide, no posicionamento dos desviadores, no diâmetro e na aplicação ou não de água suplementar levaram à

concentradoras específicas para certas áreas de aplicação. Os últimos modelos são Espirais sem água de lavagem e sem desviadores no caminho, mas somente no final inferior. Existem hoje modelos para minerais pesados de ouro até minerais leves até carvão. Os diferentes modelos são apresentados com exemplos práticos.

Tudo indica que estas Concentradoras Helicoidais trazem perspectivas muito otimistas para os metalúrgicos ocupados com tratamento gravítico.

1. Introdução

A Espiral Concentradora não é uma novidade entre os aparelhos usados para concentrar minérios finos.

A primeira idéia originou-se no início deste século mas quem as desenvolveu e patenteou-as para uso industrial foi I.B.HUMPHREYS nos E.U.A. em 1941.

Inicialmente ele utilizou pneus velhos cortados ao meio e juntou-os em forma helicoidal. As "Espirais Humphreys" foram introduzidas nas plantas de tratamento mineral no início da década de 50 no uso para areias cromíferas e logo para "Areias pesadas" de Ilmenita, Rutilo, Zircônio principalmente na Austrália e de minério de ferro e carvão nos Estados Unidos. Foram fabricadas originalmente de ferro fundido com as desvantagens do peso alto, das irregularidades nas junções das secções de 120º da falta de precisão na colocação das saídas de água de lavagem e de problemas da corrosão e abrasão. Logo em seguida vieram as Espirais confeccionadas em concreto, mas sem grandes sucesso, mesmo que elas pudessem ser confeccionadas mais suaves e lisas. Mais tarde várias companhias começaram a fabricar as Espirais em poliéster moldado reforçado com lâ de vidro. Um protótipo foi desenhado por Reichert na Austrália, junto com os conhecidos Cones Reichert. A Espiral foi moldada numa única peça, relativamente leve, usando um tubo rígido de PVC como coluna

central. O diâmetro da Espiral foi 610 mm e o "passo" 343 mm; mais tarde 394 mm; a altura inicialmente em 5 voltas, mais tarde em 7 voltas, para aumentar a seletividade. O "passo" mais ingreme permitiu a colocação de duas Espirais em uma só coluna.

Comum para todas foi o desviador (splitter) ajustável para cortar a faixa de concentrado formada conforme desejado e para dirigir o concentrado através de tubos de coleta para a coluna central que serve como coletor principal do concentrado.

O grande problema foi o desgaste excessivo do canal, que logo foi revestido de resinas impregnadas, de borracha e mais recentemente de polímeros de poliuretano. Este último trouxe vantagens inesperadas, além da proteção contra desgaste, ou seja, na ajuda da seletividade pelas características superficiais do polímero.

Neste trabalho, vamos falar sobre as diferentes características dos diversos modelos em uso atualmente, demonstrando em exemplos práticos resultados obtidos, os campos nos quais as Espirais podem ser usadas com vantagem e a tendência de desenvolvimento futuro. É muito interessante como o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da Espiral Concentradora progrediu nos últimos anos depois de aproximadamente 20 anos de relativa estagnação. Existem sintomas de que a sua aplicação tomará no futuro um lugar mais distinguido no tratamento gravítico de minerais, para os mais pesados como o ouro até os mais leves como o carvão.

2. O princípio de funcionamento

A separação dos componentes é efetivada pela combinação de força gravítica e centrífuga junto com escoamento laminar, aos quais a polpa é submetida durante o caminho da descida helicoidal.

Em aparelhos que somente usam a força centrífuga para a separação dos componentes, como nas próprias centrífugas ou nos hidrociclones, sejam cônicos ou cilíndricos, o componente pesado concentra-se junto com a fração grossa mesmo sendo especificamente mais leve. Em contrapartida, processos que somente aproveitam os efeitos de escoamento laminar, a ganga leve e também as partículas grossas dela são levadas junto com o fluxo da polpa pelo atrito interno.

A sedimentação vertical na direção da lâmina basal é impedida em consequência da alta concentração da polpa, que faz a inércia preponderar. Somente os minerais pesados conseguem se concentrar na direção da lâmina basal que flue mais devagar devido à fricção com a superfície. Neste princípio trabalham os Cones Concentradores Reichert.

No caso da Espiral a força centrífuga ataca somente o componente leve. A aceleração radial dos componentes pesados no fundo da lâmina basal é praticamente inexistente em comparação com a aceleração da gravidade. Em consequência disto, as partículas pesadas se orientam para o fundo da lâmina e perto da coluna central, e assim formando uma faixa bem definida que pode ser separada mecanicamente pelos desviadores. A separação é relativamente rápida, logo nas primeiras duas voltas o primeiro concentrado é tirado ficando os demais voltas para a apuração dos middlings produzidos. Este processo está sendo mais reforçado ainda pela lavagem transversal da água suplementar injetada.

Estas considerações já fazem aparente a importância da uniformidade granulométrica da alimentação. Seria ideal se todos os componentes estivessem abaixo de 2 mm e acima de 40 micra (325 mesh) com participação mínima de lama.

Também, tanto maior a diferença da densidade quanto melhor o efeito de separação e tanto mais pesado o mineral quanto menor a partícula que entra no concentrado. O ouro, por exemplo, é coletado em Espirais modernas até 20 micra, o que corresponde a 600 mesh (Cassiterita facilmente até 325 mesh).

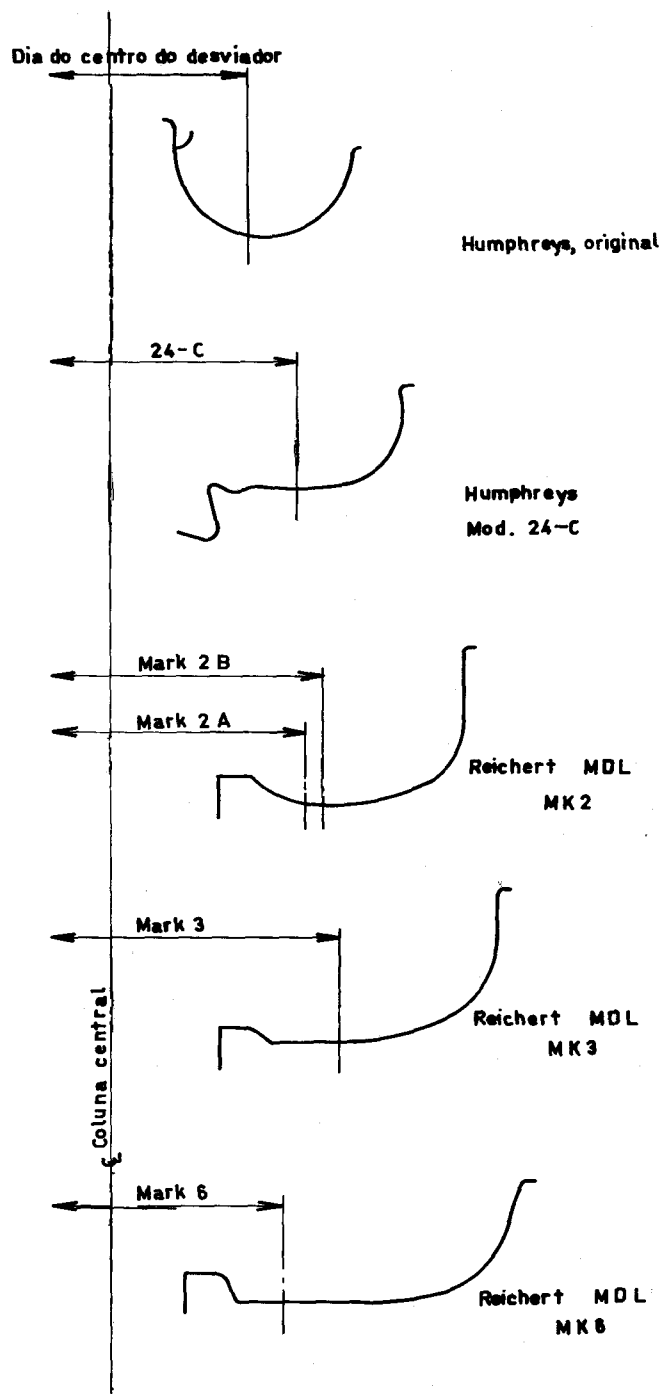
3. Os principais modelos existentes

No momento, Espirais são fabricadas pelas firmas Humphreys Engineering Company, GEC-ELLIOT, SALA-TRELLEBORG, VICKERS KATAL, WRIGHT e MINERAL DEPOSITS da Austrália e algumas licenciadas, na África do Sul e no Brasil.

São basicamente 6 modelos em uso que diferem entre si pelos perfis diferentes das calhas, as quais oferecem características diferentes de separação, pelo uso ou não de água de lavagem, e pelo "passo", grau da inclinação, pelo diâmetro e pelo número de voltas.

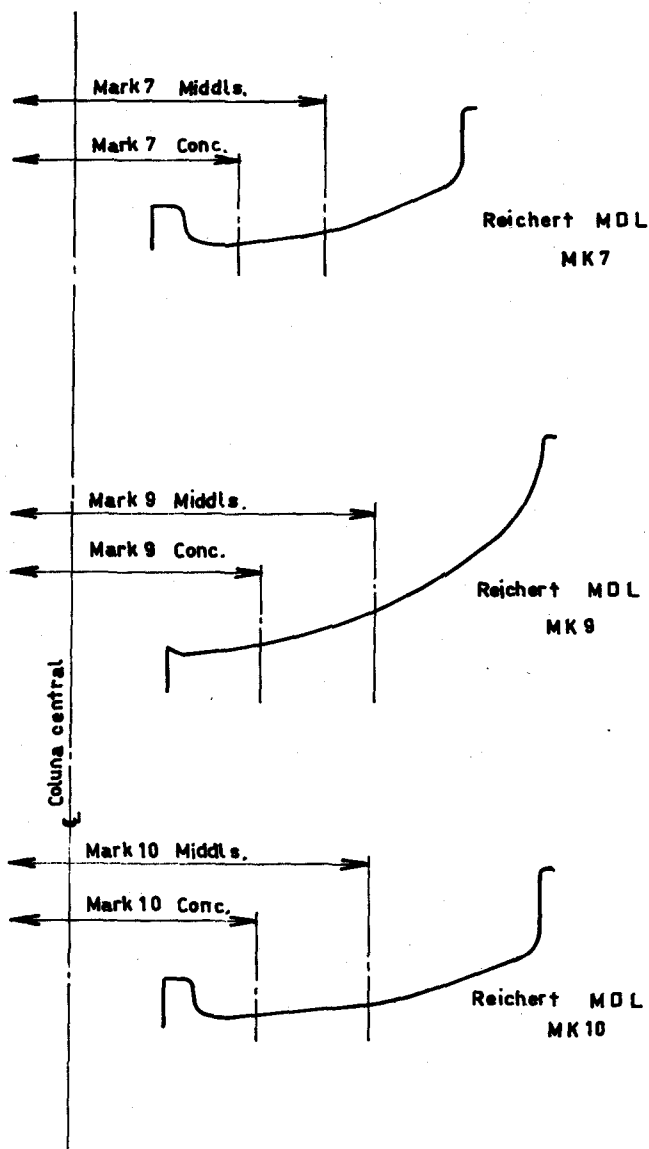
A figura 1A mostra os perfis diferentes do canal, uma das características mais importantes do desenho, do lado do passo do parafuso, o "passo" que é a outra característica decisiva para a separação.

FIGURA 1A - Perfis das calhas de Espirais usando água suplementar de lavagem.



FONTE: G. BALDERSON, 1982: Recent Development of Spiral Concentrators.

FIGURA 1B - Perfis das calhas de espirais sem água suplementar.



FONTE: G. BALDERSON, 1982: Recent Development of Spiral Concentrators.

3.1. Espiral Mark 2

O modelo mais parecido com a Espiral Humphreys tradicional é o chamado MARK 2 da MINERAL DEPOSITS LTD. que mostra uma performance mais universal, porém não otimizada para muitos casos.

Até hoje muitos fabricantes utilizam este desenho tradicional. As diferenças principais entre eles são na condução e na aplicação da água de lavagem, no desenho do desviador e da coluna central.

A MDL dispõe dos modelos MARK 2A e 2B, os quais diferem no posicionamento dos desviadores. Com a MARK 2A, os desviadores estão colocados 26 mm mais perto da linha central e pode conseqüentemente pegar cortes menores e mais seletivos da faixa do concentrado.

Este detalhe pode ser vantajoso em casos de purificação de areia para fabricação

de vidro, onde a participação de minérios pesados é extremamente pequena, ou para separação de minerais com pesos específicos pouco diferentes. São preferidas por exemplo, na separação de minerais de cromo onde outros minerais pesados com pesos específicos acima de 4,0 tendem a bloquear os splitters que estão mais longe do centro. A colocação do desviador mais perto da coluna provoca uma seletividade melhor e concentrados mais rigorosos. A variante MARK 2B, com os splitters mais para fora é uma Espiral mais universal e está instalada em muitos circuitos para as chamadas areias de praia, para cromo e estanho, mas encontra-se superada atualmente pelas Espirais mais avançadas tecnicamente.

O tubo de condução da água de lavagem é fechado e dele saem em distancias determinadas mangotes dirigiveis, munidos de pequenas válvulas para a regulagem e posicionamento dos jatos. É importante que esta água seja bem limpa para evitar bloqueio na alimentação. A capacidade desta Espiral é pequena em comparação com Espirais de desenhos mais recentes. É importante notar que em todos os modelos usa-se duas hélices entrelaçadas numa única coluna comum.

3.2. Espiral Mark 3

A diferença principal entre ela e a anterior é o perfil mais plano e a colocação do splitter ainda mais para fora do que na 2B. A melhor performance metalúrgica e maior capacidade desta Espiral são devidos a seu perfil re-desenhado.

A principal aplicação destina-se para o estágio Rougher de minérios que contem 25 a 40% de minerais pesados e para minerais com granulometria da faixa mais grossa.

Ela consegue trabalhar com faixas mais largas em termos de densidades da polpa (25 a 45% em comparação de 15 a 35% na MK 2). A capacidade da MARK 3 é consideravelmente mais alta, isto é, 2,5 t/h em comparação com a MARK 2, que é 1,5 t/h. A reposição da MK 2 é hoje normalmente uma MK 3.

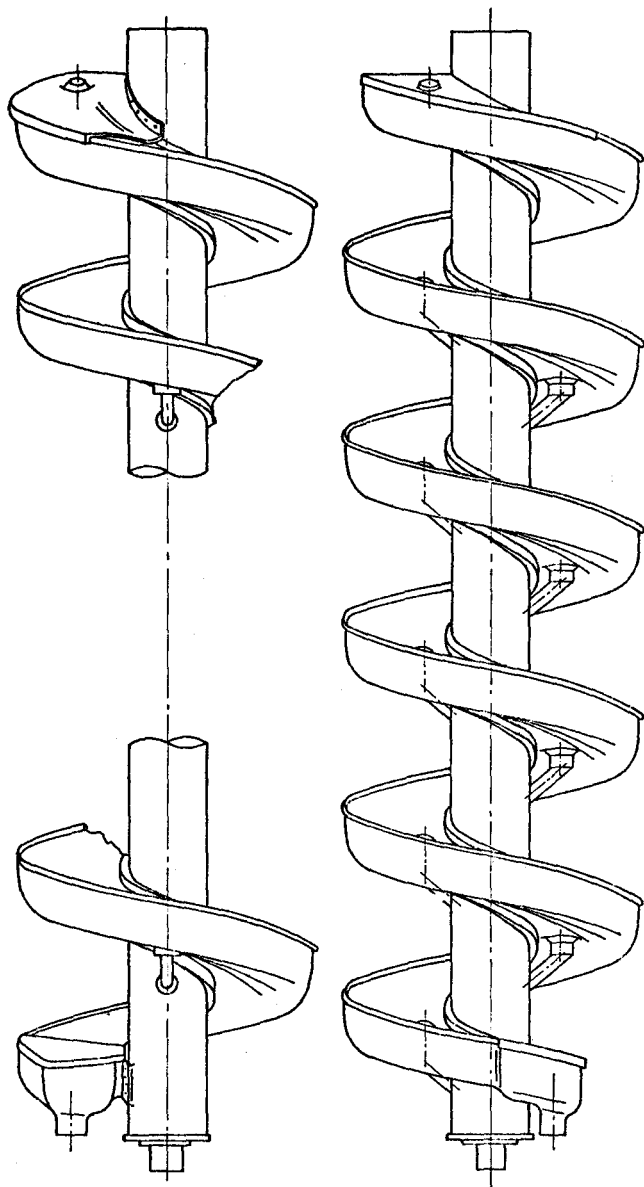
3.3. Espiral Mark 6

A calha da MARK 6 dispõe de um fundo ainda mais plano do que a MK 3 e dispõe d'uma coluna central com um menor diâmetro, tendo assim uma superfície maior (Fig. 2) O passo é reduzido para 368 mm (contra 387 mm) e os desviadores estão mais perto da coluna em conseqüência do menor diâmetro da mesma. A MARK 6 é muito seletiva especialmente na discriminação entre minerais com pequena diferença em peso específico.

Também a MK 6 é preferida em casos de minerais mais finos. A concentração da polpa alimentada é ideal entre 25 e 45% em peso.

Em muitos casos esta Espiral trabalha em conjunto com Cones Reichert no circuito de Cleaner ou Re-Cleaner dos concentrados dos Cones.

FIGURA 2 - Calha MK 6 Reinichert, 5 voltas mostrando os coletores.



FONTE: MDL - Austrália.

A MK 6 é especialmente aplicada com êxito na concentração de Cassiterita fina, fino natural ou moído, após ciclones densificadores e antes de mesas vibratórias usadas para concentração final.

A seletividade desta Espiral é excepcional quando trabalha em faixas granulométricas estreitas. Às vezes é necessário utilizar bancos diferentes para diferentes faixas granulométricas por causa da alta sensibilidade de separação.

Uma especialidade desta Espiral é o canal para água de lavagem, que é aberto com válvulas reguláveis em posições fixas.

3.4. Espiral Mark 7

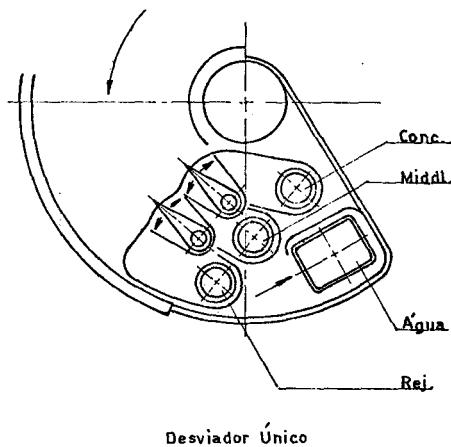
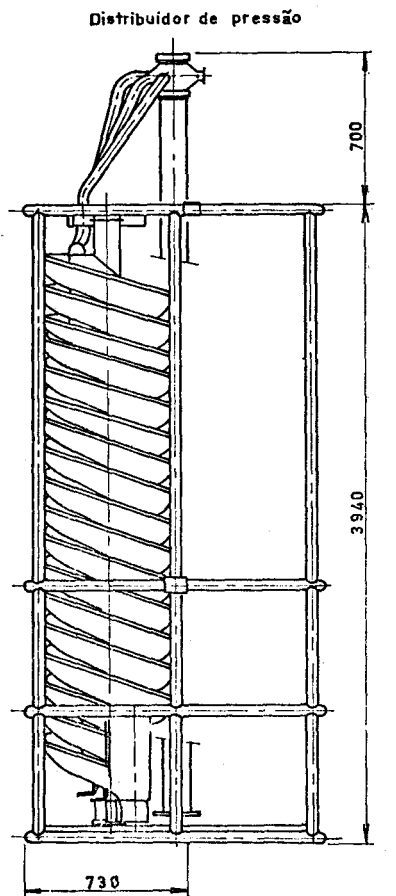
A Espiral MK 7 é um desenvolvimento completamente novo e não deveria ser comparada com a Espiral clássica.

Externamente ela é parecida à MK 6, mas o perfil da calha é diferente e muda do topo até o terminal inferior.

O ângulo da secção mais perto da coluna é menos íngreme do que mais para fora. O ponto de intersecção das duas secções se desloca para fora do início até o final da calha. O "passo" também não é uniforme, sendo menor no início do que no final, onde ele é de 400 mm.

A MK 7 não dispõe de desviadores no caminho para a retirada do concentrado, mas somente um único no terminal inferior onde um leme ajustável corta uma certa secção do perfil e desvia assim o concentrado, os middlings e os rejeitos e dispõe adicionalmente de um desviador horizontal para dividir o fluxo de rejeitos em água e sólidos. A figura 3 mostra a configuração de uma MK 7, tripla. Este último detalhe é importante em áreas com deficiência de água.

FIGURA 3 - Espiral REICHERT MARK 7, tripla.



FONTE: MDL - Austrália.

A diferença mais pronunciada é a falta de água suplementar de lavagem e a possibilidade de trabalhar com polpas mais densas, quero dizer, até 45 e 60% de sólidos. O efeito de escoamento laminar é bem mais pronunciado neste modelo do que nas Espirais com lavagem de água. A força centrífuga impõe uma influência bastante maior sobre as partículas mais leves porque elas fluem numa trajetória maior do que as partículas pesadas que fluem lentamente perto da coluna, sem aceleração radial.

A água é forçada centrifugamente para a periferia da calha, levando as partículas leves até o meio da calha onde se forma a faixa dos rejeitos com transição dos middlings.

O concentrado forma uma faixa estreita perto da coluna. O segredo da construção encontra-se no perfil da calha que provoca transversalmente filetes distintos com velocidade alta na periferia até quase zero perto da coluna. O efeito da água suplementar foi substituída pelos efeitos provocados pelo perfil e pela inclinação variada.

Assim reduz-se o perigo de levar para fora partículas pesadas finíssimas boiando na película superficial da água de lavagem.

A finalidade deste desenho é a possibilidade de tratar minerais com teores baixos, digamos abaixo de 5%, minerais pesados que necessitam razões altas de concentração digamos de 50 a 80, ou maior.

Devido ao "passo" diferente, a possibilidade existe de montar até 3 Espirais numa só coluna, assim economizando espaço.

A capacidade por calha é até 3 t/h o que significa que uma Espiral tripla trata até 9 t/h.

Um banco de 4 Espirais ocupa menos que 2m² e é capaz de tratar 36 t/h, um progresso bastante grande em comparação com o desenho original há uns 30 anos atrás.

Aplicação específica é para ouro ou estanho aluvial, ou wolframita-Scheelita.

A simplicidade do desenho ajuda seu uso em lugares onde estes minerais são normalmente encontrados, i.e., garimpos ou lavras isoladas onde não existe mão de obra especializada.

A tendência de desenvolvimento é um desenho que permite o tratamento de concentrações maiores sem causar entupimentos na retirada do concentrado. O que é preciso são desviadores intermediários, talvez 2 ou 3 durante o trajeto, para reduzir o acúmulo e criar novamente condições de concentração.

3.5. Espiral Mark 9

O grande sucesso da Espiral MK 7 para minerais preciosos, fez os construtores caminharem para outro extremo e desenhar uma Espiral para minerais leves com pouco valor específico como o carvão. O resultado foi uma Espiral continuamente curvada sobre o perfil com raio comprido e variável, com diâmetro de 696 mm e um "passo" reduzido de somente 273 mm.

O princípio de funcionamento é idêntico ao MK 7 com um só desviador no final, nada de água de lavagem e 6 1/4 voltas.

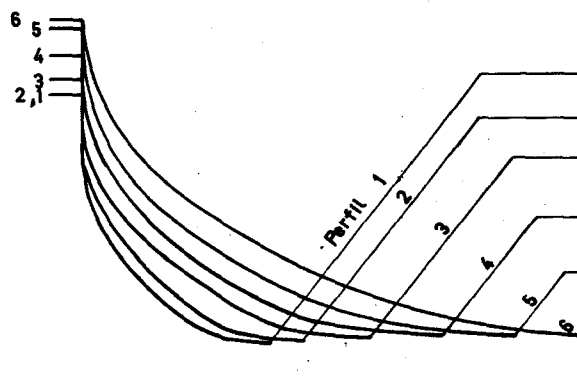
Até duas Espirais são combinadas numa coluna comum. Aplicação típica é carvão de alta

cinza com um optimum entre 45-60% de cinza, ideal para carvão fino no Brasil com a vantagem adicional de remoção da pirita quase toda quando liberada.

Claro que, com carvão, o concentrado é a fração leve na periferia da Espiral onde se encontra o rejeito com outros minerais. Como o carvão sai com muita água, após a concentração precisa-se de desaguamento com hidrociclones e peneiras desaguadoras. A característica construtiva desta Espiral é o perfil da calha (Fig. 4) que é diferente no início e muda continuamente até chegar ao perfil final.

Esta forma, junto com o "passo", é decisiva para a performance. Outras Espirais falharão completamente no carvão, razão pela qual as Espirais originais não tiveram sucesso com o carvão, apesar do fato de que foram usadas Espirais Humphreys nos E.U.A. do modelo chamado 24C-6, conforme Alexis, publicação de 1980.

FIGURA 4 - Perfis da Espiral MK 9. (fora de escala)



FONTE: R. RICHARDS, 1983: Spiral Concentrators for Fine Coal Treatment.

3.6. Espiral Mark 10

Também é uma Espiral destinada para carvão, porém para carvão com teores em cinza mais reduzidos. É normal o tratamento de carvão de alta cinza em dois estágios, usando a MK 9 como Rougher e Scavanger e a MK 10 como Cleaner e Recleaner, caso necessário. Como mostra a figura 5, o perfil é menos curvado e é composto de uma parte reta que se torna mais curta no início e mais alongada nas voltas inferiores, resultando numa seletividade maior que é importante no caso, devido à diferença pequena em peso específico entre carvão e estéril. A figura 6 mostra um desenho dimensional. Outras diferenças em comparação com as Espirais para minerais pesados são:

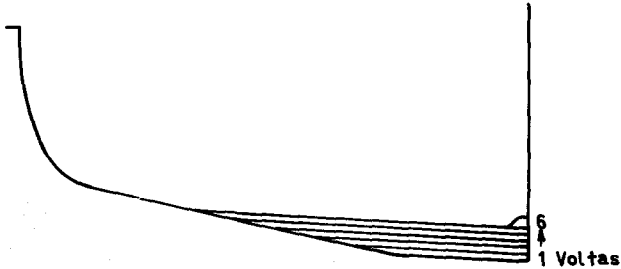
a) Inclinação menor com o efeito de redução da velocidade laminar e consequentemente o aumento do tempo de permanência e da estabilidade da polpa, consequentemente melhor seletividade.

b) Maior diâmetro externo (750 mm) e consequentemente uma calha maior com maior capacidade de fluxo.

c) Ausência de água suplementar.

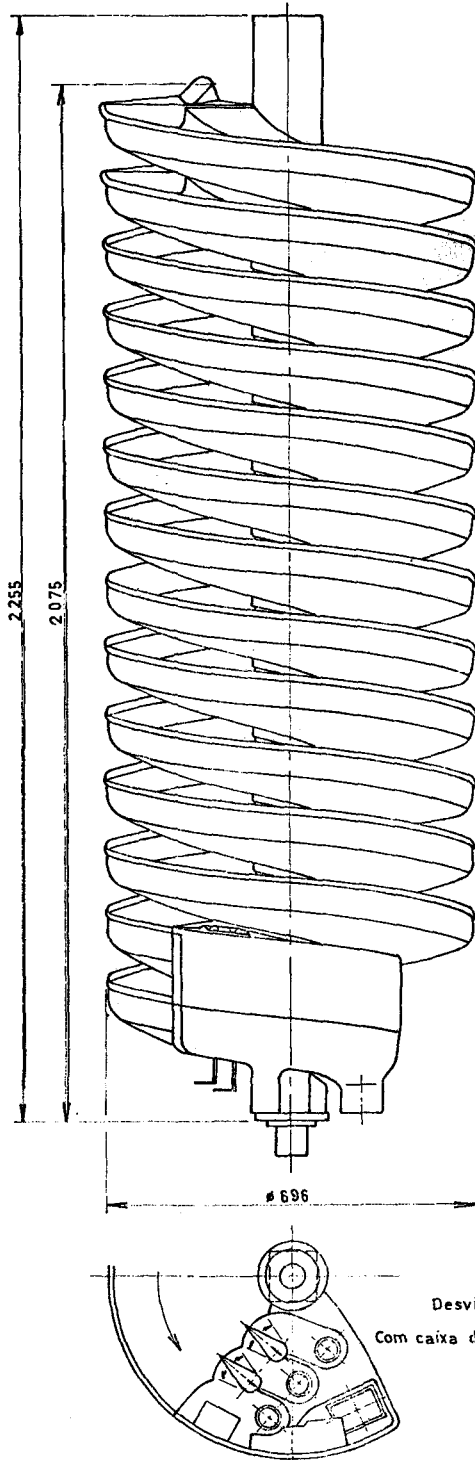
O máximo de duas Espirais podem ser combinadas numa coluna comum.

FIGURA 5 - Perfis da Espiral MK 10.
(fora de escala)



FONTE: R. RICHARDS, 1983: Spiral Concentrators for Fine Coal Treatment.

FIGURA 6 - Espiral REICHERT MARK 10, dupla para carvão, 6 1/4 voltas.



FONTE: MDL - Austrália.

4. Características

Espirais, como todas as outras concentradoras gravíticas, trabalham tanto melhor quanto a preparação da alimentação, principalmente quanto à uniformidade da composição da granulometria.

O tamanho deve estar abaixo de 3 mm, e melhor ainda abaixo de 2 mm. Este corte é feito com peneiras com um mínimo possível de oversize. O tamanho mínimo é 40 μm , o tamanho de corte de um bom hidrociclone deslamador.

40 μm para areia de sílica corresponde a 15 μm para ouro ou 65 μm para carvão, conforme Lei de Stokes.

O controle da porção de lama é importante devido à sua influência sobre a viscosidade, que deve ser a mínima possível.

As concentrações dos sólidos dependem da natureza do material e variam bastante.

As Espirais com água de lavagem trabalham com concentrações mais baixas, digamos 15 a 30%, enquanto as Espirais MK 7 para cima trabalham preferencialmente entre 30 e 50%.

É importante manter estas densidades estáveis uma vez determinadas.

A tabela I, apresenta um resumo das características das Espirais usadas nas plantas de beneficiamento mineral.

5. Exemplos de aplicações

5.1. Espirais Mark 2

O uso destas Espirais é limitado para as instalações tradicionais.

O MK 2 é um modelo antiquado e seria substituído atualmente por Espirais mais avançadas como a MK 3, ou MK 6, que separam com mais eficiência e maior capacidade. Mas, existem plantas em operação há muitos anos onde estão instaladas verdadeiras florestas de Espirais como na Flórida, cromo e areia pesada na África do Sul, (Dilokong Mine), estanho na Namíbia, relavagem de "bota foras" antigos na África do Sul, areias monaziticas da NUCLEMON em Gurirí, e minério de ferro em Pizarrão-MG.

O fluxograma Fig. 7 mostra o circuito para cromo da Dilokong Mine.

O fluxograma Fig. 8 mostra o circuito das Rand Mines/África do Sul, onde finos naturais são combinados com finos moídos e tratados em 3 estágios de Espirais MK 2A e 2B. Sílica é abaixo de 1,5% e a recuperação de Cr_2O_4 é 84%. A MK 2A fornece o concentrado final enquanto os dois estágios MK 2B funcionam como Scavenger.

A densidade ótima é 25% e hidrociclones são aplicados para controlar esta concentração.

TABELA I - Resumo espirais concentradoras.

| | Modelos | Aplicações Principais | Característica principal | Capacidade T/H-Calha | Faixa Granulométrica |
|--|-----------------|--|--|----------------------|--|
| Com água suplementar com desviadores | MARK II | Cromo, Ferro, Areias de praia. 15% de minerais | Universal, perfil constante, 5,7 voltas. Uso geral | 1,5 | 70 mm até 500 µm |
| | MARK III A B | Cromo, Ferro, Areias de praia. 15% de minerais | Idem acima, Capacidade 2x MARK II, 5 e 7 voltas | até 3,0 | |
| | MARK VI | Areias de praia, Estanho, Wolframita, Areia para vidro | 5 e 7 voltas. Maior seletividade, muito sensível. Faixa estreita de otimização | até 3,0 | Exige boa classificação 40 µm até 2mm |
| Sem água suplementar desviador no final da calha | MARK VII A C | Minerais 5% Ouro, Estanho, Wolframita | Trabalha com alta densidade de polpa até 3 calhas/coluna. 7 1/2 voltas | até 3,0 | Até 8% Material 30µm Tolerável. Max. 2mm |
| | MARK IX | Carvão alto teor em cinza, 45-60%, Rougher | Perfil curvado. Maior diâmetro 6 1/4 voltas | até 2,0 | 75 µm até 3 mm |
| | MARK X | Carvão, baixo teor em cinza, até 35% cz cleaner, ReCleaner | Perfil chato, maior diâmetro. 6 1/4 voltas | até 2,0 | 75 µm até 3mm |

FIGURA 7 - Exemplo para Espiral MARK 2, Circuito para Cromo-DILOKONG MINE.

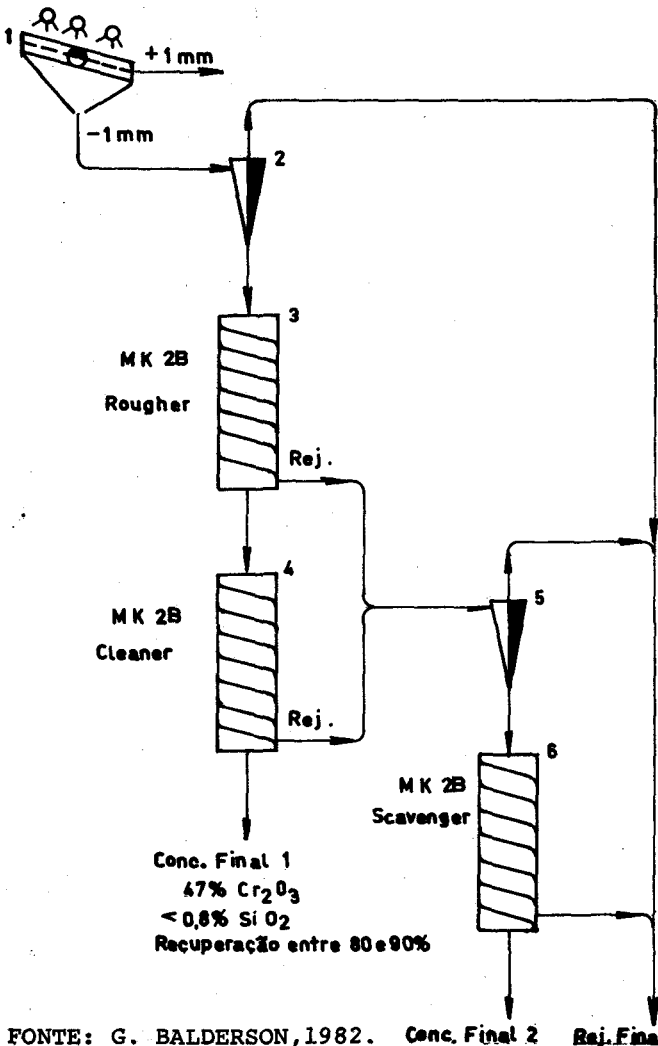
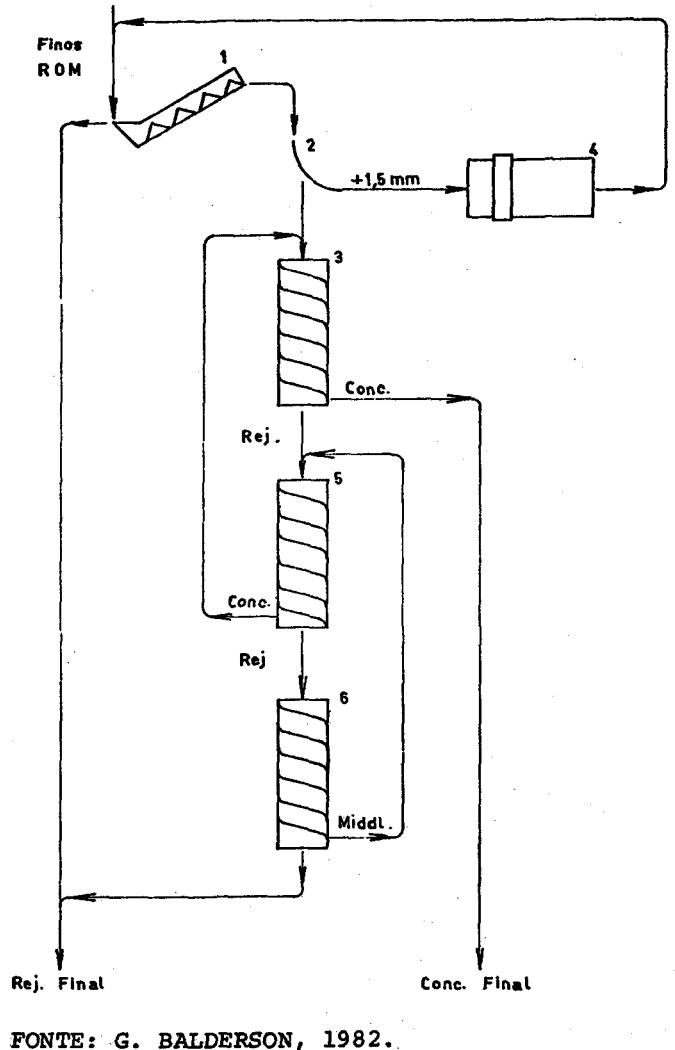


FIGURA 8 - Exemplo para espiral MARK 2 - Rand Mines.



FONTE: G. BALDERSON, 1982.

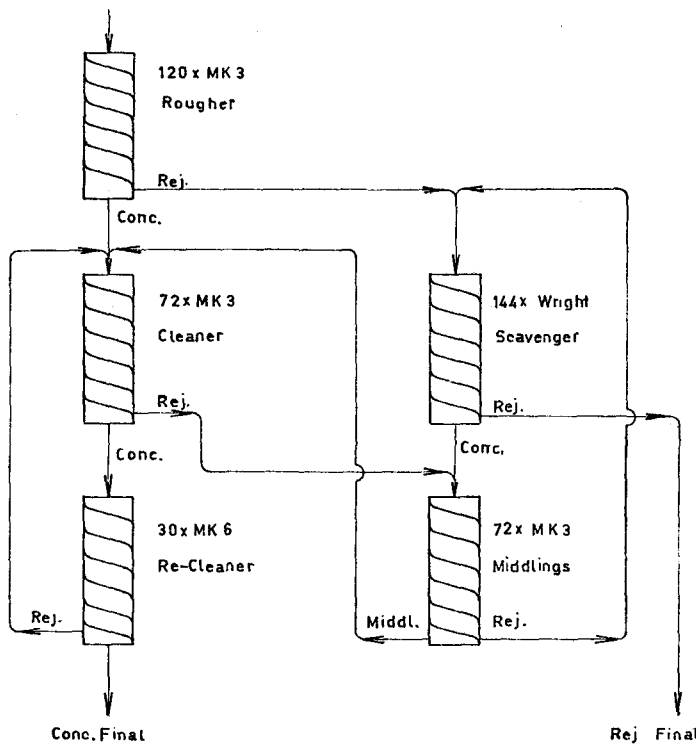
FONTE: G. BALDERSON, 1982.

5.2. Espirais Mark 3

A performance metalúrgica é similar ao MK 2B, mas a capacidade é duas vezes maior.

Um exemplo famoso é uma planta na Austrália Ocidental onde 230 t/h são tratados para produzir um concentrado com 96% minerais pesados. Fig. 9 mostra o fluxograma da Cable Sands/Austrália.

FIGURA 9 - Fluxograma da "Cable Sands" - areias pesadas, ilmenita, rutilo, zircônio.



FONTE: G. BALDERSON, 1982.

5.3. Espirais Mark 6

5.3.1. AREIAS PESADAS

Aplicação típica é na concentração de minerais pesados, principalmente para Cleaners e Recleaners devido à excelente capacidade seletiva deste modelo. Nestes circuitos, o pré-concentrado é às vezes feito com Cones Reichert.

A distribuição exata da água de lavagem é de altíssima importância e a não observação deste detalhe traz resultados não satisfatórios.

Na Paraíba trabalham estas Espirais para fazer um concentrado final após aos Cones Reichert e antes de separadores magnéticos.

5.3.2. AREIAS DE SILICA

Areias usadas para vidro exigem uma alta pureza e ausência completa de minerais ferruginosos. Um exemplo típico é na Tabela II:

TABELA II - Limpeza de areia por espirais.

| | t/h | Distr. | Miner. Pesad. | Razão de Downgrading | Distr. Min. Pesad. |
|-------------|------|--------|---------------|----------------------|--------------------|
| Produto | 1,15 | 81,6 | 0,01 | 0,08 | 6,3 |
| Rejeito | 0,26 | 18,4 | 0,64 | 4,92 | 93,7 |
| Alimentação | 1,46 | 100,0 | 0,13 | 1,00 | 100,0 |

5.4. Espirais Mark 7

5.4.1. OURO ALUVIONAL

É a primeira Espiral sem uso de água suplementar e só com um desviador no terminal inferior.

Resultados excelentes foram obtidos na concentração de ouro aluvional em aplicação primária ou para retratamento de processos preliminares, e no tratamento de Cassiterita fina. É importantíssima a peneiração em 2 mm para evitar a entrada de grossos e uma deslamagem adequada, caso a lama ultrapasse a casa de 5%.

Um resultado típico de concentração de aluvião aurífero: Tabela III

TABELA III - Concentração de ouro aluvial.

| | Distr. % peso | mg de Ouro | Distr. de Ouro em % |
|------------------------|---------------|------------|---------------------|
| Concentrado | 2,20 | 17,58 | 92,1 |
| Rejeito | 97,80 | 1,51 | 7,9 |
| Alimentação | 100,0 | 19,09 | 100,0 |
| Razão de Concentração: | | | 45,5:1 |

Todo ouro está abaixo de 100 mesh com a maioria abaixo de 325 mesh e uma boa parte abaixo de 400 mesh.

Relações de Concentração até 80:1 já foram obtidas em operações industriais.

Ensaio com minério de ouro moído em associação com sulfetos foram conduzidos, onde 75,5% do ouro foi recuperado no concentrado, representando 2,6% da alimentação, o teor do concentrado foi 89,0 g/t enquanto a alimentação amostrou 3,04 g/t, razão de concentração 29,3:1. A recuperação junto com os middlings foi 81,7%.

5.4.2. CASSITERITA

Um excelente campo de aplicação encontra-se no tratamento de Cassiterita fina, moída ou natural, tudo abaixo de 2 mm.

A figura 10A mostra a performance da Espiral MK 7 com minério moído, 2,1 t/h por calha e teor de 80 g/t na alimentação. Neste exemplo 78% foi recuperado no concentrado representando 1,6% do peso da alimentação e uma razão de concentração de 49:1.

A recuperação no concentrado + middlings foi 88% com 7,6% do peso da alimentação.

A figura 10A apresenta a dependência da recuperação dos tamanhos das partículas nos casos do concentrado + middlings de minério de estanho alluvial. É evidente que a recuperação é ótima entre 50 e 800 micra e ainda satisfatória na faixa de 40 até 1000 micra.

FIGURA 10A - Recuperação em dependência do tamanho para Espiral MARK 7. Exemplo: Cassiterita moída (0.08% Sn).

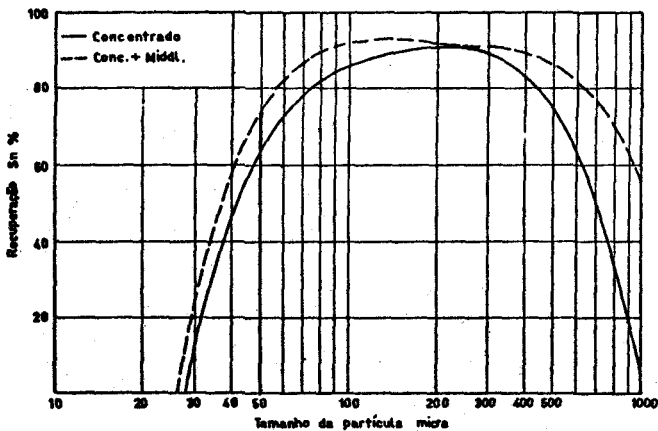
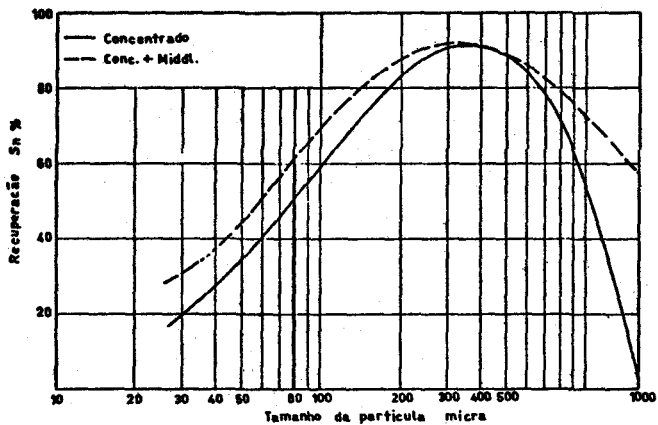


FIGURA 10B - Recuperação em dependência do tamanho para Espiral MK 7. Exemplo: Cassiterita aluvial (0.09% Sn).



Em comparação com minério aluvial as curvas estão um pouco mais agudas, como na figura 10B.

A melhor recuperação foi obtida na faixa granulométrica 150/800 micra com recuperações ainda satisfatórias entre 80 micra e 1 mm.

5.5. Espirais Mark 9 e Mark 10

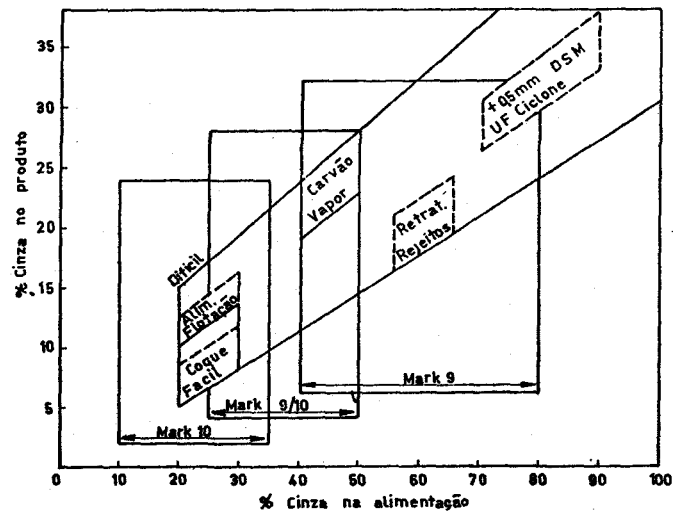
Embora tenha sido usada originalmente a Espiral Humphreys para o tratamento de carvão, o desenvolvimento para a lavagem de carvão fino é relativamente recente. A MARK 9 foi desenvolvida para carvão de alto teor de cinzas com um perfil continuamente curvado com raio longo e variável.

A MK 10 é plana com a variação do perfil continua ao longo da Espiral toda.

Esta Espiral trabalha mais sensivelmente representada pelo perfil reto. O campo de aplicação mostra a figura 11.

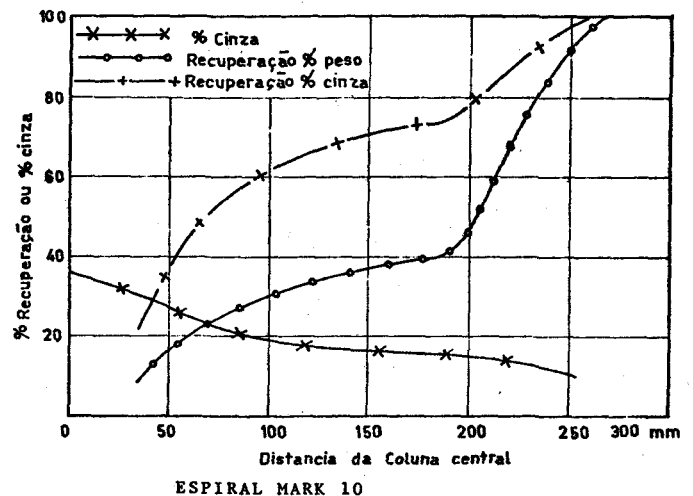
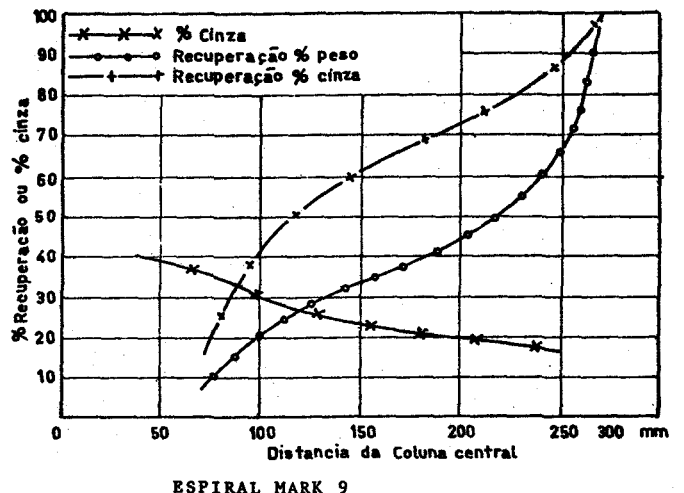
Uma comparação entre a performance da MK 9 e MK 10 está representada na Figura 12.

FIGURA 11 - Aplicação Espirais REICHERT para carvão.



FORNE: R. RICHARDS, 1983: Spiral Concentrators for fine Coal Treatment.

FIGURA 12 - Comparação entre MK 9 e MK 10 usando a mesma amostra de carvão vapor de 35/40% cinza. + 75 µm - 1,6 mm.



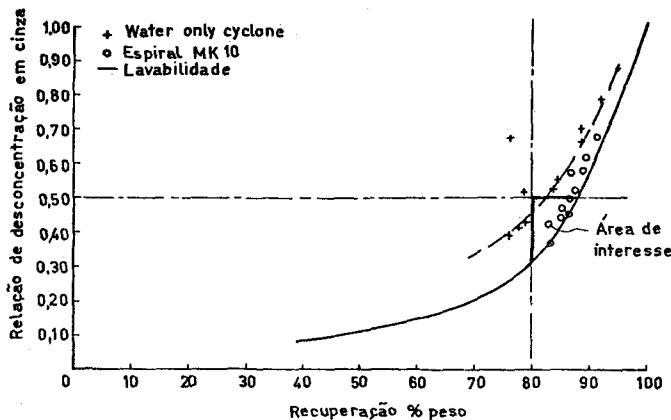
As curvas mostram a distribuição em massa e em teor de cinzas através da calha antes da entrada no splitter de um carvão contendo 35 a 40% de cinza e indica a importância do posicionamento do leme no que diz respeito à recuperação e teor do produto.

As curvas mostram também que a MK 9 separa este carvão de uma maneira menos acentuada do que a MK 10. A MK 10 é mais seletiva mas entupirá com carvões de alta cinza. Teores de cinzas entre 35 a 40% encontram-se na área de transição de aplicação para estes dois modelos.

O campo de aplicação está bem favorável onde ela pode substituir mesas vibratórias para a remoção de pirita e em certos casos a flotação para a fração 75 micra 3 mm.

A figura 13 mostra resultados de ensaios com carvão coke em comparação com a curva de lavabilidade ideal.

FIGURA 13 - Resultado de Ensaios de campo com carvão coke.
Objetivo: recuperação 80%,
relação de deconcentração de cinza 0,5.



É evidente que a Espiral MK 10 opera bem eficiente com este material e iguala-se a um water-only-cyclone, também testado.

Um outro campo seria o tratamento de rejeitos finos de lavadores atuais de carvão ou o retratamento de "bota-foras".

6. Perspectivas

O desenvolvimento da Espiral Concentradora fez progressos consideráveis nos últimos anos e não mostra sinais de cansaço. A nova geração de Espirais desafiará outros processos tradicionais em muitas áreas da indústria de tratamento mineral. A tendência é na direção de Espirais sem água suplementar, sem ou com poucos desviadores intermediários com perfis e passos específicos para certos tipos de aplicação.

Os últimos exemplos apresentados são desenvolvimentos com ajuda de computadores para a otimização da curvatura.

Mesmo se as Espirais não oferecessem separações tão eficientes do que técnicas mais sofisticadas como a flotação, esta tecnologia oferece um potencial considerável tendo em vista as seguintes vantagens:

- a) Construção simples e robusta, exigindo pouca manutenção, ausência completa de peças móveis;
- b) Custo de investimento comparativamente baixo;
- c) Custo de operação baixo, não necessitando reagentes químicos e pouca mão de obra.

7. Bibliografia

- (1) ALEXIS, J. Cleaning coal and refuse fines with the Humphreys spiral concentrator. *Min, Eng.*, 8, 1980.
- (2) BALDERSON, G.F. Recent development and application of spiral concentrators. s.l., Australian I.M.M.N-W Queensland Branch Mill Operators Center, Mt. ISA, sept., 1982.
- (3) RICHARDS, R.G. Spiral concentrator for fine coal treatment. s.l., Queensland Coal Preparation Soc., May, 1983
- (4) ROBINSON, C.F., et alii. Fine gold recovery using Reichert Technology. In: ANNUAL RMS - ROSS SEMINAR ON PLACER GOLD MINING, 3. Vancouver B. C., Feb. 8-10, 1983.
- (5) TRAWINSKI, H.F. Nassmechanische Erzanreicherungs-Verfahren, *Erzmetall*, 6, 1981.