

UTILIZAÇÃO DE ESPIRAIS DE ALTA CAPACIDADE APLICADO EM MINÉRIO DE FERRO¹

Pedro Henrique Domingos Meijon Souza²
Eliezer Antônio Felipe³
Antonio Schettino Gomes Pereira²

Resumo

A Serra Azul está localizada na parte oeste do Quadrilátero Ferrífero, na região central do estado de Minas Gerais. Hoje existem grandes empresas instaladas nesta serra e uma demanda cada vez maior por produção a partir dos Itabiritos Friáveis, desta forma, um possível implemento de produção utilizando Espirais Concentradoras de Alta Capacidade poderia ser implantado em um curto período de tempo, proporcionando um retorno financeiro breve e um aumento na produção da Usiminas para o ano de 2011/2012 auxiliando o cumprimento da meta proposta para estes períodos. Visando avaliar esta alternativa, foram desenvolvidos alguns testes com as Espirais Concentradoras de Alta Capacidade, em escala piloto, o que poderia nos fornecer os parâmetros técnicos básicos para o projeto, em termos qualitativos e quantitativos, além de uma análise econômica inicial.

Palavras-chave: Concentração; Espirais; Alta capacidade.

HIGH CAPACITY SPIRAL CONCENTRATORS USED IN IRON ORE

Abstract

Serra Azul is located on the west side of the Iron Quadrangle in the central state of Minas Gerais. Today there are large companies are located in this area range and an increasing demand for production from the Friable Itabirites, a possible to implement a production using High Capacity Spiral Concentrators might be deployed in a short period of time, providing a financial return and a brief increase in the production of Usiminas for the year 2011/2012 assisting the fulfillment of the goal for these periods. To evaluate this alternative, some tests have been developed with the High Capacity Spiral Concentrators on pilot scale, which could provide us with the basic technical parameters for the project, qualitative and quantitative, and an initial economic analysis.

Key words: Concentration; Spirals; High capacity.

¹ *Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.*

² *Engenheiro de Minas - Mineração Usiminas*

³ *Engenheiro Especialista em Processos - Mineração Usiminas*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as Instalações de Tratamento de Minérios da MUSA – Mineração Usiminas S.A. produzem, além dos Granulados, classificados como Granulado Grosso, -32,0 +25,0 mm e Granulado Fino, -25,0 +10,0 mm, mais três tipos de produtos, diferenciados apenas pela granulometria, um Sinter Feed Grosso, -6,3 +1,00 mm, concentrado a partir de Jigues e um *Sinter Feed* Fino, -1,0 +0,15 mm, obtido através de Espirais Concentradoras, e por fim, um Pellet Feed, -0,15 mm, obtido via Separação Magnética de Alto Campo.

Um possível implemento de produção utilizando Espirais Concentradoras de Alta Capacidade poderia ser implantado em um curto período de tempo, proporcionando um retorno financeiro breve e um aumento na produção da Usiminas para o ano de 2011/2012 auxiliando o cumprimento da meta proposta para estes períodos.

Visando avaliar esta alternativa, foram sugeridos pela Superintendência de Desenvolvimento e Projetos alguns testes com as Espirais Concentradoras de Alta Capacidade – Modelo HC33 da CPG Resources, em escala piloto, que poderia nos fornecer os parâmetros técnicos básicos para o projeto, em termos qualitativos e quantitativos, além de uma análise econômica inicial.

Desta forma, foi preparado um roteiro para estes testes, com peneiramento seguido de Espirais Concentradoras, que durante o decorrer dos trabalhos, a medida da necessidade, alguns destes procedimentos poderiam ser adaptados conforme acordo prévio entre a Usiminas e a CPG Resources.

2 METODOLOGIA

2.1 Amostragens

Foram amostrados na ITM da Mina Oeste aproximadamente 60 kg de material oriundos da alimentação da etapa Rougher desta ITM para os testes de processo, percebe-se que amostra utilizada no teste possuía teor de Fe elevado, em torno de 58%, SiO₂ em torno de 11% e teores médios de Al₂O₃ e PPC, a análise química da amostra cabeça é apresentada a seguir:

Tabela 1. Qualidade do material Alimentação RG Mina Oeste - AQ SGS Geosol

Material	Data	Fe (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	Mn (%)	Al ₂ O ₃ (%)	PPC (%)	Massa (kg)
Alimentação RG MO	12/04/2011	58,4	11,4	0,07	0,17	1,47	2,88	~ 60

Assim, o material foi enviado até a Fundação Gorceix, onde a CPG Resources possui equipamentos instalados, e ainda, faz a preparação da amostra, programação e sequência dos testes.

2.2 Desenvolvimento e Testes de Processo

O concentrador espiral é construído na forma de um canal helicoidal de seção transversal semicircular, conforme mostrado a seguir.

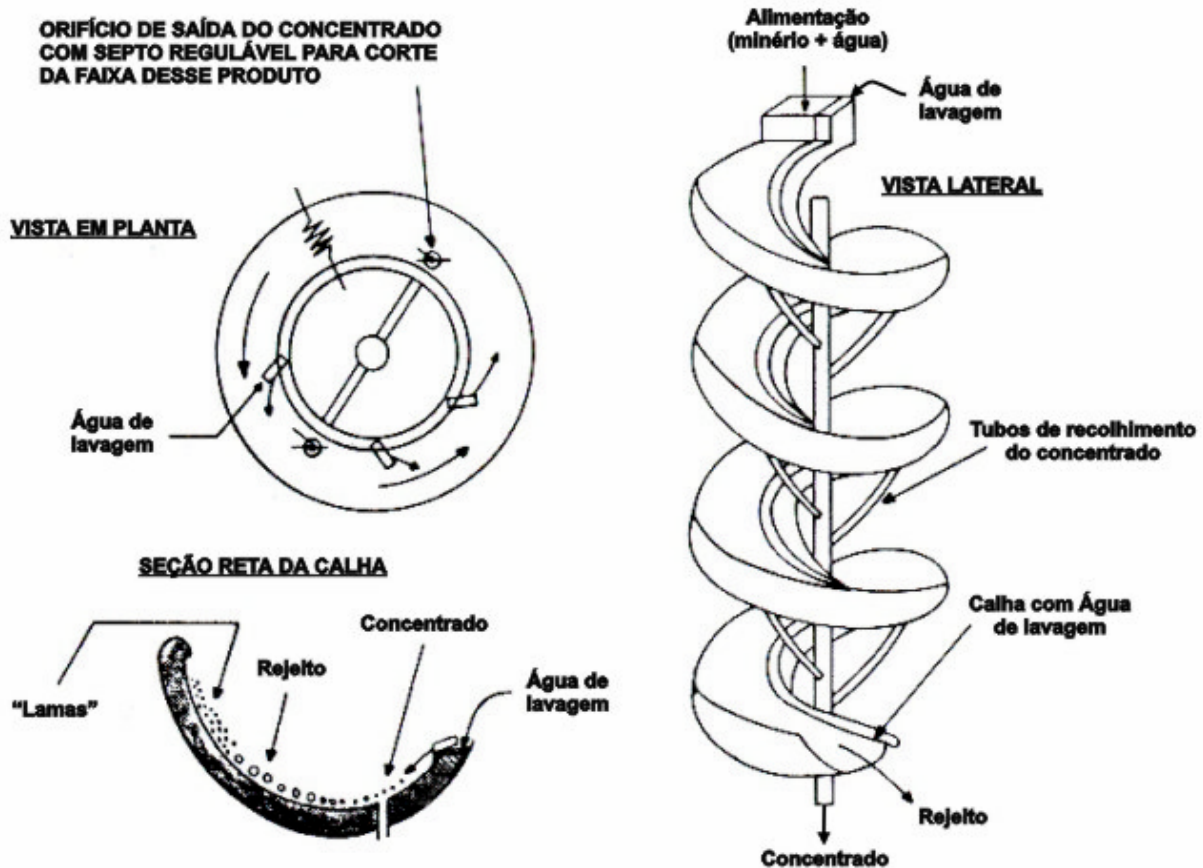


Figura 1. Esquema geral espiral concentradora.

Muito embora sejam comercializadas espirais com características diferentes de diâmetro, passo da espiral, perfil do canal e modo de remoção do concentrado, e ainda, conforme especificação de cada fabricante e o fim a que se destina, os mecanismos de separação atuantes no processo são similares. Os minerais pesados estratificam-se na superfície do canal, com baixa velocidade, e os minerais leves tendem a estratificar-se na parte superior do fluxo, nas regiões de maiores velocidades e a resultante desses mecanismos é a possibilidade de se remover os minerais pesados por meio de algumas aberturas reguláveis existentes na parte interna do canal.

Uma característica comum a muitas espirais tradicionais é a introdução de água de lavagem antes de cada abertura de remoção dos minerais pesados, com o fim de limpar a película de minerais pesados dos minerais leves finos.

A Espiral HC33 seria uma versão de alta capacidade da Espiral WW6 e foi concebido para preencher uma necessidade da indústria mineral para um modelo de alta capacidade. O modelo HC33 pode ser utilizado com ou sem água de lavagem, é composto por seis voltas, com o concentrado sendo coletado na coluna central e demais produtos coletados com divisores na parte inferior do equipamento.

As principais características mecânicas da Espiral HC33 são apresentadas a seguir:

- número de pistas ou calhas por coluna: simples, duplas ou triplas;
- número de voltas por coluna: 6;
- até quatro produtos: concentrado, pista (concentrado 2), médio e rejeito;
- concentrado é coletado através da coluna central;
- o restante dos produtos (pista - concentrado 2, médio e rejeito) são coletados com divisores de na parte inferior do equipamento;

- rede de distribuição de água para lavagem de fácil acesso e manutenção.

Segue abaixo um quadro comparativo de alguns dados das espirais estudadas:

Tabela 2. Quadro Comparativo – Espirais HC33 x Espirais WW6

Modelo da Espiral	Taxa de Alimentação (t/h/pista)	% Sólidos	Número de Pistas por Coluna	Consumo de Água de Lavagem (m ³ /h/pista)	Granulometria (mm)	Volume de Polpa (m ³ /h)
WW6	1,6 a 2,6	40	Até 2	0 a 1,5	0,03 a 2,00	5,0 (Max.)
HC33	3,0 a 6,0	40	Até 3	0 a 1,8	0,03 a 2,00	6,0 a 9,0

De acordo com o objetivo deste estudo, foi elaborado o seguinte roteiro para os testes de processo com as espirais indicadas com este material amostrado na ITM - Mina Oeste:

- peneiramento em 1,70 mm, encaminhando a fração -1,70 mm para testes de concentração nas Espirais HC33/WW6 com varáveis operacionais distintas.

De acordo com este roteiro, tem-se o fluxograma simplificado a seguir:

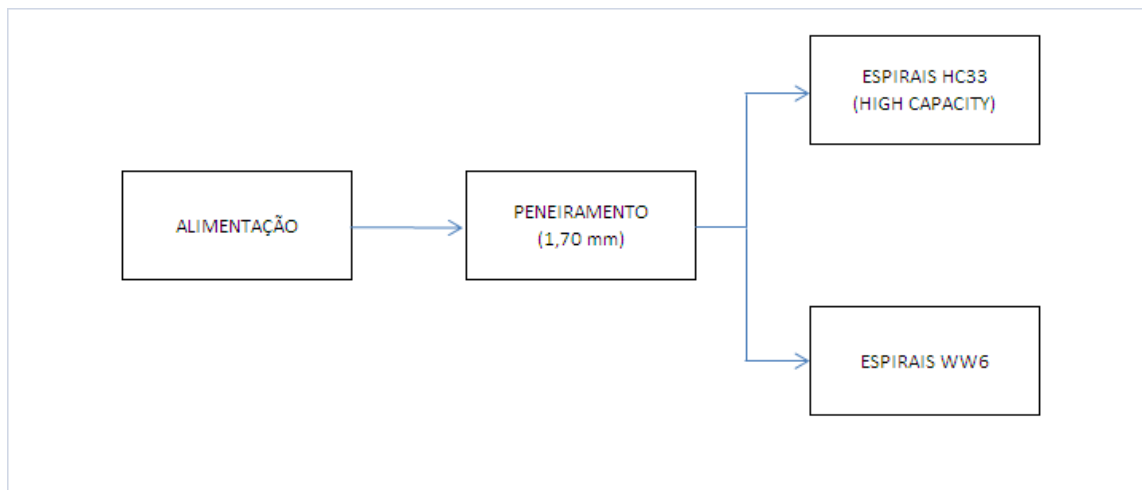


Figura 2. Fluxograma simplificado para os testes de processo.

Algumas observações foram feitas para estes testes:

- simular as rotas de processo propostas a fim de concentrar este material;
- a partir dos resultados gerados, orientação da sequência dos testes;
- pesar todas as frações que forem sendo geradas e separar as amostras de alimentação, concentrado e rejeito dos testes para análises químicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A granulometria desta amostra foi condicionada a fração -1,70 mm, pois é de conhecimento prático que o material com granulometria superior a 2 mm apresenta um comportamento dentro do equipamento devido à força centrífuga, tendendo a uma trajetória mais externa, sendo assim encaminhados aos rejeitos, além de causar um desgaste prematuro na pista, devido às arestas das partículas.

De acordo com os objetivos dos testes, os equipamentos utilizados foram as Espirais Concentradoras de Alta Capacidade, modelo HC33 e as Espirais Concentradoras, modelo WW6, modelo este utilizado nas operações atuais de Tratamento de Minérios da Mineração Usiminas em Itatiaiuçu. Ambos os equipamentos são de fácil manuseio, com as seguintes variáveis operacionais, definidas em campo pelo técnico da CPG Resources responsável pelo teste e acordadas pela Usiminas:

- granulometria do material que alimentará os equipamentos, condicionada a faixa -1,70 mm;
- porcentagem de sólidos na alimentação;
- taxa de alimentação compatível a cada equipamento;
- água de lavagem;
- regulagem dos *splitters* ou coletores de produto.

Toda a massa disponível para o teste foi homogeneizada gerando dois lotes que seriam utilizados nos testes. O primeiro lote foi encaminhado para testes com a Espiral de Alta Capacidade, modelo HC33 e o segundo lote, foi encaminhado para testes com a Espiral modelo WW6. Além disso, antes dos testes foi feita uma Análise Granuloquímica da Amostra Cabeça, que é apresentada abaixo:

Tabela 3. Análise Granulométrica – Amostra Cabeça

Fluxo	Análise Química					
	Fe (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	Mn (%)	Al ₂ O ₃ (%)	PPC (%)
1,000	59,30	7,99	0,123	0,200	2,59	4,05
0,850	58,00	10,60	0,101	0,290	2,04	3,57
0,600	57,70	11,20	0,088	0,220	1,78	3,11
0,425	59,10	10,60	0,075	0,200	1,45	2,57
0,300	62,20	7,84	0,054	0,150	1,04	1,76
0,212	64,90	5,57	0,042	0,110	0,78	1,43
0,150	63,90	6,43	0,035	0,110	0,58	1,37
0,106	58,70	13,40	0,036	0,110	0,67	1,61
0,075	53,20	20,80	0,035	0,110	0,75	1,70
0,053	48,00	27,80	0,035	0,120	0,89	2,03
0,044	46,70	29,40	0,049	0,160	1,18	3,23
0,038	48,30	27,20	0,041	0,140	0,96	2,58

Vale ressaltar que todos os testes com as Espirais em questão foram realizados em apenas uma única etapa, desta forma, observando os teores gerados, caberia(m) alguma(s) etapa(s) para melhoria de qualidade destes materiais em determinados fluxos para obtenção de produtos com qualidade, bem como um estudo de otimização da rota existente.

Sendo assim, de acordo com o desenvolvimento dos testes o resumo dos mesmos é apresentado a seguir, ressaltando que as condições de alimentação dos testes com a Espiral WW6 foram de 1,8 t/h a 2 t/h e 35% de sólidos. Para os testes com a Espiral HC33 as condições de alimentação foram 3,5 t/h a 4 t/h e 40% de sólidos. A água de lavagem na Espiral WW6 e na HC33 foi variada para alcançar o máximo benefício visual.

3.1 Teste 1: Espiral Concentradora de Alta Capacidade – Modelo HC33

Tabela 4. Resumo dos Testes – Espiral HC33

Fluxo	Peso Úmido (kg)	Peso Seco (kg)	% Sólidos	Análise Química						Rec. Mass.	Rec. Fe
				Fe (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	Mn (%)	Al ₂ O ₃ (%)	PPC (%)		
Alimentação	12,00	4,56	38,00	53,70	16,00	0,086	2,217	4,06	0,25	-	-
Conc. Coluna	2,55	2,35	91,96	62,40	7,63	0,058	0,160	0,93	2,03	51,4%	59,8%
Conc. Pista	0,13	0,12	88,46	48,40	26,3	0,059	0,190	1,52	2,61	2,5%	-
Médio	0,20	0,17	85,00	38,80	36,8	0,090	0,240	2,38	4,00	3,7%	-
Rejeito	9,12	1,93	21,16	44,40	24,9	0,116	0,340	3,58	6,21	42,3%	-

3.2 Teste 2: Espiral Concentradora de Alta Capacidade – Modelo HC33

Tabela 5. Resumo dos Testes – Espiral HC33

Fluxo	Peso Úmido (kg)	Peso Seco (kg)	% Sólidos	Análise Química						Rec. Mass.	Rec. Fe
				Fe (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	Mn (%)	Al ₂ O ₃ (%)	PPC (%)		
Alimentação	11,33	4,88	43,07	54,80	15,70	0,078	1,878	3,50	0,21	-	-
Conc. Coluna	2,66	2,30	86,47	65,10	4,81	0,042	0,120	0,63	1,51	47,1%	56%
Conc. Pista	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Médio	0,33	0,29	87,88	54,10	17,80	0,073	0,220	1,45	2,68	5,9%	-
Rejeito	8,34	2,29	27,46	45,60	25,50	0,111	0,290	2,99	5,28	46,9%	-

Para a granulometria estudada, vale observar que a alimentação é bem rica apresentando um teor de Fe em torno de 53% de Fe.

A Espiral HC33 teve um Rendimento Mássico no Teste 1 de aproximadamente 51%, quando foi considerado apenas o Concentrado de Coluna como Produto. o produto gerado nesta etapa apresenta teor compatível ao histórico de produção da Etapa Rougher da operação atual. No Teste 2, o produto gerado nesta etapa apresenta um teor ligeiramente superior ao histórico de produção da Etapa Rougher da operação atual, atingindo um teor de Fe na casa de 65% e SiO₂ abaixo de 5%, porém com um Rendimento Mássico de aproximadamente 47%, a ainda, os testes foram executados com uma taxa de alimentação na casa de 4 t/h.

Percebe-se ainda que o Rejeito ainda é bem rico, com um teor de Fe de aproximadamente 45%. A adição de água de lavagem em excesso neste equipamento tende a prejudicar o desempenho com partículas grosseiras presentes no processo, resultando em partículas mais grosseiras facilmente encaminhadas para a área da calha externa, independentemente da sua densidade. Assim sendo, de acordo com a Tabela 3: Análise Granulométrica – Amostra Cabeça, recomenda-se o corte da amostra em 0,106 mm ou em 0,150 mm, condicionando o material na fração -1,70 +0,106 mm ou na fração -1,70 +0,150 mm.

Novamente, para a granulometria estudada, vale observar que a alimentação é bem rica apresentando um teor de Fe em torno de 55% de Fe.

3.3 Teste 1: Espiral Concentradora – Modelo WW6

Tabela 6. Resumo dos Testes – Espiral WW6

Fluxo	Peso Úmido (kg)	Peso Seco (kg)	% Sólidos	Análise Química						Rec. Mass.	Rec. Fe
				Fe (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	Mn (%)	Al ₂ O ₃ (%)	PPC (%)		
Alimentação	6,860	1,800	26,24	52,00	18,90	0,086	0,229	2,15	3,84	-	-
Conc. Coluna	1,190	0,780	65,55	63,30	7,15	0,053	0,150	0,82	1,63	43,3%	52,7%
Rejeito	5,670	1,020	17,99	43,40	27,90	0,111	0,290	3,16	5,53	56,7%	-

3.4 Teste 2: Espiral Concentradora – Modelo WW6

Tabela 7. Resumo dos Testes – Espiral WW6

Fluxo	Peso Úmido (kg)	Peso Seco (kg)	% Sólidos	Análise Química						Rec. Mass.	Rec. Fe
				Fe (%)	SiO ₂ (%)	P (%)	Mn (%)	Al ₂ O ₃ (%)	PPC (%)		
Alimentação	6,690	2,200	32,88	53,1	17,4	0,085	0,229	2,13	3,82	-	-
Conc. Coluna	1,330	1,110	83,46	61,80	8,11	0,060	0,150	1,05	1,82	50,5%	58,7%
Rejeito	5,360	1,090	20,34	44,30	26,80	0,110	0,310	3,22	5,85	49,5%	-

Para a granulometria estudada, vale observar que a alimentação é bem rica apresentando um teor de Fe em torno de 52% de Fe.

O Rendimento Mássico ficou em torno de 43%, com uma taxa de alimentação em torno de 1,8 t/h. Vale ressaltar que os teores obtidos no Concentrado são compatíveis ao histórico de produção da Etapa Rougher da operação atual.

A Espiral WW6 teve um Rendimento Mássico no Teste 1 de aproximadamente 43%, o produto gerado nesta etapa apresenta teor compatível ao histórico de produção da Etapa Rougher da operação atual. No Teste 2, o produto gerado nesta etapa também apresenta teor compatível ao histórico de produção da Etapa Rougher da operação atual, porém com um Rendimento Mássico de aproximadamente 47%, a ainda, os testes foram executados com uma taxa de alimentação na casa de 1,8 t/h. Percebe-se ainda que o Rejeito ainda é bem rico, com um teor de Fe de aproximadamente 45%. A adição de água de lavagem em excesso neste equipamento tende a prejudicar o desempenho com partículas grosseiras presentes no processo, resultando em partículas mais grosseiras facilmente encaminhadas para a área da calha externa, independentemente da sua densidade. Assim sendo, de acordo com a Tabela 03: Análise Granulométrica – Amostra Cabeça, recomenda-se o corte da amostra em 0,106 mm ou em 0,150 mm, condicionando o material na fração -1,70 +0,106 mm ou na fração -1,70 +0,150 mm.

4 SIMULAÇÃO DOS RESULTADOS / ANÁLISE ECONÔMICA

Em andamento (esta análise será apresentada durante o Congresso).

5 CONCLUSÕES

- Em termos Rendimento Mássico e Qualidade não existe diferença entre os equipamentos utilizados, ambas espirais testadas geram produtos compatíveis com a Etapa Rougher da operação atual, porém com taxas de alimentação diferentes -4 t/h para as Espirais HC33 e 1,8 t/h para as Espirais

WW6, o que com o andamento dos trabalhos poderemos quantificar esse ganho de produção e concluir a análise econômica deste estudo;

- a utilização de água de lavagem é benéfica para o desempenho da HC33 para tamanhos de alimentação mais fina, talvez <1 mm. Para o minério mais grosseiro, o adicional de água de lavagem parece prejudicar o desempenho, desta forma, a fim de minimizar este impacto, poderíamos condicionar a amostra na fração -1,70 +0,106 mm ou na fração -1,70 +0,106 mm;
- novos testes poderiam ser executados com outros materiais a fim de validar os resultados obtidos neste estudo e ainda com as sugestões citadas anteriormente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Mineração Usiminas pela oportunidade de estudar detalhadamente o equipamento visando implemento de produção e todos aqueles envolvidos na realização dos testes.

REFERÊNCIAS

- 1 LUZ, Adão Benvindo da. Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – CETEM – MCT, 2002;
- 2 CHAVES, Arthur Pinto. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. São Paulo, 2006;
- 3 CPG Resources – Mineral Technologies Pty Ltd ABN 52 105 309 260 A Downer Subsidiary - Spiral Separator Performance Definition & Comparison on Sized Iron Ore, 2011.