

# BENEFICIAMENTO DE FINOS DE CARVÃO DE SANTA CATARINA

**Christiane Trigueiros Macedo**

Bolsista de Inic. Científica, Química Industrial, UFF

**Antonio Rodrigues de Campos**

Orientador, Eng<sup>o</sup> Metalúrgico, M.Sc.

**Eduardo Augusto de Carvalho**

Co - orientador, Eng<sup>o</sup> Metalúrgico, M.Sc.

## RESUMO

*O trabalho visa principalmente a redução do teor de enxofre (pirítico) através de rotas alternativas de beneficiamento para o carvão de Criciúma, Santa Catarina, fazendo uso de diferentes equipamentos de concentração gravítica e flotação. Os resultados dos ensaios em mesa Mozley mostraram ser possível a obtenção de um produto com 1 % de enxofre total, com uma recuperação em massa do concentrado de aproximadamente 96%. Os resultados*

*obtidos até o momento dos ensaios realizados em mesa vibratória mostraram a possibilidade de se obter um produto com cerca de 0,80% de enxofre total e com uma recuperação em massa do concentrado de aproximadamente 60% . Estão sendo aguardados os últimos resultados de análise química desses ensaios.*

## 1. INTRODUÇÃO

O carvão é uma rocha sedimentar combustível que se forma pela ação prolongada de forças e condições geológicas sobre acumulações de matéria vegetal. A matéria depositada sofre uma decomposição parcial seguida de uma ação bacteriana e pressões das camadas sobrepostas e do calor, passando pelas seguintes fases de transformação: matéria vegetal – turfa – lignito – carvão betuminoso – carvão antracito.

Os principais usos do carvão mineral incluem sua utilização como redutor do minério de ferro na siderurgia, como matéria-prima para a obtenção de produtos químicos na carboquímica e como fonte primária de energia.

As principais reservas brasileiras de carvão estão localizadas na região sul do Brasil ( Tabela 1 ), sendo o Rio Grande do Sul responsável por 87% do total<sup>(1)</sup>.

Desde 1990, com a abertura do mercado, a produção carbonífera de Santa Catarina vem sendo, em grande parte, direcionada para a produção de carvão energético, com uma pequena parcela ( finos ) para coque de fundição. A queda na produção do carvão brasileiro pode ser explicada pela melhor qualidade (menor teor de enxofre e menor teor de cinzas) e menor custo do carvão estrangeiro em relação ao carvão nacional<sup>( 2 )</sup>. Devido a esse fato, as siderúrgicas brasileiras, livres da obrigatoriedade de comprar o carvão nacional e em busca de uma melhor qualidade de seus produtos, passaram a utilizar somente o carvão metalúrgico importado.

**Tabela 1: Principais reservas carboníferas do Brasil**

Estados	Reservas ( 10 <sup>6</sup> t )	teor de cinzas ( % )	teor de enxofre ( % )
Paraná	89	45	6,0
Santa Catarina	3.349	58 a 62	4,3 a 4,7
Rio Grande do Sul	28.718	52 a 56	1,3 a 2,5
Total	32.156		

Os finos de carvão (granulometria abaixo de 0,59 mm) de Santa Catarina apresentam como principal característica os altos teores de enxofre e de cinzas. Para satisfazer às exigências de qualidade do mercado consumidor é de grande importância o estudo de rotas de beneficiamento que permitam a melhoria da qualidade do produto, principalmente em relação ao teor de enxofre, e que essas apresentem um custo competitivo.

A redução do enxofre dos carvões de Santa Catarina por flotação já foi objeto de vários estudos no CETEM, no entanto nenhum resultado significativo foi encontrado. A pirita, principal fonte de enxofre desse carvão, se apresenta muito fina e está intimamente associada ao carvão dificultando a ação dos agentes dessulfurantes utilizados nessa técnica. Devido à grande diferença de densidade existente entre a pirita e o carvão (5,1 e 1,9, respectivamente) <sup>(3)</sup>, esse estudo, em uma primeira etapa, verificará qual o melhor equipamento de concentração gravítica a ser utilizado para redução do teor de enxofre do carvão.

## 2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo ( nesta etapa ) a verificação da eficiência de equipamentos de concentração gravítica na redução do enxofre

pirítico, de modo a obter um carvão com teor de enxofre menor ou igual a 1% para ser utilizado na fabricação de coque de fundição.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Até o momento, foram realizados ensaios de concentração gravítica em mesa Mozley e em mesa vibratória Denver. As condições operacionais destes equipamentos foram estudadas a fim de verificar sua influência na remoção de enxofre pirítico e na recuperação em massa dos produtos obtidos ao final do processo (concentrado de carvão) <sup>(3)</sup>.

#### 3.1. Mesa Mozley

Os ensaios em mesa Mozley procuraram verificar a influência de variáveis como ângulo de inclinação ( 1,75° e 3,61°), amplitude ( 63,5 e 165 mm ), frequência de oscilação da mesa ( 60 e 80 rpm ), água de irrigação ( 1,8 e 3,6 l/min ) e água de lavagem ( 1 e 2 l/min ) na remoção da pirita e na recuperação em massa do carvão. Aliquotas de 50,0 g da amostra foram colocadas no início da mesa e com a ajuda de uma pisseta foi adicionada água à amostra até que não houvesse nenhuma partícula aglomerada. Após essa etapa, iniciou – se a oscilação da mesa, sendo coletados produtos na descarga da mesa para determinados intervalos de tempo ( 1, 2, 3 e 4 min ). As partículas que permaneceram na mesa, após 4 minutos de operação, foram consideradas como rejeito. Para cada ensaio foram utilizadas 3 repetições desses procedimentos. Os ensaios foram todos realizados em duplicata. Por não dispor de massa suficiente para determinação de enxofre total e enxofre pirítico, considerou – se apenas dois produtos: concentrado de carvão ( produto obtido após 1 minuto de operação da mesa ) e rejeito ( produtos obtidos nos intervalos de tempo de 2, 3 e 4 min mais o rejeito piritoso retido na mesa ).

#### 3.2. Mesa vibratória

Nos ensaios realizados em mesa vibratória verificou – se a influência das seguintes variáveis: ângulo de inclinação da mesa ( posições 0, 1 e 2 ), vazão de alimentação ( 70, 105 e 140 g/min ) e concentração de sólidos na mesa ( 4, 8 e 12% ).

Após os ensaios exploratórios definiu – se que seriam considerados apenas dois produtos: concentrado de carvão e rejeito piritoso. Ambos produtos foram coletados após 1 minuto de operação da mesa, não havendo portanto o produto misto, como era inicialmente proposto. Tal resolução se

deu à pouca massa obtida no que antes era considerado como rejeito, o que inviabilizava a determinação do teor de enxofre pirítico por análise química

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Caracterização da amostra

Em relação a distribuição granulométrica, a amostra se mostrou bastante semelhante à anteriormente estudada, sendo que a maior diferença, 4,3%, ocorreu para as partículas com tamanho entre 105 e 74  $\mu\text{m}$ .

A análise granuloquímica (Tabela 2) da nova amostra mostrou uma grande concentração de pirita na faixa granulométrica entre 0,15 e 0,044 mm (150 e 325 malhas, respectivamente), o que representa 20% do total da amostra. Além disso, observa-se uma grande quantidade, 44% aproximadamente, de partículas abaixo de 0,052 mm (270 malhas), com teor de cinzas superior a 60%. A amostra como um todo apresentou um teor de enxofre total de 1,85% e um teor de cinzas de 55,6%.

**Tabela 2 – Análise granuloquímica da amostra de carvão.**

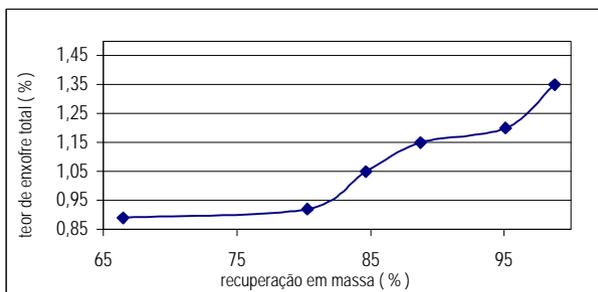
Fração (mm)	Peso Retido (%)	S <sub>PIRÍTICO</sub> (%)	S <sub>TOTAL</sub> (%)	Cinzas (%)
1,65 x 1,18	0,66	0,55	0,87	49,79
1,18 x 0,84	3,01	0,59	1,1	31,88
0,84 x 0,59	4,25	0,6	1,2	29,66
0,59 x 0,42	7,38	0,65	1,4	46,41
0,42 x 0,30	6,21	0,77	1,7	34,71
0,30 x 0,21	9,05	1,08	2,2	39,8
0,21 x 0,15	9,03	1,37	2,4	42,46
0,15 x 0,10	5,5	1,88	2,8	47,48
0,10 x 0,07	5,18	1,96	3,3	51,38
0,07 x 0,05	5,82	2,25	3,4	56,64
0,05 x 0,044	3,83	2,15	3	61,32
0,044 x 0,037	3,3	1,67	2,4	70,04
-0,037	36,78	0,83	1,1	72,83

## 4.2. Ensaios de concentração gravítica em mesa Mozley

Os resultados mostraram a possibilidade de obter um concentrado com 1% de enxofre total e uma recuperação em massa de aproximadamente 96% com as seguintes condições operacionais:

- ◆ Amplitude: 165 mm;
- ◆ Frequência de oscilação: 80 rpm;
- ◆ Ângulo de inclinação: 3,60°;
- ◆ Água de irrigação: 1,80 l/min;
- ◆ Água de lavagem: 1,00 l/min.

Variáveis como amplitude, água de lavagem e água de irrigação exerceram muito pouca influência sobre a recuperação em massa do concentrado; no entanto, observou-se que o aumento da água de lavagem e a diminuição da amplitude geraram um pequeno aumento no teor de enxofre total desses produtos. O teor de enxofre total do concentrado não foi afetado pelo aumento da água de irrigação. A diminuição da frequência de oscilação e do ângulo de inclinação da mesa provocaram uma diminuição da recuperação em massa dos produtos e do teor de enxofre total dos mesmos. A curva Teor de enxofre total x Recuperação em massa do concentrado (Figura 1) mostra que quanto maior a recuperação em massa do concentrado, maior foi o teor de enxofre total verificado .

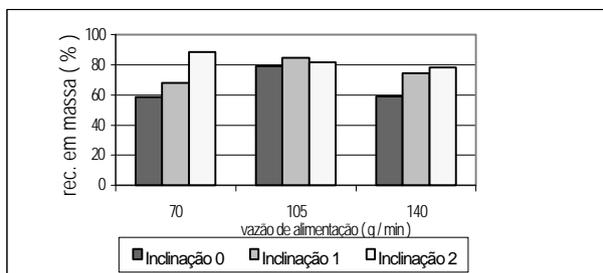


**Figura 1- Enxofre total (%) x Recuperação em massa do concentrado (%)**

## 4.3. Ensaios de concentração gravítica em mesa vibratória Denver

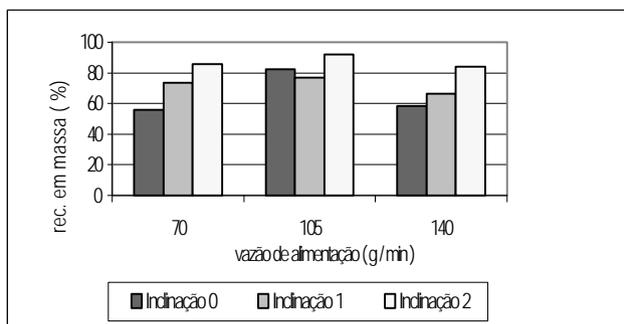
As Figuras 2, 3 e 4 mostram o efeito do ângulo de inclinação da mesa sobre a recuperação em massa dos produtos.

Para a concentração de sólidos de 4% ( Figura 2 ), observou-se que nas vazões de alimentação 70 e 140 g/min, quanto maior foi o ângulo de inclinação da mesa, maior foi a recuperação em massa do concentrado. Na vazão de alimentação 105 g/min a inclinação da mesa praticamente não provocou alterações na recuperação em massa obtida.



**Figura 2 - Recuperação em massa da polpa com 4% de sólidos**

Para 8% de sólidos (Figura 3) observou-se comportamento semelhante à polpa com 4% de sólidos, exceto na vazão de alimentação 105 g/min, onde ocorreu uma pequena redução na recuperação em massa do concentrado na posição 1.



**Figura 3: Recuperação em massa da polpa com 8% de sólidos**

Para uma concentração de sólidos de 12% (Figura 4), o aumento da recuperação em massa do concentrado com o aumento do ângulo de inclinação só foi verificado na maior vazão de alimentação. Na vazão 70 g/min, houve uma diminuição da recuperação em massa na posição 2 e na

vazão de alimentação 105 g/min o aumento da inclinação da mesa provocou uma diminuição na recuperação em massa do produto.

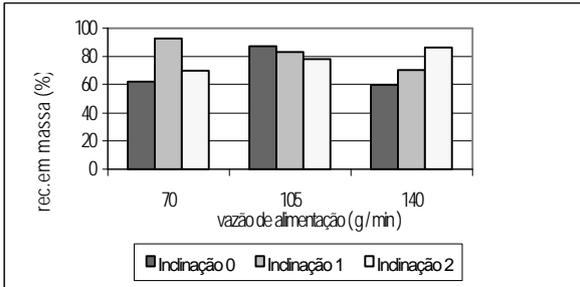


Figura 4:- Recuperação em massa da polpa com 12% de sólidos

Os resultados obtidos mostraram ser possível a obtenção de produtos com 0,80% de enxofre total e com uma recuperação em massa de concentrado de aproximadamente 60%, utilizando as seguintes condições operacionais:

- ◆ Vazão de alimentação: 140 g/min;
- ◆ Posição da mesa: 0;
- ◆ Concentração de sólidos na mesa: 4%.

Tanto para a concentração de sólidos de 4% (Figura 5) quanto para 8% de sólidos (Figura 6), observou-se que nas vazões de alimentação 70 e 140 g/min, quanto maior a inclinação da mesa maior foi o teor de enxofre total do concentrado.

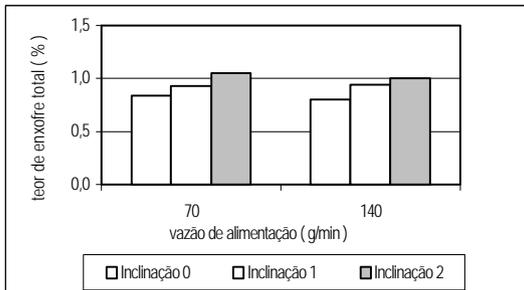
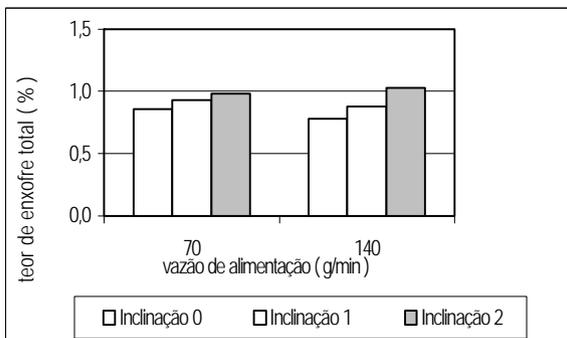


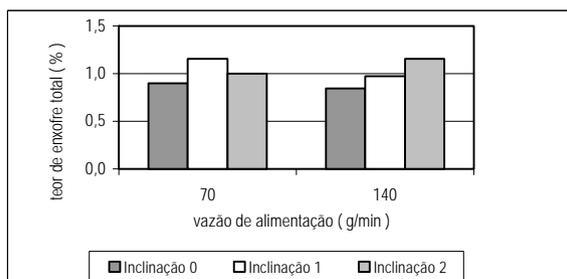
Figura 5: Teor de enxofre total da polpa com 4% de sólidos



**Figura 6: Teor de enxofre total da polpa com 8% de sólidos**

A polpa com 12% de sólidos (Figura 7) apresentou comportamento similar às demais, exceto na vazão de alimentação 70 g/min, onde foi observada uma pequena redução no teor de enxofre total na maior inclinação da mesa.

Estão sendo aguardados os resultados do teor de enxofre dos produtos obtidos nos ensaios realizados utilizando alimentação de carvão de 105 g/min.



**Figura 7 - Teor de enxofre total da polpa com 12% de sólidos**

## 5. CONCLUSÕES

Em termos de recuperação em massa, observou-se que a mesa Mozley forneceu melhores resultados do que os observados nos ensaios realizados na mesa vibratória.

Quanto à redução do teor de enxofre do carvão, os dois equipamentos apresentaram praticamente a mesma eficiência, obtendo um carvão de melhor qualidade para ser utilizado na fabricação de coque de fundição. A mesa Mozley mostrou ser um equipamento de muita utilidade para trabalhos

de laboratório<sup>( 4 )</sup>, inclusive na previsão de resultados de concentração gravítica de finos de carvão ou minérios.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- 1) FARIA, C. W., RESENDE, I., ( 1997 ). "Carvão mineral nacional: reservas, exploração e perspectivas", Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão.
- 2) CARISSO, R. C., POSSA, M. V., ( 1995 ). "Carvão mineral – Aspectos gerais e econômicos", CETEM / CNPq, nº 24, p. 3, 11.
- 3) FIGUEIREDO, P. C., CHAVES, A ., P., ( 1998 ). "Recuperação de partículas minerais finas e ultrafinas no âmbito da concentração gravítica", XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Assoc. Brasileira de Metalurgia e Materiais, vol.1, p. 483–3490.
- 4) LINS, F. F., ( 1998 ). "Princípios da concentração gravítica", Tratamento de Minérios, CETEM / CNPq, p. 261-293.