

Otimização da Preparação do Carvão para Combustão na Usina Termelétrica de Candiota - RS: 1. Técnicas de Caracterização para Separação de Frações Granulométricas Inorgânicas Associadas ao Carvão

S. R. Bragança, M. Cooper da Silva, J. J. da Rosa, J. Rubio, A. Meneguzzi e C.P. Bergmann - UFRGS-CGTEE

RESUMO

No circuito de preparação do carvão para combustão na Usina Termelétrica de Candiota, constatou-se a existência de uma série de problemas devido à presença de impurezas advindas da extração do carvão, principalmente a rocha calcária. Exemplos destes problemas são as paradas de funcionamento dos moinhos, desgaste do revestimento de moinho e do corpo moedor, quebra de correntes nas mesas dosadoras, inconstância na granulometria, entre outros problemas, que acabam contribuindo para a perda de eficiência e aumento de custos do processo. Neste trabalho são discutidas as diversas alternativas técnicas, em termos de vantagens e desvantagens, no intuito de reduzir a presença da fração de inorgânicos no carvão alimentado à caldeira. São analisados os aspectos teóricos e econômicos dos principais aspectos da cominuição do carvão e da presença do material calcário na etapa de combustão.

PALAVRAS-CHAVE

Beneficiamento, carvão.

nas camadas de carvões. Segundo o levantamento realizado por técnicos da Companhia Rio-Grandense de Mineração - CRM, é economicamente inviável a separação destas impurezas durante a lavra.

O argilito na presença de umidade pode formar uma pasta de elevada plasticidade, prejudicando a eficiência de britadores e moinhos. Este mesmo problema pode acontecer nas mesas dosadoras que alimentam os moinhos, obrigando, por vezes, a paradas do equipamento para manutenção.

A rocha calcária de baixa clivagem e de dureza mais elevada que o carvão, apresenta-se algumas vezes em granulometria superior a do carvão. Uma série de problemas está associada à presença desta rocha. Devido a sua maior dureza, a rocha causa desgastes significativos de britadores e moinhos, sendo, portanto, responsável direta pela elevação do custo de produção. A presença de pedra de tamanho grande (o que ocorre eventualmente) pode trancar a corrente da mesa dosadora, rompendo os elos da mesma, causando quebra de eixo e dentes e o levantamento da mesa. Tais fatores obrigam a parada no processo de moagem. Periodicamente, ocorre o acúmulo de pedras nos moinhos, diminuindo a eficiência dos mesmos. Para solucionar este problema, é preciso parar a alimentação de carvão e deixar o moinho operando até o desgaste das pedras, permitindo, assim, a saída das mesmas para a caixa de pirita, significando a perda do carvão que estava no moinho (este procedimento tem o tempo estimado de oito horas).

Quantificação dos problemas causados pelas impurezas

Nas Figuras 1-4 são apresentadas as paradas por indisponibilidade forçada dos subsistemas moinhos e alimentadores de carvão bruto, em relação ao total do sistema "Caldeiras-Auxiliares", em mega-watts (MWh) para as Unidades 1-4 da CGTEE, respectivamente. Essas indisponibilidades são devidas a problemas causados pela presença de impurezas e umidade.

I- INTRODUÇÃO

No circuito de preparação do carvão, constata-se a existência de uma série de adversidades, como paradas de moinhos, quebra de correntes, inconstância na granulometria, entre outras, que contribuem para a perda de eficiência e aumento de custos do processo. As principais causas destes inconvenientes são devido às impurezas advindas da extração do carvão.

Como primeiro passo deste trabalho, procurou-se equacionar os problemas, de modo que se possa avaliar a validade de possíveis soluções a serem aplicadas. Assim, neste estudo, discutiu-se como se pode separar as impurezas inorgânicas do carvão, onde é avaliado o circuito de preparação em termos de granulometria, eficiência do equipamento, diâmetro de corte ideal para separação das impurezas, pontos no circuito para esta separação, entre outras considerações.

As principais impurezas extrínsecas advindas da extração do carvão são a rocha calcária e o argilito. Por sua natureza, a matéria extrínseca apresenta-se na forma de incrustações e concreções, preenchendo fendas e fissuras

A. Alternativas Técnicas para Otimização do Beneficiamento do Carvão

A estratégia adotada consiste na melhor solução técnico-econômica dos problemas existentes e a tática consiste na avaliação técnico-científica das distintas alternativas sobre a decisão entre retirar a rocha calcária ou reduzir a granulometria da mesma. A seguir, são analisadas, em detalhe, estas alternativas:

ALTERNATIVA 1: REDUÇÃO DA GRANULOMETRIA DA ROCHA CALCÁRIA

A decisão sobre a remoção ou não da rocha calcária é determinada pela análise das possíveis vantagens em relação a dessulfuração dos gases emitidos na combustão e as desvantagens em relação ao circuito de preparação de carvão e a perda de calor na etapa de combustão.

Conforme informações preliminares existiria a possibilidade da rocha calcária absorver, na etapa de combustão, gases SO_x, e portanto, sua presença seria positiva. Assim, a solução aos problemas ocasionados na moagem seria otimizar a redução da granulometria da rocha calcária. As considerações sobre esta alternativa envolvem, portanto, uma análise sobre o processo de dessulfuração, nas condições operacionais da usina.

Efeito da presença de calcário sobre as emissões de óxidos sulfurosos

Foi feita uma pesquisa bibliográfica [1-5] onde foram analisados trabalhos experimentais e teorias propostas por diversos autores. A pesquisa realizada mostrou que o maior problema da injeção do calcário junto com o carvão é a passagem do calcário pela zona de chama da combustão (elevada temperatura - cerca de 1400°C). A relação entre temperatura e dessulfuração pode ser resumida da seguinte forma:

- A temperatura ótima da reação de sulfatação é de 800 a 900°C.
- Temperaturas muito elevadas levam a calcinação à transformação do calcário ("calcinação à morte"), perdendo a reatividade.
- Temperaturas acima de 1000°C proporcionam uma alta taxa de reação, sendo que o produto da reação (sulfato) de maior volume molar bloqueia a superfície da partícula o que impede a continuação da reação.

Portanto, nas condições de combustão na Usina, o calcário apresenta uma baixa eficiência de dessulfuração. Conclui-se que, em termos de remoção dos óxidos sulfurosos, o benefício em injetar-se o calcário junto com o carvão, é mínimo.

É importante salientar também que a presença do calcário na alimentação de carvão não é constante porque esse material encontra-se somente em um banco da lavra. Ou seja, o possível benefício de dessulfuração seria um processo descontínuo e de baixa eficiência.

Além dessa descontinuidade na alimentação, deve-se ponderar também a baixa quantidade alimentada de

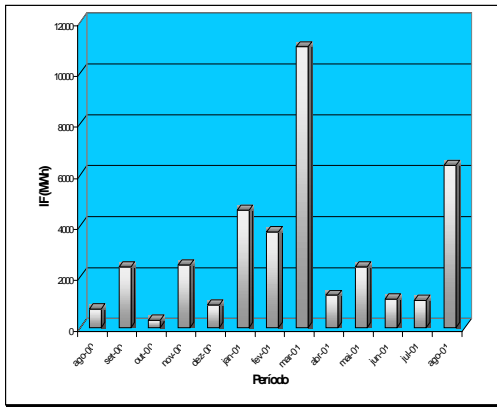


FIGURA 1 - Indisponibilidade forçada (em MWh) dos subsistemas moinho e alimentador de carvão bruto, para a Unidade 1.

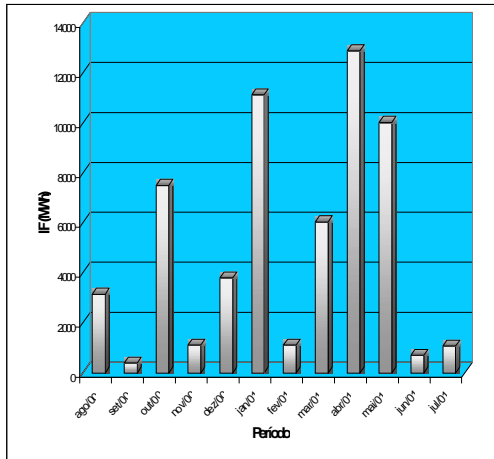


FIGURA 2 - Indisponibilidade forçada (em MWh) dos subsistemas moinho e alimentador de carvão bruto, para a Unidade 2.

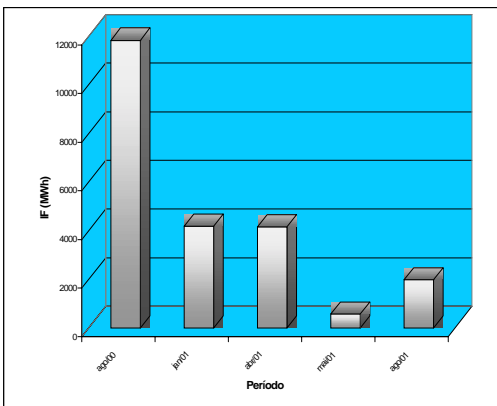


FIGURA 3 - Indisponibilidade forçada (em MWh) dos subsistemas moinho e alimentador de carvão bruto, para a Unidade 3.

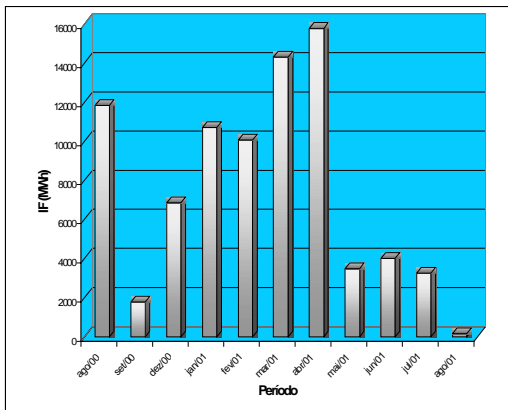


FIGURA 4 - Indisponibilidade forçada (em MWh) dos subsistemas moinho e alimentador de carvão bruto, para a Unidade 4.

calcário. Valores reportados na literatura mostram eficiência de dessulfuração da ordem de 60 % para uma razão molar Ca/S (relação de cálcio no calcário e enxofre no carvão) de 2 a 3. A quantidade adicionada atualmente na caldeira da CGTEE tem um razão molar Ca/S próxima de 0,42 e portanto, muito menor que a requerida.

Redução da granulometria do calcário para minimizar os problemas no circuito de moagem

A redução da granulometria do calcário deve ser suficiente para resolver os problemas nas mesas dosadoras e para diminuir o tempo de permanência do calcário dentro dos moinhos. Porém, o material calcário pelo fato de ser mais abrasivo que o carvão, continuará contribuindo para um maior desgaste dos moinhos. Ainda, o acúmulo de calcário dentro do moinho deve permanecer, mas com menor periodicidade.

Perda de poder calorífico na combustão do carvão devido à presença de calcário

O calcário contribui para a perda de calor da caldeira principalmente devido à reação de calcinação, que é endotérmica:



Assim, o consumo calórico será igual ao calor para aquecimento do calcário + calor de calcinação. Portanto, a presença de calcário é prejudicial à eficiência térmica de uma caldeira. O calor total consumido pela presença de material calcário foi estimado em cerca de 1 % do calor total produzido, considerando que 1 % do carvão alimentado contém calcário.

Custo associado à redução da granulometria da rocha calcária

Há duas alternativas para redução da granulometria da rocha calcária. A primeira, a instalação de uma nova etapa de britagem e a segunda, a instalação de uma peneira e reciclo do material grosseiro ao circuito. Qualquer uma dessas alternativas possui um elevado custo associado.

ALTERNATIVA 2: RETIRADA DA ROCHA CALCÁRIA

Esta alternativa é baseada no fato de que a presença da rocha calcária é nociva pelo seguinte:

- Ocasional aumento da indisponibilidade forçada dos equipamentos, com conseqüente perda de geração de energia.
- Aumento dos custos de manutenção.
- O calcário não proporciona benefícios em termos de dessulfuração.
- O calcário contribui para reduzir a eficiência térmica da caldeira.

A alternativa da retirada do calcário possui as vantagens de aumento do poder calorífico do carvão e a diminuição de problemas operacionais. No entanto, essa separação deve ser seletiva de modo que não implique perdas significativas de carvão combustível, por arraste ou por tamanho. Para tanto, a escolha da melhor maneira de se implantar um sistema de retirada, deve depender de um estudo aprofundado das diversas opções possíveis.

Opções de separação do material calcário

1. Remoção da rocha calcária na etapa de extração do carvão via lavra seletiva;
2. Alteração do sistema de britagem na mina;
3. Introdução de um sistema de classificação por tamanho (peneiramento).

Esta opção implicaria nos seguintes itens:

- instalação de uma peneira classificatória
- dimensionamento e definição da malha de corte
- escolha da localização (antes ou após os moinhos martelo - MF's)
- custos de instalação e operação

4. Separação do calcário após os moinhos.

OPÇÃO 1 - Remoção da rocha calcária durante a extração do carvão

Esta opção era adotada até 1989. Com a mudança da região de lavra, o calcário passou a aflorar como uma impureza de tal modo que durante a extração ele fica bastante misturado ao carvão, sendo impossível a separação de ambos durante a extração (fato atestado pelos técnicos da mina). Atualmente, não existem condições técnicas que possibilitam esta operação, como por exemplo, equipamentos adequados. Além disso, haveria problemas no desmonte (explosivos) da rocha mineral.

OPÇÃO 2 - Alteração do sistema de britagem na mina

A alteração do sistema atual de britagem requer uma mudança no layout que atualmente está dimensionado conforme mostra a Figura 5:

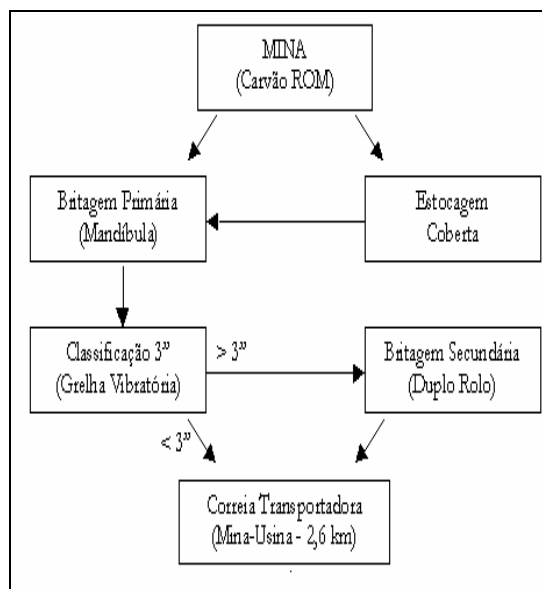


FIGURA 5 - Sistema atual de britagem na mina.

A alteração do layout, apresentado na Figura 5, determinaria a mudança da britagem secundária por outro tipo de britador que favoreça a separação granulométrica entre o carvão e o calcário. Neste caso, o britador de duplo rolo poderia passar para a etapa de britagem terciária, pois sendo retirado previamente o calcário, o duplo rolo passa a ser

um sistema bastante atraente para britagem/moagem de carvão. A Figura 6 apresenta uma alteração de layout.

Esta alternativa, pelo fato de requerer profundas modificações no layout atual, deve ser considerada em conjunto com os técnicos da usina e da mina. Pode-se antever que este tipo de modificação implicaria em um longo tempo de parada de todo circuito de preparação do carvão.

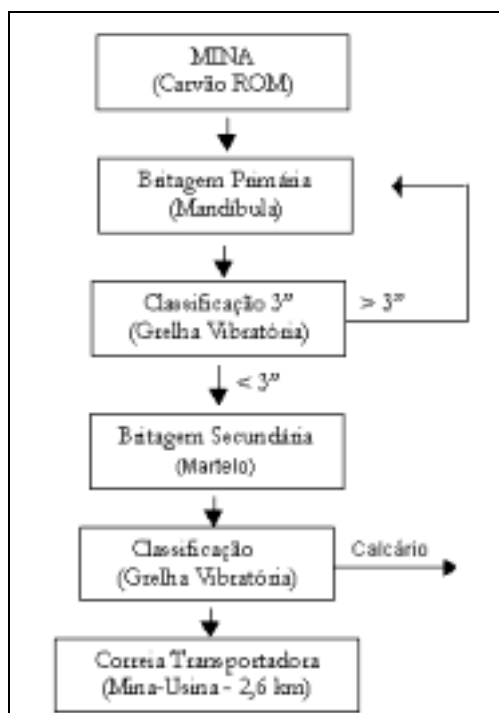


FIGURA 6 - Mudança no layout que permita a retirada do calcário na mina.

OPÇÃO 3 - Colocação de uma peneira vibratória

A instalação de uma peneira vibratória depende da análise das curvas de distribuição granulométrica do carvão e do calcário para a determinação da malha de classificação. Esta informação pode ainda servir como subsídio na definição do local de instalação. A base da instalação deste sistema de separação-classificação é uma boa diferenciação granulométrica que permita a retirada de calcário com um mínimo de carvão.

As características do carvão e do calcário são bastante diferentes em termos de cisalhamento. Assim, uma partição por compressão, como é o caso dos britadores de duplo rolo, não deve proporcionar uma boa diferenciação em termos de granulometria entre carvão e calcário, pois a força de esmagamento produzida pelo britador duplo rolo é bem maior que a resistência à compressão de ambos materiais, ou seja, o material é esmagado ou não passará dos rolos.

No entanto, o princípio de redução das partículas do britador de martelo é por impacto, neste caso, a ausência de clivagem, maior dureza, maior resistência ao impacto do calcário permite que este fique numa granulometria bem superior ao carvão, bastando apenas a regulagem do

britador de martelo estar adequada (bem como a determinação da malha interna). A Figura 7 ilustra a diferença entre o cisalhamento do carvão e do calcário.

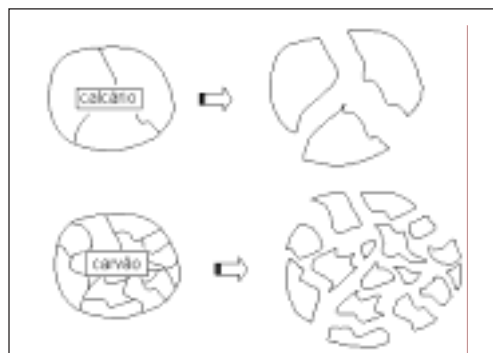


FIGURA 7 - diferença entre o cisalhamento do carvão e do calcário.

Assim, pode-se inferir entre as seguintes vantagens e desvantagens para a instalação das peneiras após os MF'S:

Vantagens após MF'S:

- curvas de distribuição granulométrica mais diferenciadas.
- menor perda de carvão grosseiro.
- menor quantidade de material separado / menor custo de transporte e disposição.

Desvantagens após MF'S:

- transporte da pedra calcária da mina até o pátio da usina.
- descarte de parte de material já adquirido.

OPÇÃO 4 - Retirada do calcário após os moinhos

A retirada do calcário após os moinhos é possível por meio de um sistema de elutrição, considerando-se que carvão e calcário apresentam densidades bem diferentes. Isto resolveria o problema de perda térmica devido à presença de calcário, porém mantém todos problemas que o calcário provoca no sistema de preparação e moinhos. Por outro lado, as interações entre partículas, a presença de uma elevada proporção de partículas "mistas" com densidades próximas, bem como possíveis aglomerações de material, tudo isto somado aos custos, principalmente os operacionais, dificilmente permitiriam a eficiência desejada para este sistema de separação.

Outra possibilidade seria a retirada do calcário no moinho, considerando a segregação entre carvão e calcário. Do mesmo modo, o calcário continuaria causando todos os problemas nos equipamentos que antecedem os moinhos, somado ao desgaste deste. A eficiência deste método é questionável e carece de exemplos na literatura, podendo ser de difícil execução prática.

III. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A fim de se determinar a diferença de granulometria obtida nos materiais após a passagem pelo sistema de britagem, foram coletadas amostras em diversos pontos do circuito e analisada a distribuição granulométrica por peneiramento.

A. Análise da Distribuição Granulométrica

A Figura 8 apresenta as curvas de distribuição granulométrica do carvão e do calcário obtidas com as amostras coletadas na Linha T17, após o MF-1. Os resultados médios mostram que 7,1 % de carvão e 30,8 % de calcário ficam retidos na malha de 25 mm. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por técnicos da CRM, que apresentam valores de 5,3 % de carvão e 41,3 % de calcário retidos na malha 25mm. A Figura 9 apresenta estes resultados de forma comparativa.

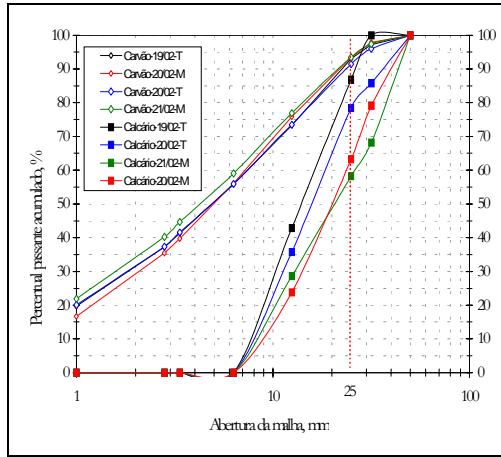


FIGURA 8 - Distribuição granulométrica após MF-1 (Linha T17)

A Figura 10 apresenta as curvas de distribuição granulométrica do carvão e do calcário obtidas com as amostras coletadas na Linha T18, após o MF-2. Os resultados médios mostram que 1,5 % de carvão e 6,7 % de calcário ficam retidos na malha de 25 mm. Estes resultados são distintos daqueles obtidos com amostras da Linha T17 (após o MF-1).

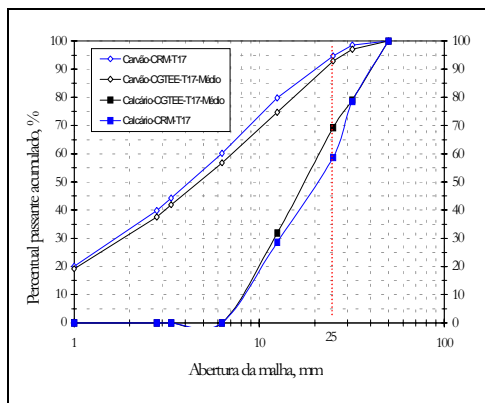


FIGURA 9 - Distribuição granulométrica após MF-1, comparação entre as curvas fornecidas pela CRM e as obtidas pelos técnicos da UFRGS na CGTEE.

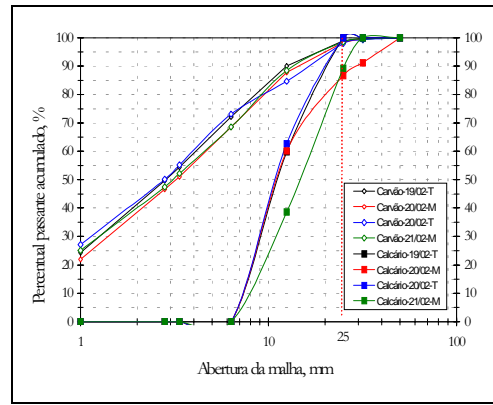


Figura 10 - Distribuição granulométrica após MF-2 (Linha T18)

B. Comparação entre Linhas

A Figura 11 apresenta os resultados comparativos entre os dois MF's. A retenção de calcário é bem superior na Linha T17 (após MF-1) chegando a 40 %, enquanto na Linha T18 (após MF-2) a retenção é de apenas 7 %, ou seja, uma diferença de 33 % entre as duas Linhas.

Esses resultados (especialmente os da Figura 11) mostram que o tipo de classificação realizado nos dois MF's (grelha) determina o diferencial granulométrico observado entre o carvão e o material calcário (e impurezas duras). Assim, a operação realizada no MF 1 permite uma melhor separação do calcário. Este resultado indica que um estudo deste equipamento é a chave para a separação de calcário e conseqüente enriquecimento energético do carvão.

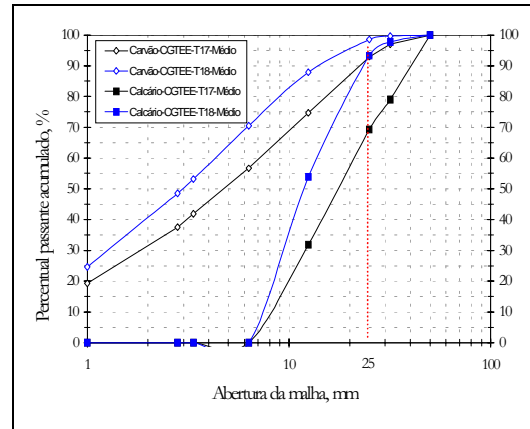


Figura 11. Comparação entre as curvas de distribuição granulométrica após MF-1 (Linha T17) e MF-2 (Linha T18).

IV. SUMÁRIO E CONCLUSÕES

A avaliação do circuito de preparação de carvão verificado por análise de distribuição granulométrica, permite dizer que a maior parte dos problemas ocorridos nos moinhos e auxiliares podem ser resolvidos pela instalação de peneira de malha de cerca de 1", que impede que partículas maiores de 25 mm cheguem aos moinhos.

A regulagem dos britadores martelo e rolo pode modificar os valores de retenção de carvão e impurezas, de modo a permitir uma maior separação de impurezas e possivelmente reduzir as perdas de carvão. Foi constatada uma diferença na distribuição granulométrica ao compararem-se as duas linhas de preparação.

De acordo com a análise dos dados antes e após MF's, constatou-se que ocorre uma melhor separação granulométrica entre carvão e impurezas após os MF's, de acordo com a disposição atual do circuito de preparação.

A separação de impurezas contribui para a redução da emissão de gases sulfurosos, já foi constatada a presença de partículas ricas em calcopirita entre a fração separável por peneira.

O tipo de cominuição do carvão no MF-1 fornece um diferencial de distribuição granulométrica que favorece a separação entre carvão e calcário por classificação em 25 mm. Isto não é possível no MF- 2.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Adánez, J. et al. Journal. FUEL, 1994.
- [2] Atakül, H. et al. Journal. Energy Sources, 1993.
- [3] Hansen, P. et al. Journal. Chemical Engineering Science, 1993.
- [4] Khan, W. Z.; Gibbs, B.M. Congresso. World Energy Engineering, 1990
- [5] Lyngfelt, A.; Leckener, B. Chemical Engineering Science, 1993.
- [6] Martin, A.E. Livro. Emission Control for Industrial Boilers, 1981.
- [7] Slack, A.; Falkenberry, H. Journal of Engineering for Power, 1970.
- [8] Rubio, J. Carvão Mineral, vol. 1, 1988.
- [9] Valk, M. Livro. Coal Science and Technology, 22, 1995.
- [10] Zhang, J. Q.; Jones, W.E. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 1992.