

ESTUDO DO TAMANHO DO CORPO MOEDOR SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, GERAÇÃO DE ULTRAFINOS E OPEX DA MOAGEM

N. P. Lima¹, K. C. Silva¹

¹Departamento de Planejamento de Ferrosos, Vale. S.A.
Rua Paraíba, 1122, 11º Andar, Funcionários, Funcionário, Belo Horizonte – MG
e-mail: neymayer.lima@vale.com, klaydison.silva@vale.com

RESUMO

ESTUDO DO TAMANHO DO CORPO MOEDOR SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, GERAÇÃO DE ULTRAFINOS E OPEX DA MOAGEM

Testes de cinéticas de moagem e de desgastes de corpos moedores foram realizados pela Molycop/Chile com amostra representativa de itabirito pobre da região do Quadrilátero Ferrífero. Os testes tiveram o objetivo de determinar os parâmetros de quebra e seleção da amostra, bem como estimar as taxas de desgastes de diferentes tamanhos de corpos moedores. Após a realização dos testes foram realizadas simulações para avaliar o efeito de diferentes tamanhos de corpos moedores sobre o desempenho do circuito de moagem e a geração de ultrafinos (lamas), avaliando-se também o efeito destes tamanhos sobre a taxa de desgaste e o custo operacional (opex).

Palavras-chave: corpo moedor, consumo energético, ultrafinos.

1- INTRODUÇÃO

A maioria das usinas de tratamento de minérios de ferro do Quadrilátero Ferrífero utiliza as operações unitárias de britagem, classificação e concentração por jigagem, concentração magnética e flotação das frações granulométricas obtidas nas etapas de classificação (-8+1mm, -1,0+0,150mm e 0,150mm) para produção de *sinter feed*, *pellet feed* e , em alguns casos o *lump ore* (+8mm).

Novas rotas de cominuição e concentração têm sido avaliadas nos últimos anos devido à exaustão das reservas de itabiritos, cujas frações granulométricas respondem bem aos processos de concentração acima descritos, ou seja, que apresentam boa liberação entre os minerais de ferro e os minerais de ganga. Estas avaliações e estudos têm indicado a necessidade de aplicação da moagem para viabilizar o aproveitamento dos itabiritos com baixos teores de ferro e baixos graus liberação entre os minerais de ferro e os minerais de ganga. Assim, a moagem deverá ser uma operação difundida na maioria das usinas do Quadrilátero Ferrífero nos próximos anos.

A evolução dos projetos de aproveitamento dos itabiritos pobres do Quadrilátero Ferrífero mostra que o consumo de corpo moedor será o principal item de custo das futuras usinas. Além disto, os estudos até agora realizados mostram a tendência a elevada geração de ultrafinos após moagem dos itabiritos.

Assim, foram realizados ensaios em escala de bancada para previsão de taxas de desgastes e feitas simulações para melhor entendimento do efeito do tamanho dos corpos moedores sobre a cinética de moagem e a geração de ultrafinos. Buscando com isto reduções de opex e geração de ultrafinos sem comprometimento no desempenho da moagem.

Wills (1997) descreve que a cominuição em moinhos tubulares é afetada pelo tamanho e tipo do corpo moedor, o tipo de movimento e os espaços entre as partículas e o corpo moedor. Segundo o autor (Wills, 1977), a cominuição em moinhos tubulares é um fenômeno de probabilidades entre partículas e corpos moedores, podendo a cominuição ocorrer por impacto ou compressão e abrasão, sendo que estes tipos de quebra podem afetar o desempenho da moagem, a geração de ultrafinos e o desgaste de corpos moedores.

A principal característica dos moinhos tubulares é a utilização de corpos moedores, que são grandes, pesados e de elevada dureza em relação às partículas minerais, porém pequenos em relação ao volume dos moinhos e ocupam menos da metade do volume dos moinhos (Rowland, 1986).

Segundo Figueira et al. (2004) os corpos moedores são elevados pelo movimento da carcaça até um certo ponto de onde caem, seguindo uma trajetória parabólica, sobre as outras bolas que estão na parte inferior do cilindro e sobre o minério que ocupa os interstícios das bolas. As bolas acompanham o movimento da carcaça e impelidas pela força centrífuga percorrem uma trajetória circular. Enquanto a força centrífuga for maior que a força da gravidade, as bolas permanecem nesta trajetória. No momento que o componente da força da gravidade que se opõem a força centrífuga for maior que esta, as bolas abandonam a trajetória circular e passam a seguir uma trajetória parabólica.

A velocidade, o fator de enchimento e outros fatores determinam o regime de operação do moinho: regime de catarata e regime de cascata. No regime de catarata a velocidade do moinho carrega as bolas até uma posição bem elevada e elas caem sobre as outras bolas e sobre a polpa causando fragmentação por impacto. Devem-se usar bolas maiores para aumentar ainda mais a energia do meio moedor e baixo fator de enchimento. Este regime é adequado para a fragmentação de material mais grosso e para evitar a produção de finos. Na moagem em cascata, a velocidade baixa do moinho e ao alto fator de enchimento faz com que as bolas ao alcançarem certa altura

rolem sobre as outras não havendo quase impacto e a moagem se dá por abrasão e atrito. Devem-se usar bolas de diâmetros menores. Este regime é adequado para a obtenção de um produto final com granulometria fina.

O tipo de regime da moagem e o tamanho e o tipo do corpo moedor afetam o consumo de energia da moagem e a granulometria do produto final da moagem. Além disto, o desgaste dos corpos moedores o afetam pelos parâmetros: abrasão, impacto e corrosão. Observa-se competição entre abrasão e corrosão, ou seja, se a abrasão é muito alta a corrosão não tem tempo para se manifestar. O desgaste por abrasão tende a ser maior em moinhos primários, enquanto o desgaste por corrosão tende a ser maior na etapa de remoagem.

O tamanho do corpo moedor também pode afetar a taxa de desgaste, uma vez que bolas menores apresentam maiores áreas superficiais, estando assim mais expostas aos mecanismos de abrasão e corrosão.

2- METODOLOGIA

Foi coletada amostra representativa de um itabirito pobre do Quadrilátero Ferrífero, sendo submetido às etapas de britagem e peneiramento para a realização dos testes piloto e bancada de moagem, cinéticas de moagem e desgastes de corpos moedores.

Os testes de cinéticas de moagem e desgastes de corpos moedores foram realizados na Universidade de Santiago do Chile com amostra britada à 12,7mm em moinho tubular de 30cm x 30cm usando os seguintes diâmetros de bolas: 2,0", 2,5", 3,0" e 3,5".

Os testes piloto de moagem foram realizados em moinho com dimensões de 1,57 metros de largura e 0,950m de diâmetro. Estes testes foram realizados para a obtenção de parâmetros para calibração do software usado nas simulações do circuito de moagem.

Após a realização dos ensaios de cinéticas de moagem e testes piloto de moagem foram feitas simulações de moagem avaliando-se o efeito de diferentes tamanhos de corpos moedores sobre o consumo energético e a granulometria do produto da moagem.

Os estudos foram feitos considerando 2 estágios de moagem com duplo estágio de classificação, conforme mostra a Figura 1. Este circuito foi adotado visando otimização do consumo de energia e minimização da geração de ultrafinos.

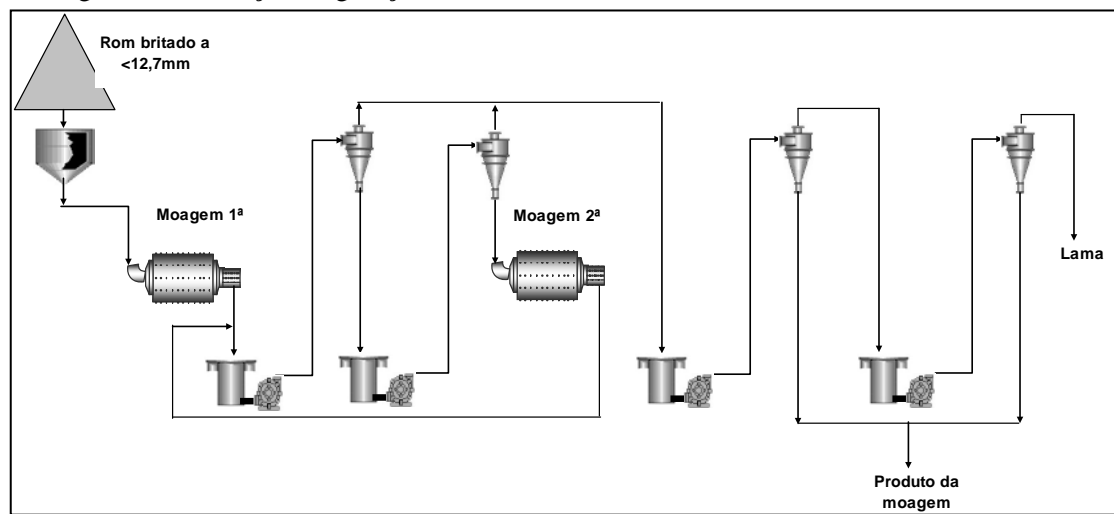


Figura 1- Fluxograma do circuito de moagem

Após a realização dos ensaios em bancada, piloto de moagem e os ensaios de desgastes de corpos moedores, foram feitas simulações através do simulador Molycop Tools, avaliando o efeito de diferentes tamanhos de corpos moedores. Foram feitas também análises do efeito do desgastes de corpos moedores sobre o custo operacional.

3- RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o desgaste dos corpos moedores, indicando redução na taxa de desgaste para corpos moedores maiores. Os resultados mostram que corpos moedores de 3 polegadas de diâmetro apresentam taxa de desgaste aproximadamente 30% inferior ao desgaste dos corpos moedores de 2 polegadas. Assim, deve-se privilegiar a utilização de corpos moedores de maiores diâmetros para minimização do custo operacional, devendo-se analisar o efeito sobre o consumo de energia e a granulometria dos produtos.

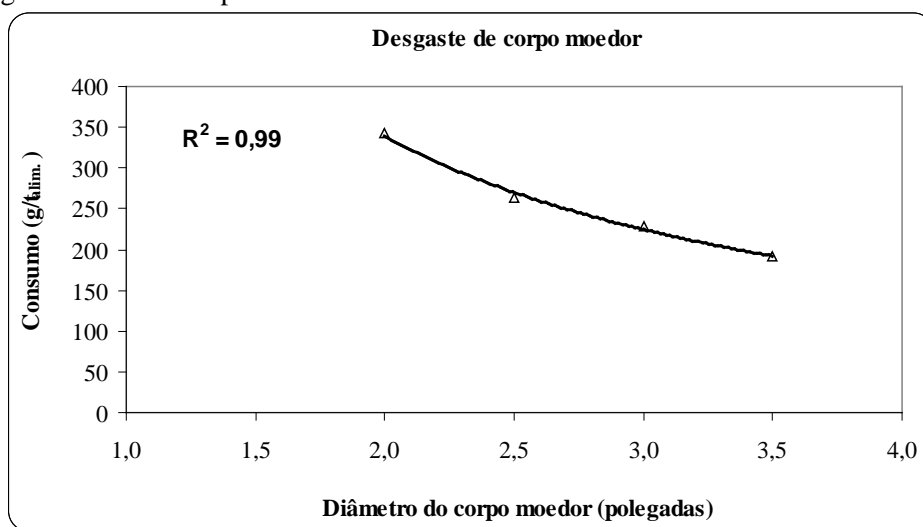


Figura 2- Taxa de desgaste para diferentes tamanhos de corpos moedores

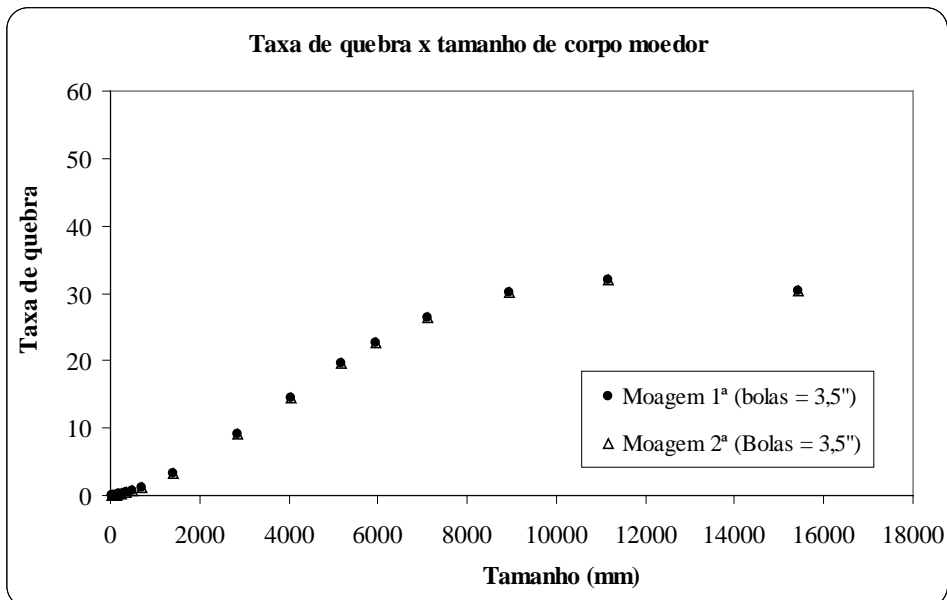
Os resultados mostrados na Figura 2 mostram grandes diferenças de desgaste entre os diferentes tamanhos de corpos moedores, indicando redução de desgaste próxima a 60% entre os tamanhos de 2 polegadas e 3,5 polegadas. Estes resultados sugerem a utilização de corpos moedores de maiores diâmetros para redução do desgaste, haja vista ser este insumo um dos principais itens de custo nas usinas de tratamento de minérios de ferro com aplicação de moagem para produção de 100% de *pellet feed*.

O efeito do tamanho do corpo moedor sobre o consumo de energia na moagem e a granulometria do produto foi também avaliado neste trabalho. A Tabela I mostra o percentual de partículas maiores que 0,150mm no produto da moagem e o percentual de lamas para diferentes tamanhos de corpos moedores nas etapas de moagem 1ª e 2ª.

Tabela I – Efeito do tamanho de corpo moedor nos produtos da moagem

Ø Moagem 1ª (polegadas)	Ø Moagem 2ª (polegadas)	+0,150mm (%)	Lama (%)
3,5	3,5	15,7	9,7
3,5	3,0	11,9	10,3
3,0	3,0	10,2	10,7
3,0	2,0	10,3	10,7
2,0	2,0	10,3	10,7

Os resultados da Tabela I mostram a obtenção de produtos de moagem com maiores percentuais de partículas retidas na malha de 0,150mm para corpos moedores de maiores diâmetros e menor geração de lamas. As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram as taxas de quebra em função dos tamanhos dos corpos moedores.

**Figura 3-** Taxa de quebra para tamanhos de 3,5 polegadas.

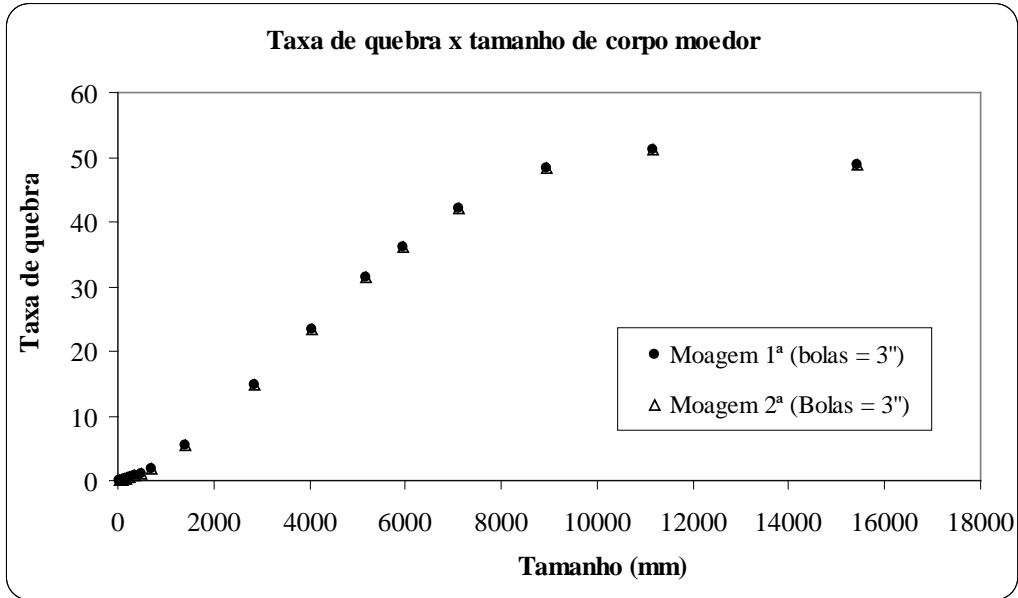


Figura 4- Taxa de quebra para tamanhos de 3 polegadas.

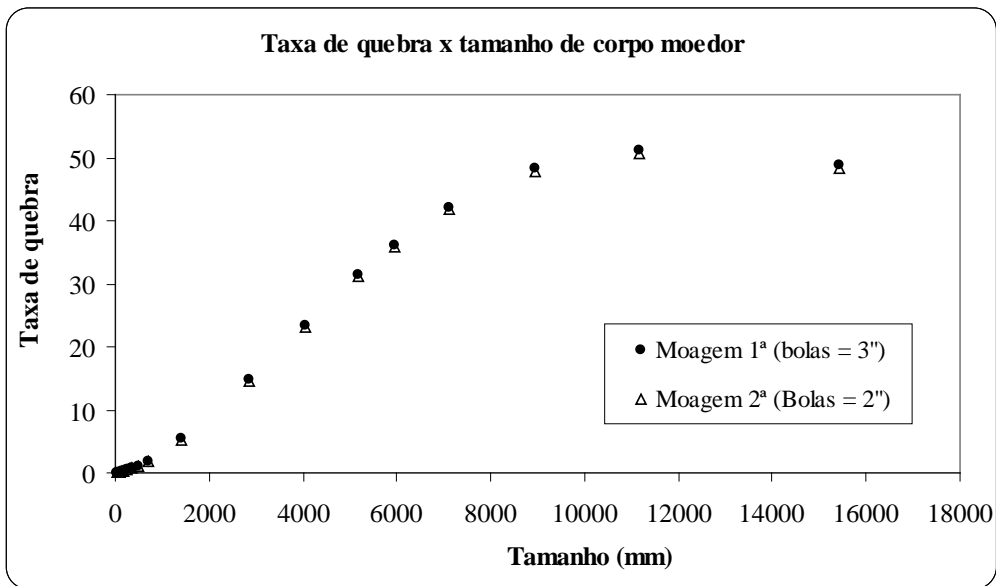


Figura 5- Taxa de quebra para tamanhos de 3 e 2 polegadas.

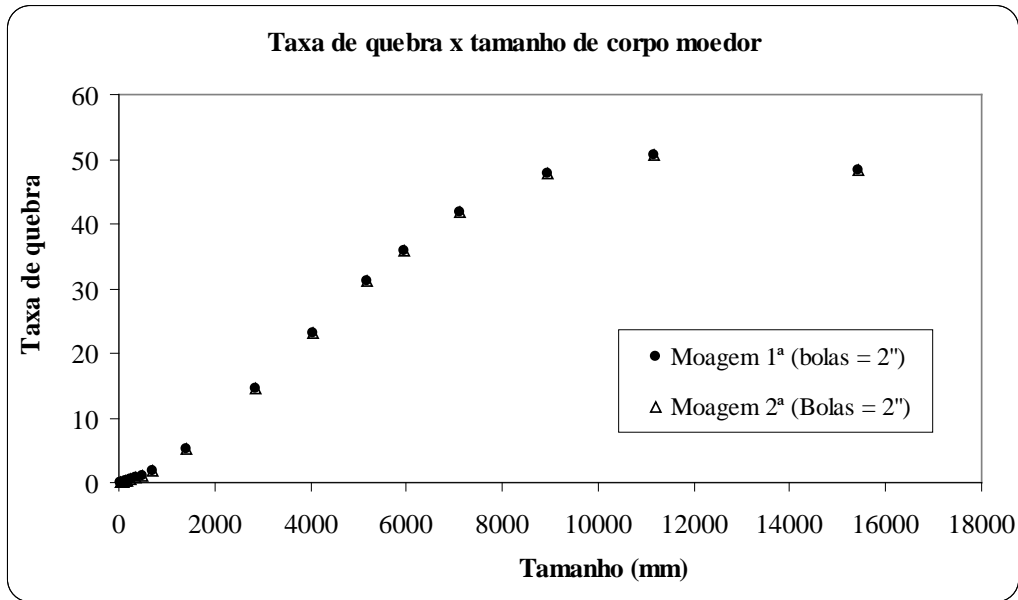


Figura 6- Taxa de quebra para tamanhos de 2 polegadas.

Os resultados das Figuras 3 a 7 mostram menores taxas de quebra para corpos moedores de 3,5 polegadas, o que explica a obtenção de produto mais grosso, conforme mostrado na Tabela I. Por outro lado, as taxas de quebras para corpos moedores de 3 e 2 polegadas foram muito próximas, também conforme mostrado nos resultados na Tabela I.

Estes resultados sugerem que corpos moedores de 3,5 polegadas, apesar de menores desgastes, apresentam menores taxas de quebra, com reflexo na geração de produto de moagem mais grosso, exigindo assim maiores níveis de energia para obtenção de produtos dentro da especificação. A utilização de corpos moedores de 3 polegadas nas 2 etapas de moagem poderá ser feita sem prejuízo à granulometria do produto da moagem, com possibilidade de redução no desgaste.

4- CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram elevada redução no desgaste de corpos moedores de maiores diâmetros na moagem de minério de ferro, com impacto na granulometria do produto para tamanho de 3,5 polegadas. Os resultados sugerem a utilização de corpos moedores de 3 polegadas nas 2 etapas de moagem para minimização do desgaste deste insumo sem prejuízo à qualidade do produto. Testes em escala piloto e industrial devem ser realizados para confirmação destes valores.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FIGUEIRA, H.V.O., ALMEIDA, S.L.M., LUZ, A.B. Tratamento de minérios, 4ª revisada, p.113-193, 2004.

ROWLAND, C.A. "Grinding calculations related to the application of large rod and ball mills". Allis Chalmers Publications, 1986.

WILLS, B.A. Mineral Processing Technology. An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. 6th edition, p. 142-176, 1997.