

OTIMIZAÇÃO DO CIRCUITO DE COMINUIÇÃO DA ELFUSA GERAL DE ELETROFUSÃO

MENEGATTO, M.B.S.¹, BERGERMAN, M.B.²

¹Universidade Federal de Alfenas, e-mail: murilomenegatto@gmail.com

²Universidade de São Paulo, e-mail: mbergerman@usp.br

RESUMO

A empresa Elfusa Geral de Eletrofusão Ltda, localizada em São João da Boa Vista, produz matéria-prima para a indústria de abrasivos. O processo produtivo compreende uma etapa de cominuição e classificação da alumina eletrofundida, de forma a gerar grãos que atendam aos diversos tamanhos demandados pelo mercado. O processo de cominuição inclui uma etapa de britagem em britadores de mandíbulas e de rolos. O presente estudo teve por objetivo avaliar em detalhes o circuito de britagem de rolos, propondo adequações no mesmo para aumentar a produção e diminuir os custos operacionais. Foram realizadas amostragens globais no circuito e determinadas as características da alimentação e dos produtos. Observou-se que a utilização de configuração reversa ao invés da configuração direta poderia gerar significativos ganhos de capacidade na linha. Observou-se também que a dureza e distribuição granulométrica de alimentação do circuito são muito constantes, não sendo um fator de oscilação da produção.

PALAVRAS-CHAVE: britador de rolos; otimização; cominuição.

ABSTRACT

The company Elfusa Geral de Eletrofusão Ltda, located in São João da Boa Vista, produces raw material to the abrasive industry. The production process contains a stage of comminution and classification of electrofused aluminium oxide to generate grains that attend the several sizes requested by the market. The comminution process includes a stage with jaw and roll crushers. The study aimed for evaluate details of the roll crushing circuit, proposing optimizations in it. The study included a global sampling in the circuit including feed and products characterization. It was observed that reverse configuration could generate significant gains in capacity, when compared to the direct configuration. It was also observed that the "hardness" and feed particle size distribution of the circuit are very constant, not being a factor of production oscillation.

KEYWORDS: rolls crusher; optimization; comminution.

1. INTRODUÇÃO

A Elfusa Geral de Eletrofusão Ltda. foi fundada em 1961 por um grupo de empresários brasileiros e estrangeiros e instalada em São João da Boa Vista, cidade localizada no interior do estado de São Paulo, a 40 km de Poços de Caldas/MG. Em 1976, a Elfusa recebeu uma injeção de capital nacional, em que o Grupo Curimbaba adquiriu 75% das ações da empresa. O processo de nacionalização do capital terminou no ano de 2000, quando a totalidade de suas ações foi adquirida pelo Grupo Curimbaba.

Atualmente a Elfusa conta com a certificação ISO 9001 e unidades operacionais e comerciais nos Estados Unidos, Argentina, Colômbia, México, Tailândia, Coréia, Israel, Taiwan e Espanha. Cerca de 40% de sua produção é destinada à exportação (CURIMBABA, 2007).

Na unidade de São João da Boa vista, a bauxita chega à Elfusa transportada por caminhões, e é beneficiada de acordo com os métodos de processamento para bauxita não metalúrgica, gerando produtos de matéria-prima para abrasivos, cerâmicas, cimentos, ferro ligas, jateamento, microfusão, microgrãos e refratários. Para que a bauxita se enquadre nestes processos é necessário que ela tenha baixos teores de ferro e álcalis (ELFUSA, 2006).

A bauxita é separada em termos de pureza, a mais pura vai direto para fornos elétricos a arcos, onde é eletrofundida. A fração menos pura passa por um processo de calcinação, onde são removidos água e outros voláteis quimicamente ligados, e em seguida levada também ao processo de eletrofusão. A Figura 1 ilustra o fluxograma macro deste processo.



Figura Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento.. **Fluxograma macro do processo. Fonte: Elfusa (2006).**

A seleção A, a qual será o foco deste estudo, tem sua produção voltada para a linha de abrasivos e refratários, recebendo dois tipos de óxido de alumínio marrom: TB, com teor de Al_2O_3 de 96,30% e ALOMIX com teor de Al_2O_3 de 71,5%. Esta linha de produção é composta por equipamentos de cominuição, classificação e separação magnética, gerando produtos de mesma composição química e granulometria diferentes (ELFUSA, 2006).

Na Seleção A, em sua configuração de circuito inicial (antes da realização do presente estudo), o material alimenta duas linhas de britagem que operam em paralelo, com três britadores de rolos e três peneiras circulares que classificam o produto de cada britador. Os rolos do britador têm 550 mm de diâmetro e 400 mm de comprimento, com um motor de 18 kW. O circuito gera um produto abaixo de 4,75 mm. A quantidade de material mais fino que 4,75 mm é modulada conforme a demanda de mercado por produtos mais finos ou mais grosseiros. Em alguns momentos, usam-se inclusive peneiras mais finas, como a de 2,36 mm, para o fechamento do circuito de britagem de uma das linhas. Após os estágios de britagem o material passa por uma etapa de separação magnética, onde o material magnético é coletado através de pequenos silos, chamados de latas, e reprocessado; o não magnético segue para uma série de vinte e uma peneiras circulares, a fim de separar os grãos de acordo com sua granulometria. A Figura 2 ilustra o fluxograma simplificado do circuito.

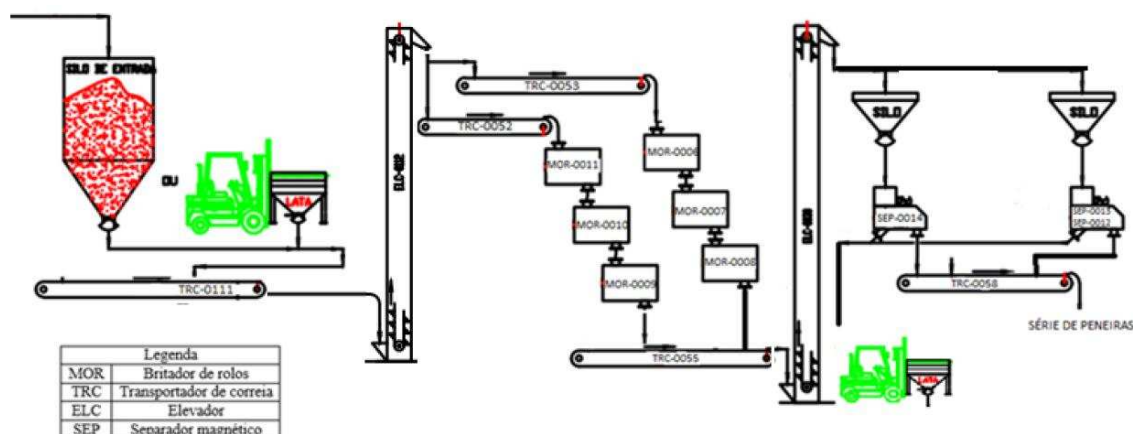


Figura 2. Fluxograma simplificado Seleção A. Fonte: Elfusa (2006).

Para facilitar e simplificar as chamadas durante o estudo, o circuito de cominuição que compreende os britadores MOR-0006, MOR-0007 e MOR-0008 será chamado de linha 1; e o que compreende os moinhos MOR-0011, MOR-0010 e MOR-0009 será chamado de linha 2. A descrição detalhada do circuito, incluindo fotos do mesmo, pode ser encontrada em Menegatto (2014).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A parte experimental do presente estudo consistiu na realização de diversas amostragens industriais por incrementos realizadas no circuito de beneficiamento mineral estudado. Com as amostras coletadas foram realizados ensaios para determinação da distribuição granulométrica das amostras e do *Work Index (WI)* de

Bond (BOND, 1952), a fim de se ter um diagnóstico do atual regime de operação e propor alterações para melhorá-lo.

Para execução do projeto foram realizados três tipos de amostragem. A primeira tinha como alvo a alimentação nova do circuito, ou seja, a correia transportadora que alimentava os moinhos (TRC-0111). Esta amostragem consiste em recolher todo o material presente em 1 metro da correia, repetindo o procedimento três vezes em diferentes trechos da correia. As amostras coletadas foram pesadas, peneiradas e submetidas a ensaio para determinação do WI de Bond. Foram realizadas 5 amostragens seguindo este método.

O segundo tipo de amostragem foi chamado de amostragem simplificada. Foram realizadas 10 destas amostragens durante o estudo, focando a coleta de amostras apenas nos pontos de alimentação e produto do circuito, visando conhecer a distribuição granulométrica deles e a sua vazão.

O terceiro tipo, chamado de amostragem global, consiste em amostrar todos os pontos possíveis do circuito, alimentação nova e produto de cada deck das peneiras, além do produto do circuito. Foram realizadas duas campanhas de amostragem global.

Para a determinação da vazão da correia, no primeiro método, fez-se o cálculo a partir da massa contida em um metro de correia e da velocidade da mesma. Já para os outros dois métodos mediu-se o tempo de tomada de amostra com um cronômetro, e este tempo era relacionado à massa da amostra.

O peneiramento foi realizado utilizando-se um peneirador suspenso e peneiras circulares. As peneiras e respectivas malhas utilizadas variaram conforme as características das amostras. Parte deste peneiramento foi realizado no Laboratório de Engenharia da UNIFAL/MG e parte no Laboratório de Análises Físicas da Elfusa, a fim de se comparar os resultados.

Para realização do ensaio para determinação do WI de Bond, utilizou-se o procedimento descrito na norma brasileira MB-3253 (ASSOCIAÇÃO, 1990), com uma malha de fechamento de 150 μ m. Em uma das amostras o WI foi determinado 5 vezes, a fim de se avaliar o erro relativo ao resultado obtido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 ilustra os resultados obtidos nos ensaios para determinação do WI de Bond.

Tabela 1. Resultados dos ensaios para determinação do WI de Bond da alimentação do circuito.

Data da amostragem	WI (kWh/t)	Média (kWh/t)	Desvio (kWh/t)	Variação (%)
12/02/2014	31,5±3,4			
25/05/2014	30,5			
04/06/2014	31,7	31	0,58	1,9
28/07/2014	30,9			
19/09/2014	30,4			

Analisando os resultados da tabela 1 é notável uma pequena variação nos resultados, menor que 2%, indicando que a resistência que o material oferece a cominuição é homogênea no tempo. Logo, esta característica não deve impactar de maneira significativa em oscilações de produção.

Os resultados da granulometria de alimentação do circuito estão ilustrados na Figura 3, que mostra a média dos resultados obtidos e os respectivos desvios.

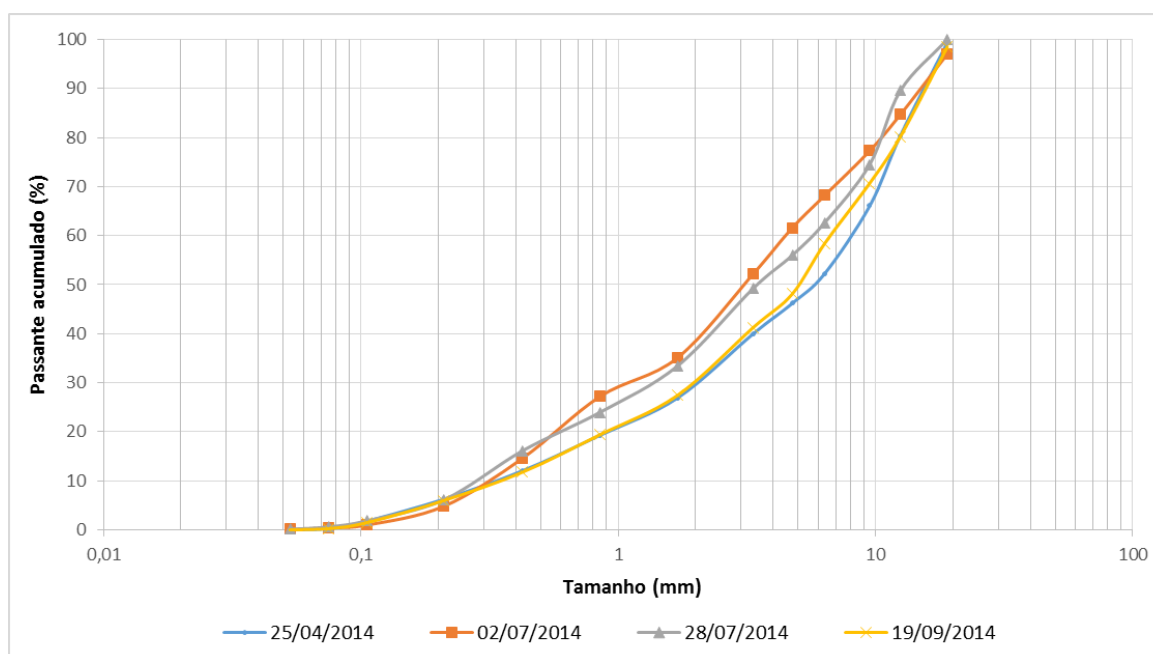


Figura 3. Granulometria de alimentação (TRC-0111).

Os dados ilustrados na Figura 3 mostram que a variação de granulometria de alimentação nova do circuito é muito pequena, e não deverá impactar, de maneira significativa, a produção do circuito. Os resultados ilustram ainda que, conforme a configuração de peneiras utilizadas, para gerar um produto do circuito abaixo de 4,75 ou 2,36 mm, de 30 a 60% do material que alimenta as duas linhas de britagem já está dentro das especificações de tamanho necessárias. Desta forma, identificou-se o potencial de significativo ganho de produção com a modificação da configuração do circuito de direto para reverso.

Os resultados da vazão de alimentação do circuito estão ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2. Vazão na TRC-0111.

	Data				
	12/02/2014	25/04/2014	02/07/2014	28/07/2014	19/09/2014
Massa do incremento 1 (kg)	12,3	8,8	21,2	17	25,6
Massa do incremento 2 (kg)	12,3	8,4	21	16,2	24,6
Massa do incremento 3 (kg)	11,9	8,7	20,9	16,4	26,1
Média (kg)	12,2±0,2	8,6±0,2	21,0±0,2	16,5±0,4	25,4±0,8
Vazão (t/h)	21,8±0,4	15,0±0,4	36,6±0,3	28,8±0,7	44,25±1,3
Configuração da linha 1	Direto	Direto	Reverso	Reverso	Reverso
Configuração da linha 2	Direto	Direto	Direto	Direto	Reverso
Número de britadores linha 1	3	3	1	1	1
Número de britadores linha 2	3	3	3	3	2

A alimentação da correia TRC-0111 é controlada por um operador, não existe nenhum alimentador automático ou uma balança para controlar o fluxo. Isto reflete na significativa variação de vazão observada no circuito, mesmo que operando em configurações similares. Deve-se ressaltar, no entanto, que ao longo da realização do presente estudo, adequações foram feitas no circuito, mudando os mesmos da configuração direta para reversa. Estas modificações foram propostas em função da avaliação dos resultados das amostragens globais e simplificadas. Observa-se uma mudança significativa no patamar de alimentação do circuito, com um aumento de produção de aproximadamente 15 t/h alterando os dois circuitos para a configuração reversa. A mudança da configuração do circuito permitiu que se reduzisse o número de britadores operando nas duas linhas. Na linha 1, passou-se a operar apenas com 1 britador, enquanto na linha 2 passou-se a operar com dois britadores, de forma a se ter maior folga caso fosse necessária a produção de uma maior quantidade de material finos.

Em relação à granulometria de produto gerada com as novas configurações dos circuitos, observa-se que o circuito 2, que opera com dois britadores de rolos e na maior parte do tempo com uma malha de fechamento do circuito mais fina, gera um produto mais fino em relação ao circuito 1, que opera com apenas um britador. Esta diferença pode ser notada visualizando os valores de P_{98} , P_{80} e P_{50} , ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3. Produto das duas linhas de britagem.

Data	19/08/2014		21/08/2014		26/08/2014		19/09/2014	
	Linha 1	Linha 2	Linha 1	Linha 2	Linha 1	Linha 2	Linha 1	Linha 2
P_{98} (mm)	3,3	1,3	3,0	1,5	3,1	1,7	3,1	1,6
P_{80} (mm)	2,1	0,3	1,3	0,3	1,6	1,2	1,6	0,8
P_{50} (mm)	1,1	0,2	0,5	0,2	0,9	0,6	0,7	0,5

Deve-se destacar, no entanto, que o produto da linha 2 ficou relativamente mais grosseiro. Como a demanda por produtos finos varia conforme o mercado, caso seja necessária uma maior produção de material fino, o terceiro britador da linha pode entrar em operação novamente.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou que as características de alimentação do circuito não influem de forma significativa as variações de produção do circuito, tendo em vista que tanto o WI da alimentação como a distribuição granulométrica se mostraram bastante homogêneos em amostragens realizadas ao longo de sete meses de operação do circuito de britagem estudado.

As amostragens realizadas ao longo do estudo revelaram inicialmente que o circuito operava em configuração direta, alimentava os britadores com aproximadamente 40% de material que já era produto, conforme notado através da análise granulométrica. Ao alterar a configuração do circuito para reversa, ou seja, peneirando o material antes de se britar, notou-se aumento na capacidade de produção do circuito. Esta alteração permitiu inclusive a parada de britadores sem perda de produção.

Por outro lado, notou-se também que com o circuito operando com menos britadores, o produto gerado ficou mais grosso. Destaca-se, no entanto, que dependendo da situação do mercado em relação a venda de diferentes tamanhos dos grãos produzidos, este problema não impactará significativamente nas vendas da empresa.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Elfusa Geral de Eletrofusão Ltda. pela autorização para a publicação deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11376. Moinho de bolas: determinação do índice de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT; 1990.

Bond FC. The third theory of comminution. Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, v. 193, n. 5, p. 484-494, May 1952.

Curimbaba – Grupo Curimbaba. Linha do Tempo. [Desenvolvido por Grupo Curimbaba]. Poços de Caldas: Curimbaba, 2007. [acesso em 21 de Maio de 2014]. Disponível em: <http://www.grupocurimbaba.com.br/br/tempo.htm>

Elfusa - Elfusa Geral de ELETROFUSÃO. Produtos. [Desenvolvido por Grupo Curimbaba]. São João da Boa Vista: Elfusa, 2006 [acesso em 21 de Maio de 2014]. Disponível em: <http://www.elfusa.com.br/br/prod01-01.htm>

Menegatto MBS. Otimização do circuito de cominuição da Elfusa Geral de Eletrofusão Ltda. [trabalho de conclusão de curso de graduação]. Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas; 2014.