



O EFEITO DA VARIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA CAL RECUPERADA NO RESIDUAL DE CARBONATO DE CÁLCIO NA SAÍDA DE UM FORNO DE CAL

A. G. XAVIER^{1*}, A. M. B. SILVA^{1,2}

¹Universidade de Uberaba, Programa de Mestrado em Engenharia Química

²Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Elétrica

*e-mail: adelsontl2017@gmail.com

RESUMO - O setor de extração de celulose segue apresentando grande relevância na economia do país, alavancado por uma crescente demanda mundial do produto para produção de papel em suas diversas aplicações, impulsionando as indústrias na busca por um processo mais eficiente, rentável e sustentável. Isso tem despertado grandes interesses em estudos para otimizações dos processos. Alinhado a essa necessidade, o setor brasileiro de celulose e papel tem buscado alternativas para melhorar a eficiência energética das unidades já existentes, reduzindo em suas matrizes energéticas a utilização de combustíveis fósseis, almejando também otimizar as emissões atmosféricas. O equipamento em estudo se trata do maior consumidor de combustível fóssil da fábrica e responsável pelo terceiro maior custo variável da organização. Vamos buscar com esse trabalho abordar o efeito da variação da granulometria da cal recuperada no residual de carbonato de cálcio na saída do forno de cal. Os métodos utilizados para as análises foram, descarbonatação ácida e granulométrica, modelo de dispersão e análises de tendência. Como resultado final, foi possível identificar, melhor estabilidade de processo e redução de custo.

1-INTRODUÇÃO

O forno de cal é usado para converter lama de cal em cal para a reutilização na planta de caustificação do processo de recuperação kraft.

O tamanho dos nódulos de cal é importante para determinar a qualidade da cal e o rendimento do forno. Pequenos nódulos podem levar ao arraste de partículas e recirculação de poeira, enquanto nódulos grandes podem não ter tempo de residência suficiente no forno para calcinar totalmente e, conseqüentemente, tendem a conter mais carbonato residual, tornando os processos de hidratação e caustificação menos eficientes. (TRAN, 2008).

2- MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em uma indústria de celulose do município de Três Lagoas-MS entre os meses de julho a setembro de 2022. Foram analisados os dados do processo desta indústria de celulose, utilizando o sistema PIMS- Plant Information Management System, plataforma de gerenciamento de informações industriais, que coleta dados de várias fontes e armazena em um banco de dados, permitindo assim a realização de consultas e análises para verificação de tendências e otimização dos processos. Para a análise de um dos parâmetros de controle de processo, bem como a granulometria do óxido de cálcio recuperado, foram utilizadas as técnicas de descarbonatação ácida, que prevê a reação da amostra contendo o material de interesse, carbonato de cálcio, que em contato com ácido

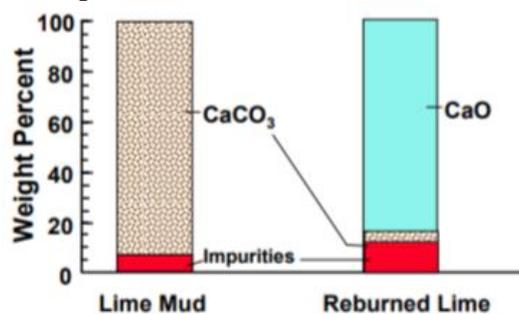
clorídrico 6mol/l, reage e libera gás carbônico como um dos produtos da reação. Outro produto é o cloreto de cálcio, que é um sal solúvel e incolor. O gás carbônico desprendido desloca um líquido confinado no calcímetro do tipo Dietrich- Fruhling (consiste em um suporte para as amostras, serpentina de resfriamento e um cilindro graduado, confeccionado conforme norma NBR 6473:2003 item 6.9.14). Este equipamento é utilizado para medir o deslocamento do gás, que por sua vez é utilizado nos cálculos estequiométricos para a determinação do teor de carbonato de cálcio, conforme norma NBR 6473 de 2003- Cal Virgem e Cal Hidratada-Análise Química. A análise granulométrica, foi realizada utilizando um agitador eletromagnético modelo Bertel, contendo peneiras classificatórias, variando entre 45mm a 2mm de diâmetro no equipamento, classificando dessa forma o óxido de cálcio recuperado no processo do forno de cal. Após a realização das análises os resultados foram plotados, conforme gráficos, que serão apresentados.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos das diferentes granulometrias da cal

Um dos parâmetros mais importantes no processo de calcinação é o teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) e o óxido de cálcio (CaO) no forno de cal. Na figura 1, podemos notar as composições típicas da lama de cal e cal recuperada.

Figura 1- Composição típica da lama de cal e cal recuperada

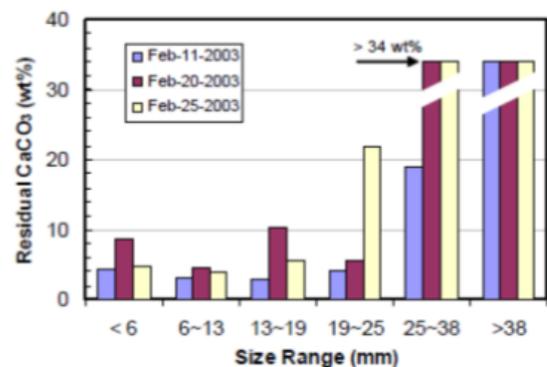


Fonte: TRAN, 2008

Durante o período de análise do processo, foi observada uma grande variação no teor de

CaCO_3 na saída do forno, o que acarreta a baixa conversão do carbonato em óxido, mesmo sem variações significativas na entrada do forno. Essa variação na saída do forno provoca oscilações acentuadas na energia requerida para a reação de calcinação, e por consequência, ocorrem variações no perfil térmico do forno, o que pode acarretar em maior consumo de combustível. Honghi Tran (2008) demonstra na figura 2 a elevação do carbonato em função do tamanho da cal.

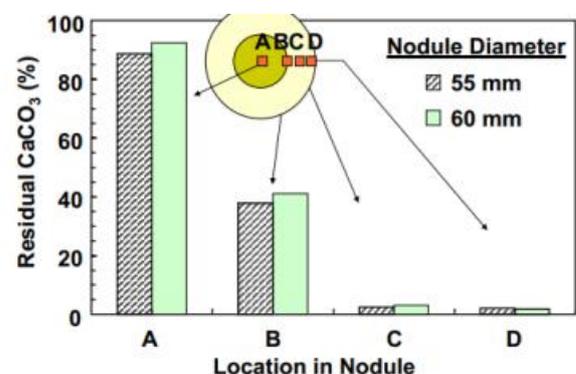
Figura 2- Efeito do tamanho da cal no residual de carbonato de cálcio



Fonte: TRAN, 2008

A figura 3 apresenta a distribuição do carbonato mais concentrado no núcleo da cal, visto que é a região mais difícil de receber o calor para a calcinação. Assim, quanto maior o tamanho da cal, maior o teor de carbonato sem reagir no núcleo.

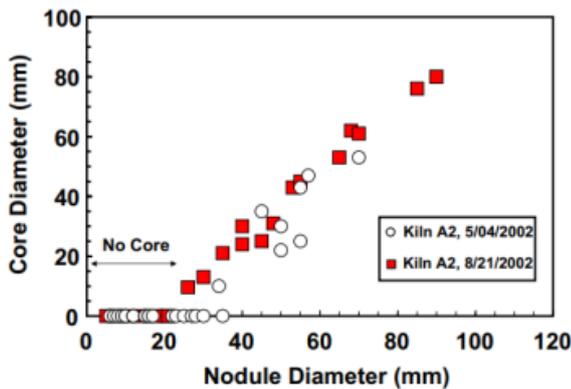
Figura 3- Distribuição do residual de carbonato de cálcio



Fonte: TRAN, 2008

Ainda em seu estudo Tran avaliou a região da partícula de cal que apresentaria maior teor de carbonato residual para partículas de 55 a 60mm de diâmetro. Na figura 4 é demonstrada a relação do núcleo não calcinado pelo tamanho da cal.

Figura 4- Relação do núcleo não calcinado pelo tamanho da cal

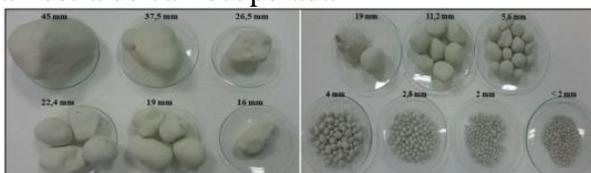


Fonte: os autores (2022)

Diante dos resultados de Tran, a análise dos gráficos motivou a realização de um estudo em laboratório para correlacionar a variação da granulometria da cal recuperada com o teor de carbonato, para analisar o funcionamento do forno de cal.

Foram coletadas amostras na saída do forno e feito o ensaio de granulometria. As figuras 5 e 6 ilustram os nódulos de óxido de cálcio coletados e separados por granulometria. É possível notar que dentro de uma amostra há uma grande dispersão na granulometria das cales.

Figura 5- Diferentes granulometrias de uma amostra de cal recuperada



Fonte: os autores (2022)

Figura 6- Perfil transversal da cal recuperada



Fonte: os autores (2022)

Com relação aos tamanhos da cal, o fornecedor da tecnologia do forno ANDRITZ recomenda que sejam utilizadas partículas na faixa de 10 a 24mm. Os resultados das análises realizadas foram tabulados considerando a faixa de 10 a 20mm como ideal e então feito o percentual de partículas encontradas no limite estabelecido e acima e abaixo dele. A Tabela 1 ilustra a distribuição em porcentagem de massa das diferentes frações de tamanho das pedras. Nota-se que há uma distribuição uniforme nos percentuais dos tamanhos médios.

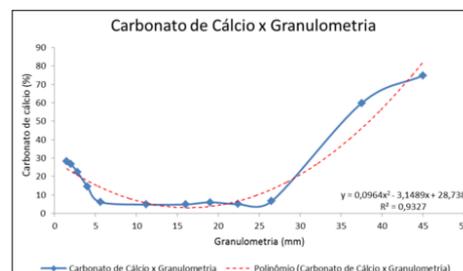
Tabela 1- Distribuição do percentual de massa por granulometria

Granulometria	
mm	% médio
> 20	31,66
> 10	34,84
< 10	33,5

Fonte: os autores (2022)

Após o fracionamento das amostras, através da análise de granulometria, foram determinados os residuais de carbonato de cálcio em cada fração encontrada. A figura 7 elucida o comportamento do residual de carbonato de cálcio em diferentes granulometrias, obtendo um comportamento parabólico. É claramente observado, que a melhor faixa aproximada de granulometria para se operar o forno é a de 5 a 24mm, entretanto a tabela 1 demonstra um alto percentual nos extremos da faixa.

Figura 7- Carbonato de cálcio pela granulometria da cal analisada



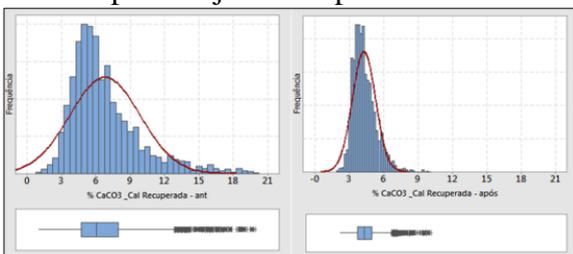
Fonte: os autores (2022)

Nota-se que para partículas abaixo de 5mm e acima de 26mm, os teores de carbonato de cálcio são elevados, o que corrobora para ajustar o processo para que sejam obtidas partículas de óxido de cálcio na faixa de 10 a 25mm de granulometria. Portanto, os resultados das análises demonstram a necessidade de melhorar o controle da dispersão de granulometria da cal.

Após esses ajustes e monitoramento, os resultados atingidos foram expressivos. Houve uma redução no valor médio de CaCO_3 da cal na saída do forno na ordem de 36,8%, com reduções no desvio padrão de 66,8% e 89% na variância, evidenciados pela figura 8 e tabela 2.

Segundo TRAN (2008), uma redução de 10% no residual de carbonato de cálcio gera uma redução no volume da lama correspondente a 5% da energia requerida do forno de cal.

Figura 8- Distribuição do carbonato de cálcio antes e após os ajustes de processo



Fonte: os autores (2022)

Tabela 2- Redução do desvio padrão e variância do carbonato de cálcio após os ajustes de processo.

CaCO₃ (%) _ Cal recuperada			
	Antes	Após	%
Média	6,8	4,3	36,8
Desvio Padrão	3,1	1,0	66,8
Variância	9,5	1,0	89,0

Fonte: os autores (2022)

3- CONCLUSÃO

Ficou evidente a estabilidade operacional relacionada ao carbonato de cálcio residual na saída do forno de cal, conforme demonstrado na figura 8.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, Edison da Silva. FOELKEL Celso. A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil. ABTCP- Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. São Paulo, Brasil. 2016.
- D'ALMEIDA, M. L. O. Celulose e papel- Tecnologia de fabricação de papel. 2. Ed. São Paulo: SENAI-IPT.v.2. 1988.
- EHRENFELD, John. R. Industrial Ecology and Interdisciplinary: A new Challenge for University Teaching and Research Programs. NTNUNorwegian University of Science and Technology. Noruega. 2001.
- HOGLUND, O. Environmental Technology and Paper Industries. Kvaerner Pulping AB. Markaryd, Sweden. May 1999.
- TRAN, H. Lime Kiln Chemistry and Effects on Kiln Operations. Tappi Kraft Recovery Short Course, 2008.