



Título da Pesquisa: Análise e Melhoramento do Ciclo Produtivo da Cal das Pequenas Empresas na Região Centro Oeste de Minas Gerais Considerando Aspectos Ambientais e Energéticos.

Palavras-chave: Indústria de cal, Eficiência energética, Emissão de poluentes.

Campus: Formiga

Tipo de Bolsa: PIBITI

Financiador: CNPq

Bolsista (as): Carlos Antônio Rufino Junior, Vanessa dos Santos Sousa

Professor Orientador: Dr. Ricardo Carrasco Carpio

Área de Conhecimento: Engenharia mecânica, engenharia térmica, engenharia elétrica, sistemas elétricos de potência.

Resumo:

A cal, cuja matéria prima é a rocha calcária, é um dos materiais mais antigos produzidos pelo homem e encontra uso em diversos setores da indústria e construção. Os micro produtores de cal da região Centro-Oeste de Minas Gerais enfrentem atualmente diversas dificuldades, tais como carência de uma logística no transporte da cal, falta de combustível (lenha), baixa eficiência dos fornos de cal e enormes perdas de energia térmica durante a queima do calcário, controle ineficiente das emissões gasosas e uso irracional de energia elétrica. Neste sentido, a presente proposta pretende avaliar o ciclo produtivo da cal visando principalmente à redução nas emissões de poluentes atmosféricos, combustão sem fumaça, maior qualidade do ar; uso racional de energia, otimização do combustível; melhoria nas condições de trabalho e implementação de um sistema de captação do pó da cal para as pequenas industriais de cal da Região Centro-Oeste de Minas Gerais.

Após um embasamento teórico-prático, através de visitas técnicas na própria indústria de Cal será realizado um levantamento técnico-econômico e se procederá à simulação do modelo térmico e do escoamento dos gases de combustão. Em seguida, será realizada a implementação das melhorias técnicas, operacionais e ambientais nas empresas de cal da Região. O projeto não conta com conclusões definitivos pois, encontra-se ainda na fase de medições experimentais na indústria de cal.

INTRODUÇÃO:

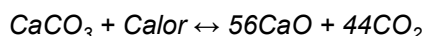
A cal é um dos materiais mais antigos produzidos pelo homem (BOYNTON, 1980). Algumas das primeiras evidências de uso de cal remontam a cerca de 10.000 anos, como o piso Terrazzo assentado com argamassa de cal no Leste da Turquia, datado de 7.000-14.000 anos atrás. É evidenciado, por volta de 1.000 a.C., o uso generalizado da cal viva e hidratada por várias civilizações, incluindo, entre outros, gregos, maias e chineses (OATES, 1998).

Tipos de cal diferentes são utilizados para diferentes fins, como na construção, nas indústrias de açúcar, indústrias de papel, água e estações de tratamento de efluentes, carboneto de cálcio, pó descolorante, etc. Ela também é usada como matéria-prima para o ferro-ligas, vidro, etc. e como fluidificante em metalurgia (SARMAH ET AL. 2005). Pela sua diversidade de aplicações, a cal está entre os dez produtos de origem mineral de maior consumo no planeta (BAJAY & SANT'ANA, 2010).

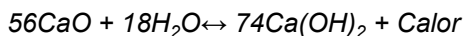
A matéria-prima utilizada na produção de cal é, basicamente, rocha calcária (BAJAY & SANT'ANA, 2010). A conversão de carbonato de cálcio, CaCO_3 , presente no calcário, em óxido de cálcio, CaO , se dá através da liberação de dióxido de carbono, CO_2 , que ocorre quando o minério é submetido à alta temperatura. Quando a superfície da rocha atinge a temperatura de calcinação o processo de dissociação de inicia a partir da superfície até o centro da rocha, completando o processo de calcinação (OCHOA et al., 2010).

A temperatura de dissociação depende de fatores como origem e composição do calcário, estrutura do cristal, tamanho de grão e pressão parcial de CO_2 na atmosfera circundante (BOYNTON, 1980). A calcinação é fortemente variante no tempo com diferentes calcários, sendo a taxa de calcinação significativamente afetada por impurezas naturais na pedra, diferenças na cristalinidade, o diâmetro ideal da rocha, variações de densidade e imperfeições na estrutura do cristal (KRUKOWSKI, 2006).

A equação química aproximada para o processo de calcinação é:



A forma mais estável de cal é a cal hidratada, é obtida por adição de água a cal para produzir um pó fino e seco (KRUKOWSKI, 2006). A equação química aproximada para o processo de hidratação é:



A cal pode ainda ser classificada conforme o óxido predominante como calcítica, magnésiana ou dolomítica, apresentando teores de óxido de cálcio entre 90% e 100%, 65% e 90% e entre 58% e 65% (SILVA, 2009).

A produção de cal consiste na extração do calcário, britagem e peneiramento, calcinação, hidratação e classificação da cal (no caso da cal hidratada) e acondicionamento (GUTIÉRREZ et al., 2012).

A produção de cal e calcário resulta em efeitos ambientais que podem ser locais, regionais ou em escala global. Na produção de cal e calcário, efeitos como o pó, o dióxido de enxofre, os óxidos de nitrogênio, os óxidos de carbono, o ruído geral, o ruído e a vibração da detonação, as descargas aquosas e a destinação de resíduos sólidos merecem consideração pormenorizada. O tipo de forno empregado influencia em alguns desses efeitos.

Existem vários tipos de fornos de calcinação, como os fornos de barranco contínuo e descontínuo, os

fornos verticais metálicos de cuba simples ou de cubas múltiplas e fluxos paralelos e os fornos rotativos (SILVA, 2009). A escolha do tipo de forno a ser empregado é feita em função da matéria prima utilizada, quantidade produzida e tipo de combustível empregado. Devido a sua alta eficiência, comparado aos outros tipos de fornos, o processo de calcinação é, geralmente, realizado em auto-fornos verticais (BES, 2006).

Devido ao amplo uso de madeira de eucalipto como combustível na região centro-oeste de Minas Gerais é de grande importância conhecer o teor de umidade deste combustível. Quando o teor de umidade é baixo, reduz-se assim o custo de transporte e agrega valor ao combustível. (QUIRINO et al., 2005)

O teor de umidade máximo que uma madeira a ser queimada no forno pode apresentar está em torno de 65 % a 70% em base úmida. Quanto maior o teor de umidade da madeira, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia durante o processo de combustão (CUNHA et al, 1989 citado por QUIRINO et al., 2005)

Uma análise do ciclo produtivo da cal é de grande interesse e importância para avaliar as inter-relações entre os sistemas de produção, produtos ou serviços e o meio ambiente. Uma análise de ciclo produtivo pode quantificar e valorar os fluxos do sistema – entradas (matéria-prima e energia) e saídas (produto, emissões, resíduos) – para posterior avaliação dos impactos potenciais que estes causam ao meio ambiente.

Segundo o Sumário Mineral (DNMP, 2004), no ano 2003, a cal teve um crescimento no mercado interno e da oferta mundial. Neste ano o consumo nacional registrou um aumento de 1,7%. Estudos realizados pela associação brasileira dos produtores de cal mostraram que 24,0% da produção interna de cal é cativo, ou seja, a empresa produz para consumo próprio. Este aumento no consumo faz com que os micro produtores de cal da região Centro-Oeste de Minas Gerais enfrentem atualmente diversas dificuldades, tais como:

- carência de uma logística no transporte da cal, desde a jazida até o forno;
- falta de combustível (lenha), sendo este atualmente, um dos principais problemas que enfrentam os pequenos produtores visto que a legislação vigente não permite a queima de outro combustível (resíduos fósseis);
- baixa eficiência dos fornos de cal e enormes perdas de energia térmica durante a queima do calcário, controle ineficiente das emissões gasosas (produto da combustão) que é um das razões pela qual a legislação não permite a queima de outro tipo de combustível alternativo;
- uso irracional de energia elétrica, desconsiderando-se ações de racionalização e eficiência energética no consumo de energia elétrica, estudos da qualidade da energia elétrica, superdimensionamento de máquinas e dispositivos de proteção e seccionamento.

Neste sentido, a presente proposta pretende avaliar o ciclo produtivo da cal visando principalmente à redução nas emissões de poluentes atmosféricos, combustão sem fumaça, maior qualidade do ar; uso racional de energia, otimização do combustível; melhoria nas condições de trabalho e implementação de um sistema de captação do pó da cal para as pequenas industriais de cal da Região Centro-Oeste de Minas Gerais.

METODOLOGIA:

A metodologia a ser empregada no presente projeto será a seguinte:

Primeiramente um embasamento teórico-prático por parte dos membros da equipe de trabalho que desenvolverá o projeto, sobre o processo de fabricação de Cal. Isto será possível através de visitas técnicas na própria indústria de Cal.

Seguidamente se iniciará um levantamento técnico-econômico atual do processo produtivo da cal, tais como, logística, instalações físicas e elétricas existentes (verificação de contrato, projeto e cargas). Levantamento das Normas Técnicas, nas quais são especificadas as propriedades físico-químicas, assim como as características físicas e mecânicas da cal.

Uma vez realizada o levantamento técnico-econômico se procederá à simulação do modelo térmico, simulação de cada etapa de produção de Cal e proposta de adequações para o uso eficiente de eletricidade. Na modelagem térmica será realizado modelamento técnico da geometria do forno utilizando a ferramenta SolidWorks (este software será contrapartida do Campus Formiga) e seguidamente a simulação do escoamento dos gases de combustão, aplicando técnicas de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD).

Finalizada a fase de simulação, será realizada a implementação das melhorias técnicas, operacionais e ambientais nas empresas de cal da Região. Assim como também, pretende-se quantificar os efeitos econômicos e financeiros da implementação das melhorias no ciclo produtivo da cal.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Nesta fase, o projeto encontra-se ainda na fase de medições experimentais na indústria de cal. Estão sendo realizados a análise química das amostras coletadas, com a finalidade de calcular a eficiência do forno, o modelamento do forno em SolidWorks e o modelamento térmico.

CONCLUSÕES:

Nesta fase, o projeto não conta com conclusões definitivas devido a que o projeto encontra-se em fase de experimentação e medições.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

BAJAY, S. V.; SANT'ANA, P. H. M. **Oportunidades de eficiência energética para a indústria:** relatório setorial cal e gesso. Brasília: CNI. 2010.

BES, A. **Dynamic process simulation of limestone calcinations in normal shaft kilns.** Doctoral Thesis, Otto-von-Guericke University, Magdeburg, 2006. Disponível em: <www.uni-magdeburg.de/isut/TV/English/Research/Project/Bes.pdf>. Acesso em: 03 set. 2013.

BLUHM-DRENHAUS, T. et al. **A coupled fluid dynamic-discrete element simulation of heat and mass transfer in a lime shaft kiln.** Chemical Engineering Science, v. 65, p. 2821-2834. jan. 2010.

BOYNTON, R. S. **Chemistry and tecnologia of lime and limestone.** John Wiley & Sons Inc., New York, pp. 592, 1980.

DNMP - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumario Mineral 2004.** 2004. Disponível em <<http://www.dnpm.mg.gov.br>>. Acesso em: 05 de maio de 2005.

GUTIÉRREZ, A. S. et al. **Evaluation of the environmental performance of lime production in Cuba.** Journal of Cleaner Production, v. 31, p. 126-136, aug. 2012.

KRUKOWSKI, S.T. **Lime.** Industrial Minerals and Rocks: *Comodities Markets and Uses*. Ed. 7^a. p. 561-580. 2006

OATES, J. A. **Lime and limestone:** chemistry and tecnologia and uses. Weinheim: Wiley-VCH, 1998.

OCHOA, P. A. G. et al. **Cleaner production in a small lime factory by means of process control.** Journal of Cleaner Production, v. 18, n. 12, p. 1171-1176, apr. 2010.

QUIRINO, W. F. et al. **Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos.** Revista da Madeira, n. 89, p. 100-106, apr. 2005.

SARMAH, B. J. et al. **Physicochemical Characteristics of limestone from Lumshnong, Jayantia Hills, Meghalaya.** Emerging Trends in Mineral Processing and Extractive Metallurgy; Editora Allied Publishers PVT. Limited p. 111–116. 2005

SILVA, J. O. **Perfil da Cal.** [S.l.]: Ministério de Minas e Energia (MME), 2009.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:

CARPIO R. C. et al. **Estado da Arte do Processo Produtivo da Cal na Região Centro Oeste de Minas Gerais.** FORSCIENCE, v. 1, n. 1, p. 49-60, jul./dez. 2013.