

# ESTUDO DO USO DE CARVÃO VEGETAL NO SISTEMA DE AQUECIMENTO DOS FORNOS DE PRODUÇÃO DO CLÍNQUER DE CIMENTO PORTLAND

**Aluno: Bruno Damaccena de Souza**

**Orientador: Francisco José Moura**

## **Introdução**

A produção de cimento Portland consiste na transformação térmica de uma mistura de calcário e argila, dando origem ao clínquer. O clínquer é uma mistura de óxidos meta-estáveis, que formam a base dos mais variados tipos de cimento. A produção do clínquer ocorre a temperaturas elevadas, em fornos rotativos que alcançam até 1500°C. Estima-se que 80% da energia consumida em uma fábrica de cimento é empregada na produção do clínquer. Na maior parte das fábricas, a energia para a produção de clínquer vem da queima de combustíveis fósseis, em especial o coque de petróleo e o carvão mineral.

A indústria do cimento é uma das maiores emissoras de gases do efeito estufa (GEE), em parte pela natureza de suas operações – a produção do clínquer emite CO<sub>2</sub> - e em parte pela grande quantidade de combustíveis fósseis que consome. Portanto, são grandes os esforços atuais na tentativa de reduzir as emissões de GEE associadas à produção de cimento.

Uma das alternativas para a redução das emissões de GEE na produção de cimento é a substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis renováveis, como o carvão vegetal.

## **Objetivos**

O objetivo do presente projeto é um estudo da viabilidade energética do uso de carvão vegetal em substituição aos combustíveis fósseis usados em fornos de produção de clínquer.

## **Metodologia**

A primeira parte da pesquisa consistiu no levantamento das características dos combustíveis empregados na produção do cimento. Parâmetros como Poder Calorífico Inferior, Carbono Fixo, Teor de Cinzas, Enxofre e Teor de Voláteis foram levantados e são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Características dos combustíveis**

<b>Parâmetro</b>	<b>Carvão Mineral</b>	<b>Coque de Petróleo</b>	<b>Carvão Vegetal</b>
PCI (kcal/kg) <sup>[1]</sup>	3.500	8.390	6.400
Densidade (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>[1]</sup>	1810	1041	250
Cinzas (%)	5,8	0,5	1
S (%)	1,5	0,7	N.D
Voláteis (%)	22	10	22
C <sub>fixo</sub> (%)	30	89	76

Baseados em dados locais de uma indústria de cimento do sul do país, verificou-se que a composição da mistura de combustíveis do forno de produção de clínquer era de aproximadamente 70% coque de petróleo e 30% de carvão mineral. Nesse contexto, foi proposta uma redução do percentual de carvão mineral em contrapartida a uma adição de carvão vegetal à mistura de combustíveis sólidos que alimentavam o forno. Para tanto foram necessárias projeções dos parâmetros energéticos e da preservação do carbono fixo da mistura, bem como a mudança em outros parâmetros importante como o teor de voláteis e o teor de cinzas.

## Resultados e Conclusões

O parâmetro mais importante na mistura de combustíveis e a quantidade de calor que ela poderá gerar no forno de clínquer. A avaliação da variação do PCI da mistura com a adição de carvão vegetal está representada na Figura 1. Como é possível observar, o poder calorífico da mistura aumenta à medida que a porcentagem de massa de carvão vegetal em substituição ao carvão mineral aumenta.

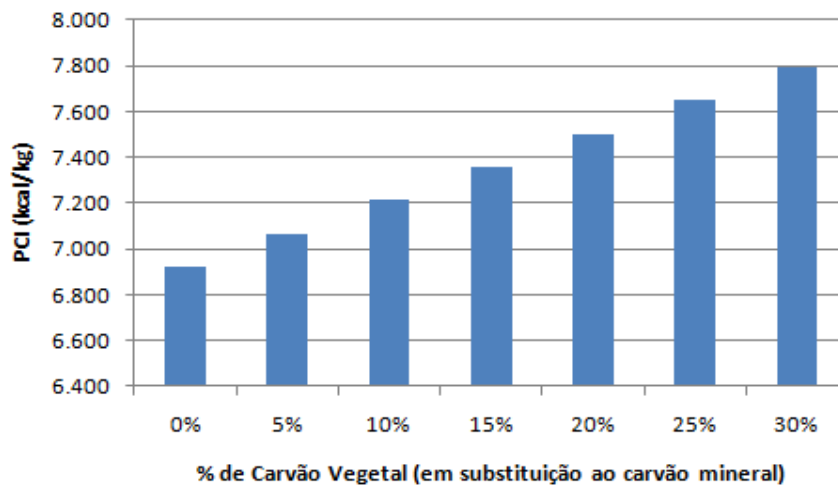


Figura 1 - PCI da mistura com a adição de carvão vegetal

Esse comportamento se deve ao PCI do carvão vegetal ser maior que o do carvão mineral. Vale observar que a composição do coque de petróleo na mistura se manteve em 70%.

O mesmo comportamento foi observado para o percentual de carbono fixo na mistura. Para o teor de cinzas e o teor de voláteis, entretanto, foi observada uma redução significativa, que também segue um padrão linear proporcional à composição da mistura.

Os resultados permitem apontar, portanto, que a substituição do carvão mineral por carvão vegetal em fornos de clínquer é possível, e com possibilidades de aumento de eficiência e diminuição de emissão de poluentes atmosféricos.

## Bibliografia

1. **Relatório Anual 2010** - Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento – Disponível em: <http://www.snic.org.br/>
2. **Balanco Energético Nacional** – Empresa de Pesquisas Energéticas - Ministério de Minas e Energia – Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>
3. **Coque Verde de Petróleo** – Portal BR Distribuidora - Petrobras – Disponível em: <http://www.br.com.br>
4. **Companhia Riograndense de Mineração** – Disponível em: <http://www.crm.rs.gov.br>