

# Avaliação da reatividade ao CO<sub>2</sub> de materiais carbonosos com vistas à redução de briquetes autorredutores

Autor: MICHEL GAIER

Orientador: Prof. Dr. EDUARDO OSÓRIO

Msc. MAURÍCIO C. BAGATINI

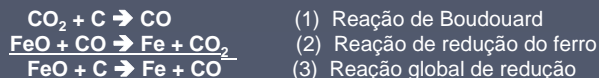
Laboratório de Siderurgia-Centro de Tecnologia-UFRGS

Avenida Bento Gonçalves, 9500 Porto Alegre/RS

Fone (51) 3308 7074 - www.ct.ufrgs.br/lasid

## 1. INTRODUÇÃO

- Nas diversas etapas de fabricação do aço são geradas grandes quantidades de resíduos, os quais muitas vezes se encontram na forma de óxidos.
- Uma alternativa para a reciclagem destes resíduos metálicos é através da tecnologia de autorredução.
- Os briquetes autorredutores são constituídos essencialmente de uma mistura de óxidos de ferro e de material redutor, que ao serem submetidos a altas temperaturas promovem a formação de ferro metálico através das reações de redução.
- Normalmente, a reação de Boudouard (reação 1) é a etapa limitante da velocidade de redução, portanto a cinética de gaseificação do carbono do redutor é de grande importância.



## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar a reatividade de diferentes tipos de materiais redutores ao CO<sub>2</sub> com vistas ao uso em briquetes autorredutores.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Preparação das matérias-primas

- Foram analisados os redutores: Carvão Vegetal (CV), Carvão Mineral (CM) e Coque de Petróleo (CP).
- As amostras foram preparadas utilizando a técnica de quarteamento e cominuição.
- Para os ensaios em termobalança utilizou-se amostras com granulometria entre 200 (0,074mm) e 325 mesh (0,044mm).

### 3.2 Análises de caracterização

- Análise Imediata:** consiste na determinação dos teores de cinzas (Cz), matéria volátil (MV), carbono fixo (Cf) e umidade (U).
- Análise Elementar:** determina os principais elementos presentes no material analisado.
- Índice de Moabilidade (HGI):** avalia o grau de dificuldade de moagem da amostra.



Figura 1. Termobalança utilizada nos ensaios de gaseificação e cadinho com a amostra.

### 3.3 Ensaios de gaseificação

- Estes experimentos foram realizados em duas etapas:
  - Pirólise: aquecimento em atmosfera inerte (N<sub>2</sub>) com taxa de 30°C/min até a temperatura de isoterma;
  - Gaseificação: quando atingida a temperatura de isoterma (800, 900 ou 1000°C), trocou-se a atmosfera para CO<sub>2</sub>.
- A massa de amostra utilizada nesses ensaios foi de 30mg e a vazão de gás igual a 100ml/min.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização química e física dos redutores

Tabela 1. Resultado das análises imediata (em base seca), elemental e HGI.

	% Cz	%MV	%Cf	%C	%H	%N	%S <sub>total</sub>	HGI
CV	9,65	19,65	70,7	76,46	2,92	1,19	0,06	x
CM	15,68	32,6	51,72	62,96	4,22	1,19	0,88	50
CP	0,02	11,09	88,9	91,59	3,86	2,48	0,78	110

- Observa-se que o CP e o CM apresentaram o maior e o menor teor de carbono fixo, respectivamente.
- Com relação as cinzas, o CM apresenta o mais elevado teor comparativamente aos demais. O CP mostrou-se quase isento de cinzas, com apenas 0,02%.

### 4.2 Avaliação cinética de gaseificação

- A partir dos resultados da perda de massa em função do tempo e da temperatura obtidos por termobalança (figura 2), é possível calcular a conversão (X) para a gaseificação dos redutores, a partir da fórmula abaixo:

$$X = \frac{M_o - M_t}{M_o - M_{cz}}$$

Onde:

M<sub>o</sub> = massa inicial no início da gaseificação

M<sub>t</sub> = massa no instante t

M<sub>cz</sub> = massa de cinzas da amostra

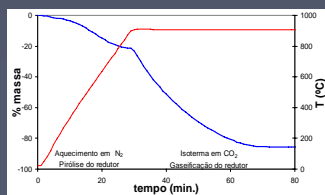


Figura 2. Exemplo de curva obtida em termobalança.

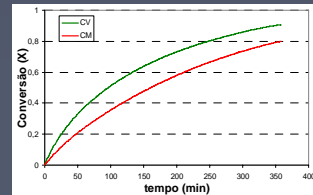


Figura 3. Gráficos de conversão em 800°C.

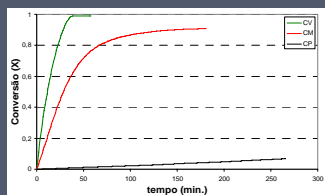


Figura 4. Gráficos de conversão em 900°C.

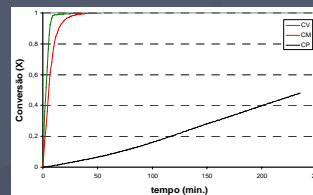


Figura 5. Gráficos de conversão em 1000°C.

- Para todas as temperaturas testadas, o CV apresentou uma maior velocidade de conversão comparativamente aos demais redutores. A gaseificação do CP se mostrou bastante lenta, inclusive não reagindo na temperatura de 800°C, o que justifica a ausência da curva no gráfico respectivo.

- A partir dos valores de conversão, pode-se calcular as constantes de velocidade (k) em diferentes temperaturas. Para isso a reação foi considerada de primeira ordem e o K obtido pela inclinação da reta segundo a função:

$$\ln(1-X) = -Kt$$

Onde:

K = constante de velocidade (min.<sup>-1</sup>)

t = tempo (min.)

As constantes de velocidade obtidas se encontram na tabela 2:

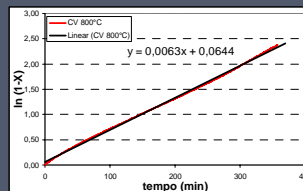


Figura 6. Exemplo do gráfico utilizado para o cálculo da constante de velocidade.

Tabela 2. Constantes de velocidade dos redutores

T (°C)	CV	CM	CP
800	0,0063	0,0044	X
900	0,0775	0,0225	0,0003
1000	0,3604	0,1496	0,0033

## 5. CONCLUSÕES

- Embora o CP tenha alto teor de carbono fixo e baixo teor de cinzas, a reatividade deste redutor se mostrou bastante lenta, sendo que na temperatura de 800°C o material não reagiu.
- As constantes cinéticas determinadas para a gaseificação do CV se mostraram superiores às do CM, que por sua vez foram maiores que às do CP.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- LÚCIO A. Físico Química Metalúrgica (Segunda Parte), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1981.