

# Avaliação Experimental e Matemática da Reatividade ao CO<sub>2</sub> em Termobalança do Coque

Autor: MATHEUS TEIXEIRA FRAGA

Orientador: Prof. Dr. EDUARDO OSÓRIO

Eng. Met. BRUNO DEVES FLORES

Laboratório de Siderurgia-Centro de Tecnologia-UFRGS

Av. Bento Gonçalves, 9500 Porto Alegre/RS

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

## INTRODUÇÃO

Os preços dos carvões considerados ideais para a produção de coque tem se mantido em patamares elevados. Assim, o atual cenário leva produtores e pesquisadores de coque a buscar maneiras de compor misturas mais econômicas. No entanto, a produção de coques a partir de misturas mais baratas deve ser assegurada por parâmetros da qualidade do coque, onde características como resistência mecânica e reatividade devem permanecer em níveis aceitáveis para o alto-forno. No âmbito siderúrgico modelos matemáticos tem sido usado para esse fim.

## OBJETIVOS

O presente trabalho se propôs a avaliar a reatividade ao CO<sub>2</sub> em termobalança de coques produzidos em laboratório, bem como a possibilidade de previsão da reatividade de coques produzidos a partir de misturas através de modelo matemático aditivo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### PREPARAÇÃO DAS MISTURAS DE CARVÕES

Foram selecionados três carvões de diferentes teores de matéria volátil (MV), alto (A<sub>v</sub>), médio (B<sub>v</sub>) e baixo volátil (C<sub>v</sub>). Os coques foram produzidos a partir dos carvões individuais e de misturas, sendo elas, quatro binárias e três ternárias, totalizando 10 enforcements.

Tab.1 Composição das misturas para fabricação dos coques.

Carvões	Imediata (% bs)			Composição das Misturas (% em massa)									
	MV	CZ	Cf	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A <sub>v</sub>	34,8	6,6	58,6	100			50	50			50	25	25
B <sub>v</sub>	21,0	9,2	69,8		100		50		50	25	25	50	25
C <sub>v</sub>	20,3	5,9	73,8			100	50	50	75		25	25	50

### ENSAIOS DE COQUEIFICAÇÃO

Os ensaios foram realizados em um forno elétrico baseado na retorta de Jenkner.

Fig.1 Esquema do forno e retorta utilizados nos ensaios de coqueificação.

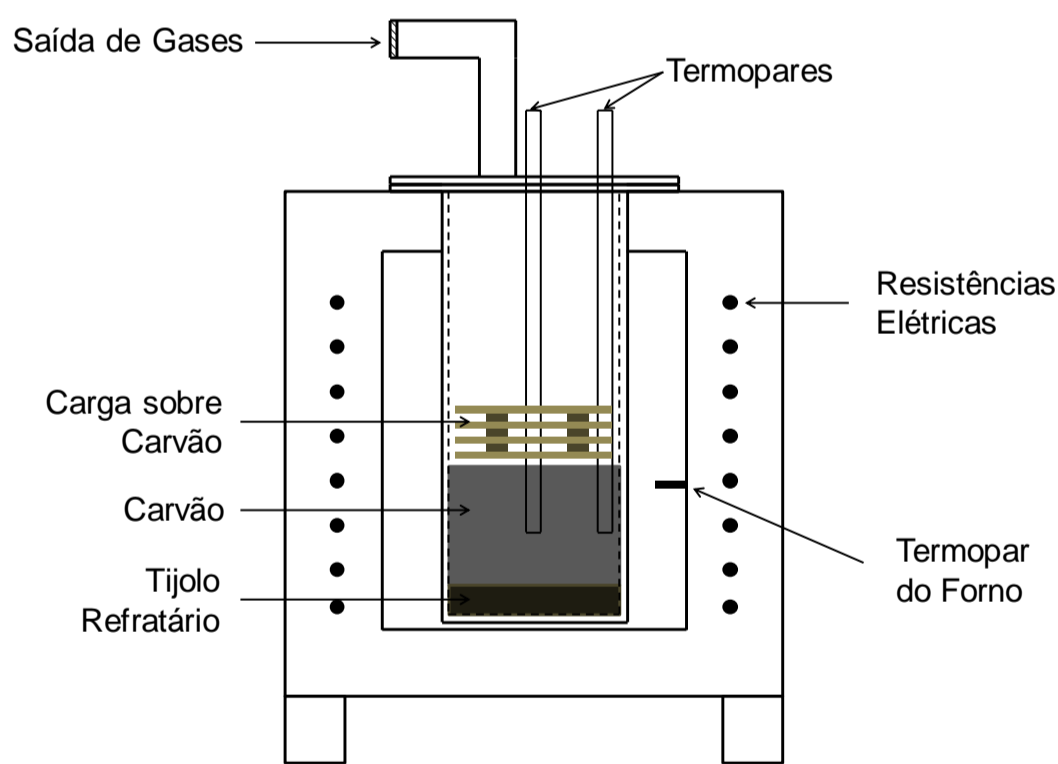
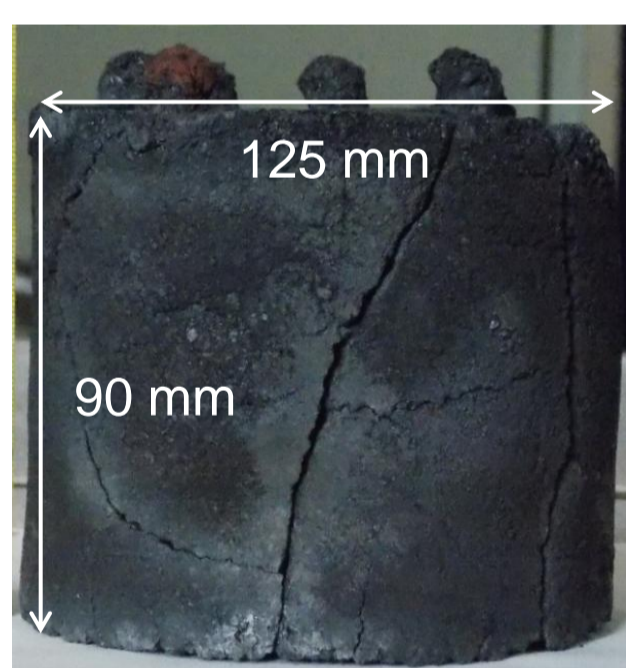


Fig.2 Coque produzido em escala laboratorial.



Os carvões/misturas foram aquecidos a uma taxa de 3°C/min até a temperatura de 1000°C, permanecendo nessa temperatura por 1h. A densidade de carga dos experimentos foi de 800kg/m<sup>3</sup>.

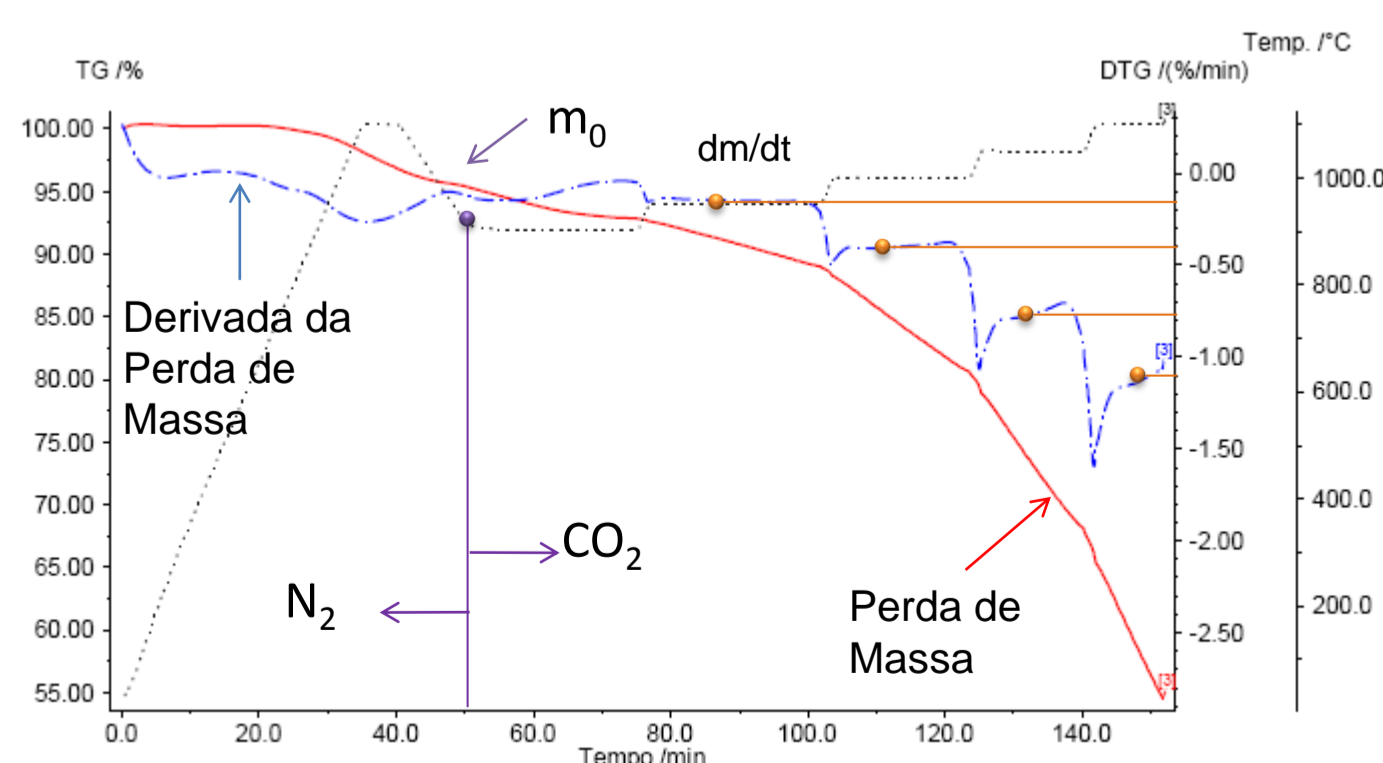
### ENSAIO DE REATIVIDADE DO COQUE

A avaliação da reatividade dos coques gerados foi realizada através de testes de termogravimetria.

Fig.3 Termobalança utilizado nos ensaios de reatividade do coque.



Fig.4 Gráfico típico obtido nos ensaios termogravimétricos do coque.



A reatividade foi obtida através da equação:

$$r = \left( \frac{1}{m_0} \right) * \left( \frac{dm}{dt} \right)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS COQUES

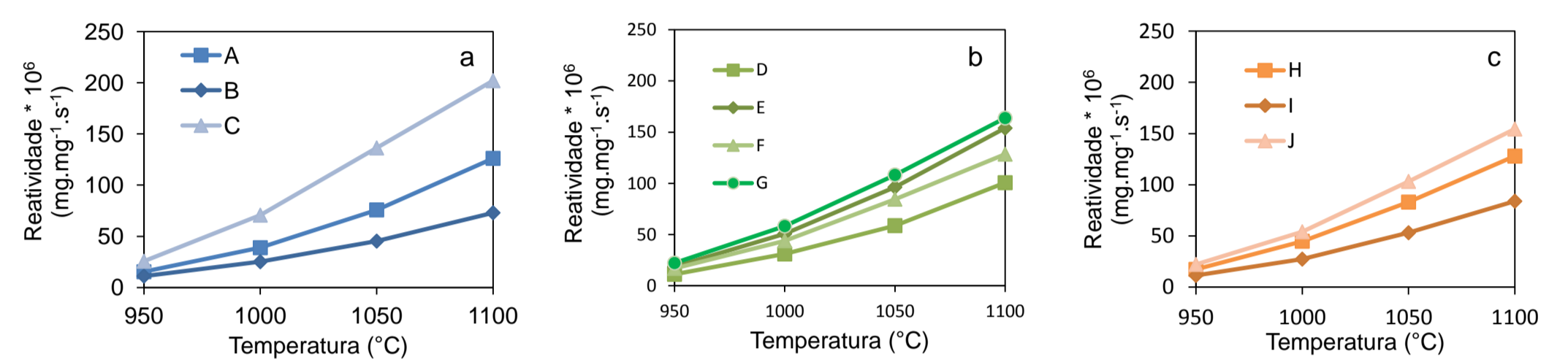
Tab.2 Resultados obtidos através de análise de imediata.

	Análise Imediata dos Coques (% em massa bs)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
MV	0,7	0,8	1,3	1,0	1,2	1,3	1,4	1,0	1,1	1,1
Cz	10,6	10,6	6,3	10,3	8,3	8,7	8,1	9,0	11,9	8,7
C <sub>fix</sub>	88,5	88,5	92,3	88,6	90,4	89,9	90,4	89,9	86,9	90,1

Todos os coques apresentaram teores de matéria volátil similares, variando de 0,7 a 1,4%, resultado de uma operação estável de coqueificação em forno piloto.

### COMPARAÇÃO DA REATIVIDADE DOS COQUES

Fig.5 Variação da reatividade pela temperatura dos coques individuais (a), binários (b) e ternários (c).

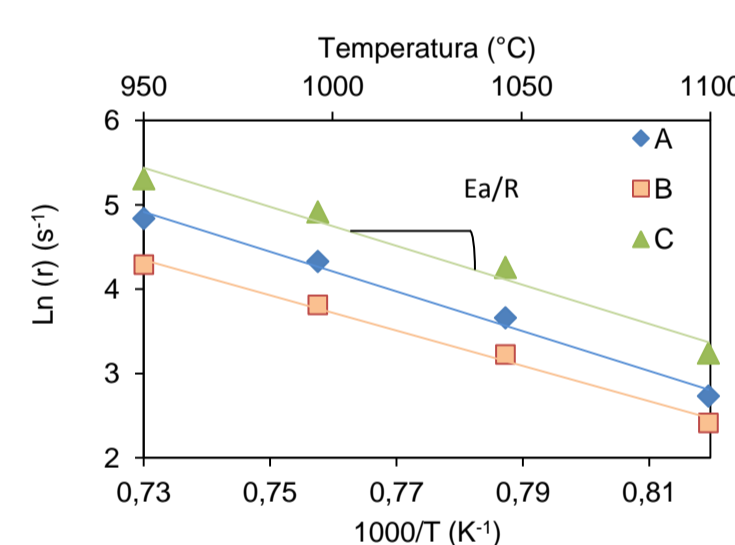


- Através da metodologia proposta foi possível distinguir a reatividades dos coques produzidos em laboratório;
- A ordem de reatividade dos coques individuais foi C>A>B;
- A reatividade dos coques produzidos a partir de misturas, ficou em patamares intermediários aos coques individuais.

A energia de ativação dos coques foi obtida através da equação de Arrhenius:

$$\ln(r) = \ln(A) - \left( \frac{E_a}{R} \right) * \left( \frac{1}{T} \right)$$

Fig.6 Gráfico utilizado para obtenção da energia de ativação.



Tab.3 Energia de ativação obtida.

Coques	Ea (kJ/mol)
A	197
B	174
C	192
D	203
E	195
F	189
G	186
H	185
I	186
J	185

Os coques apresentaram energia de ativação comparáveis a literatura [2], variando de 174 a 203 kJ/mol.

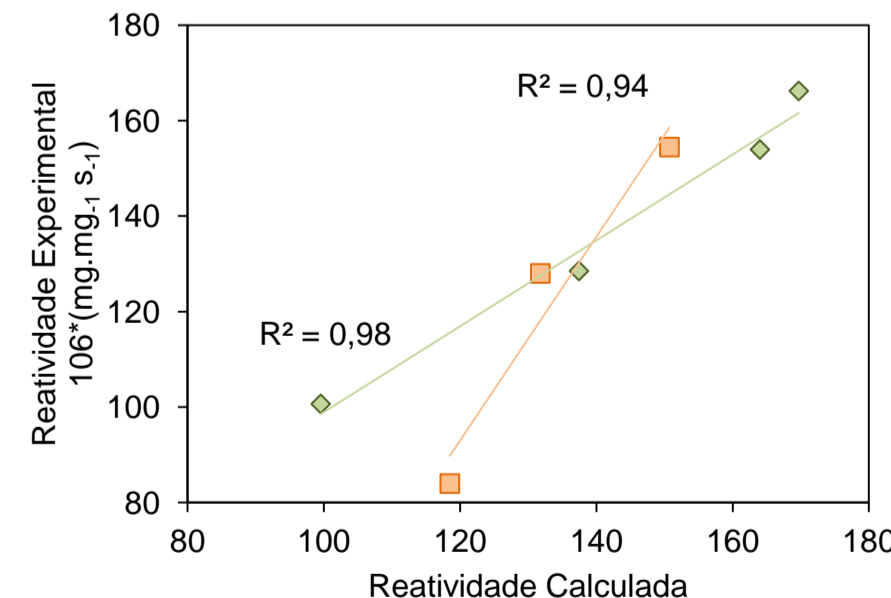
### ESTIMATIVA DA REATIVIDADE DO COQUE

A estimativa da reatividade dos coques produzidos a partir de misturas foi avaliada utilizando-se um modelos aditivo simples, baseado na reatividade dos coques individuais.

$$\text{Reatividade Calculada} = \sum F_c * r_c$$

F<sub>c</sub> – Fração mássica de cada carvão  
r<sub>c</sub> – Reatividade dos coques individuais

Fig.7 Correlação entre a reatividade experimental e a calculada para os coques utilizados.



Observa-se que os coques analisados obtiveram uma boa correlação com os dados experimentais.

## CONCLUSÕES

- ✓ A partir da metodologia desenvolvida em laboratório foi possível produzir, avaliar e comparar coques produzidos a partir de diferentes carvões e misturas;
- ✓ A ordem decrescente de reatividade dos coques: individuais C>A>B, binários E>F>D e ternários foi K>J>I;
- ✓ O modelo matemático para previsão da reatividade em termobalança de coques produzidos a partir de misturas de carvão mostrou boa correlação com os dados experimentais e pode ser uma ferramenta interessante para a otimização de misturas de carvões.

## Referências

- [1] Álvarez R.; Díez, M.A.; Barriocanal, C.; Díaz-Faes, E.; Cimadevilla, J.L.G., An approach to blast furnace coke quality prediction. Fuel, v. 86, pp. 2159-2166, 2007.
- [2] Bruno D. Flores, Angeles G. Borrego, Victor Zymla, Guilherme L. R. da Silva, Ismael V. Flores, Antonio C.F. Vilela, Eduardo Osório, Estimation of optical texture and quality of cokes from coal blends using the characteristics of the individual blend-forming cokes. ICCST, 2013.

Agradecimentos:

