



# 11ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS & 8º Simpósio de Pós-Graduação

## INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS SOBRE O RENDIMENTO DE GASOLINA E CONVERSÃO DA CARGA DO RISER DE FCC:

**Daniel C. PELISSARI<sup>1</sup>; Milton MORI<sup>2</sup>**

### RESUMO

O processo de craqueamento em leito fluidizado é utilizado nas refinarias de petróleo para converter as frações pesadas do petróleo em frações leves. A fim de estudar a influência das variáveis operacionais sobre o rendimento do riser de FCC, o software ANSYS CFX 17.2 foi utilizada para simular o processo de conversão das frações pesadas do petróleo em frações leves (gasolina, diesel, GLP). Foi utilizado uma abordagem Euleriana-Euleriana para simular o escoamento reativo gás-sólido do reator riser. Para representar as reações foi incorporado um modelo cinético de 12-lumps. Os resultados mostraram que a porcentagem de vapor e relação catalisador/carga desempenham papel importante no rendimento de gasolina e conversão da carga.

### Palavras-chave:

Reator, Craqueamento catalítico fluidizado, refinaria, gasolina.

### 1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um dos recursos de maior importância da atualidade. Para explorar ao máximo seu potencial, o petróleo é encaminhado as refinarias onde é separado em frações com diferentes pesos moleculares. As frações pesadas são encaminhadas para seções de conversão, onde essas frações são convertidas em frações leves (gasolina, diesel, gases leves), as quais possuem maior valor agregado. Dentre os processos de conversão, o processo de craqueamento catalítico tem se destacado na produção de gasolina, sendo estimado que 45% da gasolina mundial é oriunda deste processo (PELISSARI et al., 2018).

Devido a importância desse processo muitos estudos têm sido realizados visando compreender e melhorar este utilizando a técnica de fluidodinâmica computacional (ALVAREZ-CASTRO et al., 2015; ARMELLINI, 2015). Desta forma, o presente trabalho avaliou a influência da relação catalisador/carga e % de vapor no rendimento de gasolina e conversão da carga.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se o software ANSYS CFX17.2 para simular um escoamento reativo tridimensional gás-sólido. Foi utilizada uma abordagem Euleriana-Euleriana para descrever o fluxo gás-sólido do riser de FCC, no qual as duas fases são tratadas como contínuas e interpenetráveis. Assim, as equações

---

1 Pesquisador, IFSULDEMINAS – Campus Pouso Alegre. E-mail: daniel.pelissari@ifsuldeminas.edu.br.

2 Orientador, UNICAMP. E-mail: mori@feq.unicamp.br.

de conservação de momento, massa e energia e de espécies são resolvidas para cada fase simultaneamente. As equações que foram usadas neste trabalho são apresentadas na Tabela 1. A transferência de quantidade de momento entre fase gasosa e a fase sólida foi considerada pelo modelo de arraste EMMS de Yang et al. (2003). Para representar a cinética do processo foi utilizado o modelo cinético de 12 lumps de Wu et al. (2008).

Tabela 1 - Equações governantes do escoamento gás-sólido.

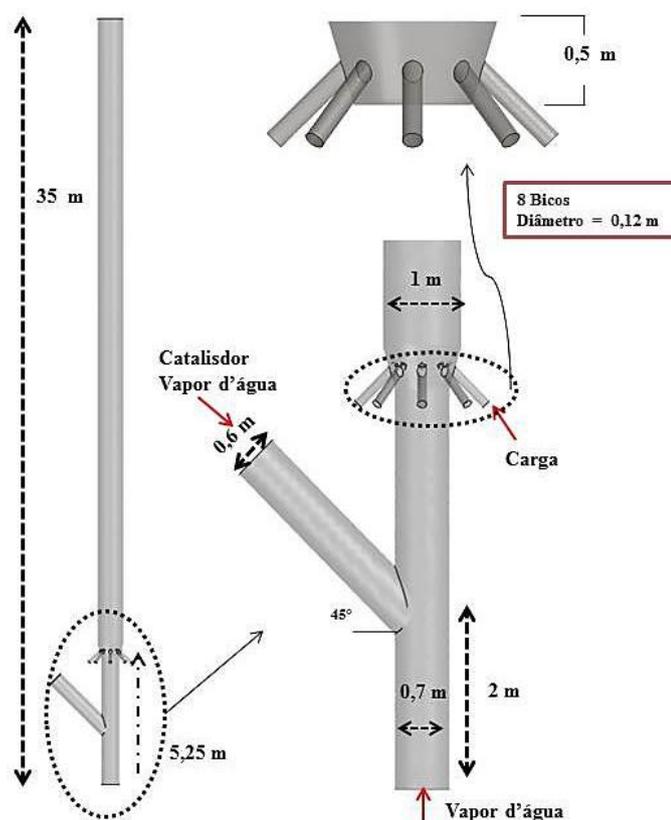
Equação da continuidade para fase gás e fase sólida	
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_g \rho_g) + \nabla \cdot (\varepsilon_g \rho_g \mathbf{u}_g) = -m_{coke}$	(1)
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_s \rho_s) + \nabla \cdot (\varepsilon_s \rho_s \mathbf{u}_s) = m_{coke}$	(2)
Equação do momento para fase gás e fase sólida	
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_g \rho_g \mathbf{u}_g) + \nabla \cdot (\varepsilon_g \rho_g \mathbf{u}_g \mathbf{u}_g) = \nabla \cdot [\varepsilon_g \mu_g (\nabla \mathbf{u}_g + (\nabla \mathbf{u}_g)^T)] - \varepsilon_g \nabla p + \varepsilon_g \rho_g \mathbf{g} + \beta(\mathbf{u}_s - \mathbf{u}_g)$	(3)
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_s \rho_s \mathbf{u}_s) + \nabla \cdot (\varepsilon_s \rho_s \mathbf{u}_s \mathbf{u}_s) = \nabla \cdot [\varepsilon_s \mu_s (\nabla \mathbf{u}_s + (\nabla \mathbf{u}_s)^T)] - \varepsilon_s G \nabla \varepsilon_s + \varepsilon_s \rho_s \mathbf{g} + \beta(\mathbf{u}_g - \mathbf{u}_s)$	(4)
Equação de energia para fase gás e fase sólida	
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_g \rho_g H_g) + \nabla \cdot (\varepsilon_g \rho_g \mathbf{u}_g H_g) = \nabla \cdot [\varepsilon_g \lambda_g \nabla T_g] - Q_r + h_{gs}(T_s - T_g)$	(5)
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_s \rho_s H_s) + \nabla \cdot (\varepsilon_s \rho_s \mathbf{u}_s H_s) = \nabla \cdot [\varepsilon_s \lambda_s \nabla T_s] + h_{gs} A_{g/s}(T_g - T_s)$	(6)
Equação de transporte das espécies para fase gás	
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_g \rho_g Y_{i,g}) + \nabla \cdot (\varepsilon_g \rho_g \mathbf{u}_g Y_{i,g}) = \nabla \cdot (\varepsilon_g \rho_g \Gamma_i \nabla Y_{i,g}) + R_i$	(7)
Equação de transporte de espécie para o coque no catalisador.	
$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_s \rho_s Y_{coke}) + \nabla \cdot (\varepsilon_s \rho_s \mathbf{u}_s Y_{coke}) = \nabla \cdot (\varepsilon_s \rho_s \Gamma_{coke} \nabla Y_{coke}) + m_{coke}$	(8)

A geometria utilizada é igual ao utilizado em prévio trabalho (PELLISSARI et al., 2018). As dimensões e detalhes da geometria podem ser observadas na Figura 1. Foram avaliadas quatro condições operacionais, as quais são mostradas na Tabela 2. A composição da carga é composta por 65,86 % de saturados, 11,54 % de aromáticos e 22,6 % de resinas e asfaltenos.

Tabela 2 - Casos estudados.

Casos	Temperatura de entrada do catalisador (K)	Relação Catalisador/ Carga (g <sub>cat</sub> /g <sub>carga</sub> )	% de vapor
1	1001	6	5
2	1001	11	5
3	1001	6	8
4	1001	11	8

Figura 1 - Geometria e dimensões do riser.

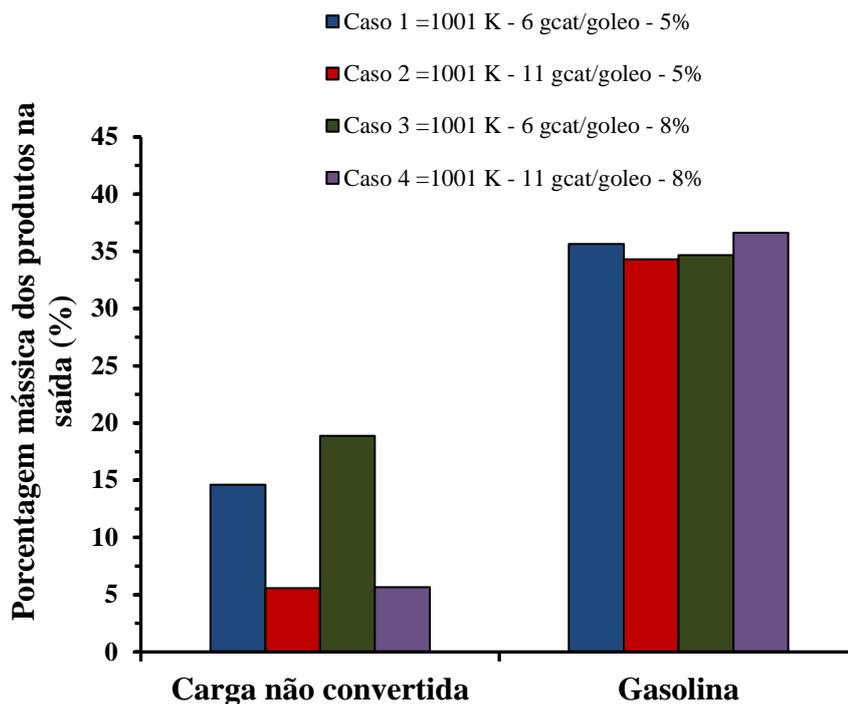


### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 são mostrados o rendimento de gasolina e a porcentagem de carga não convertida para as condições operacionais avaliadas. Comparando-se os casos com mesma % de vapor, nota-se que a conversão da carga aumenta com o aumento da relação catalisador/óleo independente da porcentagem de vapor utilizada. Já comprando os resultados porcentagem de carga não convertida com mesma quantidade de catalisador, observa-se que, quando utilizado uma relação catalisador/carga igual a 6, o aumento da porcentagem de vapor aumento a quantidade de carga não convertida, enquanto, quando utilizado uma relação catalisador/carga igual a 11, a variação da % de vapor não influenciou a conversão da carga.

Em relação ao rendimento da gasolina, comparando-se as condições com mesma % de vapor, observa-se que, quando utilizado 5% de vapor na base do riser, o aumento da quantidade de catalisador diminuiu o rendimento da gasolina, já quando utilizado 8% de vapor, o aumento da quantidade de catalisador favoreceu o rendimento de gasolina. Comparando-se as condições com mesma quantidade de catalisador, observa-se que, quando utilizado uma relação catalisador/carga igual a 6, o aumento da % de vapor diminuiu o rendimento de gasolina, enquanto para uma relação catalisador/carga igual a 11, o aumento da % de vapor aumentou o rendimento.

Figura 2 - Rendimento de gasolina e carga não convertida para diferentes condições operacionais.



#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados pode-se concluir que a quantidade de catalisador e porcentagem de vapor são parâmetro importantes na determinação do rendimento de gasolina e conversão da carga do riser FCC. Além disso, nota-se que as variáveis operacionais são dependentes umas das outras.

#### REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-CASTRO, H.C., MATOS E.M, MORI M, MARTIGNONI, W; OCONE, R.W. Analysis of Process Variables via CFD to Evaluate the Performance of a FCC Riser. **International Journal of Chemical Engineering**, vol. 2015, 2015.
- ARMELLINI, V.A.D. **Estudo computacional da influência dos bicos injetores e internos em risers industriais de FCC**. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2015.
- PELLISSARI, D. C., ALVARES-CASTRO, H. C., VERGEL, J. L. G., MORI, M. Numerical investigation of influence of treatment of the coke component on hydrodynamic and catalytic cracking reactions in an industrial riser. **Advanced Powder Technology**, Vol 29, p. 2568–2581, 2018.
- WU, F.Y., WENG, H., LUO, S. Study on lumped kinetic model for FDFCC I. Establishment of model. **China Petroleum Processing and Petrochemical Technology**, no. 2, p. 45-52, 2008.
- YANG, N., WANG, W., GE, W., LI, J. CFD simulations of concurrent up gas solid flow in CFB structure dependent drag coefficient. **Chemical Engineering Journal**, v.96, p.71-80, 2003.