

Queima de Correntes Residuais em Incineradores

Leonardo Guedes Monjellos de Souza¹ e Angela O. Nieckele²

Dept. Eng. Mecânica - PUC/Rio, R. Marquês de S.Vicente 225,
22453-900, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

¹leomon@mec.puc-rio.br, ²nieckele@mec.puc-rio.br (orientadora)

As indústrias químicas e petroquímicas geram uma grande quantidade de correntes residuais ácidas e amoniacais nocivas ao meio ambiente e ao ser humano. Uma das soluções para esse problema é o processo de queima dessas correntes em incineradores, reduzindo as concentrações de poluentes emitidos. A fim de otimizar e baixar os custos dos processos de combustão de correntes residuais seria interessante a construção de modelos onde a análise desses mecanismos fosse possível, porém a construção de experimentos onde esses processos possam ser estudados é cara e o manuseio de cargas residuais é perigoso. Assim, uma análise numérica dos mecanismos de combustão de correntes residuais em incineradores se faz necessária.

Investigou-se a queima de três correntes de gás: ácido, amoniacal e gás proveniente da torre, em um incinerador Lubor (rico em HCs), como o visto na Fig.1. A queima é realizada utilizando-se uma corrente de gás combustível rica em metano. O combustível é injetado junto com as correntes através de oito orifícios distribuídos axisimetricamente sobre a entrada do queimador. Em seu centro, o queimador recebe ar primário rico em O₂ que irá possibilitar a combustão. Após a câmara redutora, ar secundário é inserido para completar a combustão. Na Tabela 1 estão as concentrações de entrada utilizadas nesse trabalho.

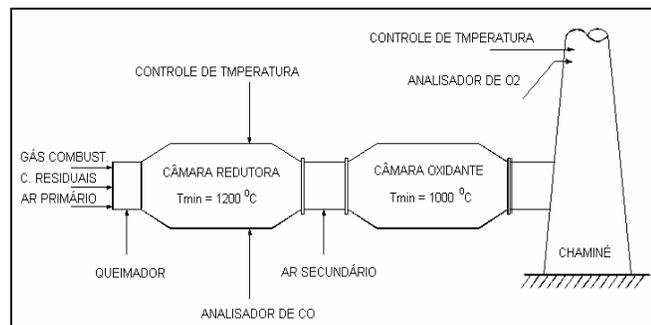


Figura 1

O campo de velocidades, pressão, temperatura e frações em massa da espécie no interior do forno foram determinados numericamente, utilizando o software FLUENT, v6.1 [1]. Para representar o regime turbulento, foi adotado o modelo de turbulência $\kappa - \epsilon$ [2]. A partir das concentrações encontradas no incinerado, selecionou-se o mecanismo de reação [3]. Considerou-se a combustão como não misturada e as espécies foram obtidas através da técnica PDF (“Probability density function”), baseada na função β [4].

Foram analisados cinco casos para avaliar como a injeção das correntes e do metano afeta a combustão. No Caso 1, o combustível e as correntes residuais foram injetados (já misturados) através de um anel concêntrico com o orifício de entrada de Ar Primário. No Caso 2, a entrada de ar secundário foi fechada e todo o ar foi injetado pela entrada de ar primário. No Caso 3, a área do anel de injeção da mistura correntes-combustível foi reduzida sem que se diminuísse a vazão, aumentando a

Tabela 1 – Concentração na entrada

Espécie	Fração Mássica
Correntes	
N ₂	0,71 x 10 ⁻²
CO ₂	0,51 x 10 ⁻²
CH ₄	44,27 x 10 ⁻²
H ₂ S	46,57 x 10 ⁻²
NH ₃	1,63 x 10 ⁻²
H ₂ O	4,75 x 10 ⁻²
H ₂	1,56 x 10 ⁻²
Combustível	
N ₂	1,20 x 10 ⁻²
CO ₂	2,66 x 10 ⁻²
CH ₄	96,14 x 10 ⁻²
Ar Primário e Secundário	
N ₂	76,7 x 10 ⁻²
O ₂	23,3 x 10 ⁻²

velocidade de entrada . No Caso 4, o combustível foi injetado separadamente da corrente residual. No Caso 5, as correntes residuais foram injetadas radialmente no queimador.

A Figura 2 ilustra a fração mássica dos poluentes ao longo da linha de centro. Podemos observar que nos primeiros dois metros do incinerador não há nenhum dos três poluentes na linha de centro. Isso ocorre porque as correntes são injetadas afastadas da linha de centro. A partir dessa posição as concentrações de CO₂ e H₂S aumentam e se tornam praticamente constantes, até que se alcança a zona de oxidação onde as frações caem e tendem à zero. O Caso 2 apresentou uma menor concentração de poluentes ao longo do eixo em virtude da soma das vazões de ar primário e secundário.

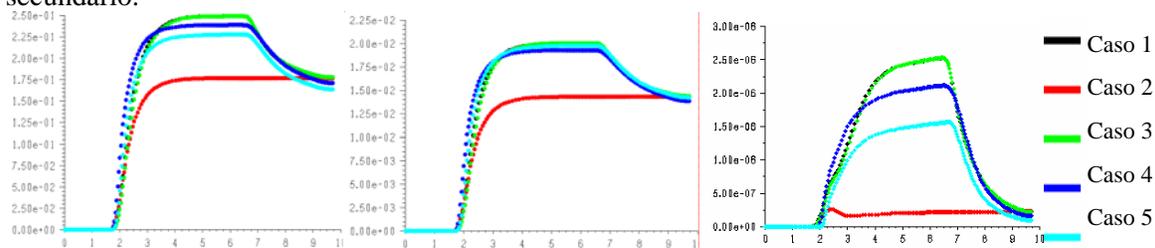


Figura 2 – Fração em massa ao longo da linha de centro. a) CO₂ b) H₂S c) NH₃

Para os casos 1, 3, 4 e 5, campos de temperaturas semelhantes foram obtidos, Fig. 3, com temperaturas próximas a 1600K na zona redutora atingindo 2100 K na zona oxidante. Já para o caso 2, ambas as zonas apresentaram temperaturas da ordem de 2000K. A diferenciação do perfil no Caso 2 se deve ao aumento da quantidade de oxigênio na zona redutora, aumentando a taxa de combustão.

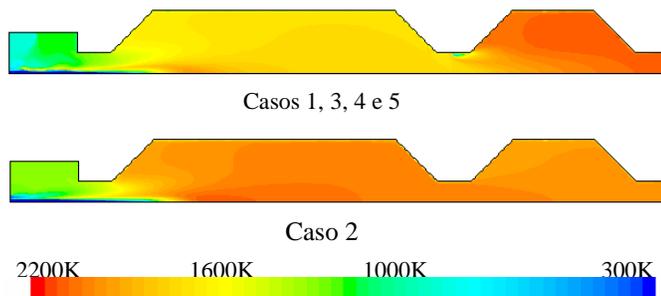


Figura 3 – Campo de temperatura

As concentrações encontradas na saída do incinerador para cada uma das espécies encontram-se na Tabela 2. Vemos que a queima do H₂S não foi influenciada de maneira significativa pelas alterações propostas, porém o caso 5 se mostrou mais eficaz na combustão do NH₃. O Caso 3 consumiu menos metano, indicando que uma quantidade menor de combustível poderia ser usada. Também percebemos que no Caso 3 temos a menor formação de CO₂.

Tabela 2 – Frações Mássicas na Saída					
ESPÉCIE	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
CH ₄	$1,074 \times 10^{-17}$	$3,819 \times 10^{-18}$	$1,089 \times 10^{-07}$	$4,226 \times 10^{-13}$	$1,357 \times 10^{-12}$
H ₂ S	$1,430 \times 10^{-02}$	$1,430 \times 10^{-02}$	$1,430 \times 10^{-02}$	$1,374 \times 10^{-02}$	$1,414 \times 10^{-02}$
NH ₃	$2,058 \times 10^{-07}$	$2,303 \times 10^{-07}$	$2,056 \times 10^{-07}$	$1,406 \times 10^{-07}$	$8,120 \times 10^{-08}$
CO ₂	$1,766 \times 10^{-01}$	$1,767 \times 10^{-01}$	$1,766 \times 10^{-02}$	$1,695 \times 10^{-01}$	$1,626 \times 10^{-01}$

REFERÊNCIAS

- [1] Fluent User's Guide, version 6, Fluent Incorporated, New Hampshire, 2003.
- [2] Jones, W.P. e Whitelaw, J.H., "Calculation Methods for Reacting Turbulent Flow: A Review," Combustion Flames, V. 48, pp.1-26, 1982
- [3] Figueira da Silva, L. F., Nieckele, A. O., Naccache, M. F., "Reduced Chemical Kinetics Mechanism for Complex Mixtures of Hydrocarbon/Sulfur/Ammonia Gases", Anais do ENCIT 2002, CIT02-211, 2002.
- [4] Sivathann, Y.R. and Faeth, G.M, "Generalized State Relationships for Scalar Properties in Non Premixed Hydrocarbon/Air Flames, Combustion Flame, V. 82, pp.211-230, 1990.