

# ANÁLISE COMPARATIVA DE UMA CHAMA DIFUSIVA DO TIPO JATO DE METANO EM AR UTILIZANDO MÉTODOS ANALÍTICOS E COMPUTACIONAIS.

João Marcel Serafin, joao\_serafin@hotmail.com

Luís Felipe Dondoni, felipedondoni@yahoo.com.br

Renan Michel Galli Paliga, renan\_paliga@msn.com

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI - Campus de Erechim, RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil

Prof. Dr. Cristiano Vitorino da Silva - cristiano@uricer.edu.br

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI - Campus de Erechim, RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta uma investigação numérica computacional, utilizando o software comercial Ansys CFX © Europe Ltd, sobre o estudo do comprimento de uma chama visível de metano em ar. Os resultados obtidos foram incrementados à forma analítica a fim de descobrir a porção da chama que está contida no visível.

**PALAVRAS-CHAVE:** chama, CFX, metano

**ABSTRACT:** This present work presents a numerical computational investigation using the commercial software Ansys CFX © Europe Ltd, about the length of a visible flame of methane in air. The results obtained were increased to the analytical form in order to find the portion of the flame is contained in the visible.

**KEYWORDS:** flame, CFX, methane

## INTRODUÇÃO

Segundo Carvalho (2007) as chamas de difusão turbulentas tipo jato de gás são muito utilizadas na indústria, pois utilizam uma menor quantidade de ar e a poluição é reduzida em relação a combustíveis sólidos ou líquidos. Também propõe o modelo de Becker e Liang (1978), onde a variação do comprimento visível de uma chama turbulenta vertical de metano em ar estagnado para qual os efeitos de flutuação foram considerados pode ser calculada em função do número de Reynolds.

## METODOLOGIA

As simulações foram realizadas junto ao LABSIM (Laboratório de Simulação Numérica) da URI - Campus de Erechim, para o estudo de uma chama difusiva do tipo jato de metano em ar. Foi assumido que a chama se comporta como um corpo negro, para que fosse possível observar a região espectral do visível, Fig. 1, para a chama simulada (INCROPERA, 2008). Na solução analítica foi considerada a formulação proposta por Becker e Liang, Eq. (1), afim de descobrir o comprimento máximo da chama visível.

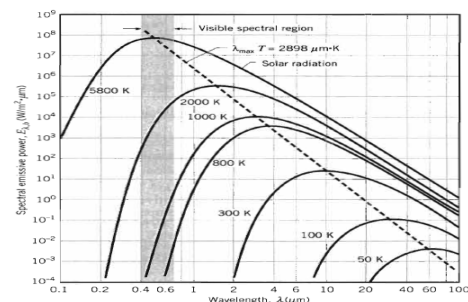


Figura 1 - Poder emissivo espectral de corpos negros

## Condições de Contorno

As condições de contorno utilizadas para a realização da simulação da chama difusiva do tipo jato de metano em ar foram a vazão mássica de metano de  $5,136 \times 10^{-5}$  kg/s (Re 5000) e temperatura de entrada do metano no bico de 300 K (temperatura ambiente). Foi considerado somente o metano nas condições de entrada.

## Equações governantes

Foi utilizado o modelo de combustão *WDI, Eddy Dissipation*, considerando um regime permanente para a simulação da chama. Também foi assumido o modelo *k-ε* para representar a turbulência do escoamento. A Eq. (1) foi utilizada para calcular empiricamente o comprimento da chama visível, a Eq. (2) para o poder emissivo espectral e a Eq. (3) para a fração da emissão total de um corpo negro.

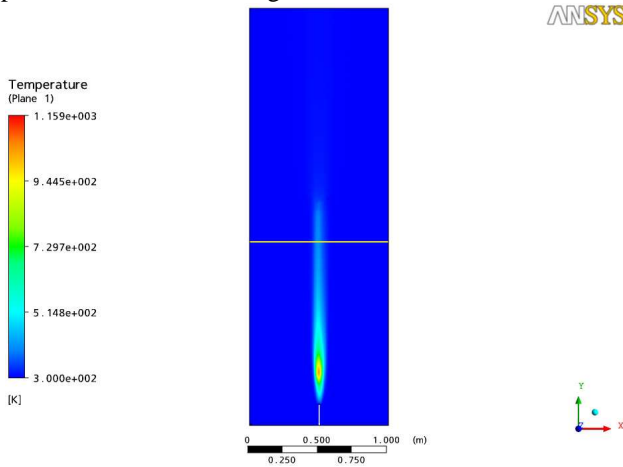
$$\left(\frac{d_i}{L}\right)^{2/3} = 0,01446 + 8,162 \frac{d_i}{Re_i^{2/3}} \frac{L}{d_i} \quad (1)$$

$$E_{\lambda, cn}(\lambda, T) = \pi I_{\lambda, cn}(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(\frac{C_2}{\lambda T}) - 1]} \quad (2)$$

$$F_{(\lambda_1 \rightarrow \lambda_2)} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{\lambda, cn} d\lambda - \int_{\lambda_1}^{\lambda_1} E_{\lambda, cn} d\lambda}{\sigma T^4} = F_{(0 \rightarrow \lambda_2)} - F_{(0 \rightarrow \lambda_1)} \quad (3)$$

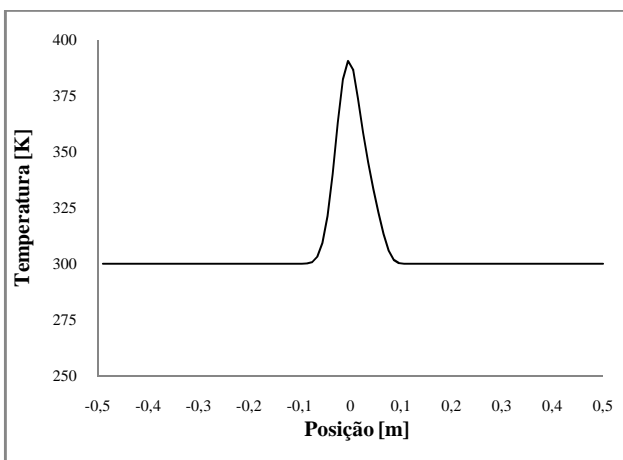
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Eq. (1) foi possível obter o comprimento da chama visível analítica, correspondente a 1,32m, como pode ser observado na Fig. 2.



**Figura 2** - Distribuição de temperatura e linha demonstrando o comprimento da chama analítica.

É possível notar que a temperatura na linha determinada como fim da chama visível é relativamente baixa comparada com a de combustão. Com isto obteve-se a distribuição de temperatura horizontal na posição definida ( $y=1,32m$ ), como pode ser observada na Fig. 3.



**Figura 3** - Relação da posição horizontal da chama em  $y=1,32m$  com a temperatura

Com os valores contidos na Fig. 3 foi possível calcular através das Eq. (2) e Eq.(3), a fração da emissão total de um corpo negro (F), que nada mais é que a fração do visível da chama em estudo. Os resultados podem ser vistos na Tab. 1.

**Tabela 1.** Relação temperatura e fração de emissão total de um corpo negro

Temperatura	F
299,996	8,9967E-26
300,017	9,0396E-26
301,209	1,1715E-25
305,039	2,6587E-25
313,659	1,5605E-24
329,131	2,9482E-23
351,129	1,2192E-21
375,085	4,2222E-20
389,85	3,0037E-19
391,667	3,7841E-19

Esses valores (F) apesar de estarem na faixa do visível, são muito baixos e praticamente impossíveis de serem observados na chama.

## CONCLUSÃO

Nesta posição dada pela equação de Becker e Liang, praticamente é impossível ver a chama. Logo, o modelo WD1 sub-estima o tamanho da mesma, pelo fato de não haver uma cinética completa de reações químicas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à FAPERGS e a URI pelas bolsas de IC concedidas.

## REFERÊNCIAS

- BECKER, H.A., LIANG, D. 1978, "Visible Length of Vertical Free Turbulent Diffusion Flames, Combustion and Flame", p.115-137.
- CARVALHO Jr., J. A. de, MCQUAY, M.Q, 2007, "Princípios de combustão aplicada", Ed. da UFSC, Florianópolis, Brasil.
- INCROPERA, et al., 2008. "Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa". Ed. LTC, Rio de Janeiro, Brasil, 644 p.
- ANSYS Inc, 2004. "User's guide - CFX Solver Theory".

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.