

# Estudo da influência do espalhamento radiante em câmaras de combustão de metano

## 1. Introdução

Indústrias e usinas de energia fazem um extensivo emprego de câmaras de combustão para a geração de calor. A transferência de calor está associada aos mecanismos de condução, convecção e radiação. Este último, reconhecidamente de grande complexidade, ainda requer estudos mais detalhados para se chegar a uma melhor compreensão do processo de combustão e para o projeto de câmaras de combustão. Dessa forma, um estudo foi realizado utilizando o software de solução numérica Ansys CFX 12.

## 2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é simular e estudar a influência do Espalhamento Radiante em processos de combustão, neste caso de combustão de metano. E também demonstrar a importância dessa propriedade a fim de aumentar a eficiência e melhorar o dimensionamento de câmaras de combustão

## 3. Modelagem matemática

A modelagem numérica é baseada no método dos volumes finitos, onde são resolvidas as equações de conservação de massa, quantidade de movimento e energia e o modelo radiante. Estas equações são:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \left( \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) + S_{Massa} = 0$$

$$\left( \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) + \nabla \cdot (\rho U U) = \nabla \cdot (-p \delta + \mu (\nabla U + (\nabla U)^T)) + S_M$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h_{tot}) - \frac{\partial p}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U h_{tot}) = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + S_E$$

$$\frac{dI_v(r, s)}{ds} = - (K_{av} + K_{sv}) I_v(r, s) + K_a I_b(v, T) + \frac{K_{sv}}{4\pi} \int I_v(r, s') d\Omega' + S$$

## 4. Espalhamento Radiante

Espalhamento corresponde ao desvio direcional da radiação em um meio participante, podendo ocasionar tanto a redução quanto o aumento da intensidade de radiação. Ocorre principalmente em gases com a presença de particulados, como carvão pulverizado e fuligem.

## 5. Descrição do Problema

O problema consiste numa câmara circular de combustão de metano. Possui entrada de 0.0125kg/s de combustível (90% CH<sub>4</sub>, 10% N<sub>2</sub>) paralelo ao eixo de simetria na temperatura de 323,25K, e entrada de 0.186kg/s comburente (23% O<sub>2</sub>, 1% H<sub>2</sub>O, 76% N<sub>2</sub>) através de uma geometria anular na temperatura de 313,15k. As paredes da câmara foram consideradas lisas com emissividade de 0,6 e 393,15k de temperatura prescrita, e o fluido participante possui coeficiente de absorção de 0.1 [1/m]. As dimensões da geometria e as condições de contorno estão indicadas na Figura 1 abaixo:

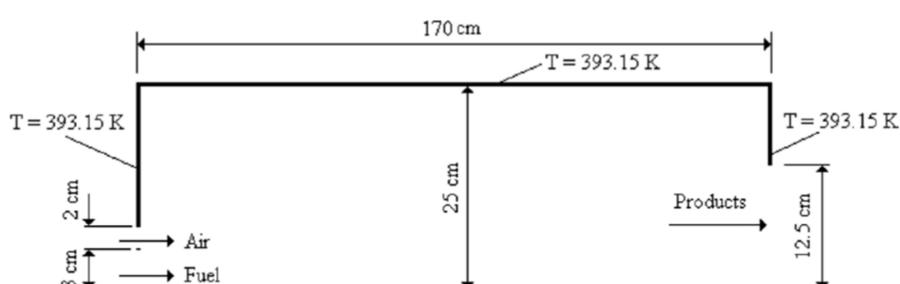


Figura 1: Geometria e condições de contorno do problema.

## 6. Resultados e Discussões

Neste trabalho foi utilizado uma malha com cerca de 500.000 volumes com um maior refinamento na região dos queimadores, devido à alta turbulência ali presente. O regime adotado para a simulação foi o permanente. A partir da solução acoplada dos modelos de turbulência *K-ε*, de combustão *Eddy Dissipation*, e de radiação *Discrete Transfer*, com os devidos critérios de convergência, foram resolvidos casos considerando um aumento gradual do coeficiente de espalhamento radiante.

O campo de temperaturas do interior da câmara apresentou pequenas alterações. Considerando a influência da radiação na combustão, houve uma pequena diminuição da temperatura máxima, conforme mostra Figura 2, de 1798K para 1783K.

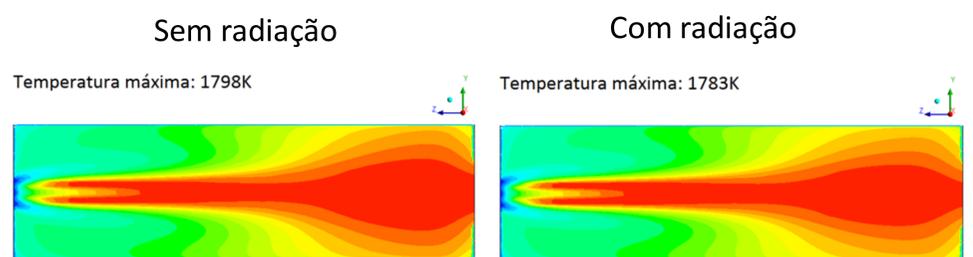


Figura 2: Campo de Temperaturas

Implementando o coeficiente de espalhamento radiante, a distribuição do fluxo de calor total alterou-se significativamente, conforme mostra Figura 3. O fluxo térmico máximo aumentou, aproximadamente, de 62K W/m<sup>2</sup> para 93K W/m<sup>2</sup> e passou a ocorrer na parede ao redor da saída dos gases da câmara.

Coef. Espalhamento: 0 [1/m]

Coef. Espalhamento: 6 [1/m]

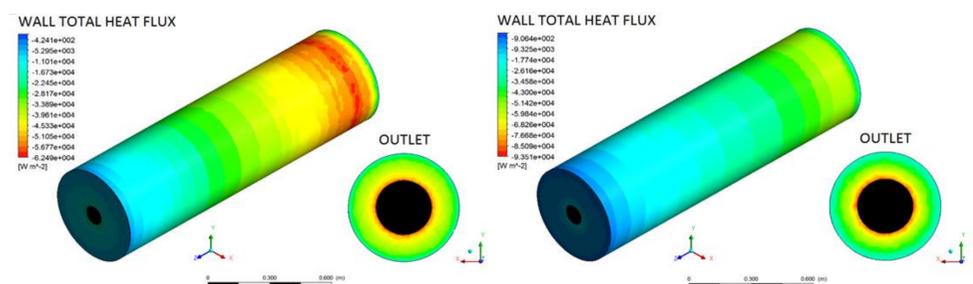


Figura 3: Fluxo de calor total nas paredes da câmara

## 7. Conclusões

O espalhamento radiante age sobre o fluido de combustão distribuindo a energia das regiões de maiores concentrações para as menores, homogêneo a distribuição do fluxo radiante. Dessa forma, há o aumento do fluxo de calor máximo, pois na parede de trás da câmara ocorre o fluxo de calor convectivo máximo e também o fluxo de calor radiante aumenta mais consideravelmente com o acréscimo do espalhamento.

A radiação e as propriedades radiantes exercem grande influência em processos de combustão, assim é importante considerá-las corretamente para projetos de câmaras de combustão com melhor rendimento e dimensionamento e também para melhorar o processo de queima dos reagentes.

## 8. Referências Bibliográficas

- [1] C. V. Silva, F. H. R. França, and H. A. Vielmo (2007). "Analysis of the Turbulent, Non-Premixed Combustion of Natural Gas in a Cylindrical Chamber with and without Thermal Radiation".
- [2] M. G. Carvalho e T. L. Farias (1998) "Modelling of heat transfer in radiating and combusting systems".
- [3] CFX v12, Ansys CFX-Solver Theory Guide and Modeling Guide.
- [4] Garreton, D. e Simonin, O. (1994) "Aerodynamics of steady state combustion chambers and furnaces".