

Aluno: Pedro Wink Guaragna
Orientador Francis Henrique Ramos França

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Mecânica
LRT – Laboratório de Radiação Térmica



Introdução

Este projeto de pesquisa relata um estudo computacional e teórico sobre uma chama não pré misturada de metano com fluxo coaxial de ar. O estudo da Radiação Térmica emitida pela chama, que é o principal mecanismo de transferência de calor envolvido nos queimadores do tipo flare, é de suma importância para suas aplicações, como a queima de combustíveis residuais em indústrias de óleo. A chama simulada numericamente apresenta-se como laminar e estabilizada com o auxílio do fluxo coaxial de ar e assemelha-se a um experimento realizado pelo laboratório de combustão.

Objetivos

A pesquisa busca, principalmente, alcançar um resultado de acordo com o experimental, assim verificando a capacidade dos métodos numéricos utilizados na simulação.

Metodologia

Utilizou-se do código computacional ANSYS ICEM para a confecção da malha computacional e a mesma foi exportada para o ANSYS Fluent para a simulação. Aproveitou-se da simetria do sistema em relação ao eixo axial e resolveu-se o problema em 2D. Devido a limitação do Fluent para cálculo de combustão em chama laminar não pré misturada, foi necessário o emprego de um mecanismo de 4 passos importado para o programa. Além disso foi também realizado um teste de convergência de Malha.

Equações Fundamentais:

Continuidade

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = S_m$$

Momento

$$\frac{\partial \overline{\rho u_i}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\overline{\rho u_i u_j}) = - \frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} - \frac{\partial \overline{\tau_{ij}}}{\partial x_j} + \overline{\rho} g_i + \overline{f_{d,i}} + \overline{\dot{m}_b''' u_{b,i}}$$

Energia

$$\frac{\partial (\rho T)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j T) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) + S$$

Modelos Utilizados

Para a turbulência foi adotado o modelo Laminar. Para a Radiação foi escolhido o Método das Ordenadas Discretas usando 160 divisões do ângulo θ (não são necessárias para o ângulo φ , pois é um problema 2D). Para a cinética química foi utilizado um mecanismo de 4 passos que trabalha apenas com as espécies CH₄, O₂, H₂O, H₂, CO, CO₂ e N₂, que são as principais na combustão.

Resultados

Convergência de Malha

Foram criadas 3 malhas (uma de 85 mil elementos, outra de 37 mil e outra de 16 mil) e seus resultados de Temperatura máxima e frações molares máximas de CO₂ e H₂O foram comparados para um teste de convergência de malha que demonstrou resultados satisfatórios com índices 0.998, 1.002 e 0.9997 respectivamente (quanto mais próximo do 1, melhor).

Campo de Temperatura

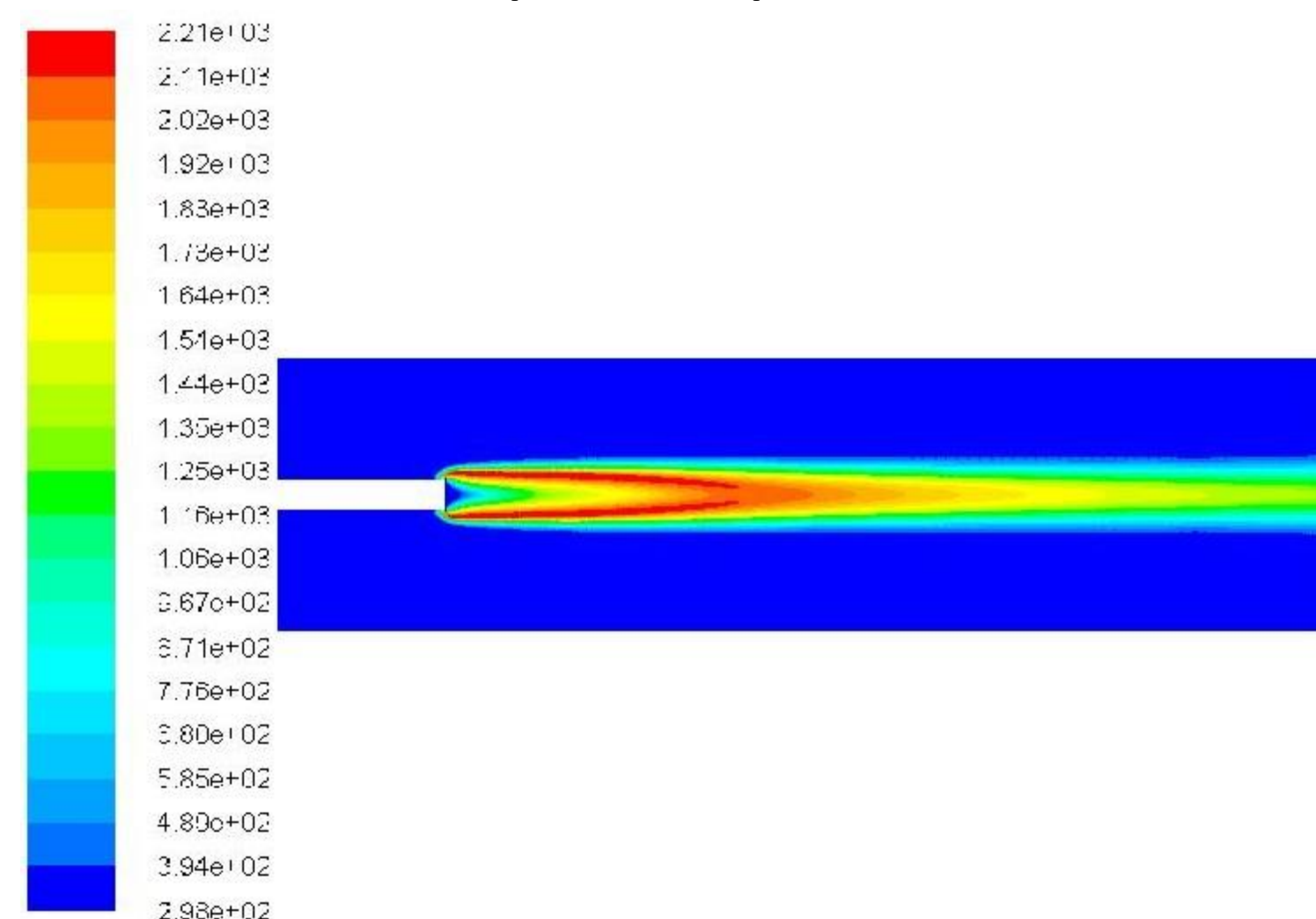


Figura 1: Campo de Temperatura após 210000 iterações, sem considerar efeitos de radiação.

Fluxo Radiativo

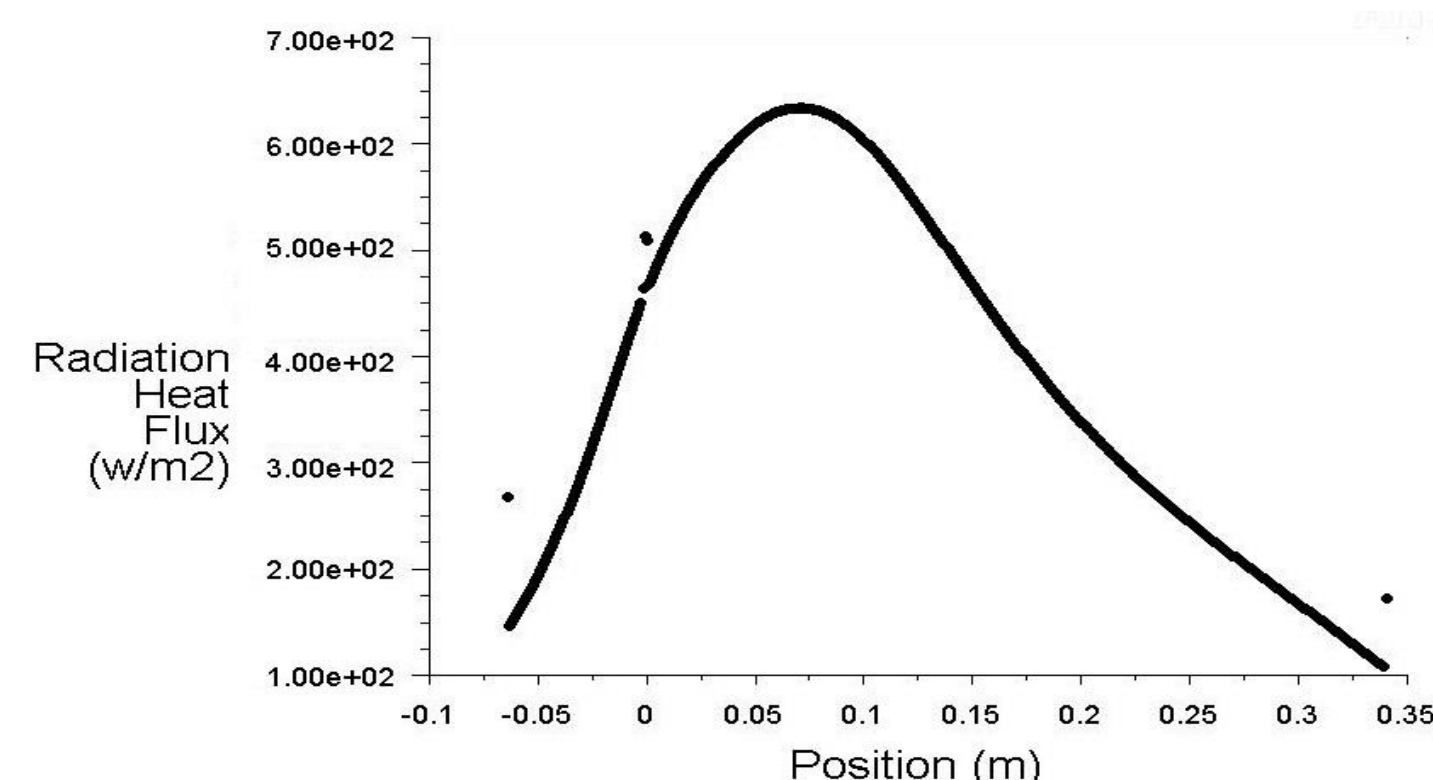


Figura 2: fluxo radiativo a uma distância de 52mm avaliado ao longo do eixo x na convenção da primeira imagem.

Conclusões

O trabalho apresentou excelentes resultados para o teste da Convergência de Malha. O valor máximo de Temperatura (próximo aos 2210 K sem efeitos de radiação) é coerente para este caso. Considerando o fluxo radiativo, supõe-se que os 3 pontos fora da curva são consequência da dificuldade de cálculo nos cantos e na ponta do queimador. Até o presente momento, o cálculo não apresentou-se totalmente convergido devido ao elevado tempo de cálculo, principalmente com o modelo de Radiação ativo. Após ter o resultado melhor convergido, o mesmo será comparado com o resultado experimental.