

Estudo da Modelagem de Escoamentos Reativos com Malhas Não Estruturadas Utilizando o Método de Frink

José Carlos Lombardi^{*, 1},
Jeronimo dos Santos Travelho^{**, 1},
Maurício Ribeiro Baldan,²

(1)Área de Mecânica dos Flúidos Computacional
Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada - LAC

(2)Laboratório Associado de Sensores e Materiais – LAS
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

(*)Doutorado, e-mail: lombardi@lac.inpe.br (**) Orientador

Resumo

A metodologia de malhas não estruturadas oferece algumas vantagens quando comparada com os métodos tradicionais de malhas estruturadas na simulação do fluxo de um fluido sobre uma geometria complexa. Isto é devido principalmente ao fato de que é mais fácil acompanhar os contornos da geometria, facilitando o refinamento da malha nas regiões de interesse. Seguindo esse princípio, muito progresso já foi conseguido na modelagem desses escoamentos utilizando malhas não estruturadas [4]. Além disso, outro fenômeno importante que acontece principalmente em escoamentos reativos é a turbulência, difícil de simular devido à existência de uma variação muito grande nas escalas [6]. O objetivo deste estudo é desenvolver um código computacional baseado no método de Frink [1] para modelagem de escoamentos reativos.

Palavras-Chave: escoamentos reativos, malhas não estruturadas, modelagem numérica, mecânica dos fluidos

Introdução

No Laboratório de Computação Científica – LAC vem sendo desenvolvidos trabalhos baseados na metodologia da Abordagem Baseada no Circuncentro – ABC [5], com bons resultados em duas dimensões, principalmente devido à grande facilidade de implementação do método. Porém, este método requer malhas de alta qualidade, uma vez que é baseada no esquema centrado na célula, onde a grandeza em questão é calculada no circuncentro. No caso bidimensional, se a malha for de baixa qualidade, muitos triângulos terão o circuncentro localizado fora da célula. Esta situação se complica no caso tridimensional, com malhas formadas por tetraedros. Como pretende-se, neste estudo, modelar o escoamento em três dimensões, procurou-se outro método, também centrado na célula, mas que fosse menos sensível à qualidade da malha. Optou-se pelo método Frink, onde as grandezas são calculadas no baricentro da célula, conforme descrito em [1], [2] e [3].

Equações de Transporte

Na modelagem de escoamentos reativos deve-se levar em conta a variação da densidade do fluido devido as grandes variações de temperatura envolvidas. Sendo assim, não é possível fazer uso das simplificações aplicadas às equações de Navier-Stokes, comuns nos escoamentos incompressíveis. As equações que governam o fenômeno são:

a)Equação da Continuidade:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0$$

onde ρ é a densidade e $\vec{v}$ é o vetor das velocidades.

b)Equação de Momento:

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j u_i)}{\partial x_j} = \frac{\partial \tau_{ji}}{\partial x_i} + B_i$$

onde τ_{ij} são as tensões de cisalhamento e B_i são as forças de campo.

c)Equação de Energia em função da entalpia:

$$\rho \frac{Dh_t}{Dt} - \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial(u_i \tau_{ji})}{\partial x_j} + \dot{Q} - \vec{\nabla} \cdot q$$

onde h_t é a entalpia total, $\dot{Q}$ é calor fornecido ao sistema e q é o fluxo de calor.

Essas equações serão discretizadas primeiro em duas dimensões, usando-se os métodos ABC e de Frink e os resultados comparados. Em seguida será desenvolvida uma versão tridimensional pelo método de Frink.

Referências

- [1] Frink, Neal T.; Parikh, Paresh; Pirzadeh, Shahyar; A Fast Upwind Solver for the Euler Equations on Three-Dimensional Ustructured Meshes, AIAA Paper 91-0102, 1991.
- [2] Frink, Neal T.; Recent Progress Toward a Three-Dimensional Unstructured Navier-Stokes Flow Solver, AIAA Paper 94-0061, 1994.
- [3] Frink, Neal T.; Pirzadeh, Shahyar; Tetrahedral Finite-Volume Solutions to the Navier-Stokes Equations on Complex Configurations **In:** Tenth International Conference on Finite Elements in Fluids. Tucson, Arizona, USA, January 5-8, 1998.
- [4] Mavriplis, D.; Unstructured-Grid Techniques, Ann. Rev. Fluid Mech., Vol. 29, 1997, pp. 473-514.

- [5] Travelho, J. S., Fazenda, A. L., Enari, E. H.; Abordagem Pelo Circuncentro Para Malhas Não Estruturadas Em Transferência de Calor **In:** XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia, 22-26 de Novembro, 1999.
- [6] Wang, Q., Massey, Steven J., Abdol-Hamid, Kaled, Frink, Neal T.; Pirzadeh, Shahyar; Tetrahedral Finite-Volume Solutions to the Navier-Stokes Equations on Complex Configurations **In:** Tenth International Conference on Finite Elements in Fluids. Tucson, Arizona, USA, January 5-8, 1998.