

Análise Numérica de Escoamentos com Transferência de Calor sobre Cilindros Circulares

Fábio de Moraes Vaz da Silva, Elizaldo Domingues dos Santos, Luiz Alberto Oliveira Rocha

Introdução

Os objetivos deste trabalho são demonstrar que a abordagem numérica é bem sucedida na simulação de escoamentos sobre cilindros com transferência de calor e também apresentar um estudo sobre a influência da discretização espacial do domínio (geração de malha) sobre o comportamento fluidodinâmico e térmico do escoamento.

No que diz respeito à construção da malha, são comparados duas malhas computacionais, malha estruturada e uma híbrida, que contém células estruturadas e não-estruturadas. Os resultados mostram que a discretização espacial pode influenciar sobre a estimativa dos escoamentos com transferência de calor. Para avaliação qualitativa dos escoamentos são avaliadas as topologias dos campos de temperatura e para análise quantitativa os números de Nusselt superficial médios obtidos no presente trabalho são confrontados com os resultados obtidos na literatura.

Metodologia

O software comercial GAMBIT foi utilizado na criação das duas malhas: a primeira com elementos dispostos de forma não-estruturada e estruturada, denominada aqui de híbrida, e a outra com elementos organizados de forma estruturada, conforme pode ser visto nas Fig. 1a e 1b, respectivamente. Vale salientar que foi realizado teste de independência de malha para as duas malhas estudadas.

Após a criação de ambas as malhas, é utilizado o software FLUENT para a solução do sistema de equações de conservação que governam o escoamento. Este código resolve o sistema de equações baseado no método de volumes finitos. O caso a ser simulado consiste de um escoamento transiente no regime laminar com transferência de calor por convecção forçada para um número de Reynolds, $Re_D = 300$ e de Prandtl, $Pr = 0.71$.

Resultados e Discussão

As Figuras 1c e 1d apresentam, respectivamente, as topologias dos campos de temperaturas para o escoamento supracitado ($Re_D = 300$ e $Pr = 0.71$) para as malhas híbrida e estruturada. De acordo com Zhang et al. (2008) para escoamentos com números de Reynolds $Re_D > 50$, ocorrem desprendimentos de vórtices de von Karman, que são detectados nas presentes simulações somente quando a malha estruturada foi empregada, mostrando que a malha não estruturada pode estar causando algum efeito de difusividade numérica, fazendo com que a estrutura dos vórtices atrás do obstáculo seja simétrica e permanente, em desacordo com os resultados experimentais e numéricos propostos na literatura para este tipo de número de Reynolds (Zhang et al, 2008).

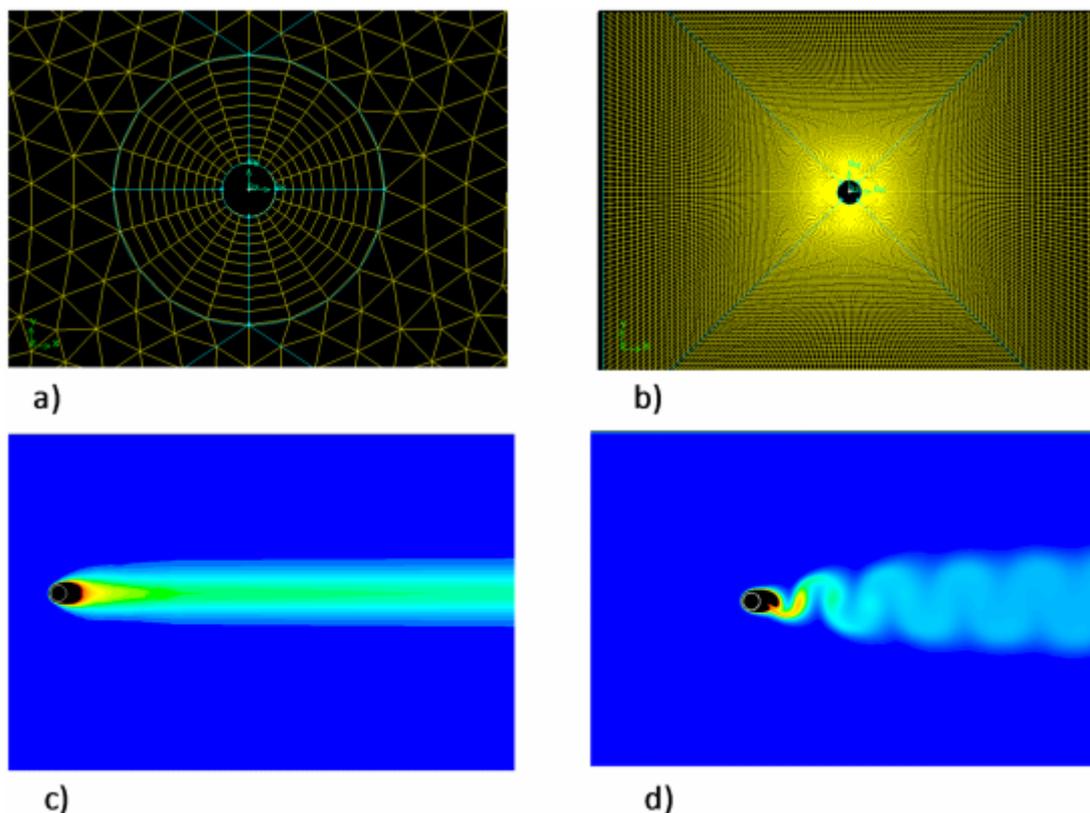


Figura 1. Discretização espacial: a) malha híbrida, b) malha estruturada. Topologias do campo de temperaturas: c) malha híbrida, d) malha estruturada

Na Tabela 1 são apresentados os números de Nusselt superficial médio obtidos no presente trabalho, que são comparados aos apresentados na literatura. Novamente, os resultados obtidos a partir da malha estruturada apresentaram melhor concordância do que os resultados com malha híbrida, apresentando um desvio percentual máximo de 3.06% quando comparado com os resultados encontrados na literatura.

Tab.1 Resultados do número de Nusselt para um escoamento sobre cilindro circular para $Re_D = 300$ e $Pr = 0.71$

Referência	Nusselt	Desvio (%)*
Malha híbrida (presente trabalho)	10.854	11.39
Malha estruturada (presente trabalho)	9.561	-1.89
Churchill e Berstain (1977)	10,042	3.06
Hilpert (1933)	9,744	-----

* Desvio percentual com relação ao resultados de Hilpert (1933)

Conclusões

Foram realizadas simulações numéricas de escoamentos sobre cilindros circulares com transferência de calor por convecção forçada para um número de Reynolds $Re_D = 300$ e $Pr = 0.71$. As simulações foram realizadas com dois tipos de malhas diferentes: híbrida e estruturada. Os resultados obtidos a partir da malha estruturada apresentaram melhor concordância com os resultados propostos na literatura, tanto na obtenção da topologia dos campos de pressão, velocidades e temperaturas quanto na estimativa do número de Nusselt superficial médio na superfície do obstáculo.

Referências

Zhang, N., Zheng, Z.C., Eckels, S., 2008, "Study of heat-transfer on the surface of a circular cylinder in flow using an immersed-boundary method", Int. J. Heat Fluid Flow, Vol. 29, pp. 1558 – 1566.

Hilpert, R., 1933, "Wärmeabgabe von geheizten Drähten und rohren im luftstrom", Forschung, Vol. 4, pp. 215 – 224.

Churchill, S. W. and M. Bernstein, J. Heat Transfer, 99,300, 1977.