

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Ferramenta Computacional em DFC Aplicada ao Problema da Cavidade Quadrada

Arianne Alves da Silva¹

Vinícius Hagemeyer Chiumento²

Leandro Franco de Souza³

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP, São Carlos, SP

Luben Cabezas Gómez⁴

Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, SP

Foi desenvolvida uma ferramenta computacional empregando técnicas de Dinâmica dos Fluidos Computacional (DFC) na linguagem de programação Python. O problema investigado foi o escoamento bidimensional incompressível e isotérmico em uma cavidade quadrada sem e com um obstáculo quadrado no centro. Na solução deste problema foi empregado o Método das Diferenças Finitas. Foram utilizados uma aproximação de primeira ordem atrasada para a derivada temporal, diferenças centrais de segunda ordem para os termos difusivos, e o esquema upwind de primeira ordem para os termos convectivos. Para resolver o acoplamento pressão-velocidade foram empregados os métodos SIMPLE [3] e da Projeção [1], permitindo a comparação das metodologias de solução numérica desenvolvidas computacionalmente.

As equações governantes para um escoamento incompressível, isotérmico e sem influência da gravidade são dadas por (1):

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = -\frac{\nabla p}{\rho} + \nu \nabla^2 \mathbf{u} \quad \text{e} \quad \nabla \cdot \mathbf{u} = 0, \quad \text{com} \quad \mathbf{u} = (u, v). \quad (1)$$

Assume-se as seguintes condições de contorno na cavidade: tampa superior em movimento com $u = 1$ e $v = 0$; e $u = v = 0$ nas demais paredes, incluindo o obstáculo.

Neste trabalho, foram utilizadas malhas retangulares com diversos tamanhos, concluindo que uma malha com 160 divisões representa bem o escoamento estudado. As simulações com o método SIMPLE demoraram 7,15 horas sendo mais rápidas que as realizadas com o método da Projeção, que duraram 15,36 horas. A Figura (1) mostra a magnitude da velocidade e as linhas de corrente associadas a este campo vetorial.

Para observar os perfis de velocidade, fixou-se $\mathbf{u}(0,0)$. A Figura (2a) mostra o comportamento do escoamento sem obstáculo, ainda comparado com os resultados de [2]. A

¹arianne@usp.br

²vinicius.chiumento@usp.br

³lefraso@icmc.usp.br

⁴lubencg@sc.usp.br

Figura (2b) apresenta o escoamento considerando o obstáculo. Adotaram-se os mesmos parâmetros de [2]: $Re = 400$ e uma malha 129×129 .

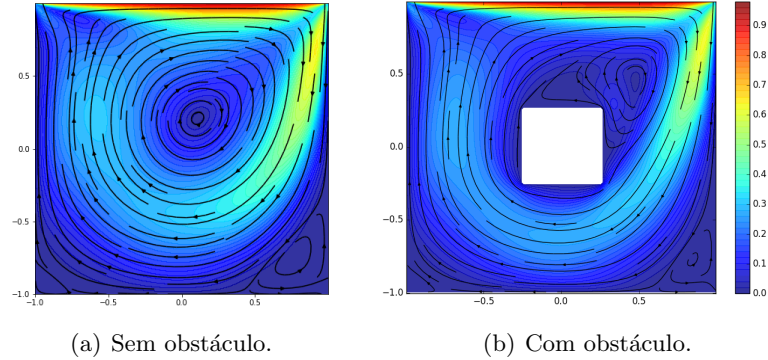


Figura 1: Magnitude de velocidade e linhas de corrente, utilizando SIMPLE.

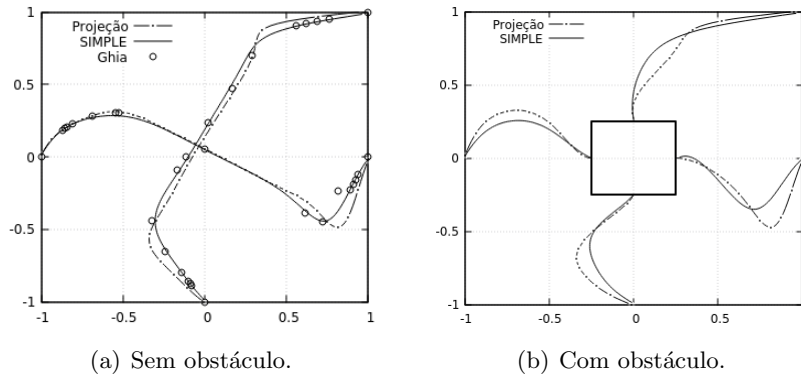


Figura 2: Perfis de velocidade em $\mathbf{u}(0,0)$.

Os resultados apresentados mostram que os valores obtidos com os dois métodos são próximos entre si, com algumas diferenças nas regiões onde os perfis de velocidade possuem pontos de inflexão. A comparação com os resultados de [2] também é positiva, sendo os resultados numéricos obtidos com o método SIMPLE os que apresentam melhor concordância. De forma geral a metodologia aplicada, incluindo os dois métodos testados, é correta. O método SIMPLE mostrou-se mais eficiente que o método da Projeção.

Referências

- [1] A. O. Fortuna, *Técnicas Computacionais para Dinâmica do Fluidos: Conceitos Básicos e Aplicações*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- [2] U. Ghia, K. N. Ghia, and C. T. Shin. High-Re solutions for incompressible using the Navier-Stokes equations multigrid method. *J. Comput. Phys.*, 48 : 387–411, 1982.
- [3] S. V. Patankar, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. CRC Press, 1980.