

Simulação Numérica Direta do Escoamento Turbulento em um Canal a $Re_\tau = 180$

Wolney D. P. Neto,¹ Felipe Pinheiro,² Gabriel P. G. Silva,³ Leandra I. Abreu⁴
 FESJ/UNESP, São João da Boa Vista, SP

O escoamento turbulento em um canal é caracterizado por movimentos caóticos e imprevisíveis das partículas de fluido. Essa turbulência surge devido a diferenças na velocidade do fluido em diferentes partes do canal, resultando em movimentos de mistura e redistribuição de energia cinética. A presença de turbulência pode afetar significativamente o transporte de sedimentos, a dissipação de energia e a eficiência de processos de mistura. Compreender e modelar adequadamente o comportamento do escoamento turbulento é essencial em diversas aplicações, desde o design de sistemas de canalização até a previsão de fenômenos naturais como enchentes e erosão fluvial.

A simulação numérica direta (DNS, sigla do termo em inglês) é uma simulação em dinâmica dos fluidos computacional (CFD) na qual as equações de Navier-Stokes são resolvidas numericamente sem qualquer modelo de turbulência. Isto significa que toda a gama de escalas espaciais e temporais da turbulência é resolvida [1, 4]. A DNS foi utilizada no presente trabalho para simular um escoamento incompressível, em regime turbulento em um canal a Reynolds de fricção $Re_\tau = 180$.

A DNS resolve a equação de Navier-Stokes incompressível em regime permanente, dada por:

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} = -\nabla p + \frac{1}{Re} \nabla^2 \mathbf{v}, \quad (2)$$

onde $\mathbf{v} = [\mathbf{u}; \mathbf{v}; \mathbf{w}]$, p é a pressão, Re é o número de Reynolds.

A Figura 1 mostra o campo de velocidades na direção do escoamento do canal em uma seção transversal no plano yz , da metade inferior do canal. Pode-se observar as estruturas turbulentas emergindo da parede.

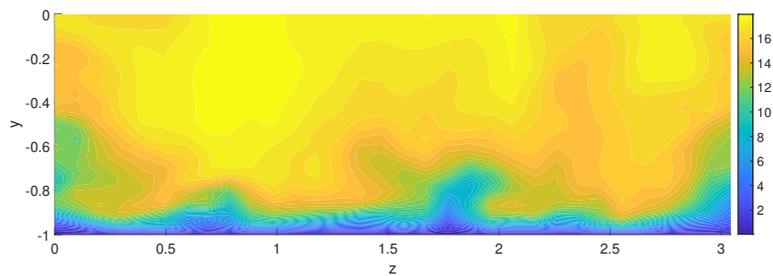


Figura 1: Campo de velocidade, normalizada pela semi altura do canal, em uma seção transversal do canal. Fonte: Elaborada pelo autor.

¹wolney.dalla@unesp.br

²felipe.pinheiro@unesp.br

³gabriel.pg.silva@unesp.br

⁴leandra.abreu@unesp.br

A Figura 2(a) mostra o perfil de velocidade média do escoamento, a média foi calculada nas direções homogêneas (x e z) e no tempo. Observa-se um típico perfil de velocidade média de um escoamento turbulento, de acordo com o previsto pela lei da parede (linear e logarítmica) que está também plotada na figura.

A Figura 2(b) mostra o RMS (*root mean square*) das componentes de velocidade (u , v e w), pode-se observar que a velocidade u exibe um pico em $y^+ = 15$ como previsto na literatura de escoamentos turbulentos de parede [1–3].

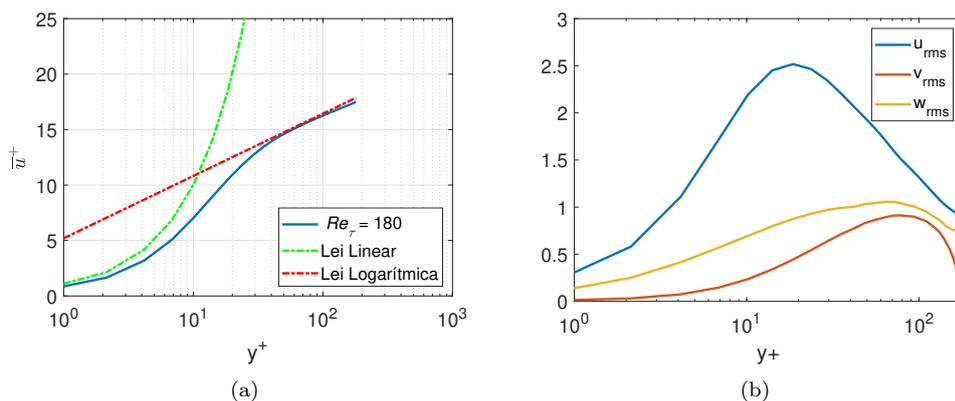


Figura 2: (a) Perfis de velocidade média ao longo do escoamento.(b) Variância das flutuações das velocidades para $Re_\tau = 180$. Fonte: Elaborada pelo autor.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, sob número do processo 2023/01391-5, e pelo projeto FINEP sob número de referência 0527/18.

Referências

- [1] L. I. Abreu, A. V. G. Cavalieri, P. Schlatter, R. Vinuesa e D. S. Henningson. “Resolvent modelling of near-wall coherent structures in turbulent channel flow”. Em: **International Journal of Heat and Fluid Flow** 85 (2020), p. 108662.
- [2] L. I. Abreu, A. V. G. Cavalieri, P. Schlatter, R. Vinuesa e D. S. Henningson. “Spectral proper orthogonal decomposition and resolvent analysis of near-wall coherent structures in turbulent pipe flows”. Em: **Journal of Fluid Mechanics** 900 (2020), A11.
- [3] G. Eitel-Amor, R. Örlü e P. Schlatter. “Simulation and validation of a spatially evolving turbulent boundary layer up to $Re_\theta = 8300$ ”. Em: **International Journal of Heat and Fluid Flow** 47 (2014), pp. 57–69.
- [4] S. B. Pope. **Turbulent Flows**. 1a. ed. New York: Cambridge University Press, 2000. ISBN: 9780521598866.