

Solução do escoamento turbulento sobre uma placa plana com gradiente nulo de pressão

Trata-se da solução do escoamento sobre uma placa plana paralela à corrente, com comparação dos resultados com a expressão da lei logarítmica para uma placa lisa. Um esquema da geometria e das condições de contorno pode ser vista abaixo.

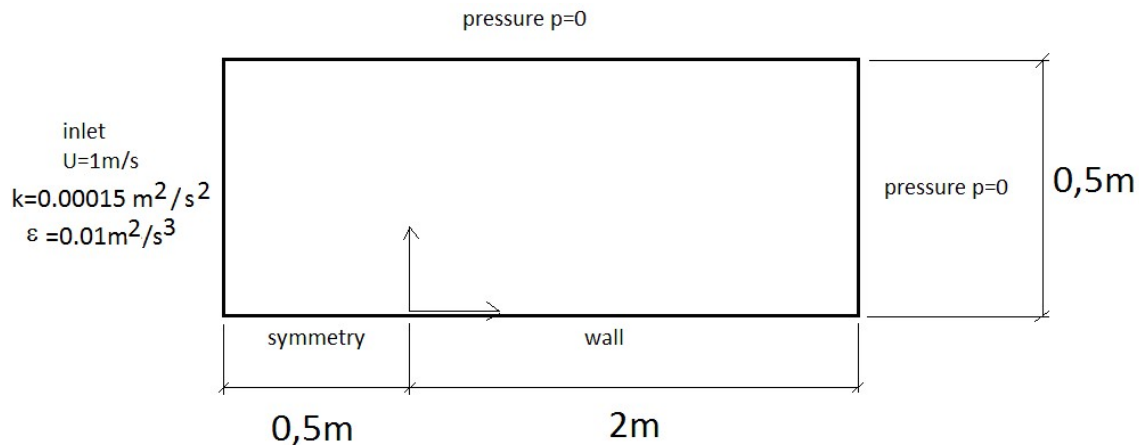


Fig. (1): Esquema e condições de contorno da simulação.

- 1) Escolha o diretório em que o caso vai ser salvo e o nome do caso.
- 2) Importe a malha. No momento, vamos usar a malha do tipo GAMBIT “flatPlate.neu”. Essa malha já foi usada para a simulação da camada limite laminar.
- 3) Após importar a malha, vá ao menu “Mesh” e especifique as condições de contorno que são do tipo “empty”, “symmetry”, “wall” e “patch”. A fronteira selecionada sempre fica na cor laranja.
- 4) Vá ao menu “Setup” e escolha o solver. No caso, queremos resolver escoamento permanente (*steady*) e incompressível. O solver será o simpleFoam.
- 5) Após a escolha do solver, use o menu “Turbulence” para escolher a modelagem de turbulência. Será usado o modelo RANS k - ε padrão (*standard*).
- 6) No menu “Transport properties” selecione o valor da viscosidade cinemática. Faça $\nu=2 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, de forma a ter $\text{Re}_x=5 \times 10^6$ para $x=1\text{m}$, na metade da placa.
- 7) No menu “Discretization” existem quatro submenus, para a discretização temporal, espacial (*Convection*), cálculo dos gradientes e interpolações. Na discretização temporal, o problema é permanente (*Steady State*). Na discretização espacial, troque o esquema convectivo da quantidade de movimento de *upwind* para *linear upwind*. As demais opções podem ser deixadas em seus estados originais. Lembre-se que as grandezas turbulentas k e ε em geral devem ser resolvidas com o esquema *upwind*.
- 8) No menu de solução (*solution*) existem quatro submenus, “Solvers”, “Simple”, “Residuals” e “Relaxation”. Deixe os estados originais, menos o valor dos resíduos de

encerramento e a relaxação. Baixe todos os resíduos para 10^{-5} . Utilize uma subrelaxação de 1.0 para pressão (no caso do algoritmo SIMPLE selecionado usar a opção *consistent*, ou seja, você estará usando o algoritmo SIMPLeC). Use subrelaxação 0.3 para velocidade, energia cinética e dissipação.

9) Nos menus “*Operating Conditions*” e “*cell zones*” não mexa.

10) No menu “*Boundary Conditions*” estipule as condições para velocidades e pressões nas fronteiras que foram categorizadas como “*patch*”. Em entradas, tipicamente, estipule as componentes do vetor da velocidade e uma condição de Neumann de gradiente normal nulo para a pressão (*zeroGradient*). Utilize as condições de contorno da Fig. (1) para k e ε . Nas saídas tipicamente é o contrário, a velocidade e as grandezas turbulentas tem a condição de gradiente normal nulo e a pressão é especificada.

Na parede, use “*standard wall function*” para k , ε e para a viscosidade turbilhonar ν_t . A velocidade tem condição de contorno de velocidade nula (0,0,0) (parede estacionária) e use gradiente nulo para a pressão. Não use para a velocidade a condição no-slip do openFOAM (embora em teoria seja isso mesmo, não funciona bem).

11) No menu “*Initial Conditions*” estipule a estimativa inicial para pressões e velocidades. Use os valores da corrente livre para inicializar velocidades e grandezas turbulentas.

12) Em “*Controls*” estipule a frequência com que quer salvar a solução.

13) Em “*Monitors*” não mexa.

14) Em “*Run*”, estipule o número de “*time-steps*”, o que é um nome impróprio uma vez que o solver é permanente. Para o simpleFoam, cada *time-step* é uma iteração. O valor do passo de tempo “*time-step*” obviamente é um. Assim, se escolher um “*end time*” igual a 100000, teremos no máximo 100000 iterações caso a convergência não ocorra.

15) Salve o caso em “*write case*” e rode em “*run calculation*”.

16) Após a convergência, pode-se checar o y^+ das células junto às paredes, o que é importante quando da utilização de modelagem de turbulência. Use o menu “*calculate*”, opção “*wall*” para checar se $30 < y^+ < 200$, o que é praxe quando se usa o modelo $k-\varepsilon$.

17) Vá para “*postProcessing*” e clique no botão do *paraView*.

18) No canto superior direito, em “*time*”, escolha a iteração que será visualizada.

19) Clique no botão “*apply*”.

20) No menu “*filters*”, em “*alphabetical*”, escolha “*plot over line*”.

21) Vamos escolher uma linha entre os pontos (1,0,0) e (1,0.02,0).

22) Deve ser obtido um perfil de velocidades para comparação com a expressão da camada logarítmica:

$$U^+ = \frac{1}{\kappa} \ln y^+ + B \quad \kappa = 0.41 \quad B = 5$$

Use o perfil da energia cinética para calcular a velocidade de atrito. Lembre-se, perto da parede a energia cinética é praticamente constante e dada por $k = U^{*2} / \sqrt{C_\mu}$.

Divirta-se! No menu “*file*”, em “*save data*”, os dados do perfil podem ser salvos em um arquivo texto que pode ser aberto no Excel.