

CC-297

Projeto No. 4

Distribuído: 29/05/17

João L. F. Azevedo

Entrega: 03/07/17

1^o Semestre/2017

O objetivo deste projeto é lhe proporcionar alguma experiência na implementação de algoritmos para solução das equações de Euler e/ou de Navier-Stokes. Para tanto, deseja-se estudar o escoamento transônico sobre um perfil NACA 0012. Em função da exiguidade de tempo durante o curso, admita que o escoamento possa ser adequadamente modelado pelas equações de Euler (em 2-D), e considere que a sua fronteira externa seja uma circunferência de raio, pelo menos, igual a 30 cordas do perfil.

Deseja-se que este problema seja resolvido utilizando-se o esquema de volumes finitos “cell centered” de Jameson (ou Jameson & Mavriplis) para uma malha não estruturada. Sua malha de cálculo pode ser composta de triângulos ou de quadriláteros, ou de qualquer combinação destes elementos, dependendo do que lhe for mais conveniente. Utilize o esquema de Runge-Kutta híbrido explícito de 5 estágios e 2^a ordem de precisão, também proposto por Jameson & Mavriplis, para realizar a marcha no tempo até a convergência.

A malha computacional necessária para a realização do projeto pode ser obtida utilizando qualquer gerador de malhas que você tenha à sua disposição. Entretanto, inclusive por razões didáticas, uma possibilidade interessante para a geração de sua malha computacional seria a utilização do gerador desenvolvido no Projeto No. 2, apenas que lembrando, agora, que você está interessado na solução de um problema governado pelas equações de Euler e, portanto, sua malha de cálculo provavelmente terá que ser um pouco mais refinada, principalmente nas proximidades do perfil, que aquela utilizada no Projeto No. 3. Além disso, observe que, obviamente, o gerador de malhas do Projeto No. 2 lhe proporciona uma malha estruturada sobre o perfil. Entretanto, basta tratar esta mesma malha de quadriláteros como não estruturada, que isto é perfeitamente adequado para o presente projeto. Porém, se você assim o desejar, você pode sempre particionar os quadriláteros em triângulos, para obter uma malha de triângulos que também será perfeitamente adequada para os propósitos do presente projeto. Insisto novamente que, na realidade, entretanto, você não precisa usar este gerador. Qualquer gerador que lhe forneça uma malha não estruturada conveniente pode ser utilizado. Atualmente, existem muitos geradores de malhas triangulares e/ou de quadriláteros, em 2-D, que estão disponíveis na rede e que você poderia “baixar” e utilizar para gerar suas malhas.

Os casos obrigatórios de teste do código desenvolvido são:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Caso 1: } M_{\infty} = 0.8, \alpha = 0; \\ \text{Caso 2: } M_{\infty} = 0.85, \alpha = 2.5^{\circ}. \end{array} \right.$$

Sinta-se à vontade para testar quaisquer outras condições de voo que lhe pareçam interessantes, incluindo talvez casos completamente subsônicos e até mesmo casos com escoamento livre supersônico.

Apresente um relatório descrevendo a teoria e a forma de implementação utilizadas, e discutindo os resultados obtidos. Observe que resultados interessantes para serem apresentados incluem, entre outros, as distribuições de pressão, e/ou de coeficiente de pressão, e de outras propriedades sobre a superfície do aerofólio, visualização de propriedades no campo de escoamento, e históricos de convergência. Além disso, observe que é fundamental que você compare seus resultados, por exemplo, em termos de distribuições de C_p ao longo do perfil, com algum resultado independente. Aliás, uma

comparação muito interessante seria, no caso de você optar por utilizar o gerador de malhas do Projeto No. 2 (ou, na realidade, qualquer malha originalmente estruturada com topologia O), a de rodar os mesmos casos utilizando o código de potencial completo desenvolvido no Projeto No. 3. Evidentemente, se você não chegou a implementar o cálculo da circulação no Projeto No. 3, você só vai poder rodar o caso sem sustentação. Porém, isto já seria um esforço de validação muito interessante dos resultados do presente projeto. Em resumo, a mensagem importante é que os resultados devem ser, de alguma forma, validados, para demonstrar que estão corretos.