



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

TMEC-053 FUNDAMENTOS DE AERODINÂMICA

Prof. Luciano Kiyoshi Araki

LISTA DE EXERCÍCIOS 02

Entrega: até 04/12/2019 (quarta-feira)

NÃO HAVERÁ AULAS NOS DIAS 20/11, 25/11, 27/11, 02/12 E 04/12

Nos problemas a seguir, considere um escoamento invíscido e incompressível. Caso seja necessário, a massa específica do ar ao nível do mar é de $1,23 \text{ kg/m}^3$ ($0,002377 \text{ slug/ft}^3$) e a pressão é de $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ (2116 lbf/ft^2).

1. (valor 20) O aerofólio NACA 4412 possui a linha de curvatura dada por

$$\frac{z}{c} = \begin{cases} 0,25 \left[0,8 \frac{x}{c} - \left(\frac{x}{c} \right)^2 \right], & 0 \leq \frac{x}{c} \leq 0,4 \\ 0,111 \left[0,2 + 0,8 \frac{x}{c} - \left(\frac{x}{c} \right)^2 \right], & 0,4 \leq \frac{x}{c} \leq 1 \end{cases}$$

Utilizando a teoria de aerofólios finos, calcule (a) $\alpha_{L=0}$, (b) c_l , (c) $c_{m,c/4}$ e (d) x_{cp}/c quando $\alpha = 3^\circ$.

2. (valor 20) Considere uma asa finita com área e razão de aspecto (AR) de $21,5 \text{ m}^2$ e 5, respectivamente (comparável à asa de um Gates Learjet, um avião a jato bimotor executivo). Suponha que a asa tem um aerofólio NACA 65-210, um fator de eficiência (ϵ) de 0,9 e um coeficiente de arrasto de perfil (c_d) de 0,004. Se a asa está em um ângulo de ataque de 6° , calcule os coeficientes de sustentação e de arrasto total, C_L e C_D , respectivamente.

3. (valor 20) O Piper Cherokee (um avião leve, monomotor) possui asas com área de 170 ft^2 e envergadura de 32 ft. O peso máximo de voo é de 2450 lbf. As asas possuem um perfil de aerofólio NACA 65-415, que apresenta uma inclinação de $0,1033/\text{grau}$ (no gráfico de coeficiente de sustentação versus ângulo de ataque) e $\alpha_{L=0} = -3^\circ$. Assuma que $\tau = 0,12$. Se o avião apresenta uma velocidade de cruzeiro de 120 mph ao nível do mar, com peso máximo, e em voo estável, calcule o ângulo de ataque geométrico da asa.

4. (valor 20) Empregando a regra de Prandtl-Glauert, avalie o coeficiente de sustentação para um perfil NACA 2412 com um ângulo de ataque de 5° e número de Mach de escoamento livre igual a 0,6. Avalie, também, qual o número de Mach crítico para esse aerofólio, mantendo-se o ângulo de ataque em 5° .

5. (valor 20) Considere uma placa plana bidimensional inclinada com um ângulo de ataque positivo de 10° em relação a um escoamento supersônico de ar com número de Mach igual a 2, temperatura e pressão de escoamento livre iguais a 250 K e 50 kPa, respectivamente. Assuma que a placa tenha 1 m de comprimento. Avalie os

coeficientes de sustentação e de arrasto total, para o ângulo de ataque 10° . Avalie, também, os mesmos coeficientes para ângulos de ataque de 5 e de 15° .