

1ª Questão (4,0 pontos)



A aeronave EMBRAER 170 com peso total de 30.000 kg (66,138 lb), mostrada na foto acima, foi obrigada a arremeter na aterrissagem quando sua velocidade era próxima de Mach 0,2. Nessa manobra de emergência o piloto interrompe a aterrissagem próximo ao solo, aplica potência máxima nos motores, e cabra o manche para retomar altura rapidamente. O aeroporto situa-se ao nível do mar, onde a velocidade do som vale 340 m/s e a densidade 1,223 kg/m³. Na figura ao lado é mostrada a posição do centro de gravidade, do centro aerodinâmico da asa principal e do centro de pressão da empenagem horizontal da aeronave, além da distância vertical entre o centro das turbinas e a asa principal. São dadas as curvas características da asa principal (mostradas acima à direita) e os seguintes dados.

corda média da asa $\bar{c} = 4,5 \text{ m}$,

Envergadura $b = 26,0 \text{ m}$,

Área da asa $S = b \bar{c}$

$$C_{M,0} = -0.05$$

MTOW = 79,344 lb (35.990 kg)

A aeronave foi homologada pelo FAR 25, devendo atender ao seguinte requisito:

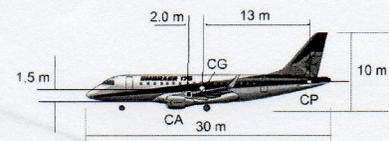
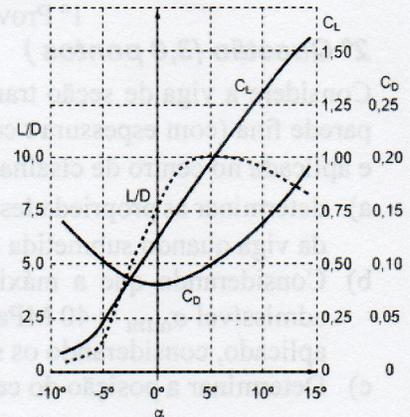
FAR 25.337

- (a) The positive maneuvering load factor "n" for any speed up to V_D may not be less than $2.1 + 24000/(W + 10000)$ except that "n" may not be less than 2.5 and need not be greater than 3.8, where W is the design maximum takeoff weight – MTOW
- (b) The negative limit maneuvering load factor
- (1) May not be less than -1.0 at speeds up to V_C ; and
 - (2) Must vary at V_C linearly with speed from the value at V_C to zero at V_D .

Por razões de conforto, o fator de carga longitudinal f não pode superar o valor 0,2, i.e., a aceleração longitudinal não pode superar fW

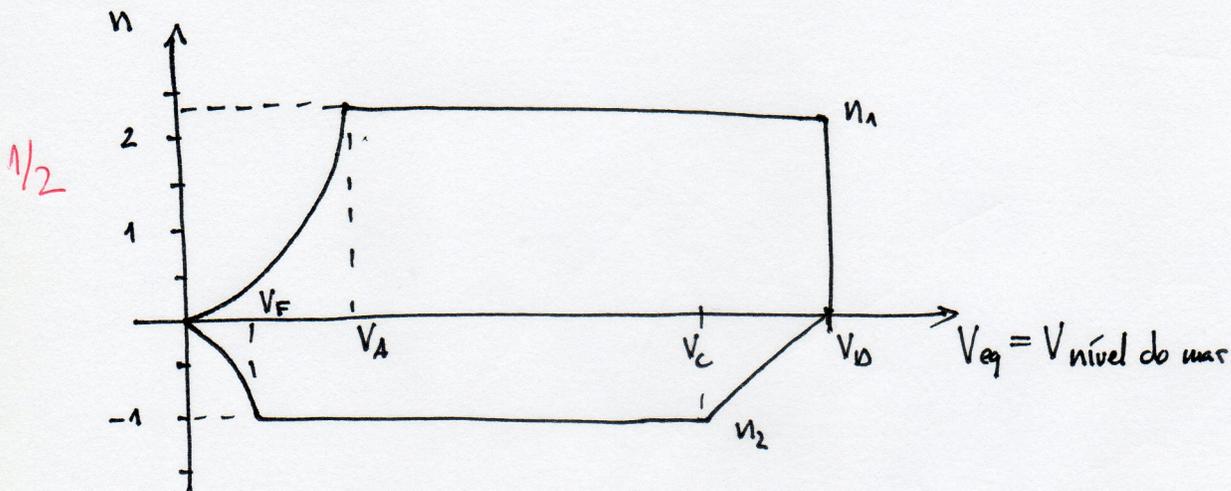
Pede-se:

- a) esboçar o envelope de manobra da aeronave;
- b) determine o ângulo de ataque α e os valores dos coeficientes de sustentação C_L e de arrasto C_D necessários para realizar a manobra na condição de máxima aceleração vertical possível,
- c) determinar o máximo fator de carga que a aeronave é capaz de realizar nessa condição e verificar se o valor é compatível com o envelope de manobra da aeronave;
- d) determine a sustentação da asa principal L e da empenagem horizontal P durante a manobra,
- e) determine a força de arrasto D e a força de empuxo dos motores T com $f = 0,2$, verifique se duas turbinas com empuxo máximo de 14,200 lbf (63 165 N) são suficientes.



$$a) \quad 2,1 + \frac{24000}{W + 10000} = 2,1 + \frac{24000}{79344 + 10000} = 2,37 \Rightarrow \quad n_1 = 2,5 //$$

$$n_2 = -1,0 //$$



$$W = mg = 30000 \cdot 10 = 300000 \text{ N}$$

$$p / g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$n_{\max} = n_1 = 2,5 //$$

$$M = \frac{U}{C} \Rightarrow U = CM = 0,2 \cdot 340 = 68 \text{ m/s} \Rightarrow 244,8 \text{ km/h}$$

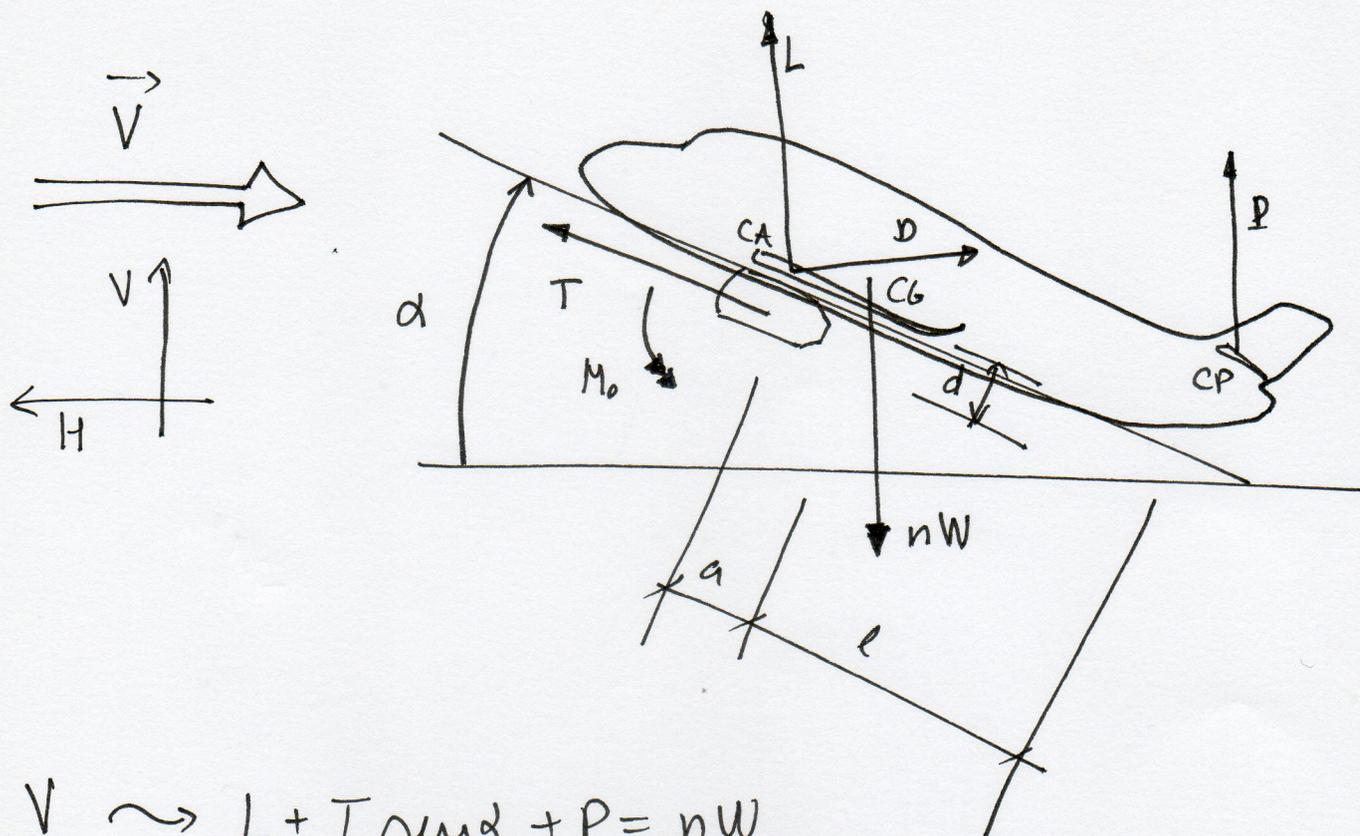
$$S = b \bar{c} = 260 \cdot 4,5 = 117 \text{ m}^2$$

$$M_0 = \frac{1}{2} \rho C_{H_0} S U^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,223 \cdot 0,05 \cdot 117 \cdot 68^2 \Rightarrow M_0 = 16541 \text{ Nm}$$

(-)

abaixando o navio?



$$V \rightsquigarrow L + T \sin \alpha + P = nW$$

$$H \rightsquigarrow T \cos \alpha - D = fW$$

$$M_{CG} = 0 \rightsquigarrow L a \cos \alpha - P l \cos \alpha - M_0 + (T \sin \alpha - D \cos \alpha) d = 0$$

^{1/2} P/ $\alpha = 0$ $L \gg D$ $T \approx D \Rightarrow L \approx nW = 2,5 \cdot 300000 = 750000 \text{ N}$

$$L = \frac{1}{2} \rho C_L S V^2 \Rightarrow C_L = \frac{2L}{\rho S V^2} = \frac{2 \cdot 750000}{1,223 \cdot 117 \cdot 68^2} = 2,27$$

muito grande!

Assim p/ $C_L = C_{L_{max}} = 1,55 \Rightarrow L = 512781 \text{ N}$

↓

$\alpha = 14^\circ$ máx. ângulo de ataque antes do stall

↓

$$C_D = 0,19 \Rightarrow D = \frac{1}{2} \rho C_D S V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,223 \cdot 0,19 \cdot 117 \cdot 68^2 = 62857 \text{ N}$$

^{1/2} $L/D = 8,16$

$$f = 0,2 \Rightarrow T \cos \alpha - D = fW \Rightarrow T = \frac{fW + D}{\cos \alpha}$$

112

$$T = \frac{0,2 \cdot 300000 + 62857}{\cos 14^\circ} = 126619 \text{ N}$$

$$P = \frac{L a \cos \alpha - M_0 + (T - D \cos \alpha) d}{l \cos \alpha}$$

$$= \frac{512731 \cdot 2 - 16541 + (126619 - 62857 \cdot \cos 14^\circ) \cdot 15}{13 \cos 14^\circ}$$

$$P = 87797 \text{ N}$$

$$\therefore \sum \vec{L} \quad nW = L + T \sin \alpha + P \Rightarrow n = \frac{L + T \sin \alpha + P}{W}$$

$$n = \frac{512731 + 126619 \cdot \sin 14^\circ + 87797}{300000}$$

$$n = 2,1 \ll 2,5 \quad \text{OK!}$$

$$W = 300 \text{ kN}$$

$$L = 513 \text{ kN}$$

$$P = 88 \text{ kN}$$

$$T = 127 \text{ kN}$$

$$D = 63 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} L/D = 8,2 \\ \alpha = 14^\circ \text{ (max)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} C_L = 1,55 \\ C_D = 0,19 \end{array}$$

$$f = 0,2$$

$$n = 2,1$$

$$n = \left(1 + \frac{a \cdot}{g}\right) \Rightarrow a = (n-1)g$$

$$a = (2,1 - 1) \cdot 10 = 11 \text{ m/s}^2$$

$$a = 11 \text{ m/s}^2$$