

Total: 13,0

Aluno(a): GABARITO

G1

5,0

Q1

Considere a peça com massa  $W$ , suspensa pelo sistema de barras de aço suportadas por pinos de aço de ligação. Na extremidade superior há um pino único com diâmetro  $d_1$  e na inferior o arranjo inclui três pinos independentes com diâmetro  $d_2$ . Calcule o peso máximo admissível  $W_{adm}$  em kN, com base nas tensões resistentes do aço:  $\sigma_u$ ,  $\tau_u$ . Adote coeficiente de segurança  $\gamma$ .

# Ligação Superior:

- Corte no pino

$$A_p = \pi d_1^2 / 4 = 1963 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow W_{adm1} = 4 A_p \sigma_u / \gamma = 589 \text{ kN}$$

- Esmag. da chapa

$$A_{esm1} = d_1 \cdot a = 600 \text{ mm}^2$$

$$A_{esm2} = d_1 \cdot t_1 = 2500 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow W_{adm2} = 3 A_{esm1} \tau_u / \gamma = 225 \text{ kN}$$

$$\rightarrow W_{adm3} = 2 A_{esm2} \sigma_u / \gamma = 625 \text{ kN}$$

# Ligação Inferior:

- Corte nos pinos

$$A_p = \pi d_2^2 / 4 = 314,2 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow W_{adm4} = 2 \times 3 A_p \tau_u / \gamma = 141,4 \text{ kN}$$

- Esmaçamento da chapa

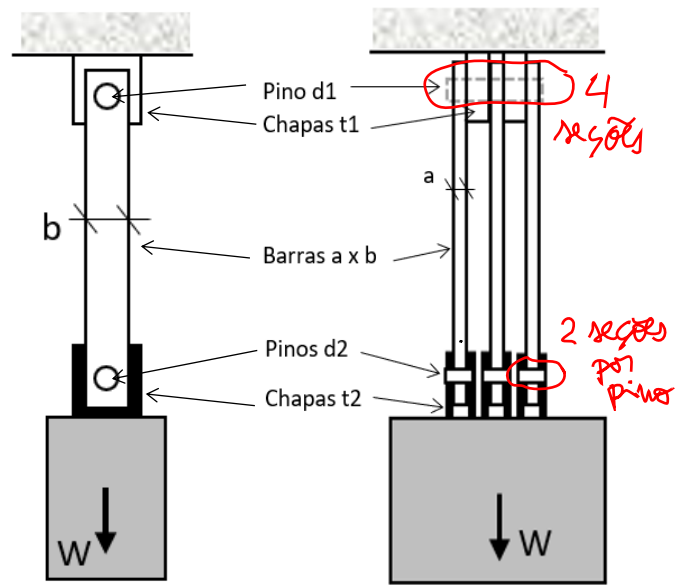
$$A_{esm3} = d_2 \cdot a = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_{esm4} = d_2 \cdot t_2 = 400 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow W_{adm5} = 3 A_{esm3} \tau_u / \gamma = 90 \text{ kN}$$

$$\rightarrow W_{adm6} = 6 A_{esm4} \tau_u / \gamma = 300 \text{ kN}$$

Vista lateral



# Tração nas barras

$$A = a \cdot b = 12 \times 200 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$W_{adm7} = 3 A \frac{\sigma_u}{\gamma} = 900 \text{ kN}$$

Resposta:

$$W_{adm} = \min(W_{adm1} \dots W_{adm7})$$

$$W_{adm} = 90 \text{ kN}$$

Duas barras de aço de seção circular de diâmetro  $d_1$  estão ligadas por colagem a uma barra de material compósito (resina reforçada com fibras de vidro), igualmente com seção circular e diâmetro  $d_2$ . O conjunto está instalado entre dois anteparos fixos e indeslocáveis A e B, e as extremidades das barras de aço encontram-se fixadas a estes anteparos.

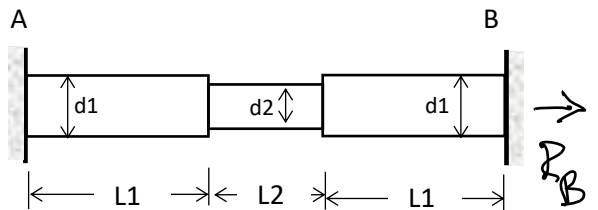
- a) Para a variação de temperatura  $\Delta T$ , calcule as tensões normais máximas nos materiais aço e compósito,  $\sigma_{aço}$  e  $\sigma_{comp}$ . Indicar se as tensões são de tração ou de compressão.
- b) Considere as tensões resistentes normal e de cisalhamento do compósito, respectivamente  $\sigma_{comp,u}$  e  $\tau_{comp,u}$ , e calcule a variação máxima de temperatura admissível  $\Delta T_{adm}$ , levando em conta o coeficiente de segurança  $\gamma$ .

a)  $\Delta T = -100^\circ C$

Anteparo B liberado:

$$\Delta L = \alpha_{aço} \Delta T \times 2L_1 + \alpha_{comp} \Delta T L_2$$

$$= -0,82 \text{ mm (encurtamento)}$$



$$(EA)_{aço} = 200.000 \times \frac{\pi d_1^2}{4} = 1570750.000 \text{ N}$$

$$(EA)_{comp} = 20.000 \times \frac{\pi d_2^2}{4} = 39.268.750 \text{ N}$$

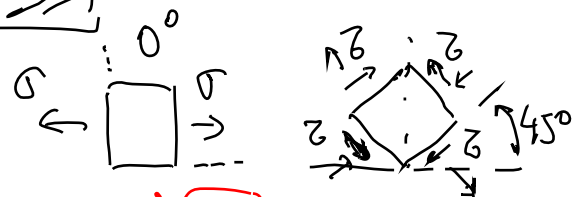
$$R_B = R_A = \Delta L / \left[ \frac{2L_1}{(EA)_{aço}} + \frac{L_2}{(EA)_{comp}} \right] = 149.762 \text{ N}$$

Força normal constante nos perfis:  $N = 149.762 \text{ N}$  de tração

$$\sigma_{aço} = 149.762 / A_{aço} = 19,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{comp} = 149.762 / A_{comp} = 7,63 \text{ MPa}$$

b)  $A_{comp} = \pi d^2 / 4 = 1963 \text{ mm}^2$



$$N_{adm1} = A_{comp} \frac{\bar{\sigma}_u}{\gamma} = 1963 \times \frac{400}{2} = 392.688 \text{ N}$$

$$N_{adm2} = 2 A_{comp} \frac{\bar{\tau}_u}{\gamma} = 2 \times 1963 \times \frac{100}{2} = 196.344 \text{ N}$$

logo  $N_{adm} = 196.344 \text{ N}$

Liberando em B, alongamento  $\Delta L$ :

$$\Delta L = N_{adm} \left[ \frac{2L_1}{(EA)_{aço}} + \frac{L_2}{(EA)_{comp}} \right] = 1,075 \text{ mm}$$

$$\Delta T = -\Delta L / (\alpha_{aço} 2L_1 + \alpha_{comp} L_2) = -131,1^\circ C$$

Q3

4,0

A barra rígida ACD está articulada por ligações com pinos às barras de aço AB e DE e ao apoio em C. As barras AB e DE tem seção transversal de 10 x 50 mm e comprimentos  $L_{AB}$  e  $L_{DE}$ . Adote o coeficiente de segurança  $\gamma = 1,0$  e, sob ação da força externa  $P$ , calcule:

- As forças normais nas barras  $N_{AB}$  e  $N_{DE}$  (em kN) e as respectivas tensões normais  $\sigma_{AB}$  e  $\sigma_{DE}$  (em MPa).
- A força máxima admissível  $P_{adm1}$ , em kN, considerando a tensão resistente  $\sigma_u$  do material das barras AB e DE.
- A força máxima admissível  $P_{adm2}$ , em kN, considerando o limite de deslocamento vertical da barra horizontal ACD:  $\delta_{adm}$ .

$$a) A_{AB} = 10 \times 50 = 500 \text{ mm}^2$$

$$A_{DE} = 10 \times 50 = 500 \text{ mm}^2$$

$$(EA)_{AB} = EA_{AB} = 100 \times 10^6 \text{ N}$$

$$(EA)_{DE} = 100 \times 10^6 \text{ N}$$

Eq. compat. deslocamentos:

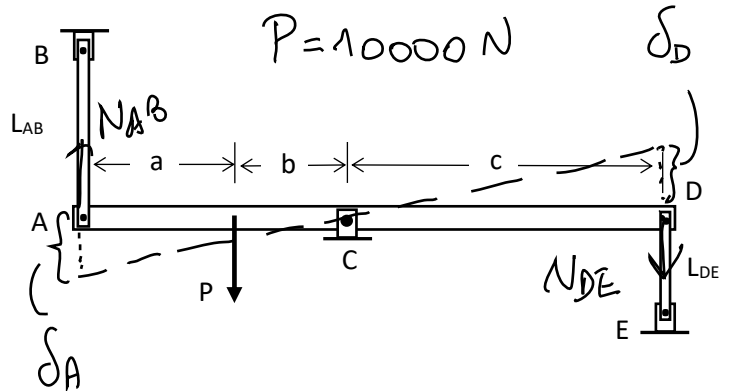
$$\frac{\delta_A}{(a+b)} = \frac{\delta_D}{c}$$

$$\frac{N_{AB} L_{AB}}{(a+b)(EA)_{AB}} = \frac{N_{DE} L_{DE}}{c(EA)_{DE}}$$

$$N_{AB} = 0,8 N_{DE}$$

$$\sigma_{AB} = N_{AB} / A_{AB} = 3,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DE} = N_{DE} / A_{DE} = 4,9 \text{ MPa}$$



Eq. de Equilíbrio:  $\sum M_C = 0$

$$(a+b)N_{AB} + cN_{DE} = bP$$

$$(a+b)0,8N_{DE} + cN_{DE} = bP$$

$$N_{DE} = bP / [0,8(a+b) + c]$$

$$N_{DE} = 2.439 \text{ N}$$

$$N_{AB} = 1.951 \text{ N}$$

$$b) P_{adm} = \frac{\sigma_u / \gamma}{\max(\sigma_{AB}, \sigma_{DE})} \cdot P = \frac{400 / 1,0}{4,9} \times 10000 = 634.215 \text{ N} = \underline{634 \text{ kN}}$$

$$c) a+b = 200 + 200 = 400 < c = 500 \rightarrow \delta_D > \delta_A$$

$$P = 10.000 \text{ N} \rightarrow \delta_D = \frac{N_{DE} \cdot L_{DE}}{(EA)_{DE}} = \frac{2439 \times 500}{100 \times 10^6} = 0,0122 \text{ mm}$$

$$P_{adm} = \frac{\delta_{adm}}{\delta_D} P = \frac{0,1}{0,0122} \times 10000 = 82.000 \text{ N} = \underline{82 \text{ kN}}$$