



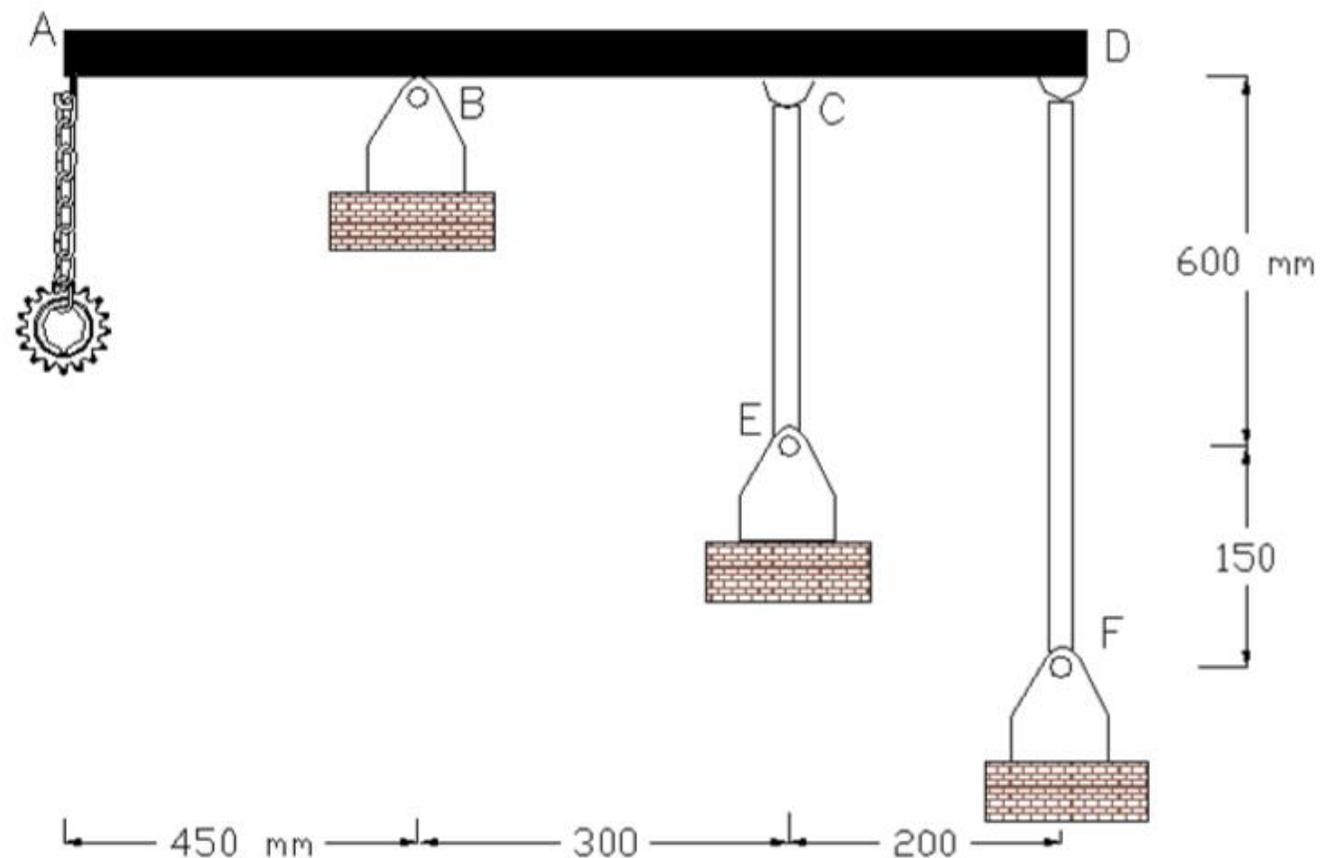
Exemplo de Cargas axiais

Tensões em vasos de paredes finas

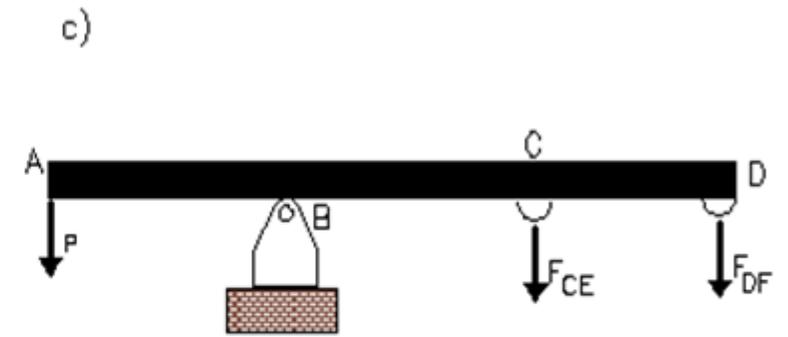
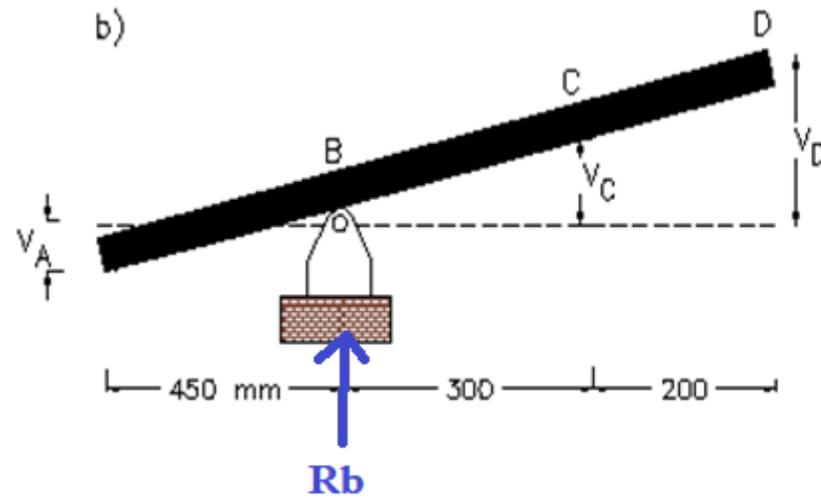
Valério S. Almeida
Maio/2021

Exemplo 5*)

1.7.25. As barras cilíndricas CE e DF têm, respectivamente, diâmetros de 10 mm e 15 mm e são de alumínio. Elas estão ligadas à barra rígida ABCD. Determine o máximo valor admissível do peso (P) da peça dentada para que as tensões desenvolvidas nessas barras não sejam superiores à tensão admissível do alumínio e nem que o deslocamento vertical do ponto A exceda 1,25 mm. Com esse valor obtido máximo de P , calcule o fator de segurança da estrutura, definido como a relação entre tensão resistente do material e tensão admissível. Dados: $E_{al} = 70 \text{ GPa}$; $\bar{\sigma}_{al} = 200 \text{ MPa}$.



Exemplo 5)



Conforme semelhança de triângulo da Figura 1.64b:

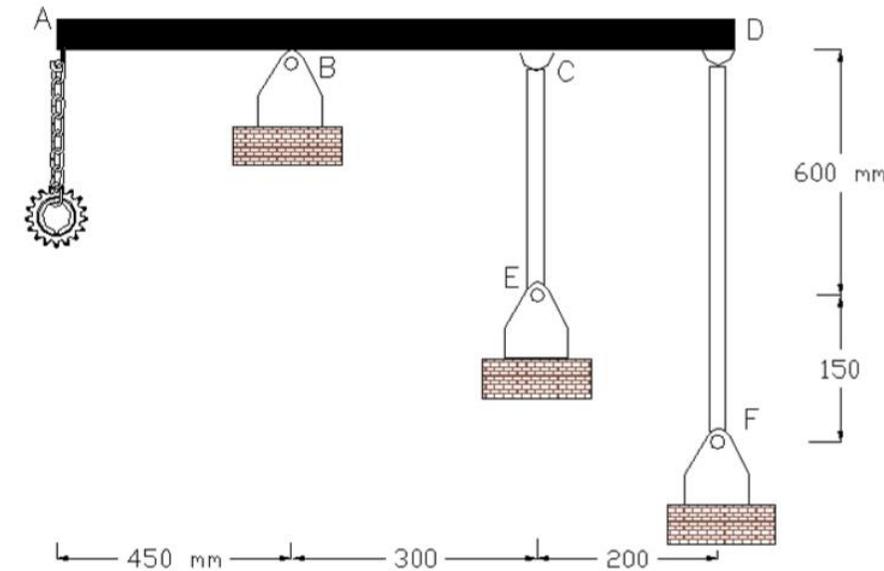
$$\frac{v_A}{0,45} = \frac{v_C}{0,3} = \frac{v_D - v_C}{0,2} \rightarrow 1,67 \cdot v_C = v_D \quad (1)$$

Com v_A , v_C e v_E sendo os deslocamentos dos pontos A, C e D, respectivamente. A equação de equilíbrio, conforme Figura 1.64c, fica:

$$\sum M_B = 0 : \rightarrow 0,45 \cdot P = 0,3 \cdot F_{CE} + 0,5 \cdot F_{DF} \quad (2)$$

$$\sum F_y = 0 : R_b = F_{CE} + F_{DF}$$

3 incógnitas de força vertical (R_b, F_{CE}, F_{DF}): Estrutura hiperestática!

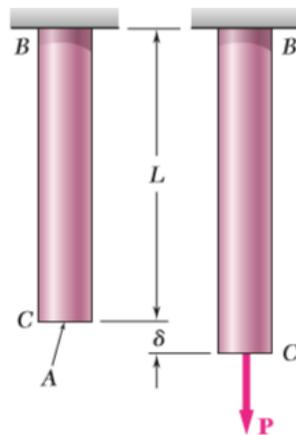


Exemplo 5)

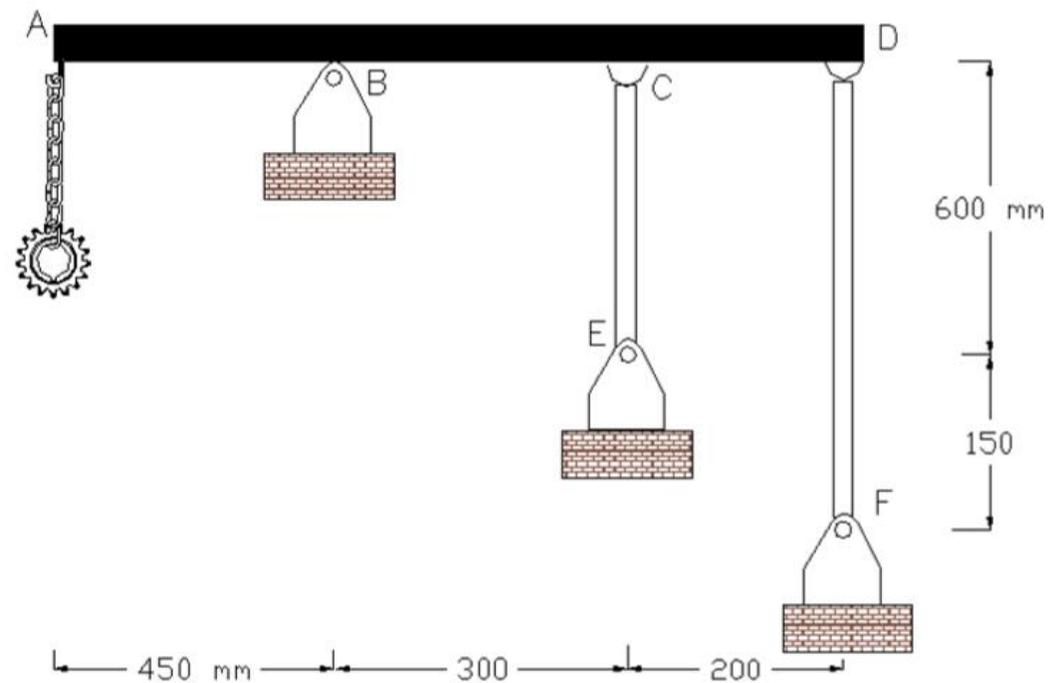
$$\frac{v_A}{0,45} = \frac{v_C}{0,3} = \frac{v_D - v_C}{0,2} \rightarrow 1,67 \cdot v_C = v_D \quad (1)$$

$$v_C = \delta_{CE} = \frac{F_{CE} \cdot L_{CE}}{A_{CE} \cdot E}$$

$$v_D = \delta_{DF} = \frac{F_{DF} \cdot L_{DF}}{A_{DF} \cdot E}$$

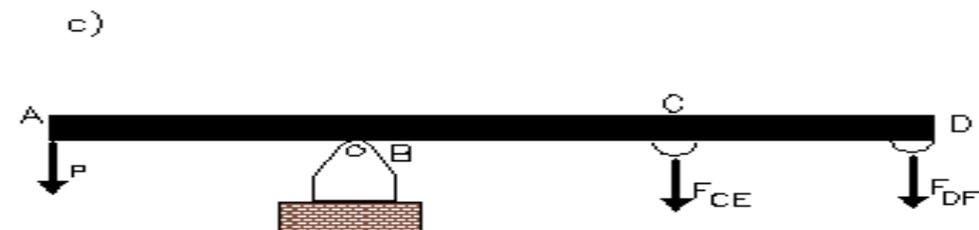


$$\delta = \frac{PL}{AE}$$



As variações v_C e v_D são relacionadas com os esforços normais por:

$$1,67 \cdot \frac{F_{CE} \cdot 0,6}{E \cdot \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4}} = \frac{F_{DF} \cdot 0,75}{E \cdot \frac{\pi \cdot 0,015^2}{4}} \rightarrow F_{CE} = F_{DF} / 3 \quad (3)$$



Exemplo 5)

Resolvendo simultaneamente Eq. (2) e Eq. (3), obtêm-se os esforços das barras CE e DF:

$$F_{CE} = 0,25 \cdot P; F_{DF} = 0,75 \cdot P$$

$$\frac{v_A}{0,45} = \frac{v_C}{0,3} = \frac{v_D - v_C}{0,2} \rightarrow 1,67 \cdot v_C = v_D$$

$$v_C = \delta_{CE} = \frac{F_{CE} \cdot L_{CE}}{A_{CE} \cdot E}$$

$$v_D = \delta_{DF} = \frac{F_{DF} \cdot L_{DF}}{A_{DF} \cdot E}$$

Verificando deslocamento máximo em A:

$$v_A = \frac{0,45}{0,3} v_C = \frac{0,15 \cdot 0,25 \cdot P \cdot 0,6}{70 \cdot 10^6 \cdot (\pi \cdot 0,01^2 / 4)} \leq 1,25 \cdot 10^{-3} \rightarrow P \leq 30,54 \text{ kN}$$

Verificando tensões admissíveis:

Exemplo 5)

Verificando tensões admissíveis:

$$\sigma_{CE} = \frac{0,25 \cdot P}{\pi \cdot 0,01^2 / 4} \leq 200 \cdot 10^3 \rightarrow P \leq 62,8 \text{ kN};$$

$$\sigma_{DF} = \frac{0,75 \cdot P}{\pi \cdot 0,015^2 / 4} \leq 200 \cdot 10^3 \rightarrow P \leq 47,1 \text{ kN}$$

Portanto: $P_{\text{máx}} = 30,5 \text{ kN}$

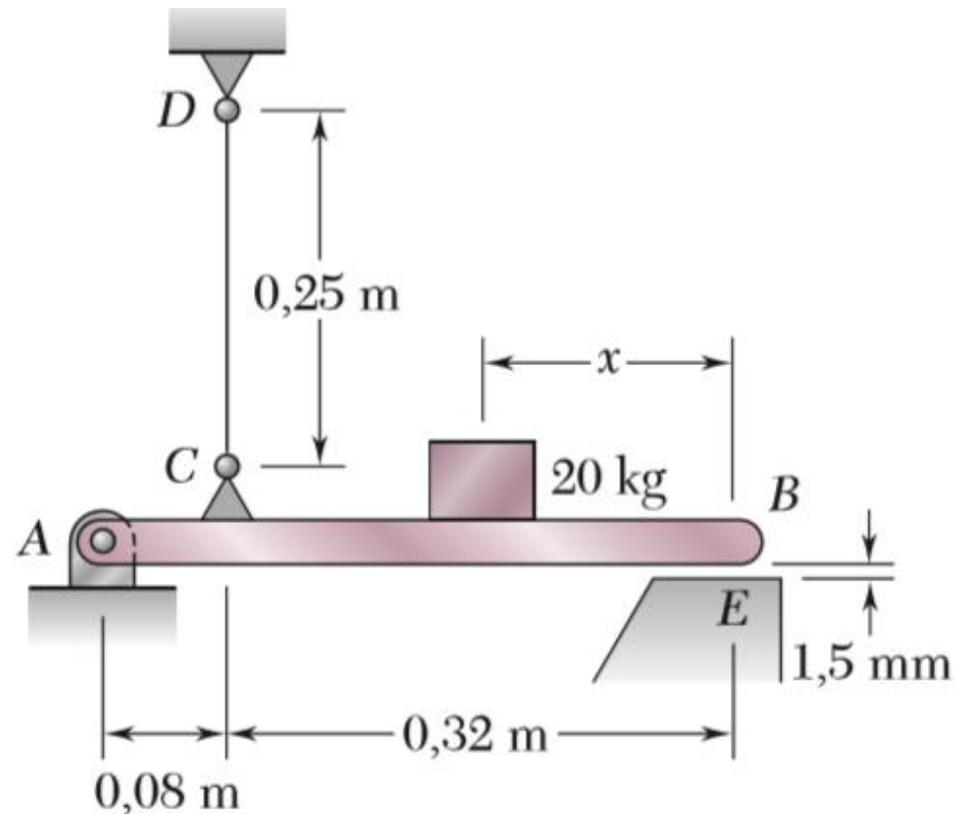
Obtendo o fator de segurança da estrutura:

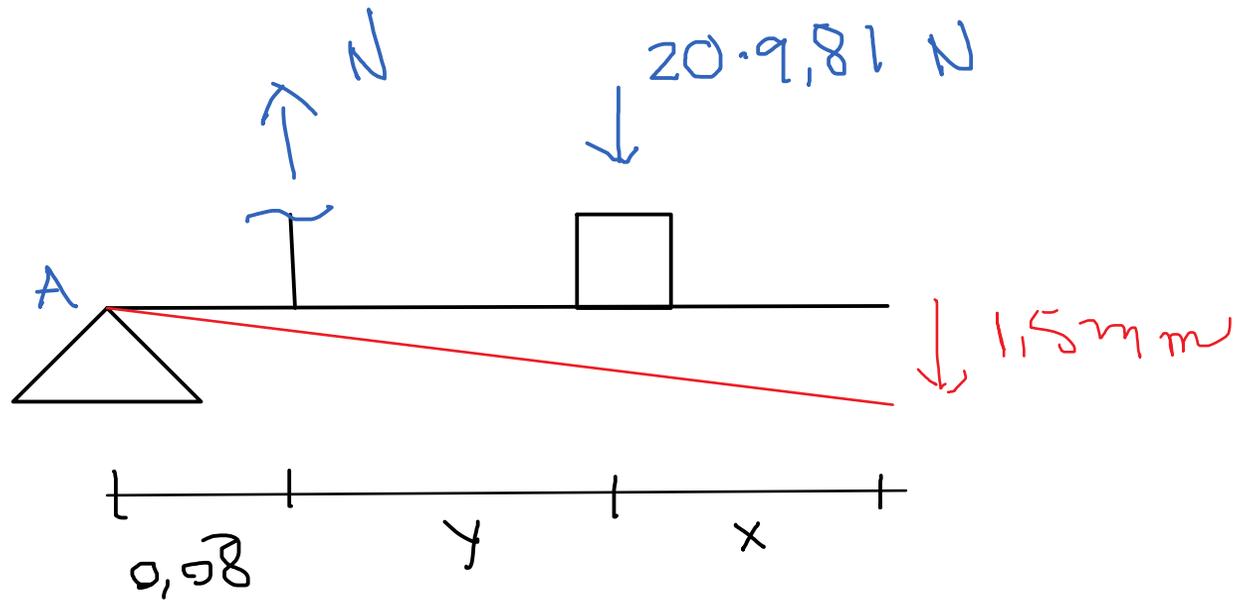
$$\sigma_{CE} = \frac{30,5 \cdot 0,25}{\pi \cdot 0,01^2 / 4} = 97,1 \text{ MPa} \rightarrow s_{CE} = \frac{200}{97,1} = 2,1$$

$$\sigma_{DF} = \frac{30,5 \cdot 0,75}{\pi \cdot 0,015^2 / 4} = 129,4 \text{ MPa} \rightarrow s_{DF} = \frac{200}{129,4} = 1,5; s = \min(s_i) = 1,5$$

Exemplo 6)

O comprimento do fio de aço CD de 2 mm de diâmetro foi ajustado de modo que, sem nenhuma força aplicada, existe um espaço de 1,5 mm entre a extremidade B da barra rígida ACB e um ponto de contato E . Sabendo que $E = 200$ GPa, determine onde deve ser colocado o bloco de 20 kg na barra rígida para provocar o contato entre B e E .





$$\sum M_A = 0: \quad 0,08 N = 20 \cdot 9,81 (0,08 + y) \quad (1)$$

$$N = 2,4525 \cdot 10^3 (0,08 + y) \quad (1)$$



$$\frac{\delta}{0,08} = \frac{45 \cdot 10^{-3}}{0,4}$$

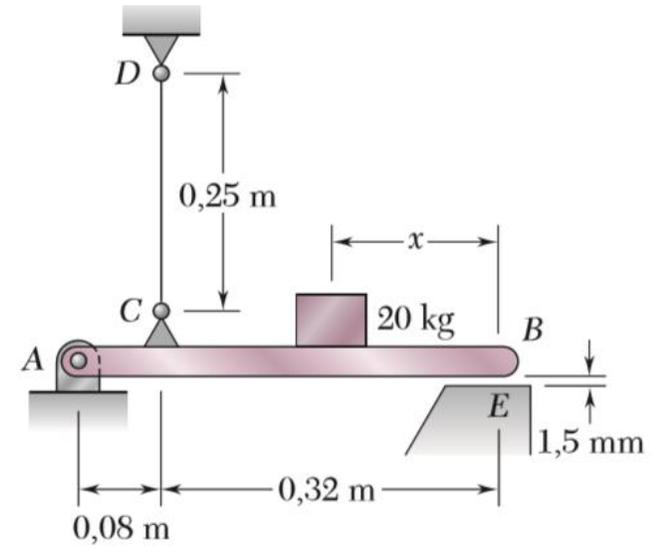
$$\delta = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\delta = \frac{NL}{EA} = \frac{N \cdot 0,25}{200 \cdot 10^9 \cdot \frac{\pi}{4} (0,02)^2} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ (m)}$$

$$N = 753,982 \text{ (N)} \quad (2)$$

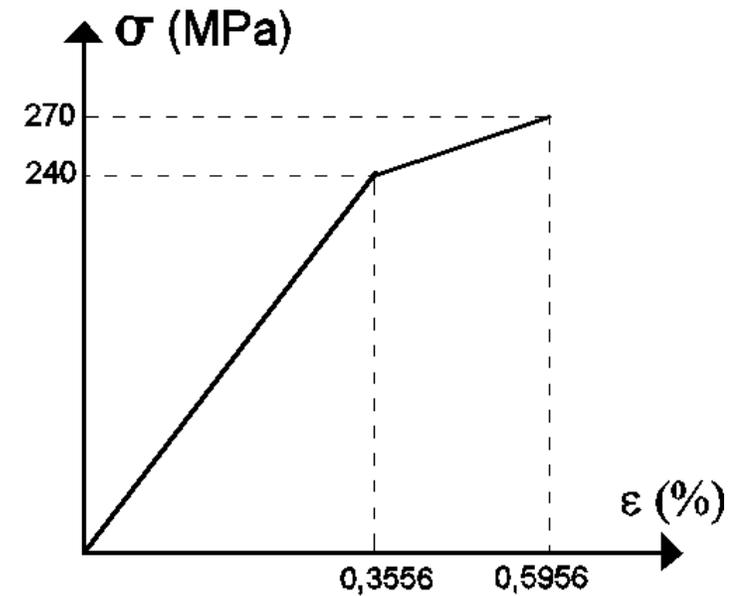
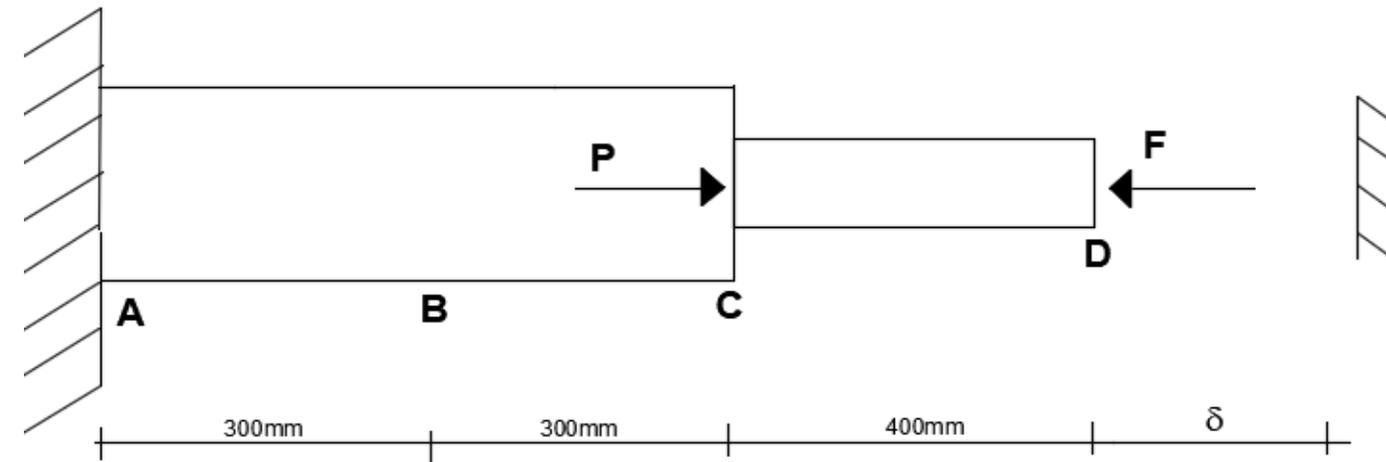
$$\infty \quad y = 0,227434 \text{ m} \rightarrow x + y = 0,32 \text{ m}$$

$$x = 92,6 \text{ mm}$$



Exemplo 7)

A barra de aço da figura tem seu módulo de elasticidade obtido no diagrama tensão-deformação indicado, e está sob a ação das forças horizontais indicadas de $F = 10.000 \text{ kN}$ e P nos sentidos indicados e sua seção em A está fixa. Os trechos AC e CD são seções circulares maciças de, respectivamente, diâmetros de 100 mm e 10 mm . Nessas condições, obtenha o valor da força P de modo que o deslocamento axial do ponto C seja para a esquerda de 10 mm .



Exemplo 7)

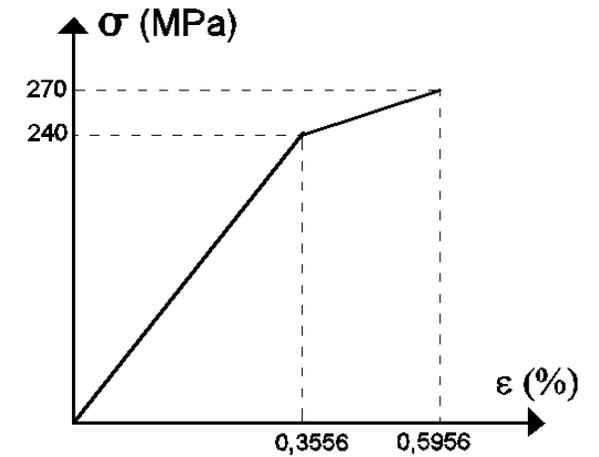
O modulo de elasticidade é dado pela tangente no trecho elástico inicial:

$$E = \frac{240 \text{ MPa}}{0,3556/100} = 67.491,6 \text{ MPa} = 67,5 \text{ GPa}$$

As áreas das seções transversais são:

$$\text{trecho AC: } A = 0,00785 \text{ m}^2$$

$$\text{trecho CD: } A = 0,0000785 \text{ m}^2$$



$$\delta_c = \frac{(P - 10.000) \cdot 0,6}{67,5 \cdot 10^6 \cdot 0,00785} = -0,01$$

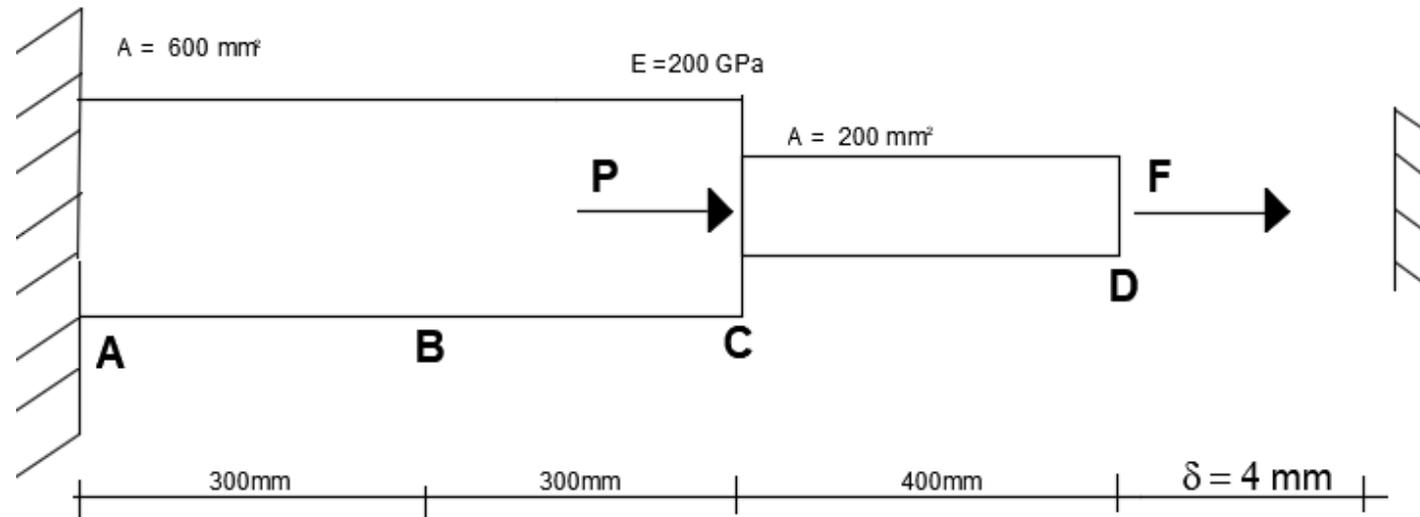
$$P = 1.165 \text{ kN}$$



$$F = 10000$$

Exemplo 8)

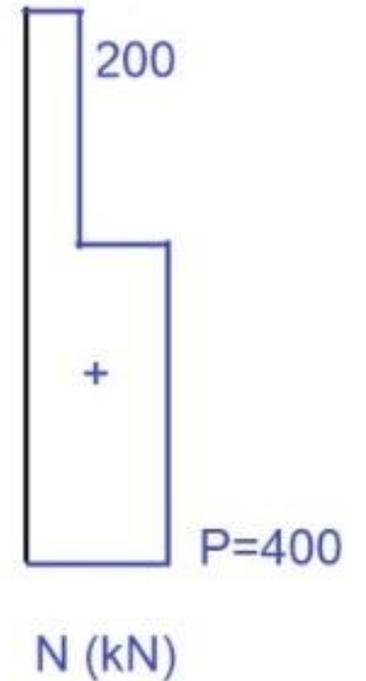
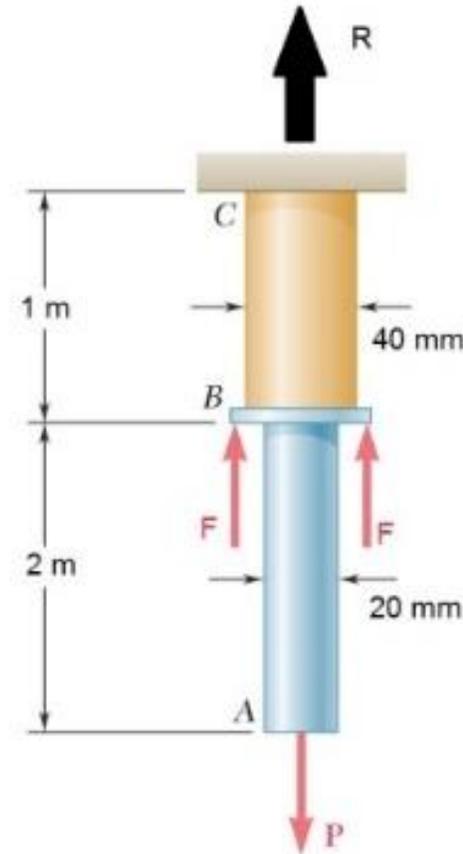
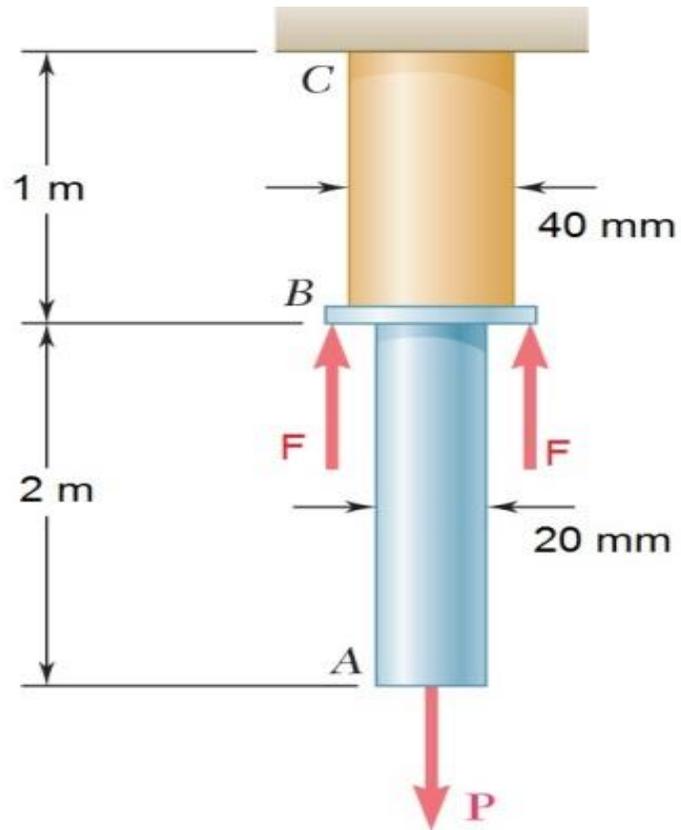
A barra de aço da figura, de módulo de elasticidade de 200 GPa, está sob a ação das forças horizontais indicadas de $P = 500$ kN e F nos sentidos indicados e sua seção em A está fixa. As seções transversais dos trechos AC e CD tem, respectivamente, valores de área de 600 mm^2 e 200 mm^2 . Nessas condições, o valor da força F de modo que o deslocamento axial do ponto D fique na iminência de encostar no anteparo, ou seja, se desloque 4 mm é?



$$\delta_D = \frac{(500 + F) \cdot 0,6}{200 \cdot 10^6 \cdot 600 \cdot 10^{-6}} + \frac{(F) \cdot 0,3}{200 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Exemplo 9)

A barra abaixo é formada por dois materiais, a parte AB é de aço com $E = 200 \text{ GPa}$ e diâmetro de 20 mm. A parte BC é de cobre com $E = 20 \text{ GPa}$ e diâmetro de 40 mm. As forças estão aplicadas conforme desenho, onde em B estão simétricas com respeito ao eixo. Considere $F = 100 \text{ kN}$ e $P = 400 \text{ kN}$. Obtenha o deslocamento axial do ponto A e B.



$$E_{\text{cobre}} = 20 \text{ GPa} = 20 \cdot 10^6 \text{ kPa};$$

$$E_{\text{aco}} = 200 \text{ GPa} = 200 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$\delta_B = \delta_{CB}$$

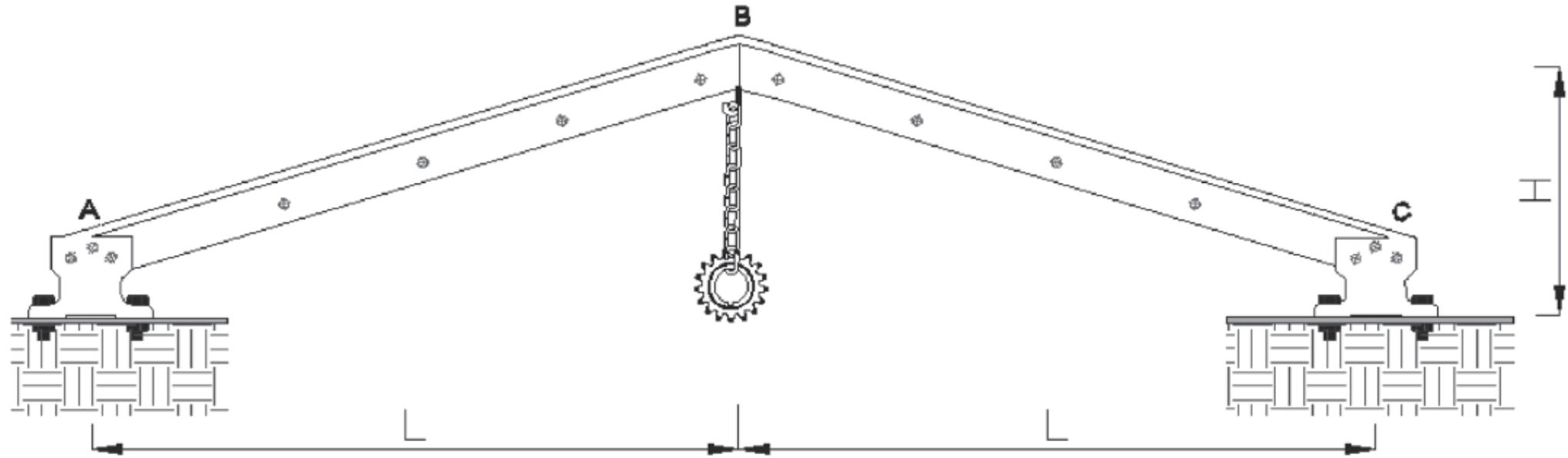
$$\delta_B = \left[\frac{200 \cdot 1,0}{20 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,020^2} \right] = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 8 \text{ mm}$$

$$\delta_A = \delta_{CB} + \delta_{BA}$$

$$\delta_A = \left[\frac{200 \cdot 1,0}{20 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,020^2} \right] + \left[\frac{400 \cdot 2,0}{200 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,010^2} \right] = 20,7 \text{ mm}$$

Exemplo 10)

1.7.12. Uma corrente e uma peça dentada de peso total de 120 kN está içada num ponto B da estrutura treliçada, conforme Figura 1.53A. As barras AB e BC são de uma liga de alumínio e tem $E = 85$ GPa e área de 50 cm^2 . Obtenha o deslocamento vertical do ponto B. Considere $H = 4,8$ m, $L = 14$ m e que o material esteja trabalhando no regime elástico.



Exemplo 10)

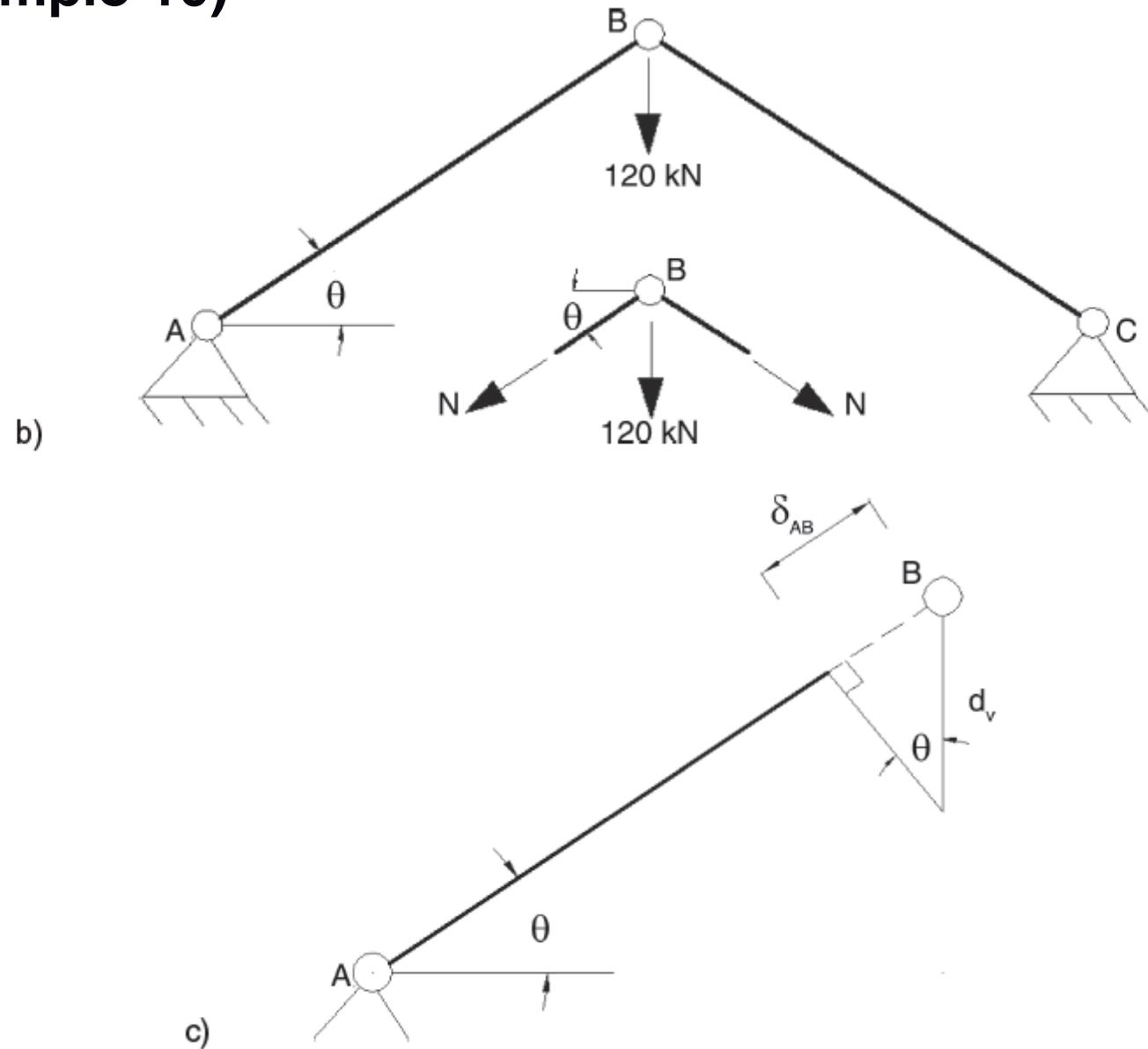
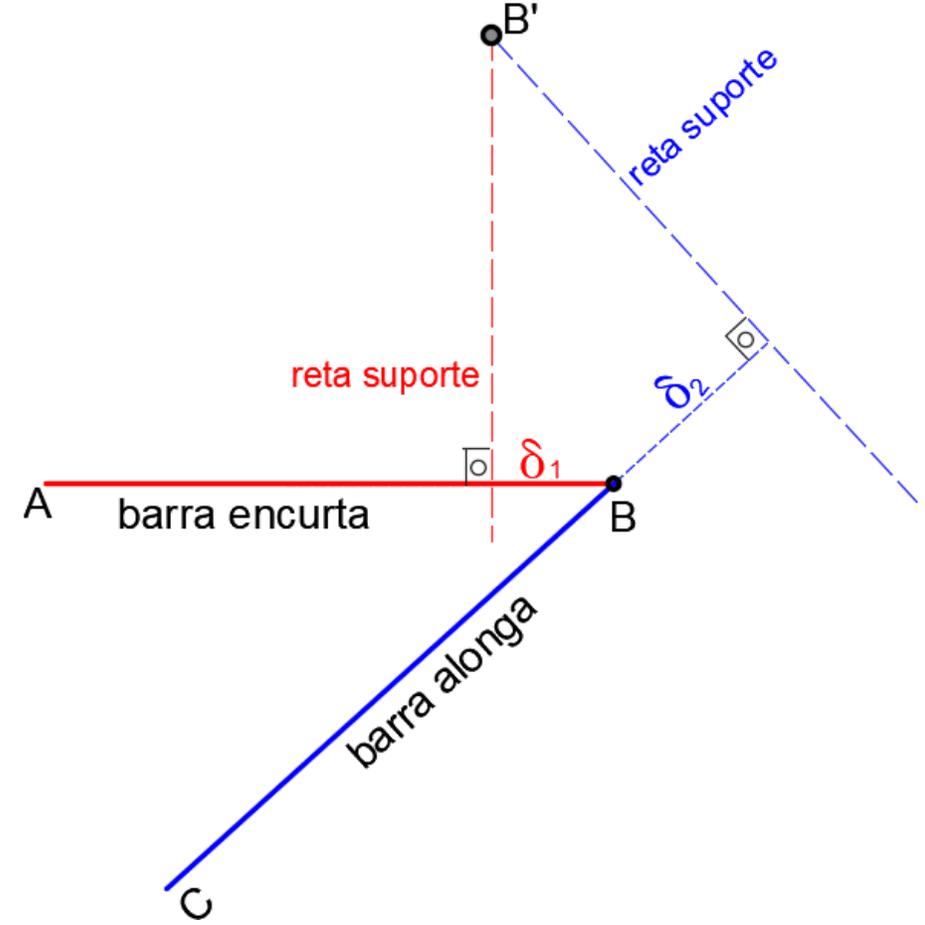
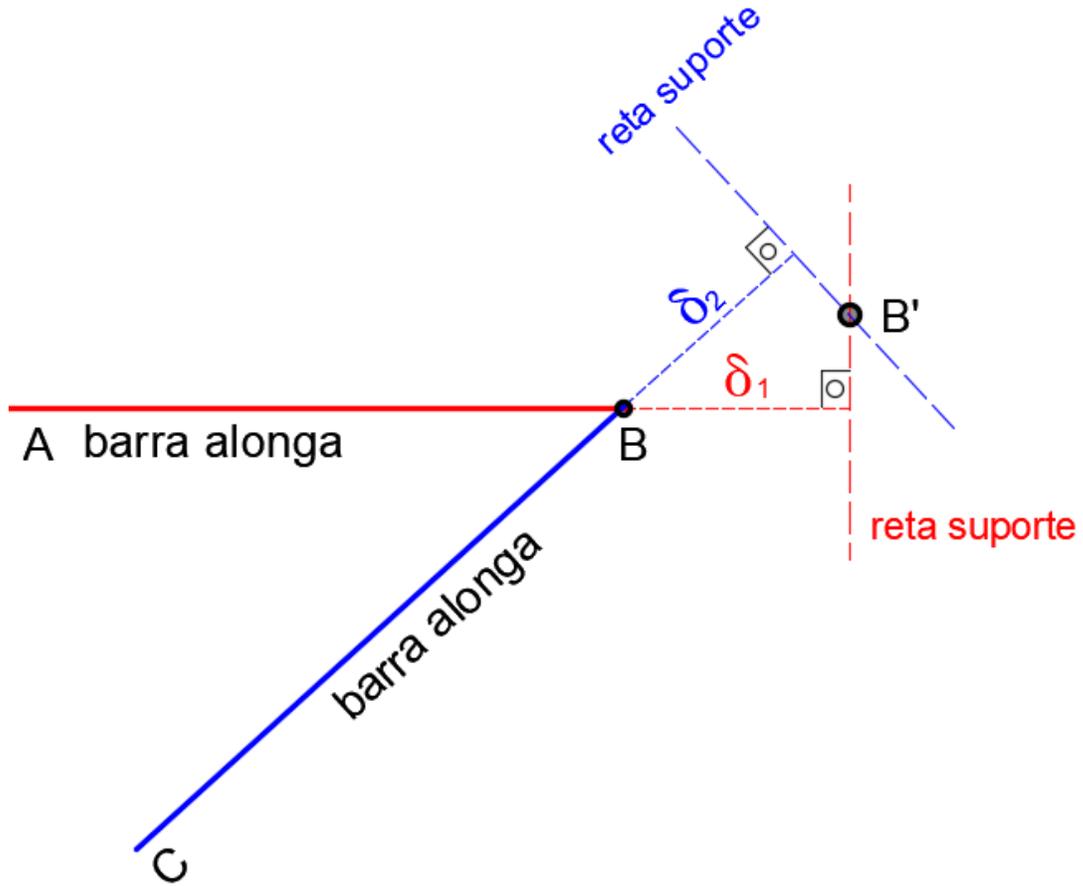


FIGURA 1.53B e C (b) Esquema estático da treliça e indicação do equilíbrio do nó B; (c) indicação geométrica do gráfico de Williot.

Gráfico de Williot



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 120 = 2 \cdot N \cdot \text{sen}\theta \rightarrow N = 185 \text{ kN}$$

Os encurtamentos das barras AB e BC são calculados por:

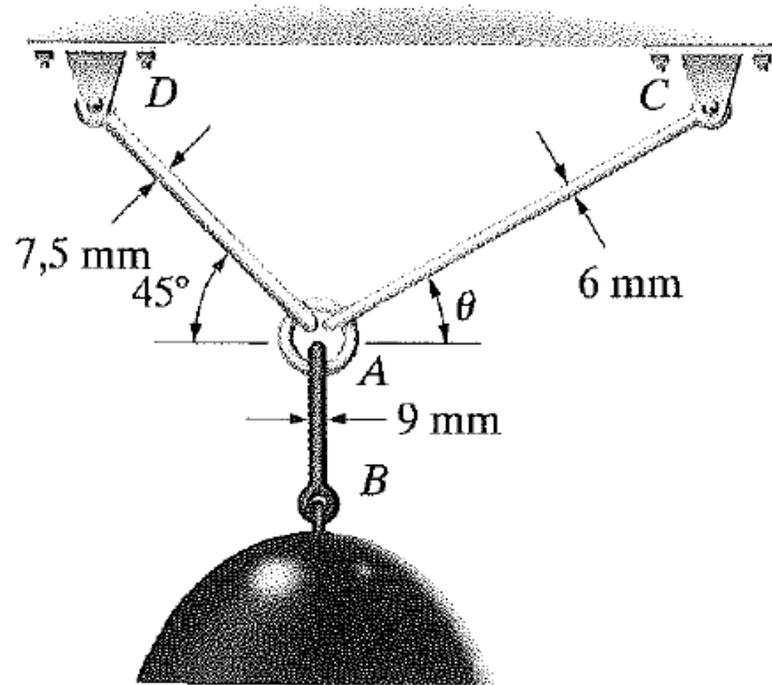
$$\delta_{AB} = \delta_{BC} = \left[\frac{185 \cdot 14,8}{85 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-4}} \right] = 6,44 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 6,44 \text{ mm}$$

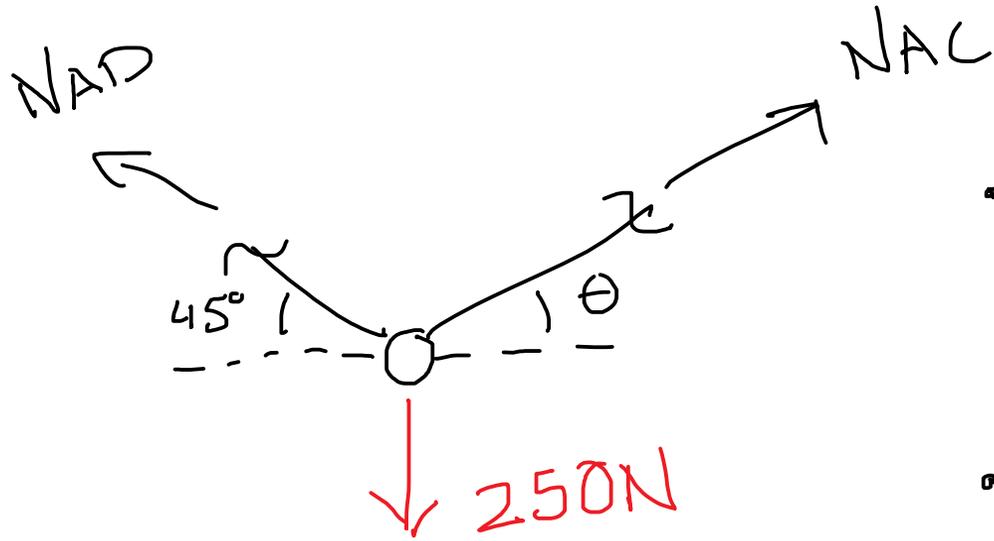
O Gráfico de Williot está indicado na Figura 1.53C.

$$\text{Da geometria: } \text{sen}\theta = \frac{\delta_{AB}}{d_v} \rightarrow d_v = \frac{\delta_{AB}}{\text{sen}\theta} = \frac{6,44}{0,324} = 19,9 \text{ mm}$$

Exemplo 11)

1.44. A luminária de 250 N é sustentada por três hastes de aço interligadas por um anel em A . Determine o ângulo de orientação θ de AC de modo que a tensão normal média na haste AC seja duas vezes a tensão normal média na haste AD . Qual é a intensidade da tensão em cada haste? O diâmetro de cada haste é dado na figura.





- $\Sigma F_z = 0$
 $N_{AC} \cos \theta = N_{AD} \cos 45^\circ \quad (1)$

- $\sigma_{AC} = 2 \sigma_{AD} \quad (2)$

$$\frac{N_{AC}}{\frac{\pi}{4} (0,006)^2} = \frac{2 N_{AD}}{\frac{\pi}{4} (0,0075)^2}$$

$$N_{AC} = 1,28 N_{AD} \quad (2)$$

h) c) (2).

$$1,28 N_{AD} \cos \theta = N_{AD} \cos 45^\circ$$

$$\cos \theta = 0,552427$$

$$\theta = 56,47^\circ$$

• $\sum F_y = 0$:

$$N_{AC} \sin \theta + N_{AD} \sin 45^\circ = 250$$

$$N_{AD} = 140,92 \text{ N} \rightarrow \sigma_{AD} = \frac{N_{AD}}{\frac{\pi}{4} 0,0075^2}$$

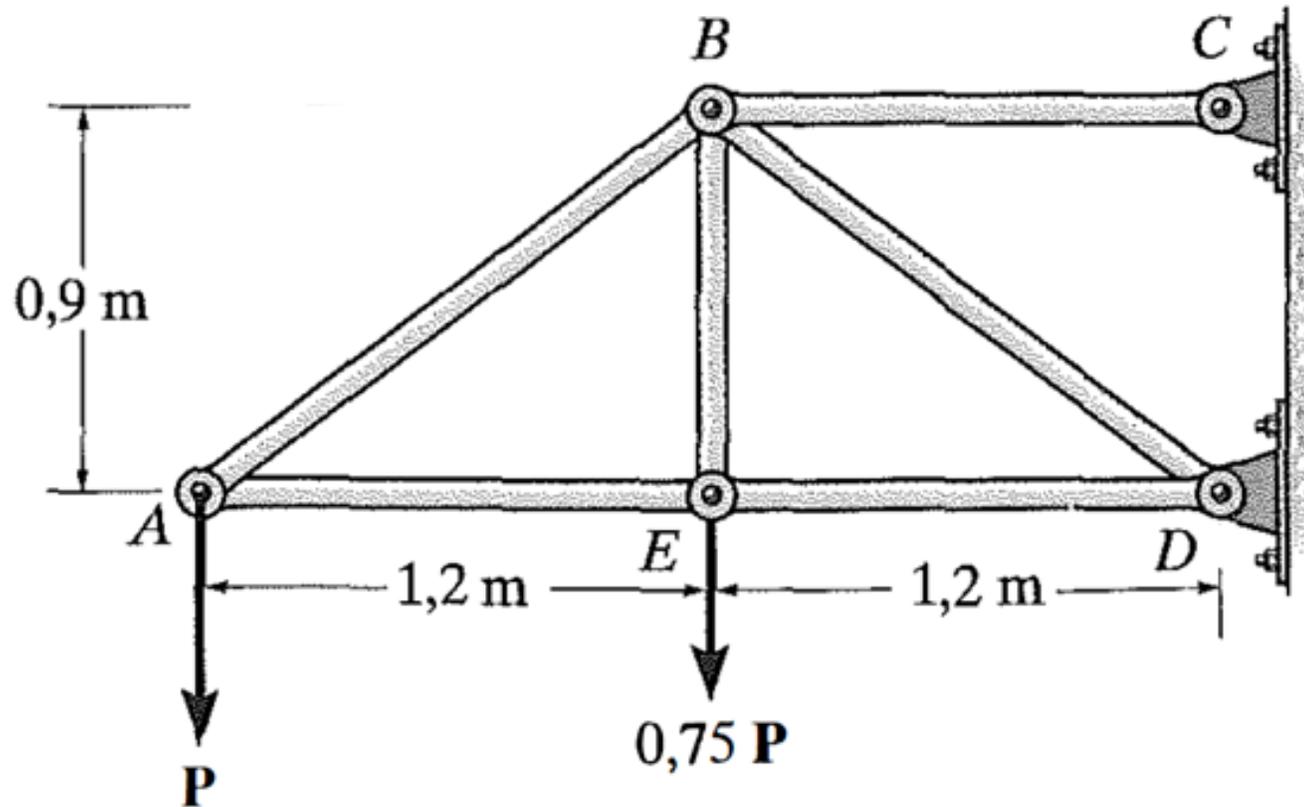
$$\sigma_{AD} = 3,19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{AC} = 6,38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{AB} = \frac{250}{\frac{\pi}{4} (0,009)^2} = 3,93 \text{ MPa}$$

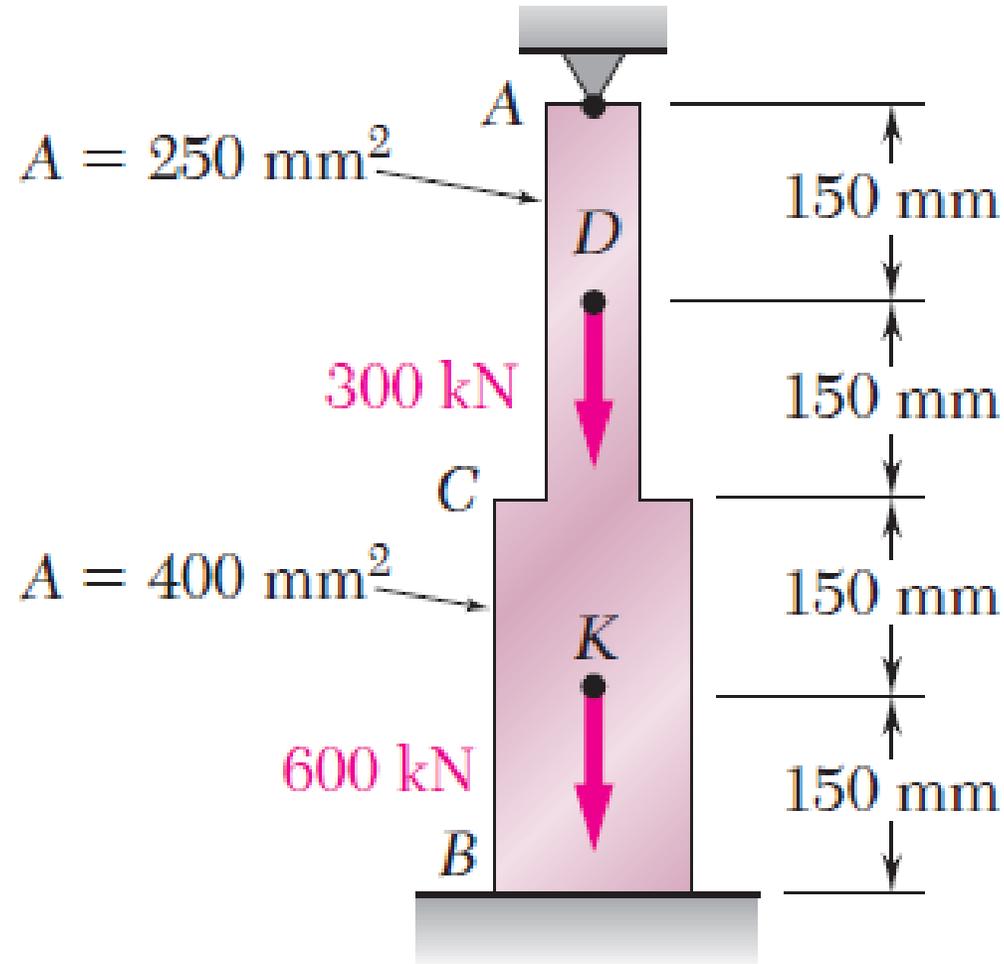
Exemplo 12)

Cada uma das barras da treliça tem área de seção transversal de 780 mm^2 . Se a tensão normal média máxima em qualquer barra não pode ultrapassar 140 MPa , determine o valor máximo P das cargas que podem ser aplicadas à treliça.

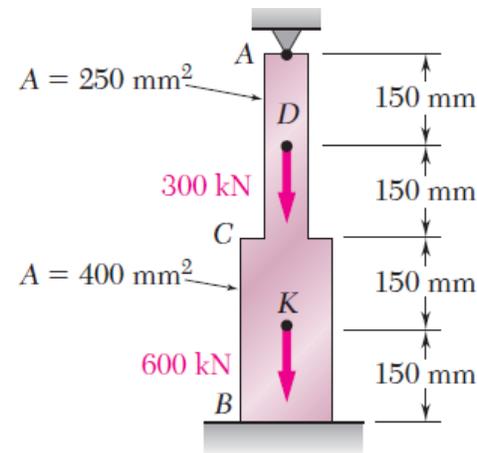
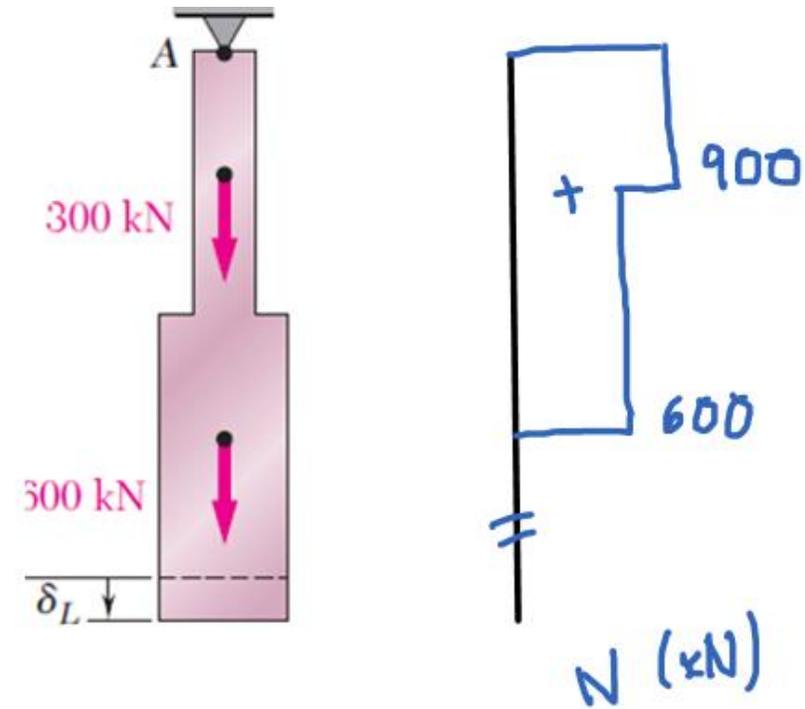
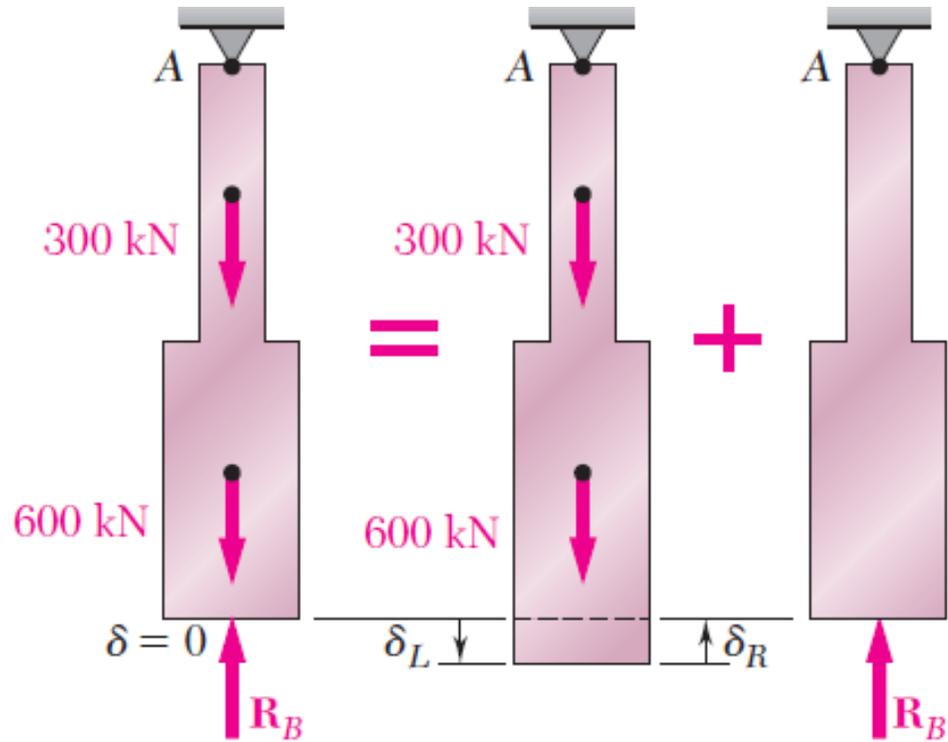


Exemplo 13)

Seja a barra de aço, presa em ambas as extremidades por apoios fixos, submetida ao carregamento indicado. Determine o valor das reações nesses apoios.

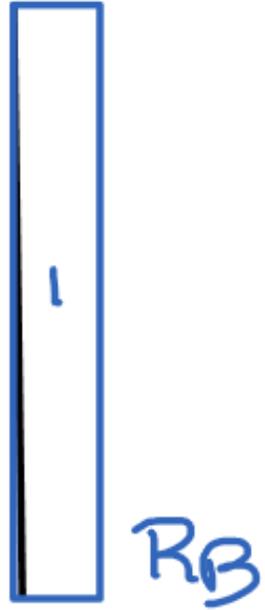
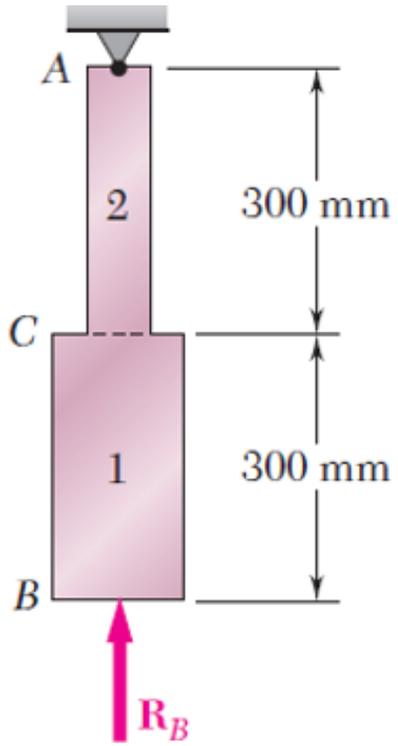


Sobreposição de efeitos



$$\delta_L = \sum_{i=1}^4 \frac{P_i L_i}{A_i E} = \left(0 + \frac{600 \times 10^3 \text{ N}}{400 \times 10^{-6} \text{ m}^2} + \frac{600 \times 10^3 \text{ N}}{250 \times 10^{-6} \text{ m}^2} + \frac{900 \times 10^3 \text{ N}}{250 \times 10^{-6} \text{ m}^2} \right) \frac{0,150 \text{ m}}{E}$$

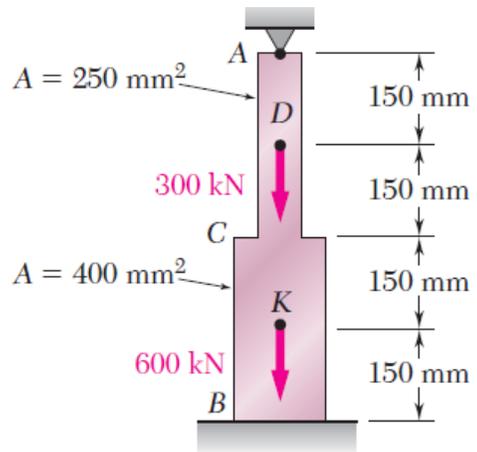
$$\delta_L = \frac{1,125 \times 10^9}{E}$$



$$\delta_R = \frac{-R_B \cdot 0,3}{E \cdot 400 \cdot 10^{-6}} - \frac{R_B \cdot 0,3}{E \cdot 250 \cdot 10^{-6}}$$

$$\delta_R = -\frac{1950}{E} R_B$$

$$\delta = \delta_L + \delta_R = 0$$

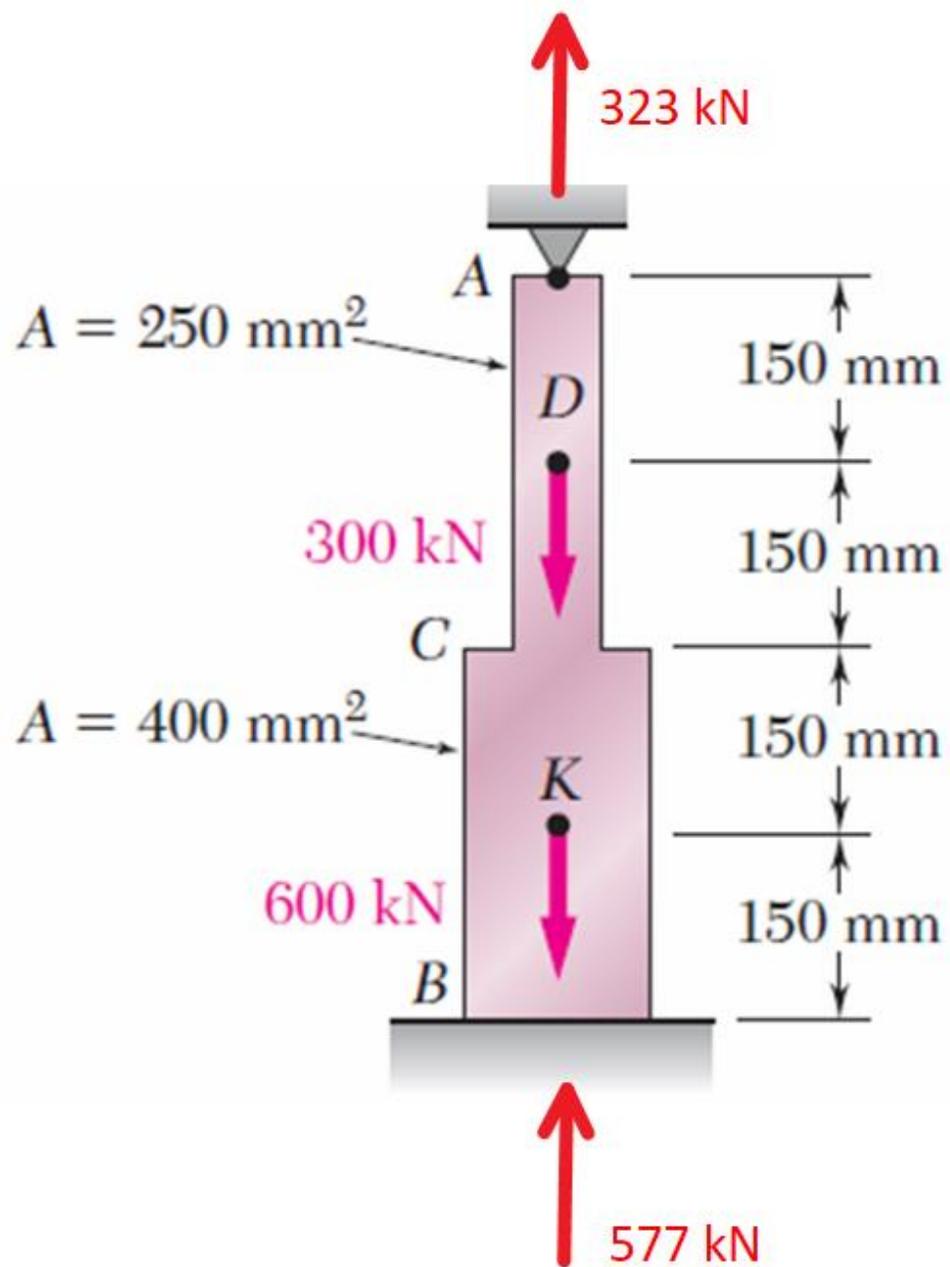


$$\delta = \frac{1,125 \times 10^9}{E} - \frac{(1,95 \times 10^3) R_B}{E} = 0$$

$$R_B = 577 \times 10^3 \text{ N} = 577 \text{ kN}$$

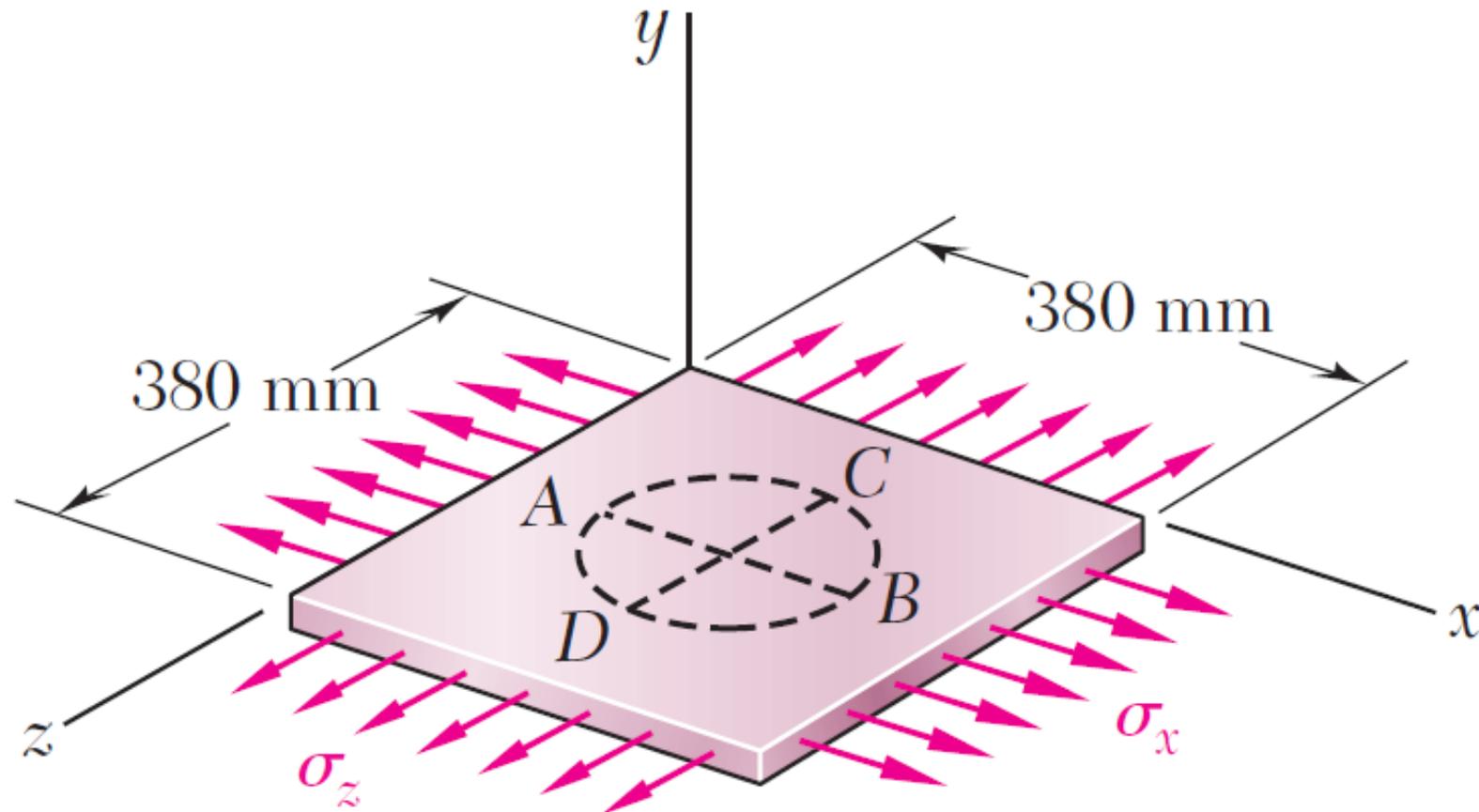
$$R_B = 577 \times 10^3 \text{ N} = 577 \text{ kN}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0: \quad R_A - 300 \text{ kN} - 600 \text{ kN} + R_B = 0$$
$$R_A = 900 \text{ kN} - R_B = 900 \text{ kN} - 577 \text{ kN} = 323 \text{ kN}$$



Exemplo 14)

Um círculo de diâmetro $d=220$ mm é desenhado em uma placa de alumínio livre de tensões de espessura $t=19$ mm. Forças atuando posteriormente no plano da placa provocam tensões normais $\sigma_x = 82$ MPa e $\sigma_z = 138$ MPa. Para $E=69$ GPa e $\nu = 1/3$, determine a variação (a) do comprimento do diâmetro AB , (b) do comprimento do diâmetro CD , (c) da espessura da placa e (d) do volume da placa.

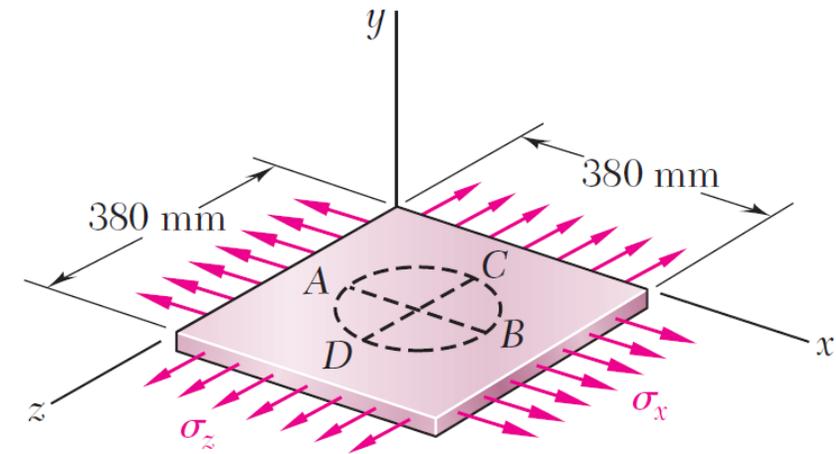


Relação generalizada fica:

$$\begin{aligned}\epsilon_x &= +\frac{\sigma_x}{E} - \frac{\nu\sigma_y}{E} - \frac{\nu\sigma_z}{E} \\ &= \frac{1}{69 \times 10^3 \text{ MPa}} \left[(82 \text{ MPa}) - 0 - \frac{1}{3}(138 \text{ MPa}) \right] = +0,522 \times 10^{-3} \text{ mm/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_y &= -\frac{\nu\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\nu\sigma_z}{E} \\ &= \frac{1}{69 \times 10^3 \text{ MPa}} \left[-\frac{1}{3}(82 \text{ MPa}) + 0 - \frac{1}{3}(138 \text{ MPa}) \right] = -1,063 \times 10^{-3} \text{ mm/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_z &= -\frac{\nu\sigma_x}{E} - \frac{\nu\sigma_y}{E} + \frac{\sigma_z}{E} \\ &= \frac{1}{69 \times 10^3 \text{ MPa}} \left[-\frac{1}{3}(82 \text{ MPa}) - 0 + (138 \text{ MPa}) \right] = +1,604 \times 10^{-3} \text{ mm/mm}.\end{aligned}$$

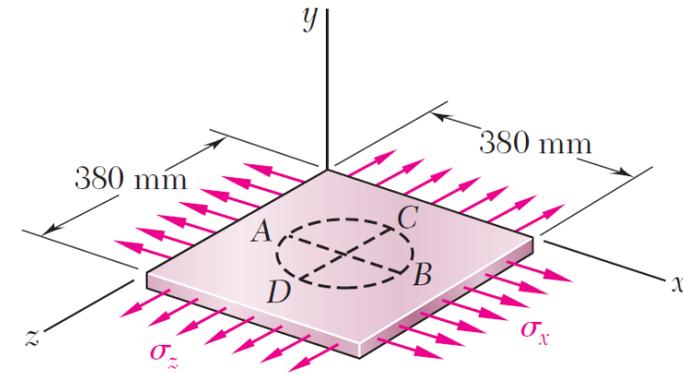


$$\epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \quad \epsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] \quad \epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \end{Bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & -\nu \\ -\nu & 1 & -\nu \\ -\nu & -\nu & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{Bmatrix}$$

a. Diâmetro AB . A variação do comprimento é $\delta_{B/A} = \epsilon_x d$.

$$\delta_{B/A} = \epsilon_x d = (+0,522 \times 10^{-3} \text{ mm/mm})(220 \text{ mm})$$

$$\delta_{B/A} = +0,104 \text{ mm}$$



b. Diâmetro CD .

$$\delta_{C/D} = \epsilon_z d = (+1,604 \times 10^{-3} \text{ mm/mm})(220 \text{ mm})$$

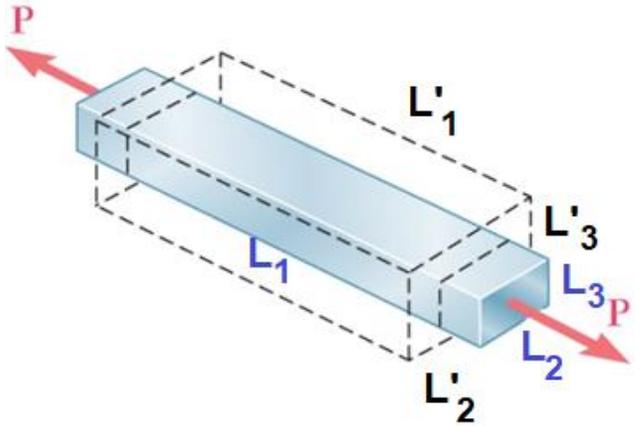
$$\delta_{C/D} = +0,353 \text{ mm}$$

c. Espessura. Lembrando que $t = 19 \text{ mm}$, temos

$$\delta_t = \epsilon_y t = (-1,063 \times 10^{-3} \text{ mm/mm})(19 \text{ mm})$$

$$\delta_t = -0,20 \text{ mm}$$

Variação de volume



$$V_F = L_1 L_2 L_3$$

$$V_I = L'_1 L'_2 L'_3$$



$$\Delta V = V_F - V_I \rightarrow \frac{\Delta V}{V_I} = \frac{L_1 L_2 L_3}{L'_1 L'_2 L'_3} - 1$$

$$\frac{\Delta V}{V_I} = (\varepsilon_x + 1)(\varepsilon_y + 1)(\varepsilon_z + 1) - 1$$

$$\varepsilon_x = \frac{L_1 - L'_1}{L'_1} \rightarrow \varepsilon_x = \frac{L_1}{L'_1} - 1 \rightarrow \frac{L_1}{L'_1} = \varepsilon_x + 1$$

$$\frac{L_2}{L'_2} = \varepsilon_y + 1$$

$$\frac{L_3}{L'_3} = \varepsilon_z + 1$$

$$\frac{\Delta V}{V_I} = (\varepsilon_x \varepsilon_y \varepsilon_z + \varepsilon_x \varepsilon_y + \varepsilon_x \varepsilon_z + \varepsilon_y \varepsilon_z + \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z + 1) - 1 \xrightarrow{\text{desprezando termos de ordem superior}}$$

$$\frac{\Delta V}{V_I} = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$



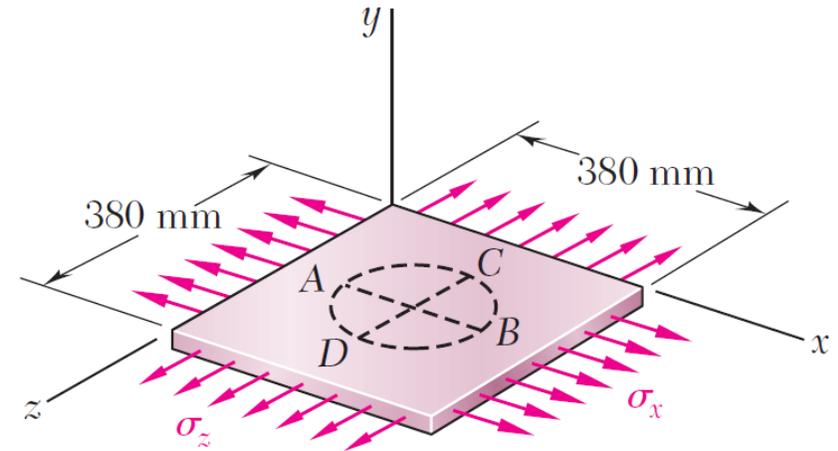
$$\Delta V = (\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) V_I$$

d. Volume da placa.

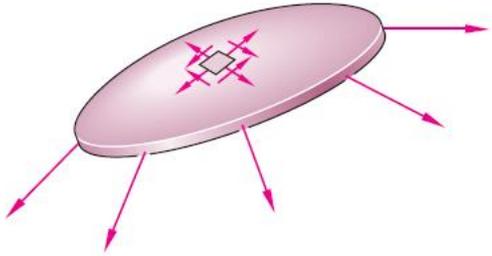
$$e = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z = (+0,522 - 1,063 + 1,604) 10^{-3} = +1,063 \times 10^{-3}$$

$$\Delta V = eV = +1,063 \times 10^{-3} [(380 \text{ mm})(380 \text{ mm})](19 \text{ mm}) \quad \Delta V = 2,916 \text{ mm}^3$$

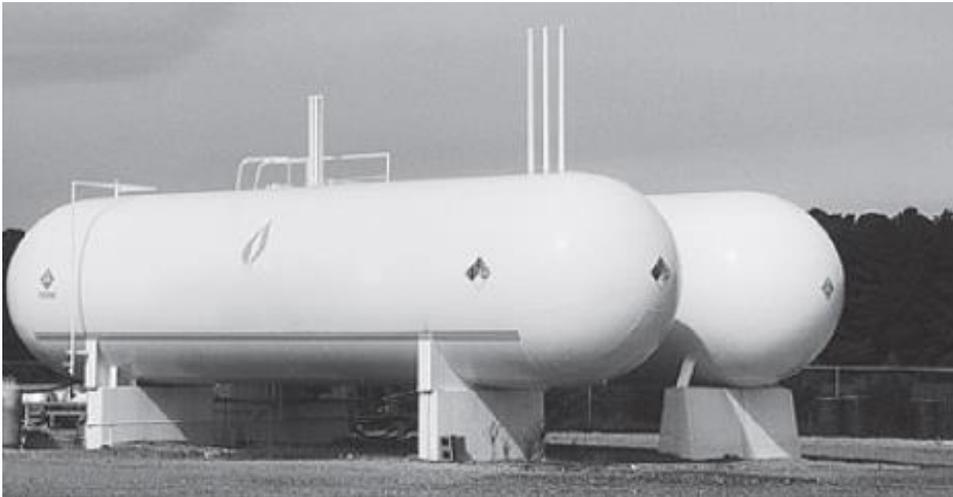
$$\Delta V = (\epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z) V_I$$



Tensões em vasos de pressão de paredes finas



Aplicação do estado plano de tensão

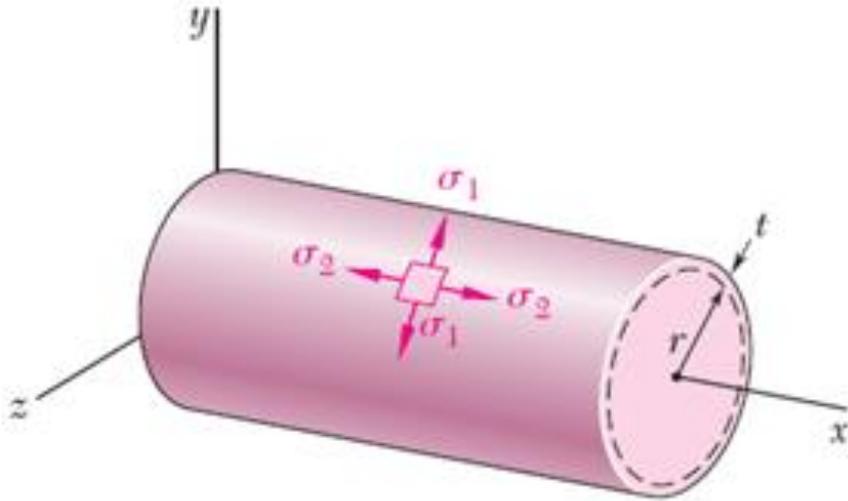


Vasos de pressões cilíndricos



Vasos de pressões esféricos

Tensões em vasos cilíndricos de pressão de paredes finas



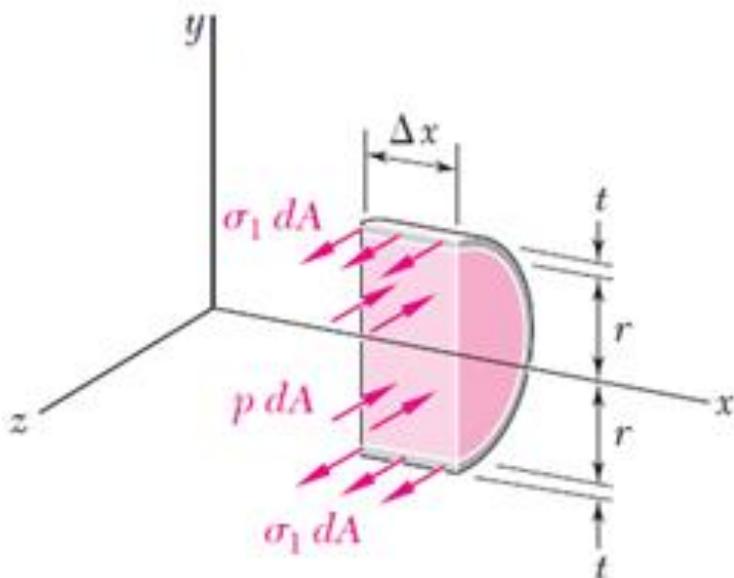
r : raio interno

t : espessura da parede fina

σ_1 : tensão tangencial

σ_2 : tensão longitudinal

p : pressão manométrica do fluido



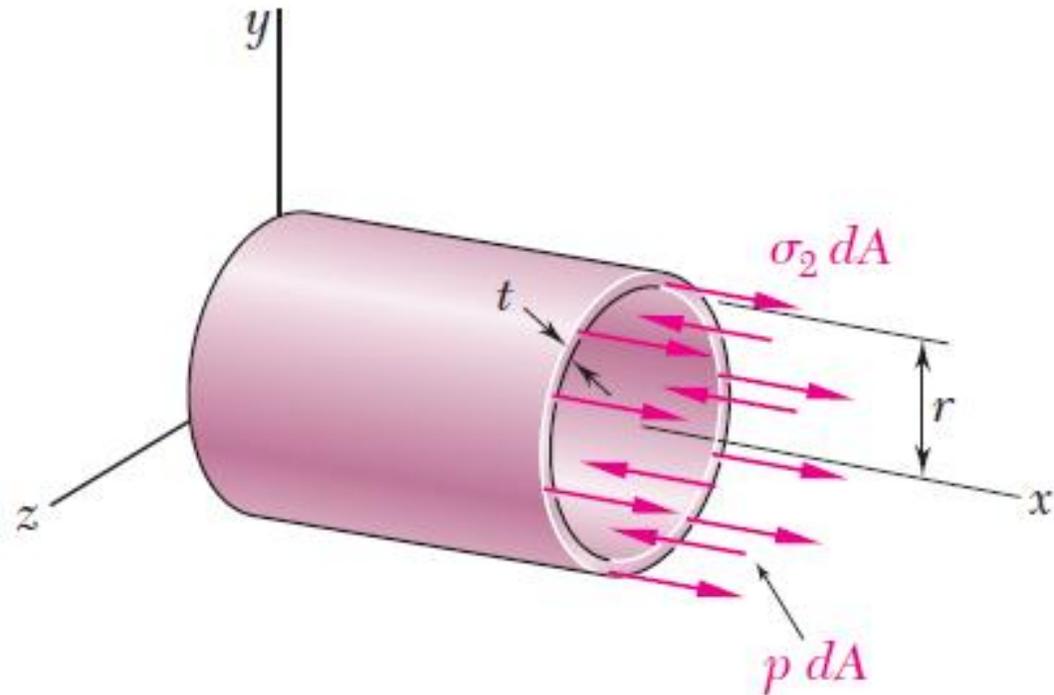
Escrevendo a equação de equilíbrio $\Sigma F_z = 0$, temos

$$\Sigma F_z = 0: \quad \sigma_1(2t \Delta x) - p(2r \Delta x) = 0$$

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t}$$

(tensão tangencial)

Tensões em vasos cilíndricos de pressão de paredes finas

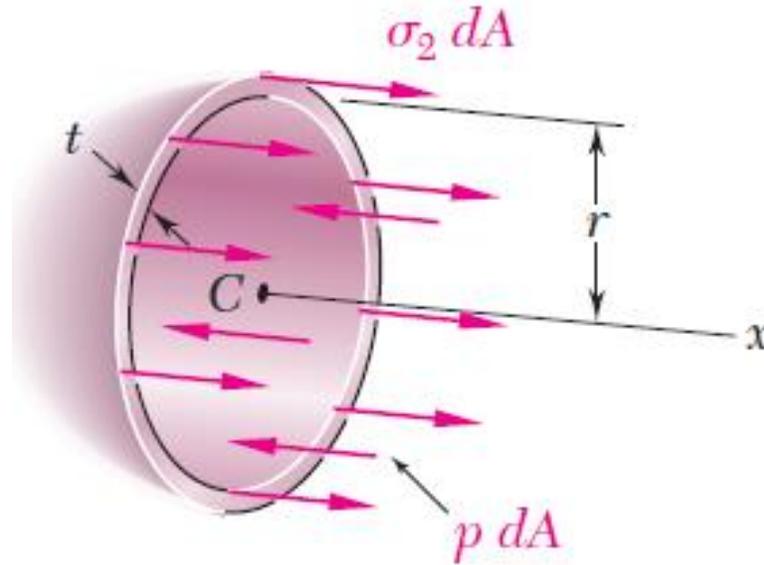
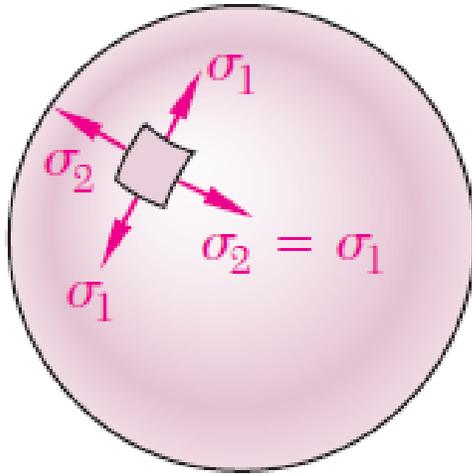


$$\Sigma F_x = 0: \quad \sigma_2(2\pi r t) - p(\pi r^2) = 0$$

$$\sigma_2 = \frac{pr}{2t}$$

(tensão longitudinal)

Tensões em vasos esféricos de pressão de paredes finas

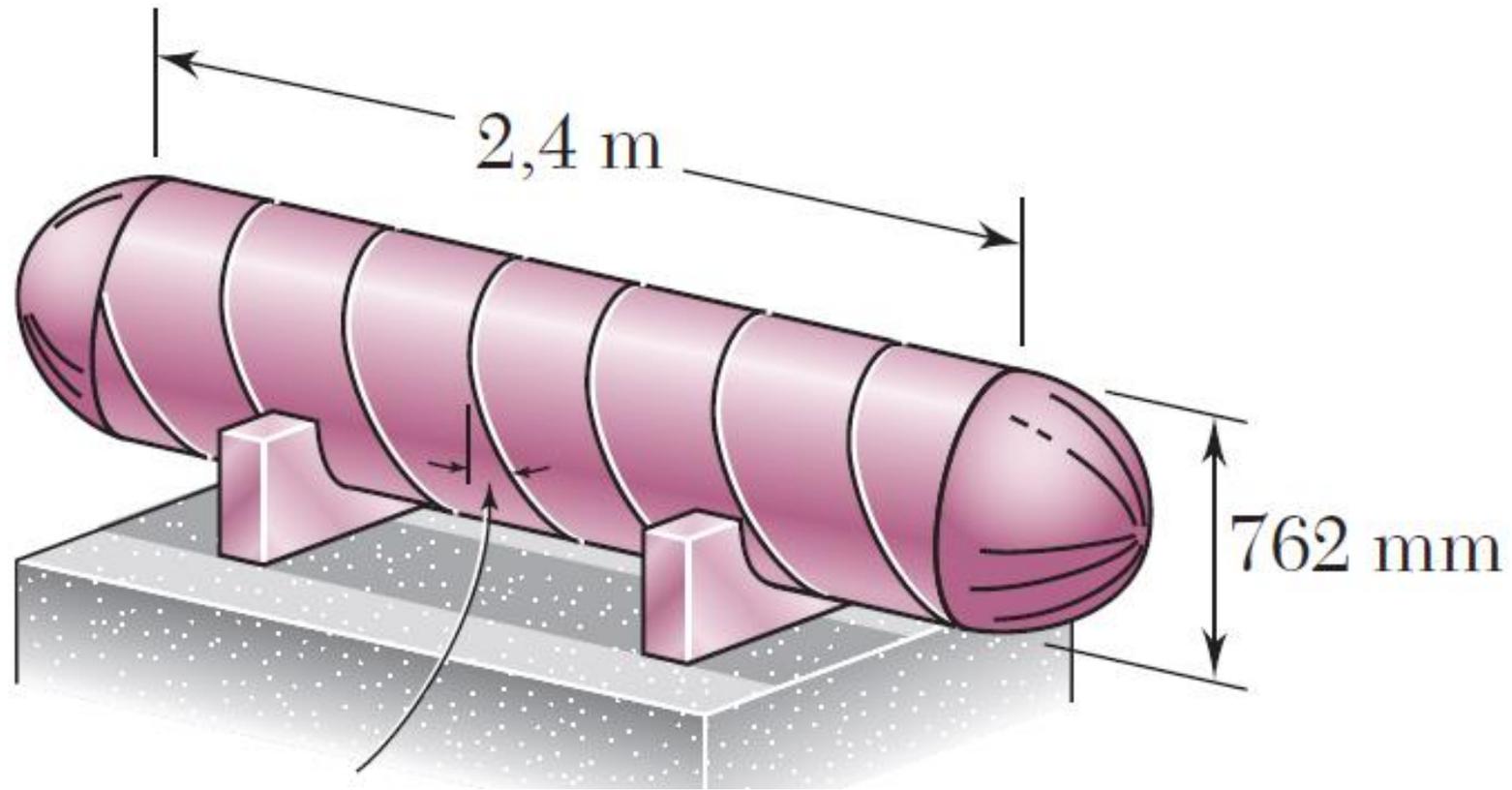


$$\sigma_2(2\pi r t) - p(\pi r^2) = 0$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{pr}{2t}$$

Exemplo 15)

O corpo cilíndrico do tanque tem um diâmetro externo de 762 mm. As tampas das extremidades são esféricas e têm uma espessura de parede uniforme de 8,0 mm. Para uma pressão manométrica interna de 1,2 MPa, determine (a) a tensão normal e (b) as tensões em direções perpendiculares e paralelas na parte cilíndrica.



a. Tampa esférica:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{pr}{2t}$$

$$p = 1,2 \text{ MPa}, t = 8,0 \text{ mm}, r = 381 - 8 = 373 \text{ mm}$$

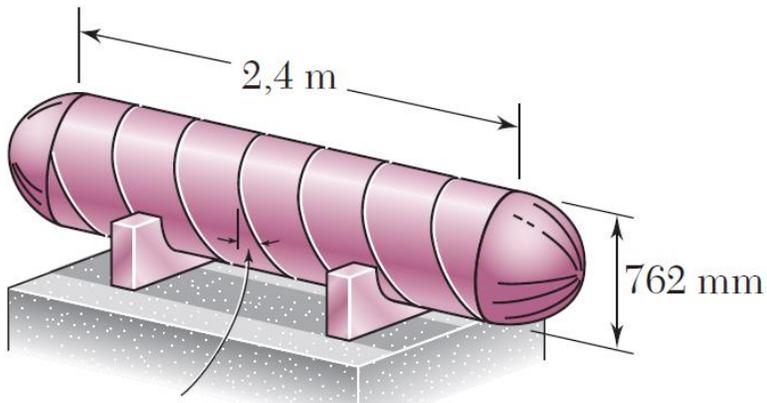
$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{pr}{2t} = \frac{(1,2 \text{ MPa})(373 \text{ mm})}{2(8,0 \text{ mm})}$$

$$\sigma = 28 \text{ MPa}$$

b. Corpo cilíndrico do tanque:

$$p = 1,2 \text{ MPa}, t = 9,5 \text{ mm}, r = 381 - 9,5 = 371,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t} = \frac{(1,2 \text{ MPa})(371,5 \text{ mm})}{9,5 \text{ mm}} = 47 \text{ MPa} \quad \sigma_2 = \frac{1}{2}\sigma_1 = 23,5 \text{ MPa}$$



$$\sigma_1 = \frac{pr}{t}$$

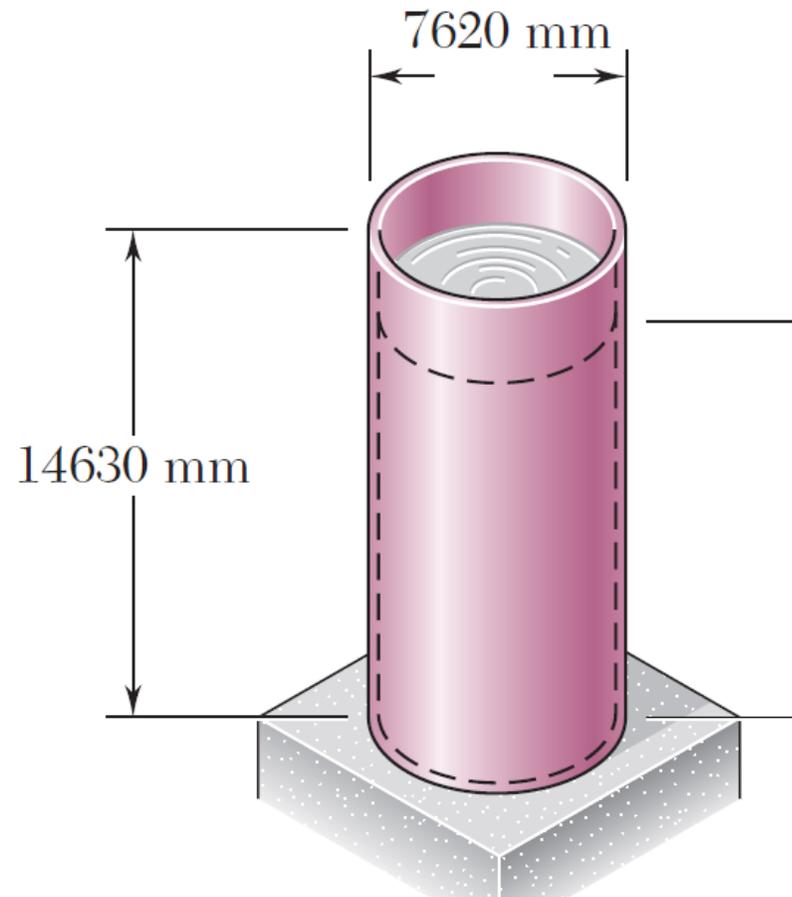
(tensão tangencial)

$$\sigma_2 = \frac{pr}{2t}$$

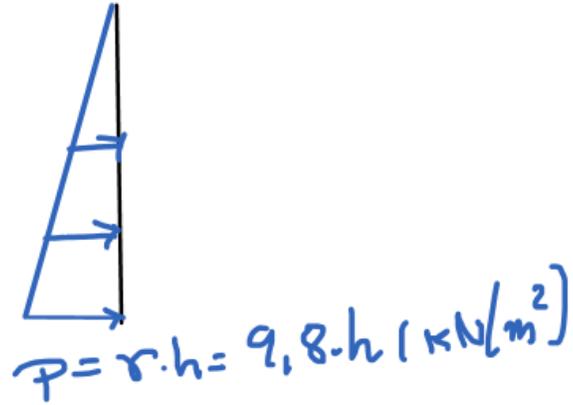
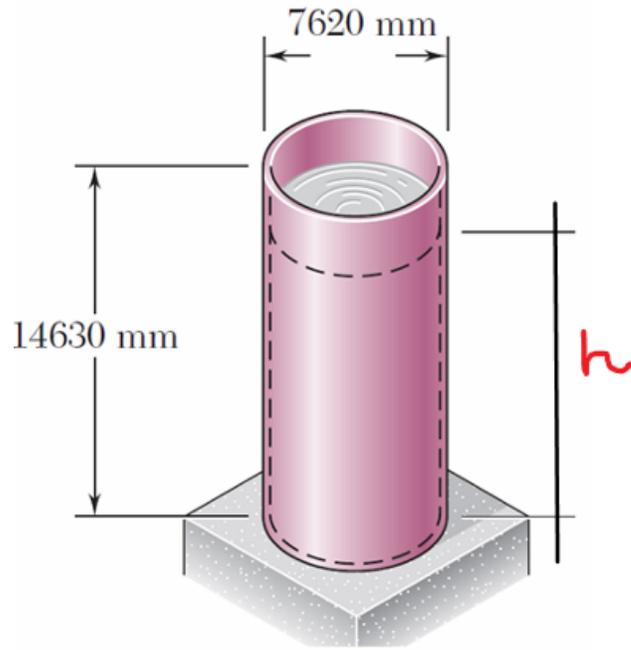
(tensão longitudinal)

Exemplo 16)

O tanque de armazenagem cilíndrico não pressurizado indicado tem uma parede com espessura de 4,76 mm e é feito de aço com um limite de resistência de 413,7 MPa na tração. Determine a altura máxima h com que ele pode ser preenchido com água quando se deseja um coeficiente de segurança de 4,0. (Peso específico da água $9,8 \text{ kNm}^3$.)



Exemplo 17)



$$\sigma_t = \frac{P \cdot r}{t} \quad (\text{Tensão tangencial})$$

$$r = \frac{7620}{2} - t = 3805,24 \text{ mm}$$

$$t = 4,76 \text{ mm}$$

$$\sigma_t = \frac{(9,8h) 3805,24 \cdot 10^{-3}}{4,76 \cdot 10^{-3}} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\sigma_t \leq \frac{413,7}{4} \text{ (MPa)}$$

$$\frac{(9,8h) 3805,24 \cdot 10^{-3}}{4,76 \cdot 10^{-3}} \leq \frac{413,7 \cdot 10^3}{4}$$

$$h \leq 13,2 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad h_{\text{max}} = 13,2 \text{ m}$$

✚ 2) Lista de exercícios de cargas axiais, deformações axiais e tensões em vasos de parede fina ✎

Exercícios fortemente recomendados para fazer dessa lista:

2;4;9;17;28;30;34;39

✚  Lista de cargas axiais, tensões e deformações ✎

✚  Determinação do número de seu exercício a ser entregue até 27/05/21 ✎

✚  Exercício de cargas axiais, tensões e deformações e vasos de paredes finas ✎