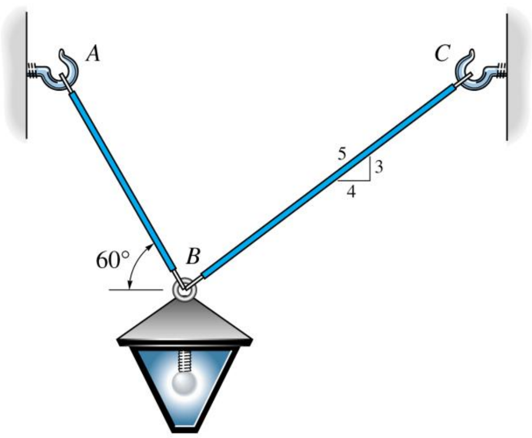
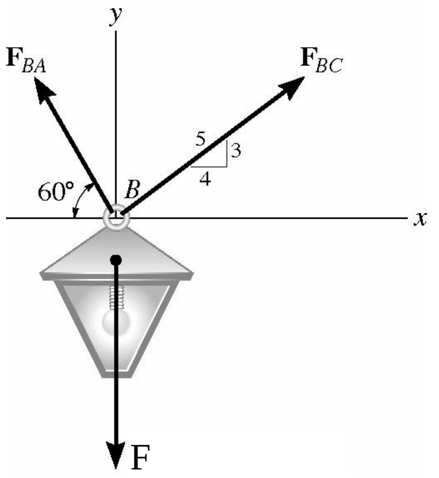
1- Os dois cabos suportam uma luminária de 80 kg. Determinar seus diâmetros requeridos se o esforço de tração admissível para o alumínio for $\sigma_{adm} = 8$ MPa.





Solução:

Carga interna. Devemos determinar primeiro a força axial em cada haste. O diagrama de corpo livre da luminária é mostrado na figura acima (à direita). Aplicando as equações de equilíbrio das forças no ponto B, obtemos (lembrando que F = 80× 9,80665 = 784,532 N), θ=60º.

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -F_{BA} \times \cos(\theta) + F_{BC} \times \frac{4}{5} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad F_{BC} = F_{BA} \frac{\cos(\theta)}{\frac{4}{5}}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{BA} \times \mathrm{sen}(\theta) + F_{BC} \times \frac{3}{5} - F = 0 \qquad \Rightarrow \qquad F_{BA} = \frac{F}{\mathrm{sen}(\theta) + \cos(\theta) \times \frac{3}{4}}$$

F_{BA} = 632,164 N
F_{BC} = 395,103 N

Diâmetros necessários. Pela terceira lei de Newton referente à ação, essas forças iguais, mas de reação oposta, submetem a haste à tração em todo seu comprimento.

$$\sigma_{adm} = \frac{P}{A} \Rightarrow A = \frac{P}{\sigma_{adm}} \Rightarrow \frac{\pi d^2}{4} = \frac{P}{\sigma_{adm}} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \sigma_{adm}}}$$

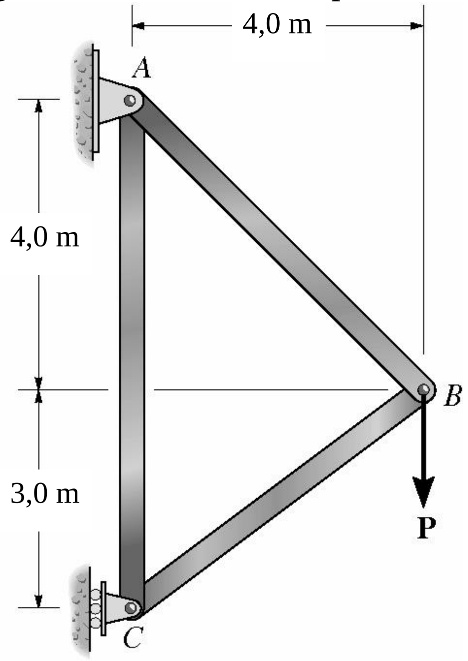
$$\Rightarrow d_{BA} = \sqrt{\frac{4\,F_{BA}}{\pi\,\sigma_{adm}}}$$

$$\Rightarrow d_{BC} = \sqrt{\frac{4\,F_{BC}}{\pi\,\sigma_{adm}}}$$

d_{BA} = 10,0 mm
d_{BC} = 7,93 mm

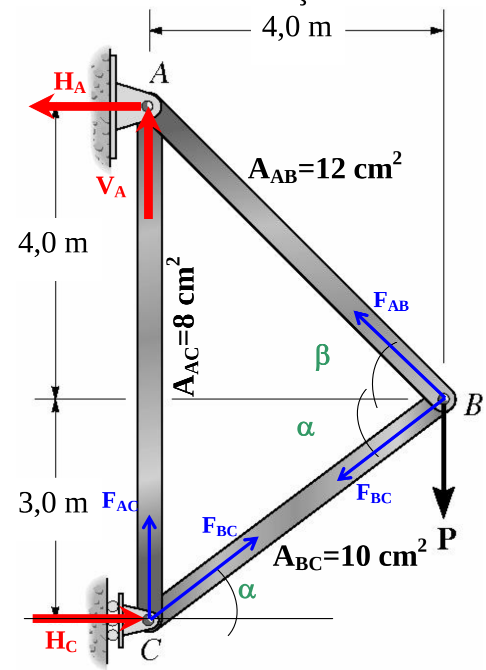
Resposta: Os diâmetros requeridos para os cabos BA e BC são 10,0 mm e 7,93 mm, respectivamente.

2- A treliça ao lado é feita de três elementos acoplados por pinos tendo as áreas das seções transversais: $A_{AB} = 12\ cm^2$, $A_{BC} = 10\ cm^2$ e $A_{AC} = 8\ cm^2$. Determinar a máxima carga P se a tensão normal admissível do material dos elementos a tração é igual a 12 MPa e a compressão é igual a 6 MPa.



Solução:

Para encontrar os esforços nas barras AB, BC e AC faremos o equilíbrio dos nós B e C



$$L_{AB} = \sqrt{4^2 + 4^2} = 4\sqrt{2}$$

$$\text{sen}\,\beta = \frac{4}{4\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos\beta = \frac{4}{4\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$L_{BC} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

$$\text{sen}\,\alpha = \frac{3}{5} = 0{,}6$$

$$\cos\alpha = \frac{4}{5} = 0{,}8$$

Embora não sejam necessários os valores das reações de apoio: H_C, V_A e H_A (como visto adiante) , os cálculos são bem simples:

$$\sum M_{z(A)} = 0 \Rightarrow P \times 4 - H_C \times 7 = 0 \Rightarrow H_C = \frac{P \times 4}{7} = 0{,}571\,P$$

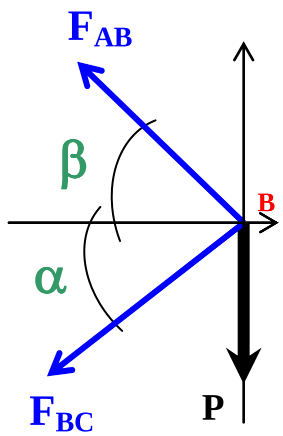
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow H_C - H_A = 0 \Rightarrow H_A = 0{,}571\,P$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_A - P = 0 \Rightarrow V_A = P$$

Por equilíbrio do nó B temos:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -P + F_{AB}\text{sen}\,\beta - F_{BC}\text{sen}\,\alpha = 0$$

$$\Rightarrow F_{AB}\text{sen}\,\beta - F_{BC}\text{sen}\,\alpha = P \qquad (1)$$



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -F_{AB}\cos\beta - F_{BC}\cos\alpha = 0$$

$$\Rightarrow F_{AB} = -F_{BC}\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} \qquad (2)$$

de (2) em (1) temos que:

$$\Rightarrow \left(-F_{BC}\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}\right)\text{sen}\,\beta - F_{BC}\text{sen}\,\alpha = P$$

$$\Rightarrow -F_{BC}\cos\alpha - F_{BC}\text{sen}\,\alpha = P \quad \Rightarrow F_{BC}\left(-\cos\alpha - \text{sen}\,\alpha\right) = P$$

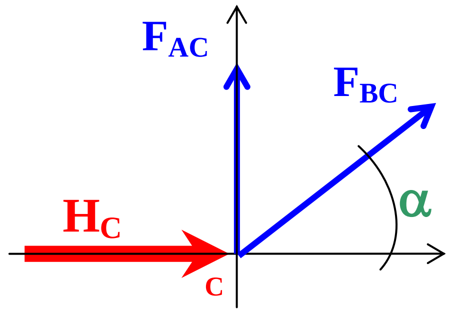
$$\Rightarrow F_{BC} = \frac{P}{-0{,}8-0{,}6} = \frac{P}{-1{,}4}$$

$$\therefore F_{BC} = -0{,}714\,P$$

de (2): $\Rightarrow F_{AB} = -F_{BC}\dfrac{\cos\alpha}{\cos\beta} = -\dfrac{P}{-1{,}4}\times\dfrac{0{,}8}{\frac{\sqrt{2}}{2}}$

$$\therefore F_{AB} = 0{,}808\,P$$

Por equilíbrio do nó C temos:



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{AC} + F_{BC}\text{sen}\,\alpha = 0$$

$$\Rightarrow F_{AC} = -F_{BC}\text{sen}\,\alpha$$

$$\Rightarrow F_{AC} = -\frac{P}{-1{,}4}\times 0{,}6$$

$$\therefore F_{AC} = 0{,}429\,P$$

Adotando cm e kN.

σ_{adm}^{-} = 6 MPa = 0,6 kN/cm^2

σ_{adm}^{+} = 12 MPa = 1,2 kN/cm^2

Assim, as tensões normais nos elementos da treliça são:

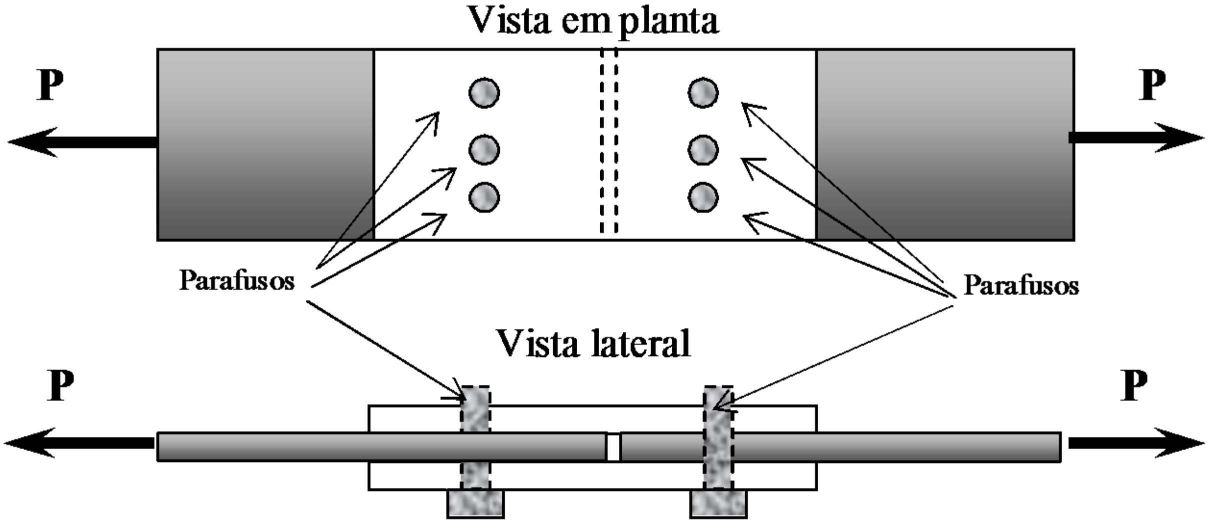
$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{0{,}808\,P}{12\text{ cm}^2} = 1{,}2\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad P = 17{,}8\text{ kN}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{-0{,}714\,P}{10\text{ cm}^2} = -0{,}6\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad P = 8{,}40\text{ kN}$$

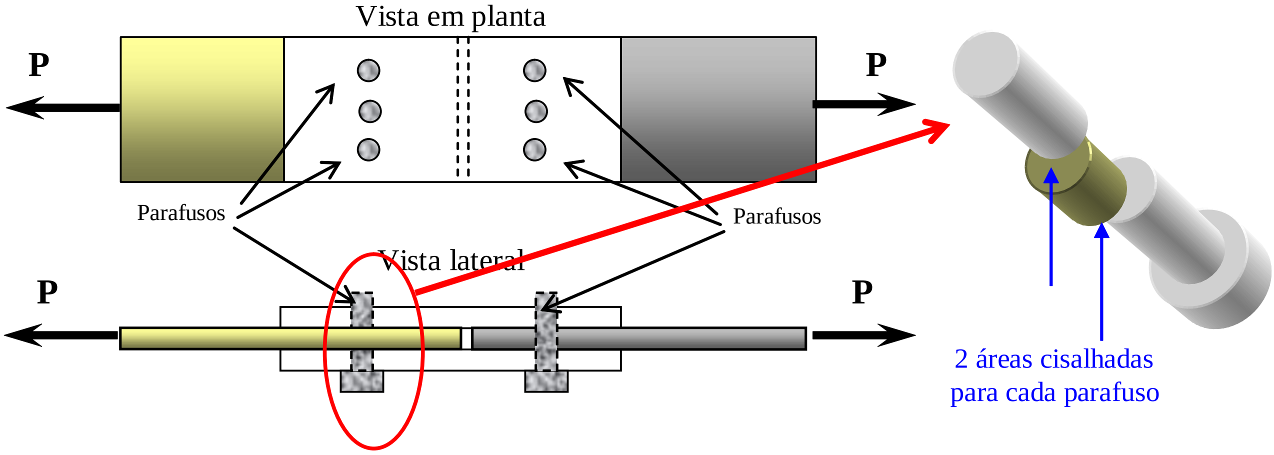
$$\sigma_{AC} = \frac{F_{AC}}{A_{AC}} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{0{,}429\,P}{8\text{ cm}^2} = 1{,}2\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \quad P = 22{,}4\text{ kN}$$

Resposta: A máxima carga que a treliça pode suportar é de **P = 8,40 kN**.

3- Achar a máxima carga P (em kN) que a conexão de parafusos de aço de 3/8 pol de diâmetro, representada pela figura abaixo pode suportar, sabendo que a tensão admissível ao cisalhamento do aço é τ_{adm}= 69 MPa.



Solução:



Veja a placa da esquerda e vamos analisá-la. Usando a definição de tensão de cisalhamento média, vamos calcular a tensão atuante na conexão, fazendo com que essa não seja maior que τ_{adm}. Note que cada parafuso tende a ser cisalhado em duas seções, ou seja, para cada parafuso temos A = 2 A_T, e como temos três parafusos, o total de áreas cisalhadas é 3×(2× A_T).

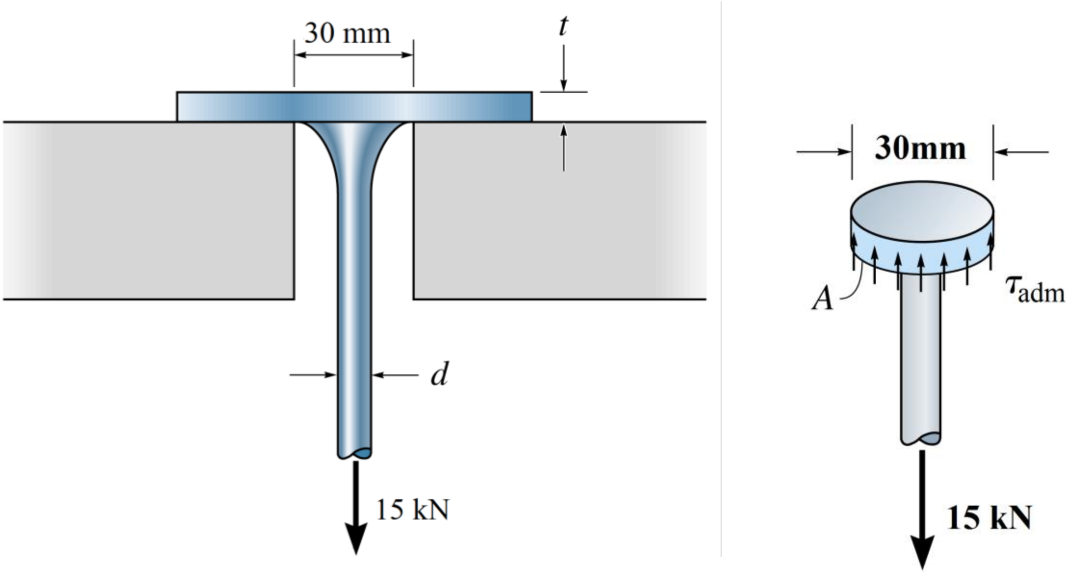
$$\tau = \frac{V}{3A} = \frac{P}{3\times\left(2\times\frac{\pi\times d^2}{4}\right)} \leq \tau_{adm}$$

$$\Rightarrow P \leq \tau_{adm} \times 1{,}5\times\pi\times d^2 = 69\,\frac{N}{mm^2}\times 1{,}5\times\pi\times\left(0{,}375\times 25{,}4\ mm\right)^2 = 29499{,}9\ N$$

$$\therefore P \leq 29{,}4\ kN$$

Resposta: A máxima carga P na conexão das placas deve ser menor que 29,4 kN.

4- O tirante está apoiado em sua extremidade por um disco circular fixo como mostrado na figura. Se a haste passa por um furo de 30 mm de diâmetro, determinar o diâmetro mínimo requerido da haste e a espessura mínima do disco necessários para suportar uma carga de 15 kN. A tensão normal admissível da haste é σ_{adm} = 40 MPa, e a tensão de cisalhamento admissível do disco é τ_{adm} = 25 MPa.



Solução:

Diâmetro da haste. Por observação, a força axial na haste é 15 kN. Assim, a área da seção transversal da haste é:

$$A = \frac{P}{\sigma_{adm}} = \frac{15000\ \text{N}}{40\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 375\ \text{mm}^2$$

De modo que:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 375\ \text{mm}^2 \Rightarrow d = 21{,}9\ \text{mm}$$

Espessura do disco. Como mostrado no diagrama de corpo livre da seção central do disco (figura acima, à direita), o material da área secionada deve resistir a uma tensão de cisalhamento para evitar a passagem do disco através do furo. Caso se suponha que a tensão de cisalhamento seja distribuída uniformemente sobre a área secionada, então, como V=15 kN, temos:

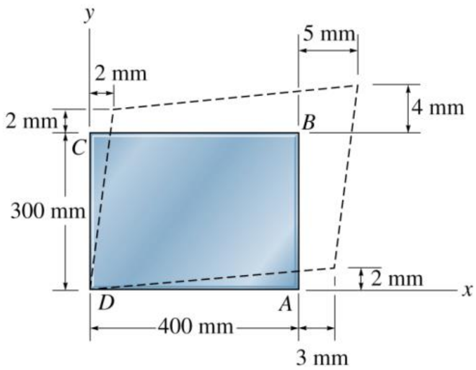
$$A = \frac{P}{\tau_{adm}} = \frac{15000\ \text{N}}{25\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 600\ \text{mm}^2$$

Como a área secionada é A=π (30 mm) t, a espessura requerida do disco é:

$$t = \frac{600\ \text{mm}^2}{\pi(30\ \text{mm})} = 6{,}37\ \text{mm}$$

Resposta: O diâmetro **d** necessário é de 21,9 mm e a espessura **t** necessária é de 6,37 mm .

5- O bloco é deformado, indo para a posição mostrada pelas linhas tracejadas. Determinar a deformação longitudinal da diagonal AC.



Solução:

$$L_i = \sqrt{300^2 + 400^2}$$

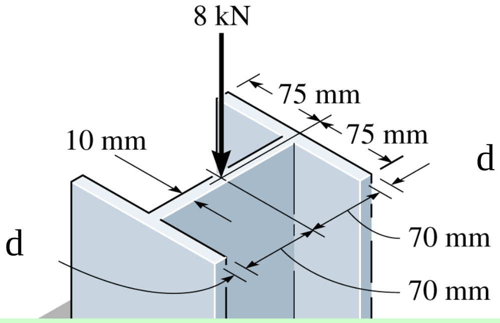
$$L_f = \sqrt{300^2 + 401^2}$$

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_i}{L_i}$$

$\therefore \varepsilon$=1,60 ‰

Resposta: A deformação longitudinal da diagonal AC é de 16,0 % (along.).

6- A coluna está submetida a uma força axial de 8 kN no seu topo. Supondo que a seção transversal tenha as dimensões mostradas na figura, determinar a dimensão **d** para que a tensão normal média que atua sobre a seção transversal seja de 1 MPa.



Solução:

Área da seção transversal:

$$A = (150d) \times 2 + 140 \times 10 = 300d + 1400$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{300d + 1400} \quad \Rightarrow \sigma(300d + 1400) = P$$

$$\Rightarrow \quad d = \frac{\frac{P}{\sigma} - 1400}{300}$$

$\therefore$ d= 22,0 mm

Resposta: A dimensão **d** deve ser de 22,0 mm.

7- Um ensaio de tração foi executado em um corpo-de-prova com um diâmetro original de 20 mm e um comprimento nominal de 50 mm. Os resultados do ensaio até a ruptura estão listados na tabela ao lado. Faça o gráfico do diagrama tensão-deformação e determine aproximadamente o módulo de elasticidade, a tensão de escoamento, a tensão última, a tensão de ruptura, o módulo de resiliência e tenacidade.

Carga (kN)	δ (mm)
0	0,00
95	0,13
95	0,20
95	0,51
130	1,0
160	2,5
170	7,1
155	10

Solução:

ε	σ (MPa)
0,0000	0
0,0026	302,39
0,0040	302,39
0,0102	302,39
0,0200	413,80
0,0500	509,30
0,1420	541,13
0,2000	493,38

$$E = \frac{302{,}39}{0{,}0026} = 116305{,}5\ \text{MPa}$$

$$u_r = \frac{302{,}39 \times 0{,}0026}{2} = 0{,}393113\ \text{MPa}$$

E=	116	GPa
u_r=	393	kPa
u_t=	98,4	MPa
σ_{ult}=	541	MPa
σ_{rup}=	493	MPa
σ_{esc}=	302	MPa