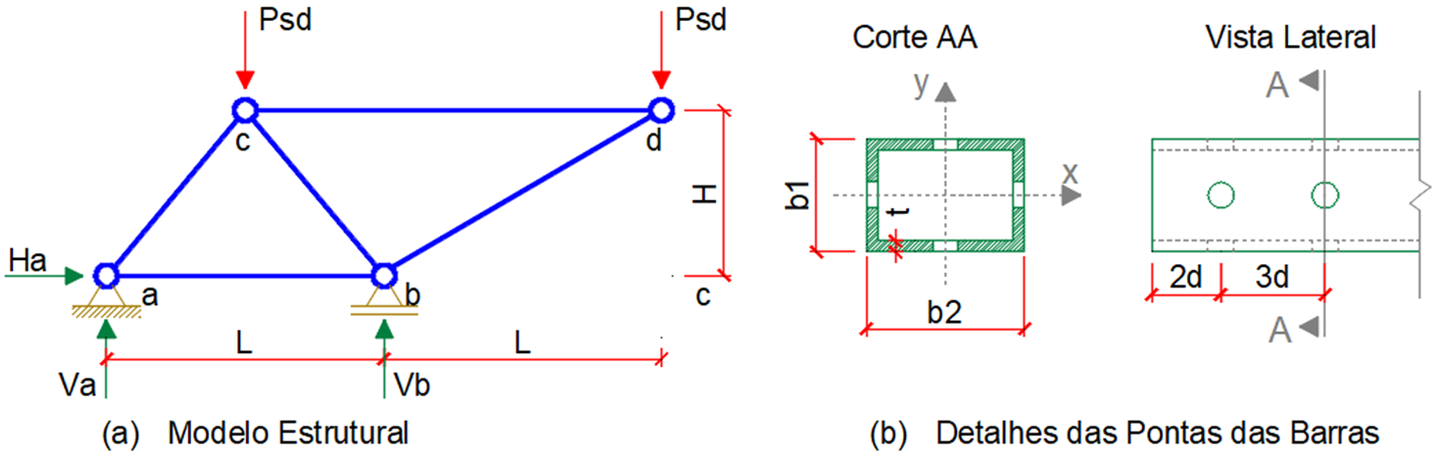
B1T5MA0417B

A treliça abaixo será construída com perfis tubulares retangulares (GRUPO 1) conforme esboçado.Dados:
- Aço AR-415 e furos padrão.

$b1 := 90\ mm$ $b2 := 150\ mm$ $t := 4\ mm$ $d := 19\ mm$ $L := 2,5\ m$ $H := 1,5\ m$



(a) Modelo Estrutural (b) Detalhes das Pontas das Barras

Determinar qual o máximo valor de carga de cálculo Psd que pode ser aplicada de modo que as barras "cd" e "bd" atendam as verificações de solicitações axiais pertinentes.
OBS: A carga Psd não inverte seu sentido.

Questões:
Q01) Qual o valor do fator redutor de resistência relativo à flambagem local Q para o perfil indicado [adim.]?
Q02) Qual o valor de Ct utilizado na verificação de tração RSL para o perfil utilizado [adim.]?
Q03) Qual o esforço resistente ESB do perfil utilizado [em kN e em módulo]?
Q04) Qual o esforço resistente RSL do perfil utilizado considerando o detalhe de ligação empregado [em kN e em módulo]?
Q05) Qual o esforço resistente à cisalhamento de bloco do perfil utilizado conforme o detalhe de ligação empregado [em kN e em módulo]?
Q06) Qual o esforço resistente de compressão da barra "bd" (considerando efeitos de flambagem global e local) [em kN e em módulo]?
Q07) Qual o valor da máxima carga de cálculo Psd possível de ser aplicada de modo que as barras AB e AD atendas as verificações de solicitações axiais pertinentes [em kN e em módulo]?

Dados Iniciais:

$E := 20000\ \frac{kN}{cm^2}$ $fy := 41,5\ \frac{kN}{cm^2}$ $fu := 52,0\ \frac{kN}{cm^2}$ $\gamma a1 := 1,1$ $\gamma a2 := 1,35$

Verificação ESB:

$Ag := b1 \cdot b2 - (b1 - 2 \cdot t) \cdot (b2 - 2 \cdot t) = 18,56\ cm^2$

$Ntrd_ESB := \frac{Ag \cdot fy}{\gamma a1} = 700,2182\ kN$

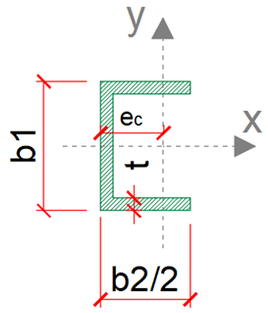
Verificação RSL:

$dpad := d + 3,5\ mm = 22,5\ mm$

$An := Ag - 4 \cdot dpad \cdot t = 14,96\ cm^2$ Ae=Ct.An

Cálculo do Ct:

$$ec := \frac{2 \cdot \frac{b2}{2} \cdot t \cdot \frac{b2}{4} + (b1 - 2 \cdot t) \cdot t \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot \frac{b2}{2} \cdot t + (b1 - 2 \cdot t) \cdot t} = 2,4953 \text{ cm} \qquad Lc := 3 \cdot d = 5,7 \text{ cm}$$



$$Ct_calc := 1 - \frac{ec}{Lc} = 0,5622$$

$$Ct := \begin{cases} 0 & \text{if } Ct_calc < 0,60 \\ 0,90 & \text{if } Ct_calc > 0,90 \\ Ct_calc & \text{otherwise} \end{cases}$$

*** Porém todas as chapas componentes estão solidarizadas (não há chapas soltas na ligação) logo assume-se o máximo Ct = 0.90

$$Ct := 0,90$$

$$Ae := Ct \cdot An = 13,464 \text{ cm}^2 \qquad Ntrd_RSL := \frac{Ae \cdot fu}{\gamma a2} = 518,6133 \text{ kN}$$

Verificação de Cisalhamento de Bloco:

$$Agv := 2 \cdot (2 \cdot d + 3 \cdot d) \cdot t = 7,6 \text{ cm}^2 \qquad Cts := 1$$

$$Anv := Agv - 3 \cdot dpad \cdot t = 4,9 \text{ cm}^2$$

$$Ant := \frac{An}{4} = 3,74 \text{ cm}^2$$

$$Ntrd_CIS1 := \frac{1}{\gamma a2} \cdot (0,60 \cdot fu \cdot Anv + Cts \cdot Ant \cdot fu) = 257,3037 \text{ kN}$$

$$Ntrd_CIS2 := \frac{1}{\gamma a2} \cdot (0,60 \cdot fy \cdot Agv + Cts \cdot Ant \cdot fu) = 284,237 \text{ kN}$$

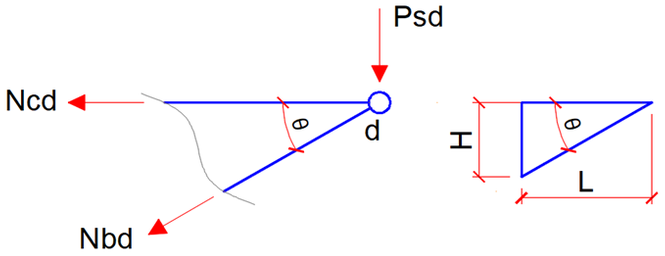
$$Ntrd_CIS := \min([\, Ntrd_CIS1 \;\; Ntrd_CIS2 \,]) = 257,3037 \text{ kN}$$

Esforço Axial Resitente de Tração das Peças:

$$Ntrd := \min([\, Ntrd_ESB \;\; Ntrd_RSL \;\; Ntrd_CIS \,]) = 257,3037 \text{ kN}$$

Relações entre Psd e os esforços nas barras "ad" e "ab":

$$Lbd := \sqrt{L^2 + H^2} = 2,9155 \text{ m}$$



$$cos\theta := \frac{L}{Lbd} = 0,8575$$

$$sen\theta := \frac{H}{Lbd} = 0,5145$$

ΣFv=0 no nó "d" (+) para cima
-Psd -Nbd.senθ = 0
Psd = -senθ.Nbd
Nbd = -Psd/senθ

ΣFh=0 no nó "d" (+) para direita
-Ncd -Nbd.cosθ = 0
Ncd = -Nbd.cosθ = -(-Psd/senθ).cosθ = +Psd.cosθ/senθ
Psd = Ncd.senθ/cosθ = Ncd.tgθ

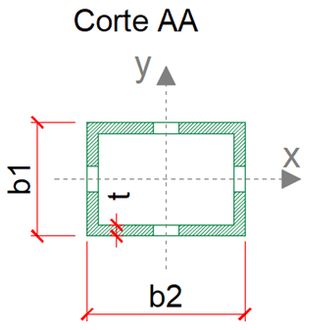
Força Resitente de Compressão da Barra "ad":

$Kx := 1,0 \qquad Lx := Lbd = 291,5476\ cm$

$Ky := 1,0 \qquad Ly := Lbd = 291,5476\ cm$

$$Ix := \frac{b2 \cdot b1^{3}}{12} - \frac{(b2 - 2 \cdot t) \cdot (b1 - 2 \cdot t)^{3}}{12} = 258,7979\ cm^{4}$$

$$Iy := \frac{b1 \cdot b2^{3}}{12} - \frac{(b1 - 2 \cdot t) \cdot (b2 - 2 \cdot t)^{3}}{12} = 574,6699\ cm^{4}$$



$$rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag}} = 3,7341\ cm$$

$$\lambda x := \frac{Kx \cdot Lx}{rx} = 78,0761 \quad < 200\ \text{Ok}$$

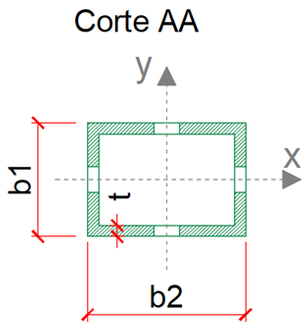
$$ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag}} = 5,5644\ cm$$

$$\lambda y := \frac{Ky \cdot Ly}{ry} = 52,3949 \quad < 200\ \text{Ok}$$

- Dado que o problema é de compressão simples apresenta seção transversal com vinculações e comprimentos reais iguais para ambos eixos principais de inércia, será feita a análise somente do eixo de maior índice de esbeltez - eixo X

Cálculo do Fator Q = Qa . Qs = Qa . 1 (Não há elementos AL):

Chapas Verticais:



$$b1_int := b1 - 2 \cdot t = 8,2\ cm$$

$$\lambda 1 := \frac{b1_int}{t} = 20,5$$

$$\lambda lim := 1,40 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 30,734$$

$$bef_1_calc := 1,92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \cdot \left(1 - \frac{0,38}{\lambda 1} \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}\right) = 9,999\ cm$$

$$bef_1 := \begin{cases} b1_int & \text{if } \lambda 1 < \lambda lim \\ bef_1_calc & \text{else} \end{cases} = 8,2\ cm$$

Chapas Horizontais:

$$b2_int := b2 - 2 \cdot t = 14,2\ cm$$

$$\lambda 2 := \frac{b2_int}{t} = 35,5$$

$$\lambda lim := 1,40 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 30,734$$

$$bef_2_calc := 1,92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \cdot \left(1 - \frac{0,38}{\lambda 2} \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}\right) = 12,8979\ cm$$

$$bef_2 := \begin{cases} b2_int & \text{if } \lambda 2 < \lambda lim \\ bef_2_calc & \text{else} \end{cases} = 12,8979\ cm$$

$$Aef := Ag - \left(2 \cdot (b1_int - bef_1) \cdot t + 2 \cdot (b2_int - bef_2) \cdot t\right) = 17,5183\ cm^{2} \qquad Ag = 18,56\ cm^{2}$$

$$Qa := \frac{Aef}{Ag} = 0,9439 \qquad Q := Qa \cdot 1 = 0,9439$$

Análise de Flambagem (Global + Local):

$\lambda x := \text{if } \lambda x > 200 = 78,0761$
99999999
else
λx

$\lambda ox := \lambda x \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot fy}{\pi^2 \cdot E}} = 1,0999$

$\chi x := \text{if } \lambda ox \leq 1,5 = 0,6027$
$0,658^{\lambda ox^2}$
else
$\frac{0,877}{\lambda ox^2}$

$Ncrd := \frac{Q \cdot \chi x \cdot Ag \cdot fy}{\gamma a1} = 398,346 \text{ kN}$

Máximo Psd possível em função das resistências das barras:

Psd1 = -senθ.Nbd

$Psd1 := |-sen\theta \cdot Ncrd| = 204,9473 \text{ kN}$

Psd2 = Ncd.senθ/cosθ = Ncd.tgθ

$Psd2 := Ntrd \cdot \frac{sen\theta}{cos\theta} = 154,3822 \text{ kN}$

$Psd := \min([\ Psd1\ \ Psd2\ ]) = 154,3822 \text{ kN}$

Respostas:

$Q01 := Q = 0,9439$
$Q02 := Ct = 0,9$
$Q03 := Ntrd_ESB = 700,2182 \text{ kN}$
$Q04 := Ntrd_RSL = 518,6133 \text{ kN}$
$Q05 := Ntrd_CIS = 257,3037 \text{ kN}$
$Q06 := Ncrd = 398,346 \text{ kN}$
$Q07 := Psd = 154,3822 \text{ kN}$