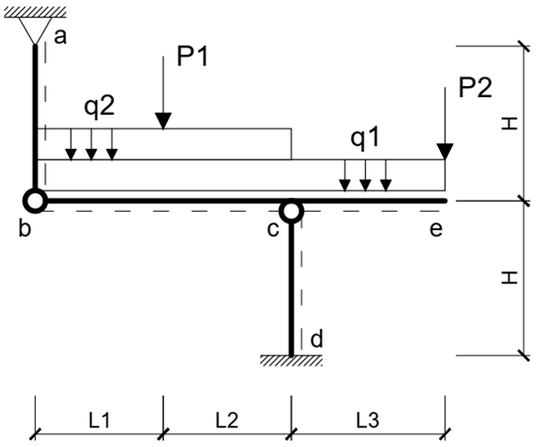
AM201-5NA

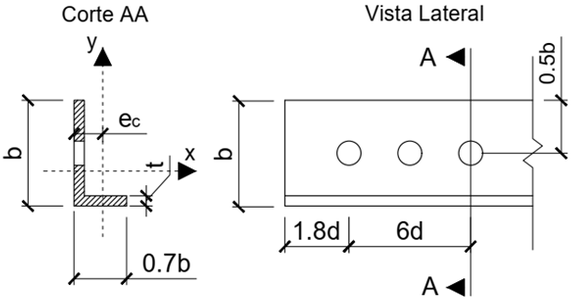
Problema A

Para o modelo estrutural esboçado ao lado, que será parte integrante de uma biblioteca, proceder as combinações de ações para os esforços axiais nas barras “ab” e “cd”.
Em seguida, efetuar as verificações RSL, ESB e cisalhamento de bloco para a barra “ab” e de compressão simples, considerando a flambagem local de elementos AA e AL (enrijecidos e não enrijecidos) e flambagem por flexão para a barra “cd”.



L1 = D1 m L2 = 2.D1 m L3 = D1 m
H = 4,0 m
b = D2 mm
d = D3 mm (diâmetro nominal do parafuso)
t = 4,0 mm (espessuras de chapa da cantoneira da barra "ab")

Detalhes das Seções Transversais das Pontas da Barra "ab"



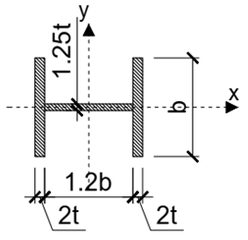
Cargas:

q1 = 4 kN/m (peso próprio de estrutura metálica: γg = 1,25)
q2 = 7 kN/m (acidental de ocupação: γq = 1,50 e ψo = 0,8)
P1 = D4 kN (acidental de ocupação: γq = 1,50 e ψo = 0,8)
P2 = 80 kN (equipamento fixo: γg = 1,50)

Demais condicionantes do problema:

- Tipo de Aço = D5 (250 para MR250, 350 para AR350 e 415 para AR415)
- Furos padrão;
- Os eixos “x” indicados nos perfis são assentes ao plano do papel enquanto que os eixos “y” são entrantes no plano do papel;
- Considerar as vinculações indicadas no modelo como sendo iguais para ambos eixos principais de inércia;
- Utilizar valores recomendados (e não os teóricos) para Kx e Ky na verificação de compressão simples;

Seção Transversal da Barra "cd"
(Perfil I Soldado)



$L1 := D1\ \text{m}$ $H := 4,0\ \text{m}$ $t := 4\ \text{mm}$ $bf := b$

$L2 := 2 \cdot D1\ \text{m}$ $b := D2\ \text{mm}$ $tw := 1,25 \cdot t$ $hw := 1,2 \cdot b$

$L3 := D1\ \text{m}$ $d := D3\ \text{mm}$ $tf := 2 \cdot t$

$q1 := 4\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ $\gamma g_q1 := 1,25$

$q2 := 7\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ $\gamma q_q2 := 1,50$ $\psi o_q2 := 0,8$

$P1 := D4\ \text{kN}$ $\gamma q_P1 := 1,50$ $\psi o_P1 := 0,8$

$P2 := 80\ \text{kN}$ $\gamma g_P2 := 1,50$

$\gamma a1 := 1,10$ $\gamma a2 := 1,35$ $E := 200\ \text{GPa}$

$$\text{if } D5 = 250 \quad fy := 25\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad fu := 40\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \text{else } 0$$

$$\text{if } D5 = 350 \quad fy := 35\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad fu := 45\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \text{else } 0$$

$$\text{if } D5 = 415 \quad fy := 41,5\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad fu := 52\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \text{else } 0$$

Q01 – Qual o valor do máximo esforço axial que ocorre na barra "ab" (máximo esforço de tração) [em kN e com positivo para tração]?
Q02 – Qual o valor do mínimo esforço axial que ocorre na barra "cd" (máximo esforço de compressão) [em kN e com positivo para tração]?
Q03 – Qual o valor da força resistente de tração ESB da barra "ab" [em kN]?
Q04 – Qual o valor da força resistente de tração RSL da barra "ab" [em kN]?
Q05 – Qual o valor da força resistente ao cisalhamento de bloco da barra "ab" [em kN]?
Q06 – Qual o valor do coeficiente Ct utilizado para o cálculo da força resistente de tração RSL [adim.]?
Q07 – Qual o valor da área líquida de cisalhamento calculada para a verificação de cisalhamento de bloco [em cm²]?
Q08 – Qual o valor da área líquida de tração calculada para a verificação de cisalhamento de bloco [em cm²]?
Q09 – O fator de redução de resistência "Qa" relativo à flambagem local de elementos AA, para a barra "cd" é [adim]?
Q10 – O fator de redução de resistência "Qs" relativo à flambagem local de elementos AL, para a barra "cd" é [adim]?
Q11 – O fator de redução de resistência "χ" relativo à flambagem por flexão da barra "cd" em termos do eixo principal de inércia que apresenta a menor capacidade resistente é [adim]?
Q12 – A força resistente de compressão da barra "cd" é [em kN]?
Q13 – O índice de esbeltez da "cd" em relação ao giro do eixo "x" indicado no esboço da seção transversal é [adim.]?
Q14 – Qual o valor da razão (resistência / solicitação) em termos de esforços de tração na barra "ab" [adim.]?
Q15 – Qual o valor da razão (resistência / solicitação) em termos de esforços de compressão na barra "cd" [adim.]?
Q16 – Qual a verificação determinante da capacidade resistente de tração da barra "ab" (responda com um dos números relativos às opções abaixo)?

1 – ESB 2 – RSL 3 – Cisalhamento de Bloco

Combinações de Ações:

$$Nab_q1 := \frac{1}{L1+L2}\cdot\left(\frac{q1\cdot(L1+L2)^2}{2}-\frac{q1\cdot L3^2}{2}\right)=21,3333\ kN$$

$$Nab_q2 := \frac{1}{L1+L2}\cdot\frac{q2\cdot(L1+L2)^2}{2}=42\ kN$$

$$Nab_P1 := \frac{1}{L1+L2}\cdot P1\cdot L2=93,3333\ kN$$

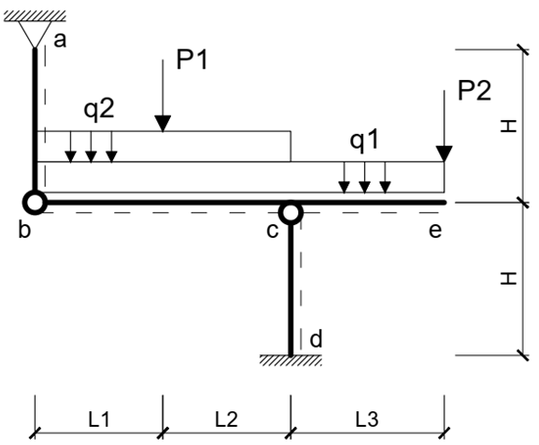
$$Nab_P2 := \frac{1}{L1+L2}\cdot(-P2\cdot L3)=-26,6667\ kN$$

$$Ncd_q1 := \frac{1}{L1+L2}\cdot\left(-\frac{q1\cdot(L1+L2+L3)^2}{2}\right)=-42,6667\ kN$$

$$Ncd_q2 := \frac{1}{L1+L2}\cdot\left(-\frac{q2\cdot(L1+L2)^2}{2}\right)=-42\ kN$$

$$Ncd_P1 := \frac{1}{L1+L2}\cdot(-P1\cdot L1)=-46,6667\ kN$$

$$Ncd_P2 := \frac{1}{L1+L2}\cdot(-P2\cdot(L1+L2+L3))=-106,6667\ kN$$



$$Nab_comb_q2 := \gamma g_q1\cdot Nab_q1+1,0\cdot Nab_P2+\gamma q_q2\cdot Nab_q2+\gamma q_P1\cdot Nab_P1\cdot\psi o_P1=175,00\ kN$$

$$Nab_comb_P1 := \gamma g_q1\cdot Nab_q1+1,0\cdot Nab_P2+\gamma q_P1\cdot Nab_P1+\gamma q_q2\cdot Nab_q2\cdot\psi o_q2=190,40\ kN$$

$$Ntsd := \max([\ Nab_comb_q2\ \ Nab_comb_P1\ ])=190,40\ kN$$

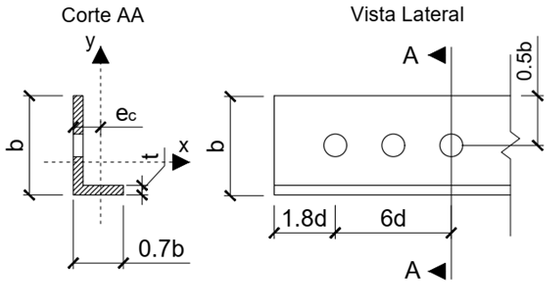
$$Ncd_comb_q2 := \gamma g_q1\cdot Ncd_q1+\gamma g_P2\cdot Ncd_P2+\gamma q_q2\cdot Ncd_q2+\gamma q_P1\cdot Ncd_P1\cdot\psi o_P1=-332,33\ kN$$

$$Ncd_comb_P1 := \gamma g_q1\cdot Ncd_q1+\gamma g_P2\cdot Ncd_P2+\gamma q_P1\cdot Ncd_P1+\gamma q_q2\cdot Ncd_q2\cdot\psi o_q2=-333,73\ kN$$

$$Ncsd := \left|\min([\ Ncd_comb_q2\ \ Ncd_comb_P1\ ])\right|=333,73\ kN$$

Verificações para a barra tracionada "ab":

ESB:



$Ag_u := (b - t)\cdot t + 0,7\cdot b\cdot t = 14,12\ cm^2$

$Ntrd_ESB := \frac{Ag_u \cdot fy}{\gamma a1} = 449,2727\ kN$

RSL:

$dpad := d + 3,5\ mm = 25,5\ mm$

$An := Ag_u - 1\cdot dpad\cdot t = 13,1\ cm^2$

Cálculo do Ct:

$$ec := \frac{0,7\cdot b\cdot t\cdot \frac{0,7\cdot b}{2} + (b - t)\cdot t\cdot \frac{t}{2}}{0,7\cdot b\cdot t + (b - t)\cdot t} = 3,1775\ cm$$

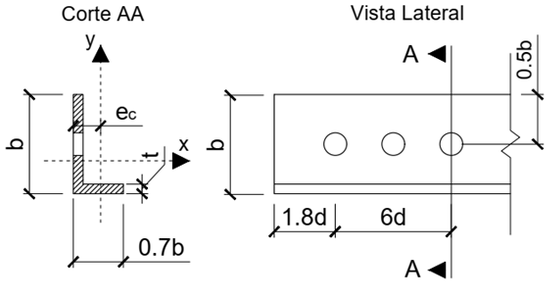
$Lc := 6\cdot d = 13,2\ cm$

$Ct_calc := 1 - \frac{ec}{Lc} = 0,7593$

```
Ct := if  Ct_calc < 0,60    = 0,7593
        0
      else
        if  Ct_calc > 0,90
          0,90
        else
          Ct_calc
```

$Ae := Ct\cdot An = 9,9466\ cm^2$ $\qquad Ntrd_RSL := \frac{Ae\cdot fu}{\gamma a2} = 331,5531\ kN$

CISALHAMENTO DE BLOCO:



$Agv := (1,8\cdot d + 6\cdot d)\cdot t = 6,8640\ cm^2$ $\qquad Cts := 1$

$Anv := Agv - 2,5\cdot dpad\cdot t = 4,3140\ cm^2$

$Ant := 0,5\cdot b\cdot t - 0,5\cdot dpad\cdot t = 3,6900\ cm^2$

$Ntrd_CIS1 := \frac{1}{\gamma a2}\cdot(0,60\cdot fu\cdot Anv + Cts\cdot Ant\cdot fu) = 209,28\ kN$

$Ntrd_CIS2 := \frac{1}{\gamma a2}\cdot(0,60\cdot fy\cdot Agv + Cts\cdot Ant\cdot fu) = 229,77\ kN$

$Ntrd_CIS := \min([\ Ntrd_CIS1\ \ Ntrd_CIS2\ ]) = 209,28\ kN$

$Ntrd := \min([\ Ntrd_CIS\ \ Ntrd_ESB\ \ Ntrd_RSL\ ]) = 209,28\ kN$

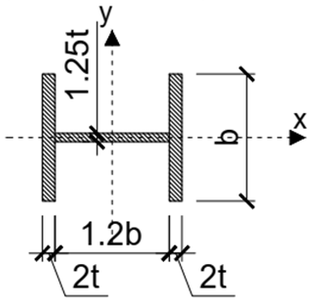
```
VerifT := if  Ntrd = Ntrd_ESB
            1
          else
            if  Ntrd = Ntrd_RSL
              2
            else
              3
```

Verificações para a barra comprimida "cd":

$Kx := 0,8 \qquad Lx := H = 400\ cm$

$Ky := 0,8 \qquad Ly := H = 400\ cm$

Seção Transversal da Barra "cd"
(Perfil I Soldado)



$Ag_i := 2 \cdot bf \cdot tf + hw \cdot tw = 46,200\ cm^2$

$Iy := \frac{bf \cdot (hw + 2 \cdot tf)^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 6347,0\ cm^4$

$Ix := \frac{2 \cdot tf \cdot bf^3}{12} + \frac{hw \cdot tw^3}{12} = 1235,0625\ cm^4$

$rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag_i}} = 5,1704\ cm \qquad ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag_i}} = 11,7209\ cm$

$\lambda x := \frac{Kx \cdot Lx}{rx} = 61,891 \qquad \lambda y := \frac{Ky \cdot Ly}{ry} = 27,3015$

Elemento AA - alma do perfil:

$\lambda alma := \frac{hw}{tw} = 50,4$ GRUPO 2: $\lambda lim_g2 := 1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 35,6178$

$bef_calc := 1,92 \cdot tw \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \cdot \left(1 - \frac{0,34}{\lambda alma} \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}\right) = 19,2477\ cm$

$bef := \text{if } \lambda alma < \lambda lim_g2 = 19,2477\ cm$
$\quad hw$
$\quad \text{else}$
$\quad\quad bef_calc$

$Aef := Ag_i - (hw - bef) \cdot tw = 43,2239\ cm^2$

$Qa := \frac{Aef}{Ag_i} = 0,9356$

Elementos AL - mesas do perfil:

$hw = 0,25200\ m \qquad tw = 0,0050000\ m$

$\lambda mesa := \frac{0,5 \cdot bf}{tf} = 13,125$

GRUPO 5: $kc_calc := \frac{4}{\sqrt{\frac{hw}{tw}}} = 0,5634$

$kc := \text{if } kc_calc > 0,90 = 0,56344$
$\quad 0,90$
$\quad \text{else}$
$\quad\quad \text{if } kc_calc < 0,35$
$\quad\quad\quad 0,35$
$\quad\quad \text{else}$
$\quad\quad\quad kc_calc$

$\lambda r_g5 := 0,64 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{fy}{kc}}} = 11,484 \qquad \lambda e_g5 := 1,17 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{fy}{kc}}} = 20,994$

$Qs := \text{if } \lambda mesa < \lambda r_g5 = 0,9395$
$\quad 1$
$\quad \text{else}$
$\quad\quad \text{if } \lambda mesa < \lambda e_g5$
$\quad\quad\quad 1,415 - 0,65 \cdot \lambda mesa \cdot \sqrt{\frac{fy}{kc \cdot E}}$
$\quad\quad \text{else}$
$\quad\quad\quad \frac{0,90 \cdot E \cdot kc}{fy \cdot \lambda mesa^2}$

$Q := Qa \cdot Qs = 0,879$

Análise do Eixo X:

$$\lambda x := \text{if } \lambda x > 200 = 61,8909 \quad 99999999 \quad \text{else} \quad \lambda x$$

$$\lambda ox := \lambda x \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot fy}{\pi^2 \cdot E}} = 0,7727$$

$$\chi x := \text{if } \lambda ox \leq 1,5 = 0,7789 \quad 0,658^{\lambda ox^2} \quad \text{else} \quad \frac{0,877}{\lambda ox^2}$$

$$Ncrdx := \frac{Q \cdot \chi x \cdot Ag_i \cdot fy}{\gamma a1} = 1006,4526 \text{ kN}$$

Análise do Eixo Y:

$$\lambda y := \text{if } \lambda y > 200 = 27,3015 \quad 99999999 \quad \text{else} \quad \lambda y$$

$$\lambda oy := \lambda y \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot fy}{\pi^2 \cdot E}} = 0,3408$$

$$\chi y := \text{if } \lambda oy \leq 1,5 = 0,9525 \quad 0,658^{\lambda oy^2} \quad \text{else} \quad \frac{0,877}{\lambda oy^2}$$

$$Ncrdy := \frac{Q \cdot \chi y \cdot Ag_i \cdot fy}{\gamma a1} = 1230,8324 \text{ kN}$$

$$Ncrd := \min([\, Ncrdx \;\; Ncrdy \,]) = 1006,5 \text{ kN}$$

$$\chi := \min([\, \chi x \;\; \chi y \,]) = 0,77889$$

$$RT := \frac{Ntrd}{Ntsd} = 1,0992$$

$$RC := \frac{Ncrd}{Ncsd} = 3,0157$$

Resultados:

$G01 := \frac{Ntsd}{kN} = 190,40$ $R01 := V_1 = 190,4$ $N01 := gab(R01; G01) = 1$

$G02 := \frac{Ncsd}{kN} = 333,73$ $R02 := V_2 = 332,34$ $N02 := gab(R02; G02) = 1$

$G03 := \frac{Ntrd_ESB}{kN} = 449,27$ $R03 := V_3 = 449,27$ $N03 := gab(R03; G03) = 1$

$G04 := \frac{Ntrd_RSL}{kN} = 331,55$ $R04 := V_4 = 262$ $N04 := gab(R04; G04) = 0$

$G05 := \frac{Ntrd_CIS}{kN} = 209,28$ $R05 := V_5 = 209,28$ $N05 := gab(R05; G05) = 1$

$G06 := \frac{Ct}{1} = 0,75928$ $R06 := V_6 = 0,6$ $N06 := gab(R06; G06) = 0$

$G07 := \frac{Anv}{cm^2} = 4,3140$ $R07 := V_7 = 4,314$ $N07 := gab(R07; G07) = 1$

$G08 := \frac{Ant}{cm^2} = 3,6900$ $R08 := V_8 = 3,69$ $N08 := gab(R08; G08) = 1$

$G09 := \frac{Qa}{1} = 0,93558$ $R09 := V_9 = 0,9356$ $N09 := gab(R09; G09) = 1$

$G10 := \frac{Qs}{1} = 0,93955$ $R10 := V_{10} = 0,9396$ $N10 := gab(R10; G10) = 1$

$G11 := \frac{\chi}{1} = 0,77889$ $R11 := V_{11} = 0,7789$ $N11 := gab(R11; G11) = 1$

$G12 := \frac{Ncrd}{kN} = 1006,5$ $R12 := V_{12} = 1006,4$ $N12 := gab(R12; G12) = 1$

$G13 := \frac{\lambda x}{1} = 61,891$ $R13 := V_{13} = 61,891$ $N13 := gab(R13; G13) = 1$

$G14 := \frac{RT}{1} = 1,0992$ $R14 := V_{14} = 1,099$ $N14 := gab(R14; G14) = 1$

$G15 := \frac{RC}{1} = 3,0157$ $R15 := V_{15} = 3,0157$ $N15 := gab(R15; G15) = 1$

$G16 := \frac{VerifT}{1} = 3,0000$ $R16 := V_{16} = 3$ $N16 := gab(R16; G16) = 1$

$Acertos := N01 + N02 + N03 + N04 + N05 + N06 + N07 + N08 + N09 + N10 + N11 + N12 + N13 + N14 + N15 + N16$

$Nota := Acertos \cdot peso = 8,75$