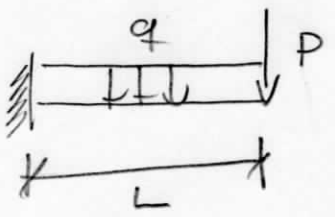
AMIG-B2-1000




→ COMB. NORMAIS ELU;
→ VIGA CONTIDA LATERALMENTE;
→ AÇO MR 250;
→ PERFIL I SOLDADO;

$b_f = 200mm$ $t_f = 16mm$ $t_w = 9,5mm$ $h_w = 400mm$

→ EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM ACESSO PÚBLICO;
→ DETERMINAR O MÁXIMO VALOR DE P1 P/ QUE SEJAM ATENDIDAS AS VERIFICAÇÕES DE MOMENTO E CORTANTE

$L = 450 cm$
$q_1 = 10 kN/m$ (P.P. EST. METÁLICA)
$q_2 = 15 kN/m$ (OCUPAÇÃO)
$P_1 = ?$ (PP. EST. METÁLICA PILAR)

(1) COMB. DE AÇÕES: $Sd = 1,25(10 kN/m + P_1 kN) + 1,5 \times 15 kN/m$

$Sd = 35 kN/m + 1,25 P_1 kN$

(2) SOLICITAÇÕES MÁXIMAS:

$$M_{sd\,MÁX} = 1,25 P_1 \times 450 cm + 0,35 kN/cm \times \frac{(450 cm)^2}{2}$$

$$= 562,5 P_1 cm + 35437,5 kN.cm$$

$$V_{sd\,MÁX} = 1,25 P_1 + 0,35 kN/cm \times 450 cm$$

$$= 1,25 P_1 + 157,5 kN$$

(3) PROP. GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:

$W_x = 1517 cm^3$ $Z_x = 1711 cm^3$

$$M_{Rd\,MAX} = Z_x \times f_y / \gamma_{a1} = 1711 cm^3 \times \frac{25 kN/cm^2}{1,1} = 38886 kN.cm$$

$$M_{Rd\,LIMITE} = \frac{1,5 \times 1517\,cm^3 \times 25\,kN/cm^2}{1,1} = 51716\,kN.cm$$

## (4) VERIF. DE MOMENTOS FLETORES;

**(4.1) FLA:** $\lambda_{ALMA} = h_w/t_w = 400\,mm/9,5\,mm = 42,11$

$$\lambda_p = 3,76\sqrt{\frac{20000}{25}} = 106,3$$

→ ALMA COMPACTA P/ FLEXÃO

**(4.2) FLM:** $\lambda_{MESA} = 0,5b_f/t_f = 0,5 \times 200\,mm/16\,mm = 6,25$

$$\lambda_p = 0,38\sqrt{\frac{20000}{25}} = 10,75$$

→ MESA COMPACTA P/ FLEXÃO

$M_{Rd} = M_{Rd\,MÁX} = 38886\,kN.cm$

IGUALANDO $\boxed{M_{Sd} = M_{Rd}}$

$562,5\,P_1 + 35437,5 = 38886\,kN.cm$

$$P_1 = \frac{38886 - 35437,5}{562,5} = \boxed{6,13\,kN}$$ MÁXIMO $P_1$ P/ MOM.

## (5) VERIF DE CORTANTES;

$V_{pl} = 0,60 \times (40\,cm + 2 \times 1,6\,cm) \times 0,95\,cm \times 25\,kN/cm^2 = 615,6\,kN$

$\lambda_{as} = 42,11 \qquad \lambda_p = 1,10\sqrt{\frac{5 \times 20000}{25}} = 69,57$

→ ALMA COMPACTA P/ CISALHAMENTO

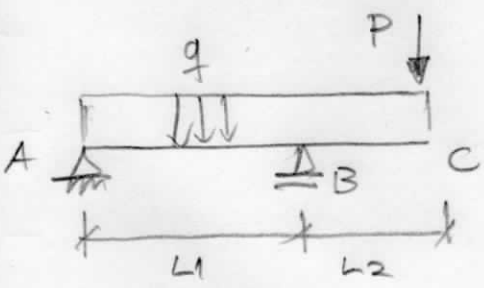
$V_{Rd} = 615,6\,kN / 1,1 = 559,6\,kN$

IGUALANDO $\boxed{V_{Sd} = V_{Rd}}$ MÁX. P P/ CORTE

$1,25\,P_1 + 157,5 = 559,6 \qquad P_1 = \frac{559,6 - 157,5}{1,25} = \boxed{321,7\,kN}$

RESPOSTA $P_1 = 6,13\,kN$

AM16-B2-1001




- Aço AR 350 PERFIL SOLDADO
  $b_f = 200\,mm$ $t_f = 19\,mm$
  $h_w = 450\,mm$ $t_w = 9{,}5\,mm$
  $L_1 = 500\,cm$ $L_2 = 350\,cm$

CARGAS EM VALOR CARAC.:
- $q_1 = 10\,kN/m$ (P.P. EST. METÁLICA)
- $q_2 = ???$ (OCUPAÇÃO)
- $P_1 = 60\,kN$ (PP. EST. METÁLICA)

- EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM ACESSO PÚBLICO;
- VIGA CONTIDA LATERALMENTE;
- COMB. NORMAIS EM ELU;

↳ Determinar o máximo valor de $q_2$ (em valor característico) de modo que a viga atenda as verificações de Momentos Fletores e Esforços Cortantes;

(1) COMB. DE AÇÕES:

$$S_d = 1{,}25 q_1 + 1{,}5 q_2 + 1{,}25 P_1$$
$$= 1{,}25 \times 10\,kN/m + 1{,}5 q_2 + 1{,}25 \times 60\,kN$$
$$= 12{,}5\,kN/m + 1{,}5 q_2 + 75\,kN$$

(2) SOLICITAÇÕES MÁXIMAS:

$$M_{sd\,MÁX} = -\frac{q L_2^2}{2} - P \times L_2$$

$$M_{sd\,MÁX} = -\frac{0{,}125\,kN/cm\,(350\,cm)^2}{2} - \frac{1{,}5 q_2 (350\,cm)^2}{2} - 75\,kN \times 350\,cm$$

$$M_{sd\,MÁX} = -7656{,}3\,kN\,cm - 91875 q_2 - 26250\,kN\,cm$$

$$M_{sd\,MÁX} = 33906\,kN\,cm + 91875 q_2 \quad \text{(em módulo)}$$

Cálculo de $V_B$:

$\Sigma M_A = 0 \circlearrowleft \oplus \quad V_B \times L_1 - q\frac{(L_1+L_2)^2}{2} - P(L_1+L_2) = 0$

$V_B = \frac{1}{500cm}\left(q\frac{(850cm)^2}{2} + P(850cm)\right)$

$V_B = 722{,}5\,q + 1{,}7P$

$V_B = 722{,}5\left(0{,}125\,kN/cm + 1{,}5q_2\right) + 1{,}7 \times 75$

$V_B = 90{,}313 + 1083{,}8q_2 + 127{,}5$

$V_B = 217{,}81 + 1083{,}8q_2$ //

cortante na direita de "B":

$V_B^{DIR} = +75kN + 350cm \times (0{,}125\,kN/m + 1{,}5q_2)$

$\boxed{V_B^{DIR} = 118{,}8kN + 525q_2}$ (a) //

cortante na esquerda de "B"

$V_B^{esq} = V_B^{DIR} - V_B = 118{,}8 + 525q_2 - 217{,}81 - 1083{,}8q_2$

$\boxed{V_B^{esq} = -99{,}01 - 558{,}8q_2}$ (b) //

## (3) Momento Resistente:

(3.1) FLA: $\lambda = h_w/t_w = 450mm/9{,}5mm = 47{,}36$

$\lambda_p = 3{,}76\sqrt{\frac{20000}{35}} = 89{,}88 \rightarrow$ ALMA COMPACTA P/ FLEXÃO //

(3.2) FLM: $\lambda = 0{,}5b_f/t_f = 0{,}5 \times 200mm/19mm = 5{,}263$

$\lambda_p = 0{,}38\sqrt{\frac{20000}{35}} = 9{,}084 \rightarrow$ MESA COMPACTA P/ FLEXÃO //

$Z_x = 2263{,}1\ cm^3 \qquad W_x = 2009{,}4\ cm^3$

$$M_{Rd} = \frac{2263{,}1\ cm^3 \times 35\ kN/cm^2}{1{,}1} = 72008\ kN\,cm$$

$$M_{Rd,LM} = \frac{1{,}5 \times 2009{,}4\ cm^3 \times 35\ kN/cm^2}{1{,}1} = 95903\ kN\,cm$$

IGUALANDO $\boxed{M_{Sd} = M_{Rd}}$

$$33906 + 91875\,q_2 = 72008$$

$$q_2 = (72008 - 33906)/91875 = 0{,}41147\ \frac{kN}{cm}$$

$$\boxed{q_{2\,MOM} = 41{,}47\ kN/m}$$

(4) CORTANTE RESISTENTE:

$\lambda_{as} = 47{,}36 \qquad \lambda_p = 1{,}10\sqrt{\frac{5 \times 20000}{35}} = 58{,}79$

⇒ ALMA COMPACTA P/ ASSENTAMENTO

$$V_{Rd} = \frac{1}{1{,}1}\left(0{,}60 \times (45\,cm + 2 \times 1{,}9\,cm) \times 0{,}95\,cm \times 35\ \frac{kN}{cm^2}\right) = 885{,}1\ kN$$

IGUALANDO $\boxed{V_{Sd} = V_{Rd}}$

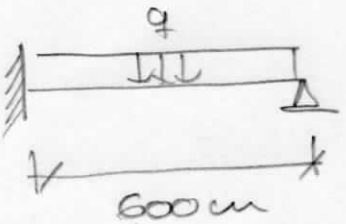
(a) $118{,}8 + 525\,q_2 = 885{,}1 \qquad q_2 = \frac{885{,}1 - 118{,}8}{525} = 1{,}460\ \frac{kN}{cm}$

(b) $99{,}01 + 558{,}8\,q_2 = 885{,}1 \qquad q_2 = \frac{885{,}1 - 99{,}01}{558{,}8} = 1{,}407\ \frac{kN}{cm}$

$$\boxed{q_{2\,CORT} = 140{,}7\ kN/m}$$

RESPOSTA: $\boxed{q_2 = 41{,}47\ kN/m}$

AM16 - B2 - 1002




PERFIL I SOLDADO AÇO AR350

$b_f = 250\,mm$ $t_f = 16\,mm$

$h_w = 350\,mm$ $t_w = 8\,mm$

CARGAS: $q_1 = 4\,kN/m$ (PP. EST. METÁLICA)

$q_2 =$ ??? (OCUPAÇÃO)

- COMB. NORMAL ELU E COMB. RARA ELS;
- VIGA CONTIDA LATERALMENTE AO LONGO DE TODO COMPRIMENTO LONGITUDINAL;

→ DETERMINAR O MÁXIMO VALOR DE $q_2$ (VALOR CARACTERÍSTICO) PARA QUE A VIGA DE PISO EM QUESTÃO ATENDA AS VERIFICAÇÕES DE MOMENTOS FLETORES E FLECHAS;

(1) COMB. DE AÇÕES:

ELU: $q_{sd} = 1{,}25 \times 4\,kN/m + 1{,}5\,q_2 = 5\,kN/m + 1{,}5\,q_2$

ELS: $q_{sk} = 4\,kN/m + q_2$

(2) MÁXIMO MOMENTO FLETOR:

$$M_{sd\,MÁX} = q_{sd} L^2/8 = (0{,}05\,kN/cm + 1{,}5\,q_2) \times (600\,cm)^2/8$$

$$= 2250\,kN\,cm + 67500\,cm^2\,q_2$$

(3) MÁXIMA FLECHA:

$$I_x = 0{,}8 \times 35^3/12 + 2\left[25 \times 1{,}6^3/12 + (25 \times 1{,}6)(35/2 + 1{,}6/2)^2\right]$$

$$I_x = 29667\,cm^3$$

$$\delta_{CALC} = \frac{3}{554} \times \frac{(0{,}04\,kN/cm + q_2) \times (600\,cm)^4}{20000\,kN/cm^2 \cdot 29667\,cm^3}$$

$$\delta_{CALC} = 0{,}04731\,cm + 1{,}183\,q_2$$

(4) MOM. FLETOR RESISTENTE:

(4.1) FLA: $\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{350mm}{8mm} = 43,75$

$\lambda_p = 3,76\sqrt{\frac{20000}{35}} = 89,88$

⇒ ALMA COMPACTA P/ FLEXÃO;

(4.2) FLM: $\lambda = 0,5\,b_f/t_f = 0,5 \times 250mm/16mm = 7,813$

$\lambda_p = 0,38\sqrt{\frac{20000}{35}} = 9,084$

⇒ MESA COMPACTA P/ FLEXÃO;

$W_x = 1,553\,cm^3$ $\quad Z_x = 1709\,cm^3$

$M_{Rd} = \frac{1709\,cm^3 \times 35\,kN/cm^2}{1,1} = 54377\,kN\,cm$

$M_{Rd\,LIM} = \frac{1,5 \times 1553\,cm^3 \times 35\,kN/cm^2}{1,1} = 74120\,kN\,cm$

IGUALANDO $\boxed{M_{Sd} = M_{Rd}}$

$2250\,kN\,cm + 67500\,cm^2\,q_2 = 54377\,kN\,cm$

$q_2 = \frac{54377\,kN\,cm - 2250\,kN\,cm}{67500\,cm^2} = 0,7723\,kN/cm$

$\boxed{q_{2\,MOM} = 77,23\,kN/m}$

(5) FLECHA LIMITE $\quad \delta_{LIMITE} = L/350 = \frac{600\,cm}{350} = 1,714\,cm$

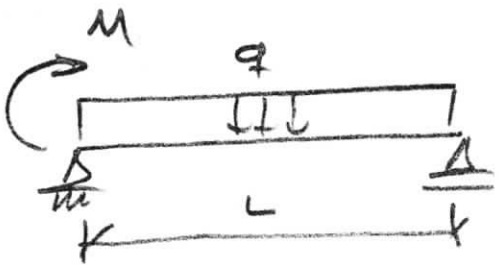
IGUALANDO $\boxed{\delta_{CALC} = \delta_{LIMITE}}$

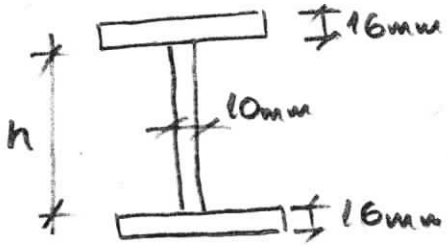
$0,04731\,cm + 1,183\,q_2\,\frac{cm^2}{kN} = 1,714\,cm$

$q_2 = \frac{1,714\,cm - 0,04731\,cm}{1,183\,cm^2/kN} = 1,409\,kN/cm$

$\boxed{q_{2\,FLECHA} = 140,9\,kN/m}$

**AM16 - B2 - 2000**




→ AÇO AR 350

→ VIGA CONTIDA LATERALMENTE AO LONGO DE TODO O COMPRIMENTO "L";

→ PERFIL SOLDADO;

→ VIGA DE PISO;

* CARGAS: (VALOR CARACTERÍSTICO)

$q = 25\ kN/m$ : PERMANENTE

$M = 40\ kNm$ : PERMANENTE

$L = 600\ cm$

↳ DETERMINAR O MÍNIMO "h" EM MODULAÇÃO DE 1cm P/ QUE A VIGA ATENDA A VERIFICAÇÃO DE FLECHA;

(1) COMB. ELS: $Sd = 25\ kN/m + 40\ kNm$

(2) FLECHA LIMITE: $\delta_{LIM} = L/350 = 600\ cm/350 = 12/7\ cm$

(3) FLECHA CALCULADA MÁXIMA:

$$\delta_{CALC}^{(\alpha)} = \frac{ML^2}{6EI}(\alpha^3 - 3\alpha^2 + 2\alpha) + \frac{qL^4}{24EI}(\alpha^4 - 2\alpha^3 + \alpha)$$

$$\delta_{CALC}^{(\alpha)} = \frac{1}{EI}\left[\frac{ML^2}{6}(\alpha^3 - 3\alpha^2 + 2\alpha) + \frac{qL^4}{24}(\alpha^4 - 2\alpha^3 + \alpha)\right]$$

$$\frac{ML^2}{6} = 40\ kNm \times (6m)^2/6 = 240\ kNm^3$$

$$\frac{qL^4}{24} = 25\ kN/m \times (6m)^4/24 = 1350\ kNm^3$$

$$\delta_{calc}^{(\alpha)} = \frac{1}{EI}\left[240(\alpha^3 - 3\alpha^2 + 2\alpha) + 1350(\alpha^4 - 2\alpha^3 + \alpha)\right]$$

$$\delta_{calc}^{(\alpha)} = \frac{1}{EI}\left[1350\alpha^4 - 2460\alpha^3 - 720\alpha^2 + 1830\alpha\right]$$

P/ ENCONTRAR $\alpha$ RELATIVO À MÁXIMA FLECHA:

$$\frac{d\delta_{calc}^{(\alpha)}}{d\alpha} = \frac{1}{EI}\left[5400\alpha^3 - 7380\alpha^2 - 1440\alpha + 1830\right] = 0$$

Eq. de 3º GRAU COM RAÍZES:

$\alpha' = -0{,}5030$ $\quad \boxed{\alpha'' = 0{,}4874}$ $\quad \alpha''' = 1{,}382$

COMO $\alpha = 1$ É O FIM DA VIGA O ÚNICO VALOR RAZOÁVEL É $\alpha'' = 0{,}4874$. LOGO:

$$\delta_{calc\,máx} = \frac{1}{EI}\left[1350.0{,}4874^4 - 2460.0{,}4874^3 - 720.0{,}4874^2 + 1830.0{,}4874\right] = \frac{512{,}3\ kNm^3}{EI}$$

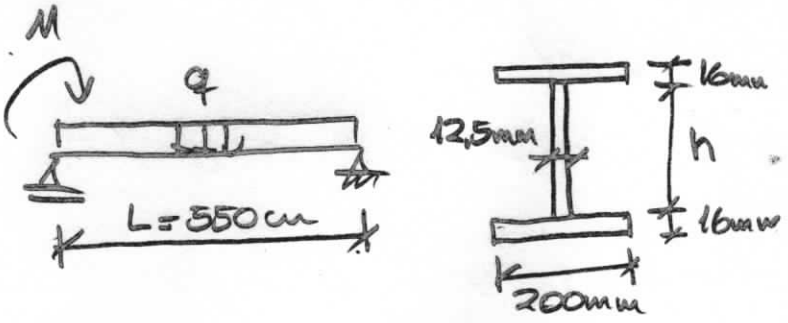
IGUALANDO: $\delta_{lim} = \delta_{calc\,máx}$

$$\frac{12}{7}\,cm = \frac{512{,}3 \times 10^6\ kN cm^3}{EI}$$

$$I = \frac{512{,}3 \times 10^6\ kN cm^3}{20000\ kN/cm^2 \times \frac{12}{7}\,cm} = 14942\ cm^4 \quad \text{NA HIP}$$

$I_x = 14942\ cm^4 \Rightarrow h = 24{,}56\ cm$ $\quad \boxed{h = 25\ cm}$

**AM16 - B2 - 2001**




- AÇO MR250;
- VIGA CONTIDA LATERALMENTE;
- VIGA DE PISO;
- PERFIL SOLDADO;
- CARGAS:
  * PERMANENTES E EM VALOR CARACTERÍSTICO

$q = 5\ kN/m \quad M = 250\ kN.m$

↳ DETERMINAR A MENOR ALTURA "h", EM MODULAÇÃO DE 10mm, DE MODO QUE A VIGA ATENDA A VERIFICAÇÃO DE FLECHA MÁXIMA;

(1) FLECHA LIMITE: $\delta_{lim} = L/350 = 550\ cm/350 = 11/7\ cm$

(2) FLECHA CALCULADA:

$$\delta(\alpha) = \frac{ML^2}{6EI}(\alpha^3 - 3\alpha^2 + 2\alpha) + \frac{qL^4}{24EI}(\alpha^4 - 2\alpha^3 + \alpha)$$

→ Posição em que ocorre a máxima flecha:

$$\frac{d\delta(\alpha)}{d\alpha} = 0 \qquad \frac{ML^2}{6} = 1260{,}4\ kN.m^3 \qquad \frac{qL^4}{24} = 190{,}64\ kN.m^3$$

$$\frac{d\delta(\alpha)}{d\alpha} = \frac{1}{EI}\left[1260{,}4(3\alpha^2 - 6\alpha + 2) + 190{,}64(4\alpha^3 - 6\alpha^2 + 1)\right] = 0$$

$\alpha' = -5{,}412 \qquad \boxed{\alpha'' = 0{,}4316} \qquad \alpha''' = 1{,}522$

→ FLECHA MÁXIMA CALCULADA:

$$\delta_{máx} = \frac{1}{EI}\left[1260{,}4(0{,}4316^3 - 3\times0{,}4316^2 + 2\times0{,}4316) + 190{,}64(0{,}4316^4 - 2\times0{,}4316^3 + 0{,}4316)\right]$$

$$\delta_{MÁX} = \frac{745{,}86\ kNm^3}{EI} = \frac{745{,}86 \times 10^6\ kNcm^3}{20000\ kN/cm^2 \times I} = \frac{37293\ cm^5}{I}$$

Igualando $\delta_{LIM} = \delta_{MÁX}$:

$$\frac{11}{7}\ cm = \frac{37293\ cm^5}{I_{NEC}} \qquad I_{NEC} = \frac{37293\ cm^5}{\frac{11}{7}\ cm} = 23732\ cm^4$$

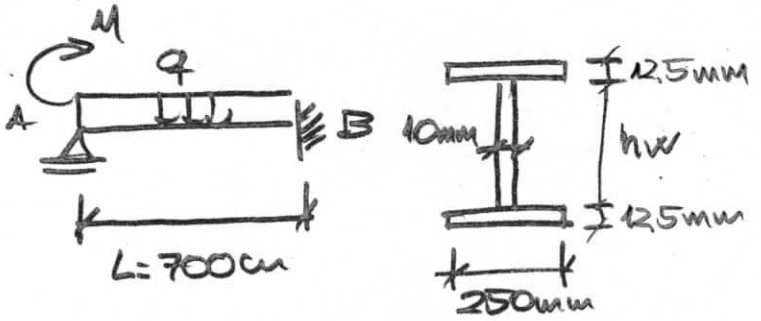
$$23732\ cm^4 = \frac{1{,}25\ cm \times h^3}{12} + 2\left(\frac{20\ cm \times (1{,}6\ cm)^3}{12} + (20\ cm \times 1{,}6\ cm) \times \left(\frac{h + 1{,}6\ cm}{2}\right)^2\right)$$

$h' = -138{,}1\ cm$

$h'' = 33{,}56\ cm \rightarrow 335{,}6\ mm \Rightarrow$ **340 mm**

$h''' = -49{,}03\ cm$

**AM16-B2-2002**




→ PERFIL SOLDADO EM AÇO MR 250;

→ CARGAS EM VALORES CARACTERÍSTICOS

$M = 200\ kN.m$

$q = 10\ kN/m$

↳ AMBAS DEVIDO A PESO-PRÓPRIO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

⇒ DETERMINAR O MÍNIMO VALOR DE $h_w$, EM MODULAÇÃO DE 10mm, NECESSÁRIO PARA QUE A VIGA ATENDA A VERIFICAÇÃO DE FLECHA MÁXIMA;

* VIGA DE PISO EM EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM ACESSO PÚBLICO;

- FLECHA LIMITE: $\delta_{LIM} = 700cm/350 = 2cm$

- FLECHA CALCULADA:

$$\delta_{calc}(x) = \frac{1}{EI}\left[\frac{qL^4}{48}(2x^4 - 3x^3 + x) + \frac{ML^2}{4}(x^3 - 2x^2 + x)\right]$$

$\frac{d\delta_{calc}(x)}{dx} = 0$ POSIÇÃO DA MÁXIMA FLECHA;

* TODAS AS CARGAS SÃO PERMANENTES LOGO SÃO APLICADAS INTEGRALMENTE;

$$\frac{qL^4}{48} = \frac{10 \times 7^4}{48} = 500,21\ kN.m^3$$

$$\frac{ML^2}{4} = \frac{200 \times 7^2}{4} = 2450\ kN.m^3$$

$$\frac{d\delta_{calc}(x)}{dx} = \frac{1}{EI}\left[500,21(8x^3 - 9x^2 + 1) + 2450(3x^2 - 4x + 1)\right] = 0$$

$x' = -2{,}068$ $\quad$ $\boxed{x'' = 0{,}3565}$ $\quad$ $x''' = 1$

FLECHA MÁXIMA:

$$S_{MÁX} = \frac{1}{EI}\left[500{,}21\left(2\times0{,}3565^4 - 3\times0{,}3565^3 + 0{,}3565\right) + 2450\left(0{,}3565^3 - 2\times0{,}3565^2 + 0{,}3565\right)\right]$$

$$S_{MÁX} = \frac{488{,}17\ kNm^3}{EI} = \frac{488{,}2\times10^6\ kN\,cm^3}{20000\ kN/cm^2 \times I} = \frac{24410\,cm^5}{I}$$

Igualando $S_{CM} = S_{MÁX}$

$$2cm = 24410cm^5/I \qquad I_{nec} = \frac{24410cm^5}{2cm} = \underline{12205\,cm^4}$$

Aplicando na fórmula de cálculo da Inércia:

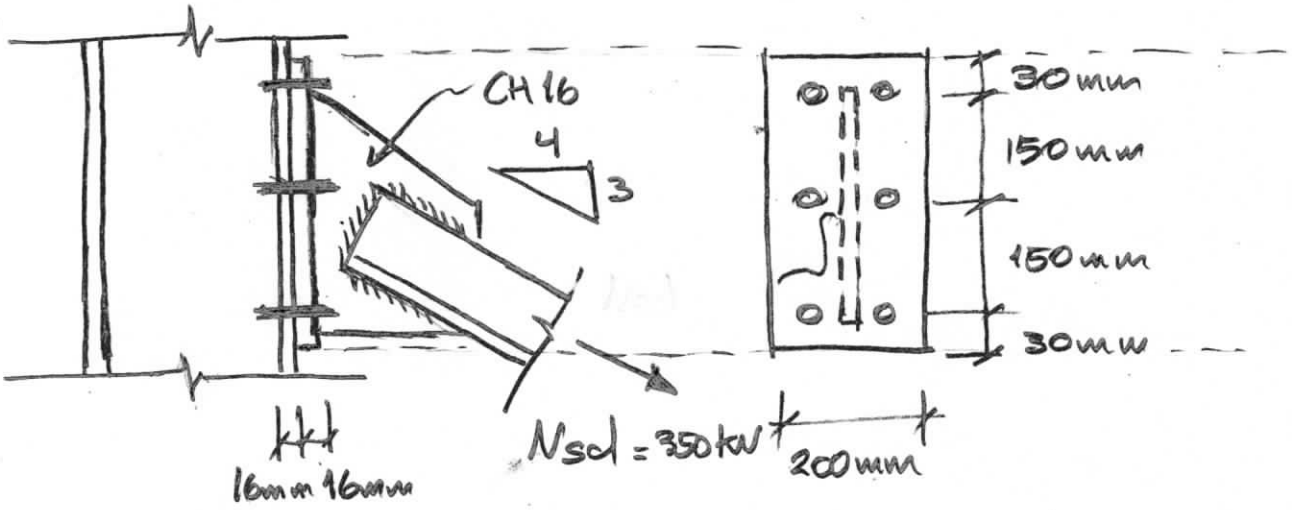
$$12205cm^4 = \frac{1cm\times h_w^3}{12} + 2\left[\frac{25cm\times(1{,}25cm)^3}{12} + (1{,}25cm\times25cm)\left(\frac{h_w+1{,}25cm}{2}\right)^2\right]$$

$h_w' = -189{,}4\,cm$

$h_w'' = 25{,}13\,cm \Rightarrow 251{,}3mm \Rightarrow \boxed{260mm}$

$h_w''' = -32{,}22\,cm$

AM16 - B2 - 3000




- AÇO MR250; - PARAFUSOS ASTM A325; - A QUALIZAÇÃO DO FURO NÃO DEVE SER PERMITIDA; - LIGAÇÃO DO TIPO CONTATO; - Nsd PASSA PELO CG DA LIGAÇÃO;

↳ DETERMINAR O DIÂMETRO COMERCIAL MÍNIMO NECESSÁRIO PARA QUE A LIGAÇÃO INDICADA ATENDA AS VERIFICAÇÕES DE:

(1) CORTE NOS PARAFUSOS; (2) TRAÇÃO NOS PARAFUSOS;
(3) CORTE E TRAÇÃO SIMULTÂNEOS;
(4) PRESSÃO DE CONTATO NOS FUROS;

(1) SOLICITAÇÕES:

$V_{sd} = 350kN \times 3/5 = 210kN$

$F_{v}'_{sd} = 210kN/6 = 35kN$

$T_{sd} = 350kN \times 4/5 = 280kN$

$F_{t}'_{sd} = 280kN \times 4/5 = 46,67kN$

(2) VERIF. DE CORTE:

$$F_v'_{Rd} = 0{,}4 \times \pi/4 \times d_b^2 \times f_{ub}/\gamma_{a2}$$

$$F_v'_{Rd} = 0{,}4 \times \pi/4 \times d_b^2 \times 82{,}5\,kN/cm^2 / 1{,}35 = 19{,}20\, d_b^2$$

Igualando $F_v'_{Rd} = F_v'_{sd}$:

$$19{,}20 \times d_b^2 = 35\,kN \qquad d_b = \sqrt{\frac{35}{19{,}2}} = 1{,}35\,cm$$

(3) VERIF. DE TRAÇÃO

$$F_t'_{Rd} = 0{,}75 \times \pi/4 \times d_b^2 \times f_{ub}/\gamma_{a2}$$

$$F_t'_{Rd} = 0{,}75 \times \pi/4 \times d_b^2 \times 82{,}5\,kN/cm^2 / 1{,}35 = 40\, d_b^2$$

Igualando $F_t'_{Rd} = F_t'_{sd}$

$$40 d_b^2 = 46{,}67\,kN \qquad d_b = \sqrt{\frac{46{,}67}{40}} = 1{,}08\,cm$$

(4) VERIF. DE PRESSÃO DE CONTATO:

P/ 1,35 cm → 5/8" => 1,588 cm (Diâmetro comercial)

$$l_f = 30\,mm - (15{,}88\,mm + 1{,}5\,mm)/2 = 21{,}31\,mm$$

$$F_c'_{Rd} = \text{mín} \begin{cases} 1{,}2\, l_f\, t_f\, f_u/\gamma_{a2} = \dfrac{1{,}2 \times 2{,}131\,cm \times 1{,}6\,cm \times 40\,kN/cm^2}{1{,}35} = 121{,}2\,kN \\ 2{,}4\, d_b\, t_f\, f_u/\gamma_{a2} = \dfrac{2{,}4 \times 1{,}588\,cm \times 1{,}6\,cm \times 40\,kN/cm^2}{1{,}35} = 180{,}7\,kN \end{cases}$$

$F_c'_{Rd} = 121{,}2\,kN > F_v'_{sd} = 35\,kN$ OK! VERIFICA!

=> 5/8"

(5) VERIF. DE TRAÇÃO E CORTE SIMULTÂNEOS

P/ 5/8" = 1,588 cm

$F_{v'Rd} = 0,40 \times 0,25\pi (1,588\,cm)^2 \times 82,5\,kN/cm^2 / 1,35 = 48,41\,kN$

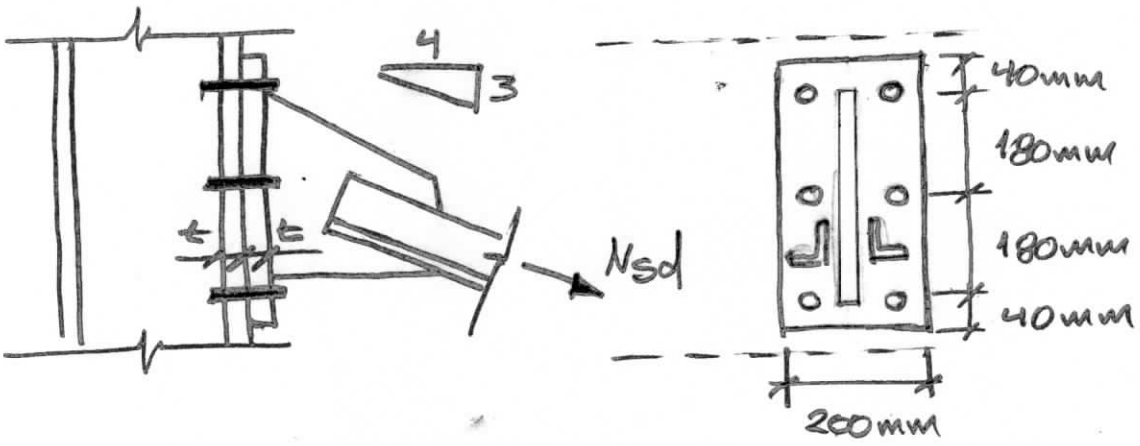
$Ft'_{Rd} = 0,75 \times 0,25\pi (1,588\,cm)^2 \times 82,5\,kN/cm^2 / 1,35 = 90,78\,kN$

$$\left(\frac{F_{v'Rd}}{F_{v'sd}}\right)^2 + \left(\frac{Ft'_{sd}}{Ft'_{Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{35\,kN}{48,41\,kN}\right)^2 + \left(\frac{46,67\,kN}{90,78\,kN}\right)^2 = 0,7870 \leq 1,0 \quad \text{ok! VERIFICA!}$$

RESPOSTA | $d_b = 5/8"$ |

TG16-B2-3001




AÇO AR 350 / PARAFUSOS ASTM A325 / $N_{sd}$ = 450 kN

t = 16 mm / LIGAÇÃO TIPO CONTATO / $N_{sd}$ PASSA PELO C.G.

↳ DETERMINAR O DIÂMETRO COMERCIAL DE PARAFUSOS NECESSÁRIO PARA QUE OS MESMOS ATENDAM AS VERIFICAÇÕES DE:

- CORTE / • TRAÇÃO / • CORTE E TRAÇÃO SIMULTÂNEOS
- PRESSÃO DE CONTATO NOS FUROS (OVALIZAÇÃO NÃO É PERMITIDA)

(1) SOLICITAÇÕES NOS PARAFUSOS:

$V_{sd} = 450\,kN \times 3/5 = 270\,kN$

$T_{sd} = 450\,kN \times 4/5 = 360\,kN$

$F_{v}'_{sd} = 270\,kN / 6 = 45\,kN$

$F_{t}'_{sd} = 360\,kN / 6 = 60\,kN$

(2) VERIFICAÇÃO DE CORTE:

$$F_{V,Rd} = 0{,}40 \times 0{,}25\pi d^2 \times \frac{82{,}5\ kN/cm^2}{1{,}35} = 19{,}19\, d^2$$

Igualando $F_{V,Rd} = F_{V,sd}$

$19{,}19\, d^2 = 45\ kN \qquad d = \sqrt{\frac{45}{19{,}19}} = \underline{1{,}531\ cm}$

(3) VERIFICAÇÃO DE TRAÇÃO

$$F_{t,Rd} = 0{,}75 \times 0{,}25\pi d^2 \times \frac{82{,}5\ kN/cm^2}{1{,}35} = 36{,}0\, d^2$$

Igualando $F_{t,Rd} = F_{t,sd}$

$36{,}0\, d^2 = 60\ kN \qquad d = \sqrt{\frac{60}{36}} = \underline{1{,}29\ cm}$

(4) VERIFICAÇÃO DE PRESSÃO DE CONTATO NOS FUROS

P/ $d = 1{,}531\ cm$ → diâmetro comercial

$d = 5/8''$ ou $d = 3/4''$

Verificando p/ $5/8'' = \frac{5}{8} \times 2{,}54\ cm = 1{,}588\ cm$

$l_f = 40\ mm - (15{,}88\ mm + 1{,}5\ mm)/2 = 32{,}81\ mm$

$$F_{c,Rd} = \min \begin{cases} \frac{1{,}2 \times 3{,}281\ cm \times 1{,}6\ cm \times 45{,}0\ kN/cm^2}{1{,}35} = 210{,}0\ kN \\ \frac{2{,}4 \times 1{,}588\ cm \times 1{,}6\ cm \times 45{,}0\ kN/cm^2}{1{,}35} = \underline{203{,}3\ kN} \end{cases}$$

$F_{c,Rd} = 203{,}3\ kN > F_{V,sd} = 45\ kN$ . ok! VERIFICA!

(5) VERIFICAÇÃO DE TRAÇÃO E CORTE SIMULTÂNEOS:

RESISTÊNCIAS P/ 5/8":

$$F_{v,Rd} = 0{,}40 \times 0{,}25\pi \times (1{,}588\,cm)^2 \times \frac{82{,}5\,kN/cm^2}{1{,}35} = 48{,}41\,kN$$

$$F_{t,Rd} = 0{,}75 \times 0{,}25\pi \times (1{,}588\,cm)^2 \times \frac{82{,}5\,kN/cm^2}{1{,}35} = 90{,}78\,kN$$

$$\left(\frac{F_{v,sd}}{F_{v,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{t,sd}}{F_{t,Rd}}\right)^2 \leq 1{,}0$$

$$\left(\frac{45\,kN}{48{,}41\,kN}\right)^2 + \left(\frac{60\,kN}{90{,}78\,kN}\right)^2 = 1{,}30 > 1{,}0 \quad \text{NÃO ATENDE}$$

ADOTANDO $3/4" = 1{,}905\,cm$

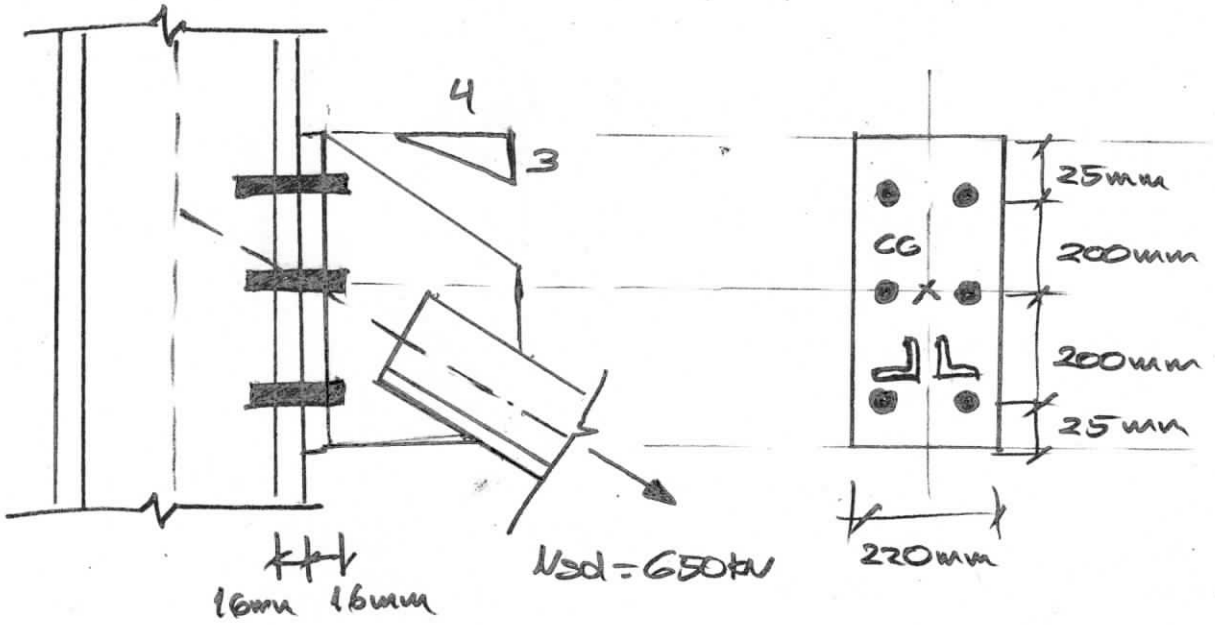
$$F_{v,Rd} = 0{,}40 \times 0{,}25\pi\,(1{,}905\,cm)^2 \times \frac{82{,}5\,kN/cm^2}{1{,}35} = 69{,}67\,kN$$

$$F_{t,Rd} = 0{,}75 \times 0{,}25\pi\,(1{,}905\,cm)^2 \times \frac{82{,}5\,kN/cm^2}{1{,}35} = 130{,}6\,kN$$

$$\left(\frac{45\,kN}{69{,}67\,kN}\right)^2 + \left(\frac{60\,kN}{130{,}6\,kN}\right)^2 = 0{,}6283\,kN \quad \text{ok! VERIFICA!}$$

RESPOSTA: $\boxed{d = 3/4"}$

AM16 - B2 - 3002




→ Nsd PASSA PELO C.G.; LIGAÇÃO DO TIPO ATRITO;
PARAFUSOS ASTM A325 d = 5/8"; AÇO MR 250 NAS CHAPAS;
FURO PADRÃO; SUPERFÍCIE GALVANIZADA;
Nsd É DADO EM VALOR DE CÁLCULO;

↳ VERIFICAR SE A LIGAÇÃO ATENDE À VERIFICAÇÃO DE DESLIZAMENTO;

$V_{sd} = 650\,kN \times 3/5 = 390\,kN$

$T_{sd} = 650\,kN \times 4/5 = 520\,kN$

$F_{v}'_{sd} = 390\,kN / 6 = 65\,kN$

$F_{t}'_{sd} = 520\,kN / 6 = 86{,}67\,kN$

$F_{v}'_{sk} = 0{,}70 \times 65 = 45{,}5\,kN$

$F_{t}'_{sk} = 0{,}70 \times 86{,}67 = 60{,}67\,kN$

PROTENSÃO NECESSÁRIA POR PARAFUSO: 85kN

$\mu = 0{,}20 \quad Ch = 1{,}00 \quad n_s = 1 \quad F_{Tb} = 85kN$

Como o furo é padrão o deslizamento é em estado limite de serviço;

$$F_{f,Rk} = 0{,}8\,\mu\, Ch\, F_{Tb}\, n_s \left(1 - \frac{F_{tSk}}{0{,}8\,F_{Tb}}\right)$$

$$F_{f,Rk} = 0{,}8 \times 0{,}2 \times 1 \times 85kN \times 1 \left(1 - \frac{60{,}67kN}{0{,}8 \times 85kN}\right)$$

$F_{f,Rk} = 13{,}6kN \times 0{,}1078 = 1{,}466kN$ Praticamente nula a resistência ao deslizamento

$F_{f,Rk} = 1{,}466kN < F_{tSk} = 60{,}67kN$.

NÃO VERIFICA!