

DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS BASEADO NO AISC-ASD

APÊNDICE

A

A.1 Comportamento dos elementos estruturais

Dependendo do tipo de carga que atua sobre eles, os elementos estruturais de aço são divididos em:

- elementos tracionados ou tirantes;
- elementos comprimidos ou colunas;
- elementos fletidos ou vigas;
- elementos fletidos-comprimidos ou vigas-colunas.

Nas duas primeiras categorias, as forças atuam ao longo do eixo do elemento; no caso das vigas, elas atuam na direção transversal a seu eixo.

Para cada categoria de elemento estrutural, é feita uma análise do estado de tensões, das condições de ruína, dos critérios de dimensionamento e do tipo de seção mais adequada.

O projeto de qualquer estrutura é um processo criativo. O projetista deve possuir, além de um bom conhecimento de técnicas de projeto, criatividade e ferramentas adequadas para uma eficiente análise estrutural e ainda dispor de normas e especificações, indispensáveis a qualquer projeto.

Para o dimensionamento de elementos estruturais, serão utilizadas as especificações do AISC para projeto, fabri-

cação e montagem de estruturas de aço para edifícios, no critério das forças admissíveis (*allowable stress design*, ASD).

A.2 Elementos tracionados

A especificação do AISC-ASD no critério das forças admissíveis admite um fator de segurança médio, com um erro de 25% nos valores calculados das cargas e das resistências. Portanto:

$$\text{Fator de segurança} = \frac{\text{Resistência}}{\text{Carga atuante}} = \frac{1 - 0,25}{1 + 0,25} = 0,60$$

Recomenda-se ainda o seguinte critério de projeto para o ajuste do dimensionamento de elemento estrutural quanto ao nível de tensões (N):

$$0,80 \leq N_{\text{solicitante}}/N_{\text{resistente}} < 1,05$$

A ruína de um elemento tracionado sob a ação de cargas estáticas pode ocorrer pelo escoamento da seção bruta ou pela ruptura da seção líquida (descontados os furos). A distribuição das forças na seção transversal é considerada sempre uniforme, contudo é importante que se considere o efeito de descontinuidades, como furos para parafusos ou mudanças súbitas na seção.

A.2.1 Determinação da força axial resistente de cálculo

O AISC aplica, para ambas as condições de ruína, o mesmo coeficiente de segurança de 0,60. No caso da ruptura, é comum uma redução adicional de 0,85 para levar em conta as variações na resistência da ligação.

Portanto, a condição de resistência para o escoamento da seção bruta é:

$$N_R = 0,60A_g \cdot f_y$$

e, para a ruptura da seção líquida efetiva:

$$N_R = (0,85 \times 0,60)A_e \cdot f_u = 0,5A_e \cdot f_u$$

sendo

$$A_e = C_t \cdot A_n$$

em que:

A_g = área bruta da barra (cm^2);

A_e = área líquida efetiva = $C_t \cdot A_n$ (cm^2);

C_t = coeficiente de redução da área líquida;

A_n = área líquida da barra (cm^2).

A.2.2 Áreas bruta, líquida e líquida efetiva

A área bruta (A_g) de um elemento é a soma dos produtos da espessura pela largura bruta de cada componente da seção, medida normalmente ao eixo do elemento. Para cantoneiras, a largura bruta é a soma das larguras das abas menos a espessura.

A área líquida (A_n) de um elemento é a soma dos produtos da espessura pela largura líquida de cada componente da seção, calculada como segue:

- Para o diâmetro do furo:
 - » furos broqueados $\rightarrow \phi$ parafuso + 1,5 mm;
 - » furos punçoados $\rightarrow \phi$ parafuso + 3,5 mm.
- No caso de uma série de furos distribuídos transversalmente ao eixo da barra, em diagonal a esse eixo ou em zigue-zague, a largura líquida dessa parte da barra deve ser calculada deduzindo-se da largura bruta a soma das larguras de todos os furos em cadeia e somando-se, para cada linha ligando dois furos, a quantidade $S^2/4g$, sendo S e g , respectivamente, os espaçamentos longitudinal e transversal (gabarito) entre esses dois furos (Fig. A.1).
- A largura líquida crítica daquela parte da barra será obtida pela cadeia de furos que produza a menor das larguras líquidas para as diferentes possibilidades de linhas de ruptura.

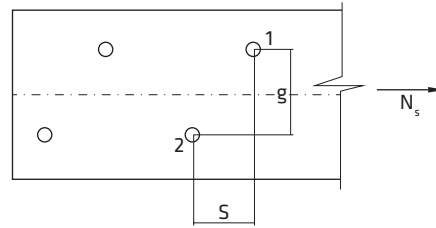


Fig. A.1 Ilustração dos espaçamentos S e g entre furos

A área líquida efetiva (A_e) de um elemento é a área líquida efetivamente tracionada (descontadas as áreas que não estão tensionadas).

A.2.3 Coeficiente de redução da área líquida

O coeficiente de redução da área líquida (C_t) tem os seguintes valores:

- $C_t = 1,0$ quando a força de tração for transmitida diretamente para cada um dos componentes da seção transversal da barra (abas, alma etc.) por soldas ou parafusos.
- C_t = coeficiente de redução para levar em conta concentrações de tensões em que a carga é transmitida por parafusos ou soldas através de alguns elementos de seção transversal, mas não todos, podendo variar de 0,6 a 0,90.

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c}$$

em que:

e_c = excentricidade da ligação, igual à distância do centro geométrico da seção da barra ao plano de cisalhamento da ligação (Fig. A.2);

l_c = comprimento efetivo da ligação (esse comprimento nas ligações soldadas é igual ao comprimento da solda na direção da força axial; nas ligações parafusadas, é igual à distância do primeiro ao último parafuso na linha de furação com maior número de parafusos na direção da força axial).

Na falta de um cálculo mais preciso, o AISC recomenda os valores a seguir.

Para ligações parafusadas

- $C_t = 1,0$ quando a força de tração for transmitida diretamente para cada um dos componentes da seção transversal da barra (abas, alma etc.) por soldas ou parafusos.
- $C_t = 0,90$ para perfis I ou H laminados com mesas não menores que dois terços da altura e T cortados desses perfis com ligações nas mesas com no mínimo três parafusos por linha na direção do esforço.

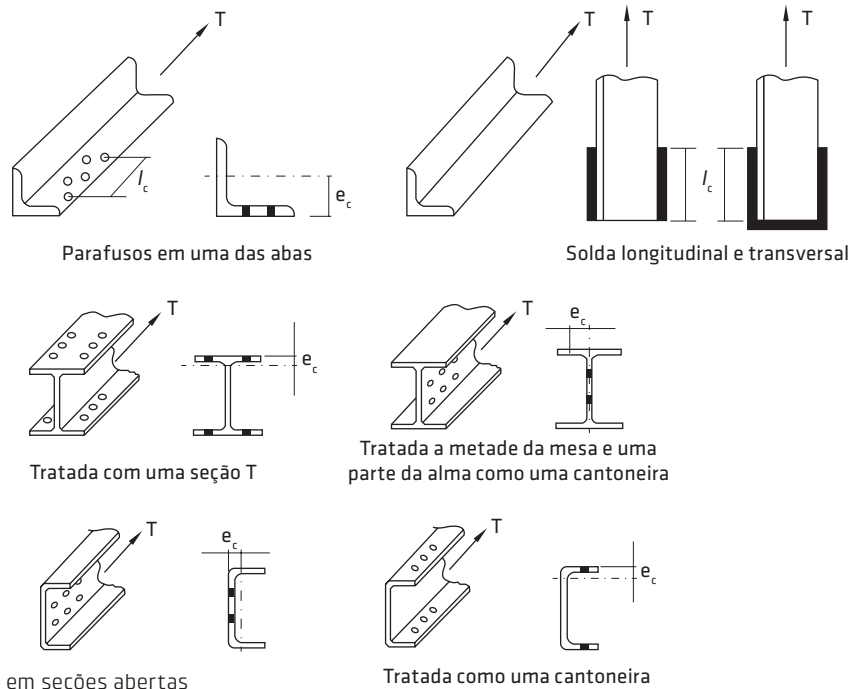


Fig. A.2 Determinação de e_c em seções abertas

- $C_t = 0,85$ para perfis que não atendam aos requisitos do parágrafo anterior e todos os outros perfis, incluindo os perfis soldados, com no mínimo três parafusos por linha na direção do esforço.
- $C_t = 0,70$ para perfis I, H e U cuja ligação é feita pela alma e tenha no mínimo quatro parafusos ou mais por linha na direção do esforço.
- $C_t = 0,80$ para todos os outros perfis cuja ligação tenha no mínimo quatro parafusos por linha na direção do esforço.
- $C_t = 0,60$ para todos os outros perfis cuja ligação tenha dois ou três parafusos por linha na direção do esforço.

Para ligações soldadas

Quando a carga é transmitida por solda transversal por alguns, mas não todos os elementos da seção transversal de perfis I ou H e T, A_e deve ser tomada como a área dos elementos ligados diretamente.

Quando a carga é transmitida para a chapa por solda longitudinal ao longo de ambas as arestas da extremidade da chapa, o comprimento das soldas não deve ser menor do que a largura da chapa. A área líquida efetiva deve ser calculada pela equação:

$$A_e = C_t \cdot A_g$$

A menos que um coeficiente maior possa ser justificado por testes ou outro critério, os valores de C_t serão:

$$C_t = 1,0 \rightarrow l \geq 2w$$

$$C_t = 0,87 \rightarrow 2w > l \geq 1,5w$$

$$C_t = 0,75 \rightarrow 1,5w > l \geq w$$

em que:

l = comprimento da solda (cm);

w = largura da chapa (distância entre soldas) (cm).

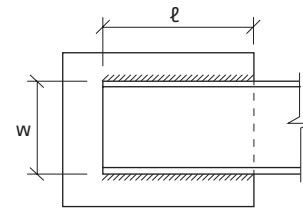


Fig. A.3 Dimensões para cálculo de C_t

Juntas parafusadas e chapas de ligação e outros dispositivos de ligação sujeitos a força de tração devem ser projetados de acordo com os requisitos segundo os quais a área líquida efetiva deverá ser tomada como área líquida real, e, para efeito de cálculo, não poderá ser maior que 85% da área bruta.

A rigidez não é um critério para o dimensionamento de elementos tracionados, mas é necessária para prevenir que eles se tornem muito flexíveis e sujeitos a vibrações provocadas por cargas dinâmicas ou cargas transversais devidas a seu peso próprio ou ao vento.

O AISC e a NBR 8800 estabelecem que o índice de esbeltez l/r dos elementos tracionados não deve exceder 300, exceto para barras redondas.

A.2.3 Barras ligadas por pino

A força axial de tração resistente de cálculo de uma barra ligada por pino é o menor valor considerando os seguintes limites:

- escoamento da seção bruta por tração;
- resistência à pressão de contato na área projetada do pino;
- ruptura da seção líquida por tração $N_R = t \cdot b_{ef} \cdot f_U$;
- ruptura da seção líquida por cisalhamento $N_R = 0,3A_{sf} \cdot f_U$.

Sendo

$$A_{sf} = 2t(a + d_p/2)$$

em que:

t = espessura da chapa ligada pelo pino;

a = menor distância da borda do furo à extremidade da barra, medida na direção paralela à força axial atuante;

d_p = diâmetro do pino;

b_{ef} = largura efetiva, igual a $2t + 1,6$ cm, mas não maior que a distância real da borda mais próxima da peça na direção perpendicular à força axial atuante.

Devem também ser atendidos os seguintes requisitos (Fig. A.4):

- o furo do pino deve estar situado na meia distância entre as bordas da barra na direção normal à força axial atuante;
- quando o pino tiver por função também permitir rotações relativas entre as partes conectadas, o diâmetro do furo d_f pode ser no máximo 1,0 mm maior do que o do pino;
- o comprimento da chapa, além da borda do furo, não pode ser menor do que $(2b_{ef} + d_p)$, sendo d_p o diâmetro do pino, e a distância a não pode ser menor do que $1,33b_{ef}$;
- os cantos da barra, além do furo de passagem do pino, podem ser cortados em ângulos de 45° em relação ao eixo longitudinal, desde que a área líquida da seção entre a borda do furo e a borda cortada, num plano perpendicular ao corte, não seja inferior àquela necessária além da borda do furo, paralelamente ao eixo da peça (Fig. A.4).

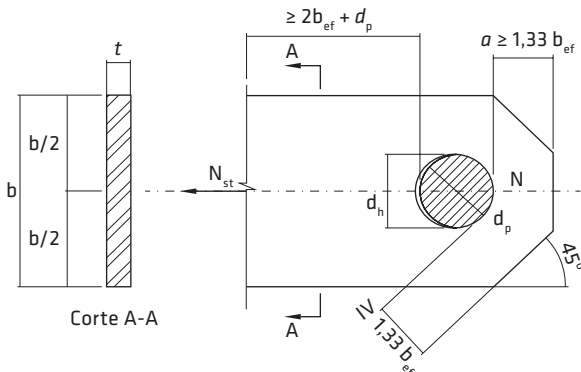
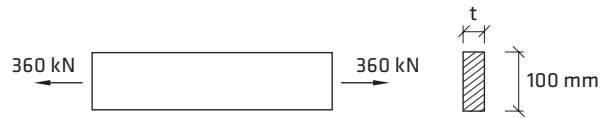


Fig. A.4 Chapa ligada por pino

Exemplo A.1

Dimensionar a espessura da chapa tracionada para uma força $N_S = 360$ kN e ligações soldadas. O aço da chapa é o A36.



$$F_{tg} = 0,6f_y = 0,6 \times 25 = 15 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{comanda}$$

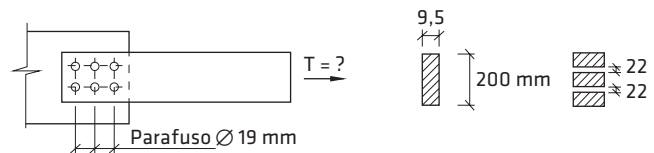
$$F_{te} = 0,5f_u = 0,5 \times 40 = 20 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_R = F_{tg} \cdot b \cdot t_{\min} \text{ ou } N_R = F_{te} \cdot b \cdot t_{\min}$$

$$t_{\min} = \frac{N_S}{F_{tg} \cdot b} = \frac{360}{15 \times 10} = 2,4 \text{ cm} \rightarrow \text{usar chapa 25 mm}$$

Exemplo A.2

Determinar a força máxima de tração que uma chapa de 200 mm de largura e 9,5 mm de espessura poderá suportar. As ligações das extremidades são parafusadas com duas linhas de parafusos de $\phi 19$ mm (furos puncionados).



$$N_R = 0,6f_y \cdot A_g = 0,6 \times 25A_g$$

$$N_R = 0,5f_u \cdot A_e = 0,5 \times 40A_e$$

$$A_g = 20 \times 0,95 = 19,0 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n$$

$$C_t = 1,0$$

$$A_e = C_t[A_g - 2(\phi \text{ paraf.} + 0,35) \cdot t] = 1,0[19 - 2(1,9 + 0,35) \times 0,95] = 14,72 \text{ cm}^2$$

$$N_R = 0,6 \times 25A_g = 15 \times 19,0 = 285 \text{ kN} \rightarrow \text{comanda}$$

$$N_R = 0,5 \cdot 40A_e = 20 \cdot 14,72 = 294 \text{ kN}$$

Exemplo A.3

Verificar se a cantoneira indicada como diagonal de treliça suporta a carga de tração atuante, sabendo-se que ela está sendo tracionada por uma força $N_S = 100$ kN e que suas extremidades estão conectadas por soldas. A diagonal é uma cantoneira L64 x 64 x 6,4 de aço A36.



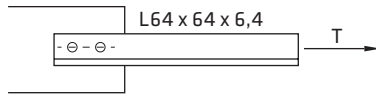
Da tabela de cantoneiras de abas iguais $\rightarrow A_g = 7,67 \text{ cm}^2$.

$$L = 130 > 2 \times 64 \rightarrow C_t = 1,0$$

$$N_R = 0,6 \times 25 \times 7,67 = 115 \text{ kN} > 100 \text{ OK}$$

Exemplo A.4

Para o exemplo anterior, verificar se a cantoneira resistirá à mesma força de tração se as ligações das extremidades forem de dois parafusos de ϕ 19 mm.



$$A_e = C_t \cdot A_n$$

$$A_n = 7,67 - (1,9 + 0,35) \times 0,64 = 6,23 \text{ cm}^2$$

$$C_t = 0,60 \text{ (2 paraf./linha de esforço) ou } C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c}, \text{ o maior}$$

$$l_c = 7,0 \text{ cm}$$

$$e_c = x = y = 1,83 \text{ cm}$$

$$C_t = 1 - \frac{1,83}{7,0} = 0,74 > 0,60; \text{ usar } 0,74$$

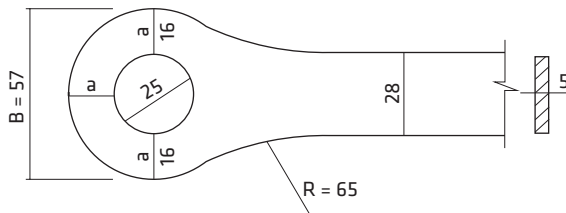
$$A_e = 0,74 \times 6,23 = 4,61 \text{ cm}^2$$

$$N_R = 0,6 \times 25 \times 7,67 = 115 \text{ kN}$$

$$N_R = 0,5 \times 40 \times 4,61 = 92,2 < 100 \text{ Não}$$

Exemplo A.5

Projetar e dimensionar uma barra ligada a um pino sujeita a uma força de tração de $N_s = 2.600 \text{ kN}$. Usar aço ASTM A572-G50, com $f_Y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$ e $f_U = 45,0 \text{ kN/cm}^2$.



Fazendo $b = 28 \text{ cm}$, $a = 16 \text{ cm}$ e $d_p = 25 \text{ cm}$, chega-se à solução a seguir.

A.5.1 Trecho da parte reta da seção bruta – cálculo da espessura t

$$N_R = 0,6 \times 34,5 A_g = 0,6 \times 34,53 \times 28t \geq 2.600 \therefore t = 4,5 \text{ cm}$$

$$N_R = 0,5 \times 45,0 A_e = 0,5 \times 45 \times 28t \geq 2.600 \therefore t = 4,12 \text{ cm}$$

Será adotada uma chapa de $50 \times 280 \text{ mm}$.

$$(b/t) = 28/5,0 = 5,6 < 8 \text{ (máximo) OK}$$

A.5.2 Trecho onde está situado o pino

$$b_{ef} = 2t + 1,6 = 2 \times 5 + 1,6 = 11,6 \text{ cm}$$

$$d_p > (7/8)b = 0,875 \times 28 = 24,5 < 25 \text{ OK}$$

$$a = 16 > 1,33b_{ef} = 1,33 \times 16 = 15,4 \text{ OK}$$

$$A_{ef} = 2t(a + d_p/2) = 2 \times 5(16 + 25/2) = 285 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ruptura à tração } N_{Rt} = t \cdot b_{ef} \cdot f_U = 5 \times 11,6 \times 45 = 2.610 > 2.600 \text{ OK}$$

$$\text{Ruptura ao cisalhamento } N_{Rc} = 0,3A_{ef} \cdot f_U = 0,3 \times 285 \times 45 = 3.847 > 2.600 \text{ OK}$$

A.5.3 Diâmetro do furo

$$25 + 0,1 = 25,1 \text{ cm} = 251 \text{ mm}$$

A.5.4 Largura da barra no olhal

$$B = 2 \times 16 + 25 = 57 \text{ cm; use } 57 \text{ cm (} a \cong 16 \text{ cm)}$$

A.5.5 Verificação ao contato

$$N_{Re} = 0,9f_y \cdot d \cdot t$$

$$N_{Re} = 0,9 \times 34,5 \times 25 \times 5,0 = 3.881 > 2.600 \text{ OK}$$

A.3 Elementos comprimidos

Somente colunas muito curtas podem ser carregadas até o escoamento. A situação mais comum é ocorrer flambagem ou flexão súbita antes que o material atinja a resistência.

A fórmula de Euler (flambagem elástica) comanda a carga crítica de flambagem para colunas esbeltas ($KL/r > C_c$). Entretanto, os valores teóricos não coincidem com os valores ensaiados para colunas curtas ($KL/r < C_c$) devido aos efeitos de curvaturas iniciais, excentricidades acidentais, condições de extremidade, flambagem local e tensões residuais do elemento. O AISC propôs então, para essa faixa, uma fórmula de transição empírica do tipo parabólica para a carga crítica de flambagem.

A.3.1 Determinação da força axial de compressão

O AISC adota a seguinte curva de flambagem:

- Para $\lambda = \frac{KL}{r} < C_c$, sendo $C_c = 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{666}{\sqrt{f_y}}$ e $E = 20.000 \text{ kN/cm}^2$

Limite C_c para	$f_y = 25 \text{ kN/cm}^2$	$\lambda = 133$
	$f_y = 30 \text{ kN/cm}^2$	$\lambda = 122$
	$f_y = 35 \text{ kN/cm}^2$	$\lambda = 113$

$$F_a = 0,6f_y \cdot 0,658P \Rightarrow P = \frac{f_y}{F_e} = \frac{f_y \cdot \lambda^2}{\pi^2 \cdot E} = \frac{f_y \cdot \lambda^2}{197.393}$$

- Para $\lambda \geq C_c$

$$F_a = 0,6 \times 0,877F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{(KL/r)^2}, \text{ portanto } F_a = \frac{0,6 \times 0,877 \times 197.393}{\lambda^2} = \frac{103.868}{\lambda^2}$$

O índice de esbeltez $\lambda = KL/r$ não deve ultrapassar 200.

A condição de estabilidade para colunas axialmente carregadas é que a carga atuante seja igual ou inferior à admissível:

$$N_s \leq N_R = A \cdot F_a$$

Ver Tabs. A.2, A.3 e A.4 para o cálculo de F_a de acordo com λ e f_y .

A.3.2 Comprimento efetivo (KL)

O comprimento efetivo de flambagem KL é a distância entre os pontos de inflexão, reais ou imaginários, e equivale à coluna birrotulada.

É preciso determinar com precisão o coeficiente K, o que pode ser feito conhecendo-se as condições de fixação e de deslocabilidade das extremidades do elemento em análise (Fig. A.5).

A dificuldade na maioria das situações é avaliar o grau de engastamento oferecido pelas barras da estrutura, pela fundação e pela ação do solo sobre ela. Sempre que houver dúvida, deve-se optar por um valor maior e mais conservador.

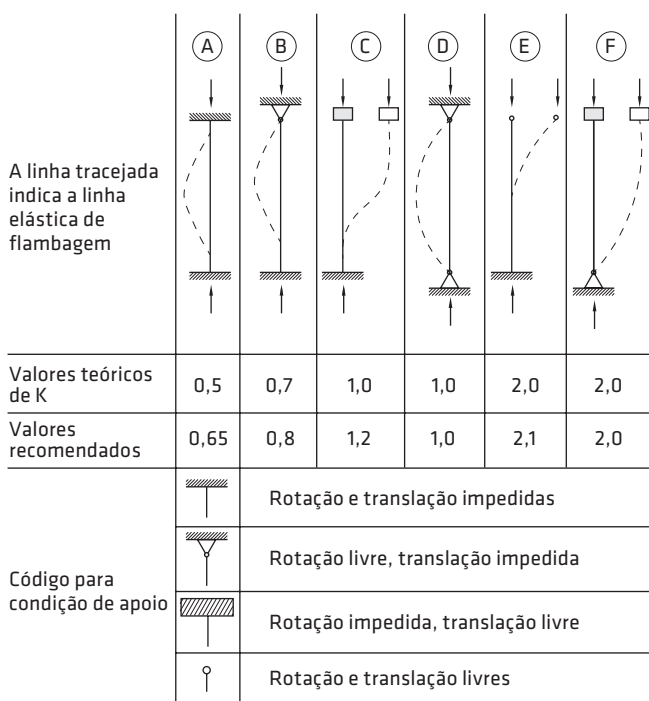


Fig. A.5 Valores de k para comprimento efetivo de flambagem de acordo com o AISC e a NBR 8800

A.3.3 Flambagem local

Além da flambagem por flexão, vista anteriormente, a coluna de aço pode sofrer outros tipos de flambagem, como a flambagem por torção, que ocorre principalmente em peças de seção aberta com pouca rigidez a torção, e a flambagem local, que ocorre em trechos do elemento. Para assegurar que a flambagem local não aconteça antes da flambagem global do elemento, limita-se a relação largura/espessura (b/t) dos elementos da seção transversal.

As relações-limites b/t , segundo o AISC, para alguns elementos uniformemente comprimidos em decorrência

da compressão axial ou do momento fletor são listadas a seguir.

Para elementos enrijecidos (*stiffened*):

$$\text{Alma de perfis I, H ou } [\rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{211}{\sqrt{f_y}} \text{ para } f_y = 30 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow 39$$

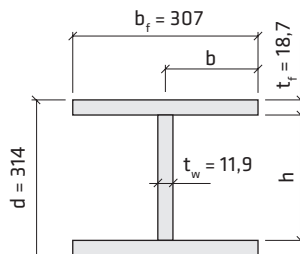
Para elementos não enrijecidos (*unstiffened*):

$$\text{Mesas de perfis I, H ou } [\text{ e abas de L } \rightarrow \frac{b_f}{t_f} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{79}{\sqrt{f_y}} \text{ para } f_y = 30 \rightarrow 14,5$$

Exemplo A.6

Determinar, de acordo com o AISC, a capacidade de carga à compressão axial de um perfil laminado W 310 × 117 de aço A572-G50 ($f_y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$):

- se o comprimento de flambagem KL for de 11 m;
- se o comprimento de flambagem KL em relação ao menor eixo for de 5,4 m e, em relação ao maior eixo, de 9 m.



$A = 149,9 \text{ cm}^2$
 $r_x = 13,56 \text{ cm}$
 $r_y = 7,76 \text{ cm}$
 $h = 277 \text{ mm}$

Para que o perfil seja considerado totalmente efetivo, ou seja, sem problemas de flambagem local, deve-se ter para a alma (elemento enrijecido):

$$\frac{h}{t_w} = \frac{277}{11,9} = 23 < \frac{211}{\sqrt{f_y}} = 36$$

e, para as mesas (elemento não enrijecido):

$$\frac{b}{t_f} = \frac{307}{2 \times 18,7} = 8,2 < \frac{79}{\sqrt{f_y}} = 13,4$$

A.6.1 Comprimento de flambagem de 11 m

Considerando $KL_x = KL_y = 1.100 \text{ cm}$ e usando o menor raio de giração ($r_y = 7,76 \text{ cm}$) para obter o índice de esbelteza máximo, têm-se:

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{1.100}{7,76} = 142 > C_c = \frac{666}{\sqrt{34,5}} = 113 \rightarrow F_a = \frac{103.868}{142^2} = 5,15 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_R = F_a \cdot A = 5,15 \cdot 149,9 = 772 \text{ kN}$$

A.6.2 Comprimento de flambagem de 5,4 m e 9 m

Considerando $KL_x = 900$ cm e $KL_y = 540$ cm, a análise dos raios de giração leva a posicionar o perfil com r_x em relação ao maior comprimento de flambagem por razões óbvias de economia.

$$\frac{KL_x}{r_x} = \frac{900}{13,56} \cong 66$$

$$\frac{KL_y}{r_y} = \frac{540}{7,76} \cong 70 \rightarrow \text{comanda}$$

Como KL/r máximo $< C_c = 114$, usa-se a fórmula parabólica:

$$F_a = 0,6f_y \cdot 0,658^p$$

$$p = 34,5 \times 70^2 / 197.392 = 0,86$$

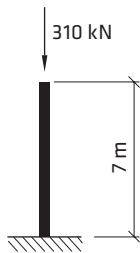
$$F_a = 0,6 \times 34,5 \times 0,658^{0,86} = 14,46 \text{ kN/cm}^2$$

Esse valor poderia ser obtido diretamente da Tab. A.4.

$$N_R = F_a \cdot A = 14,46 \times 149,9 = 2.167 \text{ kN}$$

Exemplo A.7

Dimensionar uma coluna com 7,0 m de comprimento para uma carga de compressão axial $N_S = 310$ kN. A coluna tem a base engastada e o topo livre. Usar perfil soldado e aço A36.

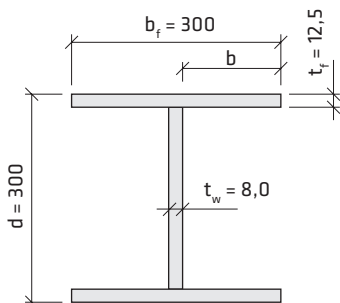


Sabe-se que (KL/r) máximo = 200 e K (recomendado) = 2,1. Portanto:

$$r_{\min} = KL/200 = 2,1 \times 700/200 = 7,35 \text{ cm}$$

Será procurado um perfil soldado da série CS (mais indicado para colunas) cujo raio de giração r_y seja igual ou maior que 7,35 cm.

A.7.1 Primeira tentativa: CS 300 x 76



$$A = 97 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 7,62 \text{ cm}$$

$$h/t_w = 34 < 43$$

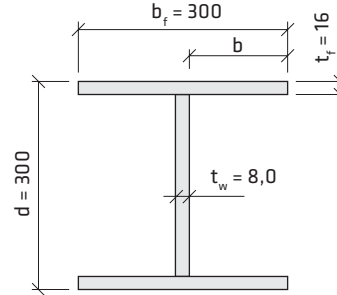
$$b/t_f = 12 < 15,8$$

Verificação da flambagem global:

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{2,1 \times 700}{7,62} \cong 193 \rightarrow F_a = 2,79 \text{ kN/cm}^2 \text{ (Tab. A.2)}$$

$$N_R = 97 \times 2,79 = 270,6 \text{ kN} < 310 \text{ Não satisfaz}$$

A.7.2 Segunda tentativa: CS 300 x 95



$$A = 121,5 \text{ cm}^2$$

$$r_y = 7,70 \text{ cm}$$

$$h/t_w = 28 < 43$$

$$b/t_f = 9,4 < 15,8$$

Verificação da flambagem global:

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{2,1 \times 700}{7,70} \cong 191 \rightarrow F_a = 2,85 \text{ kN/cm}^2 \text{ (Tab. A.2)}$$

$$N_R = 121,5 \times 2,85 = 346 \text{ kN} > 310 \text{ OK}$$

Usar perfil soldado CS 300 x 95.

A.4 Elementos fletidos

A viga é uma combinação de um elemento tracionado e um elemento comprimido. Os conceitos de dimensionamento de elementos tracionados e elementos comprimidos são agora combinados no tratamento da viga.

As vigas têm por finalidade suportar cargas normais a seu eixo longitudinal. Os perfis mais utilizados para vigas são os de seção I ou H (laminados ou soldados).

Na maioria dos casos, as cargas são aplicadas no plano da alma do perfil, produzindo assim flexão em relação ao eixo de maior momento de inércia do perfil.

No dimensionamento de vigas, deve-se verificar as seguintes condições:

- resistência à flexão, juntamente com a verificação da estabilidade lateral da mesa comprimida, e local (mesa e alma);
- resistência ao cisalhamento;
- deformação máxima;
- fadiga.

A.4.1 Resistência à flexão

Os dois fatores que comandam a resistência à flexão de uma viga de aço são a flambagem local (relação b/t dos elementos da seção) e a flambagem lateral da mesa comprimida (distância L_b entre apoios laterais).

O AISC classifica as seções quanto à flambagem local em compacta, não compacta e esbelta.

A seção é dita compacta quando pode atingir a plastificação total antes de qualquer outra instabilidade.

No Quadro A.1 são apresentados os limites das relações para elementos comprimidos à flexão.

Quadro A.1 Limites das relações para elementos comprimidos à flexão

Descrição do elemento	Relação	Tipo de seção	
		Compacta	Não compacta
Mesas de perfis I ou U laminados na flexão	$\lambda_f = b/t$	$\frac{54}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{141}{\sqrt{f_y}}$
Almas de perfis I ou U na flexão	$\lambda_a = h/t_w$	$\frac{532}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{806}{\sqrt{f_y}}$

em que b = largura da aba em projeção.
As seções que não atendem aos limites de seção não compacta são denominadas esbeltas.

Apoio lateral de vigas

As vigas podem sofrer flambagem lateral por compressão oriunda da flexão. Para que isso não ocorra, são necessários apoios laterais convenientemente espaçados.

A.4.2 Cálculo do momento resistente admissível M_R em relação a X de acordo com o AISC-ASD

O AISC estabelece o seguinte para momento resistente admissível à flexão:

Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia

i) Para perfis compactos

$$\lambda_f = b_f/t_f \leq \lambda_{pf} = 0,38\sqrt{E/f_y} = 54/\sqrt{f_y}$$

$$\lambda_a = h/t_w \leq \lambda_{pa} = 3,76\sqrt{E/f_y} = 532/\sqrt{f_y}$$

$$a) L_b \leq L_p = 1,76r_y\sqrt{E/f_y} = 249r_y/\sqrt{f_y}$$

$$M_R = M_p = 0,6f_y \cdot Z_x = 0,66f_y \cdot W_x, \text{ ou seja, } Z_x \cong 1,10W_x$$

b) $L_p < L_b < L_r$

$$M_R = C_b \cdot 0,6[M_p - (M_p - 0,7f_y \cdot W_x) \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right]]$$

$$M_R = C_b \cdot 0,6f_y[Z_x - (Z_x - 0,70W_x) \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right]]$$

Fazendo $Z_x = 1,1W_x$, tem-se:

$$M_R = C_b \cdot 0,66f_y \cdot W_x \left[1 - 0,36 \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \right]$$

c) $L_b > L_r$

$$M_R = 0,6F_{cr} \cdot W_x$$

$$h_0 = d - t_f$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \Pi^2 \cdot E}{(L_b / r_t)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{I_T}{W_x \cdot h_0} (L_b / r_t)^2}$$

ii) Para perfis com mesa não compacta

a) $L_b < L_p$

- $\lambda_{pf} < \lambda_f < \lambda_{rf}$

$$\lambda_{rf} = 1,0\sqrt{E/f_y} = 141/\sqrt{f_y} \text{ para perfis laminados com dois eixos de simetria}$$

$$\lambda_{rf} = 0,95\sqrt{k_c E / F_L} = 160\sqrt{k_c / f_y} \text{ para perfis soldados com dois eixos de simetria}$$

$$M_R = 0,6[M_p - (M_p - 0,7f_y \cdot W_x) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)]$$

$$M_R = 0,66f_y \cdot W_x [1,0 - 0,36 \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)]$$

- $\lambda_f > \lambda_{rf}$

$$M_R = 0,6 \times \frac{0,9E \cdot k_c \cdot W_x}{\lambda_f^2} = \frac{10.800k_c \cdot W_x}{\lambda_f^2}$$

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} \quad 0,35 < k_c < 0,76$$

b) $L_p < L_b < L_r$ – ver caso b) da subseção i), referente a perfis compactos

c) $L_b > L_r$ – ver caso c) da subseção i), referente a perfis compactos

iii) Parâmetros complementares

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7f_y} \cdot \frac{I_T \cdot C}{W_x \cdot h_0} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6,76 \left(\frac{0,7f_y \cdot W_x \cdot h_0}{E \cdot I_T \cdot C} \right)^2}}$$

em que:

$C = 1,0$ para perfis com dupla simetria;

$I_T =$ momento de inércia a torção (cm^4).

De modo simplificado, pode-se usar:

$$L_r = 1,95r_t \frac{E}{0,7f_y} \sqrt{\frac{I_T \cdot C}{W_x \cdot h_0}} \sqrt{2} = 2,786 \times 20.000 \cdot \frac{r_{ts}}{f_y} \sqrt{\frac{I_T}{W_x \cdot h_0}}$$

$$L_r = 78.792 \frac{r_{ts}}{f_y} \sqrt{\frac{I_T}{W_x \cdot h_0}} \text{ (valor aproximado)}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y}{2(A_f + A_w / 6)}}$$

em que:

$A_f =$ área da mesa comprimida;

$A_w =$ área da alma.

Quando a mesa comprimida de uma viga estiver embutida numa laje de concreto, pode-se considerar que a viga está totalmente contida.

Seções I e H com apenas um eixo de simetria situado no plano médio da alma, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia, com alma compacta ou não

i) Mesas comprimidas

$$M_R = R_{pc} \cdot M_{yc} = R_{pc} \cdot f_y \cdot W_{xc}$$

$$a) L_b \leq L_p = 1,1r_t \sqrt{E/f_y} = 155r_t/\sqrt{f_y}$$

$$M_R = M_p = 0,6f_y \cdot Z_x$$

$$b) L_p < L_b < L_r = 78.792 \frac{r_{ts}}{F_L} \sqrt{\frac{I_T}{W_{xc} \cdot h_0}}$$

$$M_R = C_b \cdot 0,6[R_{pc} \cdot M_{yc} - (R_{pc} \cdot M_{yc} - F_L \cdot W_{xc}) \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right]] \leq R_{pc} \cdot M_{yc}$$

$$M_{yc} = W_{xc} \cdot f_y$$

Determina-se R_{pc} da maneira indicada a seguir.

$$\text{Para } \lambda_a = h_c/t_w \leq \lambda_{pw} \rightarrow R_{pc} = M_p/M_{yc} = Z_x/W_{xc}.$$

$$\text{Se } W_{xt}/W_{xc} \geq 0,7 \quad F_L = 0,7f_y$$

$$M_R = C_b \cdot 0,6f_y \cdot Z_x \left[1 - \left(1 - 0,7 \frac{W_{xc}}{Z_x} \right) \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \right]$$

$$\text{Se } W_{xt}/W_{xc} < 0,7 \quad F_L = f_y \frac{W_{xt}}{W_{xc}} \geq 0,5f_y$$

$$M_R = C_b \cdot 0,6f_y \cdot Z_x \left[1 - \left(1 - \frac{W_{xt}}{Z_x} \right) \left[\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \right]$$

Para $\lambda_a = h_c/t_w > \lambda_{pw} \rightarrow R_{pc} =$

$$\left[\frac{M_p}{M_{yc}} - \left(\frac{M_p}{M_{yc}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yc}}$$

$$R_{pc} = \left[\frac{Z_x}{W_{yc}} - \left(\frac{Z_x}{W_{yc}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{Z_x}{W_{yc}}$$

c) $L_b > L_r$

$$M_R = 0,6F_{cr} \cdot W_{xc} \leq R_{pc} \cdot M_{yc} (= f_y \cdot W_{xc})$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \Pi^2 \cdot E}{(L_b / r_t)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{I_T}{W_{xc} \cdot h_0} (L_b / r_t)^2}$$

$$\text{Para } \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0,23, I_T = 0.$$

ii) Parâmetros complementares

$$\lambda_{pw} = \frac{h_c \sqrt{E/f_y}}{h_p (0,54 \frac{M_p}{M_y} - 0,09)^2} = \frac{141h_c}{h_p \sqrt{f_y} (0,54 \frac{Z_x}{W_{yc}} - 0,09)^2} \leq \lambda_{rw} = 806/\sqrt{f_y}$$

$$\lambda_{rw} = 5,70 \sqrt{E/f_y} = 806/\sqrt{f_y}$$

em que:

h_c = duas vezes a distância do centro geométrico à face interna da mesa comprimida;

h_p = duas vezes a distância da linha neutra plástica da seção transversal à face interna da mesa comprimida;

M_y = momento fletor no início do escoamento sobre o eixo de flexão;

W_{xc} = módulo de seção da zona comprimida;

W_{xt} = módulo de seção da zona tracionada.

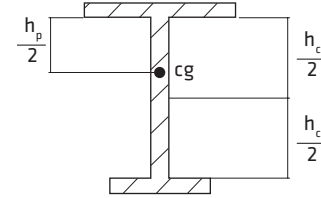


Fig. A.6 Parâmetros de uma seção I

Determinação do fator C_b

Esse coeficiente leva em consideração a influência favorável da forma do diagrama de momentos. Pode, a favor da segurança, ser tomado como a unidade. Entretanto, a definição exata é:

$$C_b = \frac{12,5M_{máx}}{2,5M_{máx} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} R_m \leq 3,0$$

em que:

$M_{máx}$ = maior momento fletor do segmento destravado;

M_A = valor absoluto do momento no quarto do segmento destravado, medido a partir da extremidade da esquerda;

M_B = valor absoluto do momento fletor no centro do segmento destravado;

M_C = valor absoluto do momento fletor nos três quartos do segmento destravado, medido a partir da esquerda;

R_m = parâmetro para seção transversal monossimétrica = 1,0, para perfis com simetria, e 0,5 + 0,2(I_{yc}/I_y), para os demais casos;

I_{yc} = momento de inércia da mesa comprimida em relação ao eixo de simetria (como a curvatura é reversa, esse momento de inércia refere-se à mesa de menor momento de inércia);

I_y = momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo de simetria y (cm⁴).

Quando o momento em qualquer ponto dentro do intervalo sem contenção é maior do que nas extremidades, o valor de C_b deve ser tomado igual a 1,0 (viga apoiada).

Valores de C_b de acordo com o carregamento são mostrados na Tab. A.1.

Cálculo do momento admissível em relação a Y de acordo com o AISC/ASD

i) Para seções com mesa compacta

$$\lambda_f = b_f/t_f \leq \lambda_{pf} = 0,38\sqrt{E/f_y} = 54/\sqrt{f_y}$$

$$M_R = M_P = 0,6f_y \cdot Z_y \leq 1,6f_y \cdot W_y$$

Para uma relação média de $Z_y/W_y = 1,50$, tem-se $F_{bY} = 0,90f_y$.

ii) Para seções com mesas não compactas

a) Perfis laminados e soldados simétricos

$$\lambda_f = b_f/t_f \leq \lambda_{rf} = 1,0\sqrt{E/f_y} = 140/\sqrt{f_y} \text{ (perfis laminados)}$$

$$\lambda_f = b_f/t_f \leq \lambda_{rf} = 0,95\sqrt{k_c \cdot E/F_L} = 0,95\sqrt{k_c \cdot E/0,7f_y} =$$

$$160\sqrt{k_c/f_y} \text{ (perfis soldados)}$$

$$M_R = [M_P - (M_P - 0,7f_y \cdot W_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)] =$$

$$f_y \cdot Z_y [0,6 - (0,6 - 0,7W_y/Z_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)]$$

b) Perfis com um eixo de simetria (U menor eixo, perfis soldados assimétricos)

$$\lambda_f = b_f/t_f \leq \lambda_{rf} = 0,95\sqrt{k_c \cdot E/F_L} =$$

$$0,95\sqrt{k_c \cdot E/0,7f_y} = 160\sqrt{k_c/f_y}$$

Se $W_{xt}/W_{xc} \geq 0,7 \rightarrow F_L = 0,7f_y$.

Se $W_{xt}/W_{xc} < 0,7 \rightarrow F_L = f_y \frac{W_{xt}}{W_{xc}} \geq 0,5f_y$.

$$M_R = [M_P - (M_P - 0,7f_y \cdot W_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)] =$$

$$f_y \cdot Z_y [0,6 - (0,6 - 0,7W_y/Z_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)]$$

iii) Para seções com mesas esbeltas

$$M_R = 0,6F_{cr} \cdot W_y$$

$$\lambda = b_f / 2t_f$$

$$F_{cr} = \frac{0,69E}{(\lambda)^2} = \frac{0,6 \times 13.800}{(\lambda)^2} = \frac{8.280}{(\lambda)^2}$$

A.5 Elementos ao cisalhamento

O cálculo da força admissível de cisalhamento em um perfil é dado por:

$$f_v = \frac{V \cdot \mu}{b \cdot I}$$

$$V_R = 0,4f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

em que:

V = força cortante na seção considerada;

μ = momento estático da seção acima da reta paralela ao eixo neutro, que contém o ponto para o qual se deseja f_v , tomado em relação ao eixo neutro;

b = largura da seção no ponto considerado;

I = momento de inércia da seção em relação ao eixo neutro.

Para perfis I ou H, essa expressão conduz a valores muito pequenos nas mesas e muito altos na alma. As especificações permitem, entretanto, que se considere uma tensão de cisalhamento média, dada pela expressão:

$$V_R = 0,4f_y \cdot A_w \quad \begin{array}{l} \text{para perfis laminados} \rightarrow V_R = 0,4f_y \cdot d \cdot t_w \\ \text{para perfis soldados} \rightarrow V_R = 0,4f_y \cdot h \cdot t_w \end{array}$$

A tensão média assim calculada é menor do que a máxima calculada pela expressão anterior em aproximadamente 15%. No entanto, quando estabelecidas as tensões admissíveis, as normas levam em consideração essa diferença.

Força admissível de cisalhamento V_R :

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 317/\sqrt{f_y} \rightarrow C_v = 1,0$$

Alma de vigas laminadas $V_R = 0,4f_y \cdot A_w$

$$\frac{h}{t_w} \leq 156\sqrt{\frac{k_v}{f_y}} \quad C_v = 1,0 \Rightarrow V_R = 0,4f_y \cdot A_w$$

$$156\sqrt{\frac{k_v}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 194\sqrt{\frac{k_v}{f_y}} \Rightarrow V_R = 0,40f_y \cdot C_v \cdot A_w \rightarrow$$

$$C_v = \frac{156\sqrt{k_v/f_y}}{h/t_w}$$

$$\frac{h}{t_w} > 194\sqrt{\frac{k_v}{f_y}} \Rightarrow V_R = 0,40f_y \cdot C_v \cdot A_w \rightarrow$$

$$C_v = \frac{1,51E \cdot k_v}{(h/t_w)^2/4} = \frac{30.200k_v}{(h/t_w)^2 \cdot f_y}$$

Para alma sem enrijecedores com $h/t_w < 260 \rightarrow k_v = 5,0$.

Para alma enrijecida, $k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \rightarrow k_v = 5,0$ quando $a/h \geq 3,0$ ou $a/h \geq \left(\frac{260}{h/t_w} \right)^2$, sendo a a distância entre enrijecedores transversais.

A.6 Deformação máxima

As flechas máximas das vigas devem ser limitadas para evitar danos nos elementos que as vigas suportam, aspecto estético desagradável, vibrações excessivas etc.

O AISC limita a flecha máxima causada pela carga acidental em:

$$\Delta_{\text{máx-ca}} = \frac{\text{vão da viga}}{350}$$

Caso não se dê contraflecha para as cargas permanentes, o mesmo limite deve ser aplicado para as cargas totais (CP + CA).

Algumas fórmulas para o cálculo da deformação máxima em vigas simplesmente apoiadas são dadas na Fig. A.7.

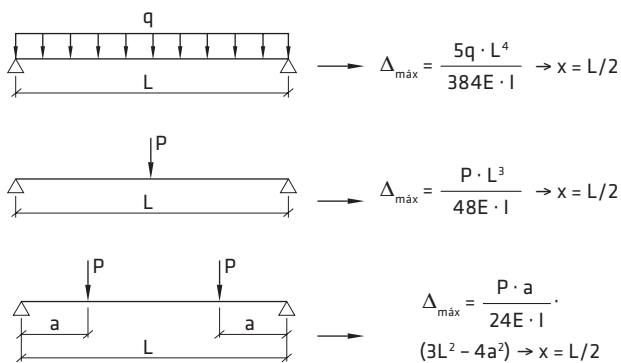
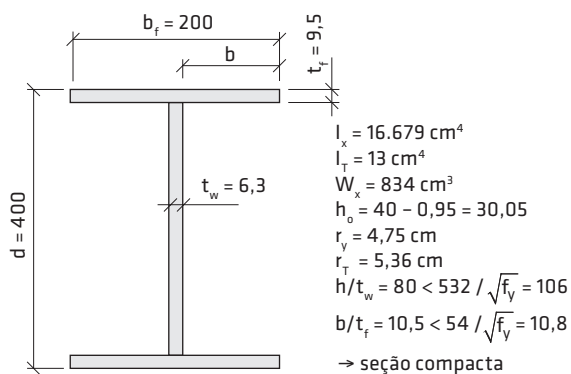


Fig. A.7 Cálculo da deformação máxima em vigas simplesmente apoiadas

Exemplo A.8

Determinar a resistência à flexão, em termos de carga uniforme em kN/m, para uma viga biapoiada com 9 m de vão, de aço A36 ($f_y = 25 \text{ kN/cm}^2$) e cuja seção é um perfil soldado VS 400 x 49, nas seguintes condições:

- contenção lateral contínua pela laje;
- contenção lateral apenas nos terços;
- sem contenção lateral.



A.8.1 Contenção lateral contínua pela laje

$$L_b = 0 \text{ (viga contida)}$$

$$C_b = 1,0 \text{ (viga biapoiada)}$$

$$M_R = 0,66f_y \cdot W_x = 0,66 \times 25 \times 834 = 13.761 \text{ kNcm}$$

$$M_R = q \cdot L^2/8 \therefore q = \frac{8 \times 13.761}{900^2} = 0,136 \text{ kN/cm}$$

$$\rightarrow q_{\max} = 13,6 \text{ kN/m}$$

A.8.2 Contenção lateral apenas nos terços

$$L_b = 300 \text{ cm} < L_p = 249r_y/\sqrt{f_y} = 249 \times 4,75/\sqrt{25} = 236 \text{ Não}$$

$$L_r = 78.792 \frac{r_T}{f_y} \sqrt{\frac{I_T}{W_x \cdot h_o}} = 78.792 \times \frac{5,36}{25} \sqrt{\frac{13}{834 \times 39,05}} = 338 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r, \text{ semicompacta}$$

$$M_R = 0,66f_y \cdot W_x [1,0 - 0,36 \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] =$$

$$0,66 \times 25 \times 834 [1,0 - 0,36 \left(\frac{300 - 236}{338 - 236} \right)] = 10.508 \text{ kN/cm}$$

$$q_{\max} = \frac{8 \times 10.508}{900^2} = 0,104 \text{ kN/cm} \rightarrow q_{\max} = 10,4 \text{ kN/m}$$

A.8.3 Sem contenção lateral

$$L_b = 900 \text{ cm, então } L_b > L_r \Rightarrow F_{bx} = 0,60F_{cr}$$

$$L_b/r_T = 900/5,36 = 168$$

$$F_{cr} = \frac{Cb \cdot \pi^2 \cdot E}{(L_b/r_T)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{I_T}{W_x \cdot h_o} (L_b/r_T)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 20.000}{168^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{13}{834 \times 39,05} 168^2}$$

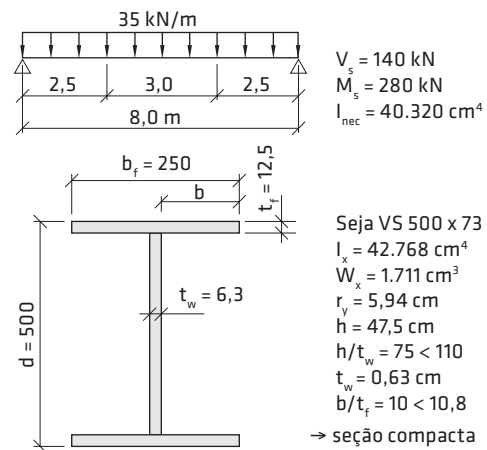
$$F_{cr} = 6,99 \sqrt{1,878} = 9,58 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_n = 0,60 \times 9,58 \times 834 = 4.795 \text{ kNcm}$$

$$q_{\max} = \frac{8 \times 4.794}{900^2} = 0,047 \text{ kN/cm} \rightarrow q_{\max} = 4,7 \text{ kN/m}$$

Exemplo A.9

Dimensionar a viga da figura para o carregamento indicado e para as posições de contenção lateral situadas a 2,5 m de cada apoio. Usar aço A36 e perfil soldado da série VS, sem contraflecha.



A.9.1 Resistência à flexão

$$L_b = 300 \text{ cm} \cong L_p = 249 \times 5,94/\sqrt{25} = 296 \text{ cm OK}$$

Como a viga está com apoio lateral completo e é compacta:

$$M_R = 0,66f_y \cdot W_x = 0,66 \times 25 \times 1.711 = 282.315 \text{ kNcm} > 28.000 \text{ kNcm OK}$$

A.9.2 Resistência ao cisalhamento

Para $a/h > 3,0$, $k_v = 5,0$:

$$h/t_w = 75 > 157 \sqrt{\frac{k_v}{f_y}} = 157 \sqrt{\frac{5}{25}} = 70,$$

$$\text{porém menor que } 196 \sqrt{\frac{5}{25}} = 88$$

$$V_R = 0,40 f_y \cdot C_v \cdot A_w \rightarrow C_v = \frac{157 \sqrt{k_v / f_y}}{h / t_w} = \frac{157 \sqrt{5 / 25}}{75} = 0,94$$

$$V_R = 0,40 \times 25 \times 0,94 \times 47,5 \times 0,63 = 261 \text{ kN/cm}^2 > 140 \text{ OK}$$

A.9.3 Deformação máxima

Sem contraflecha \rightarrow carga total

$$\Delta_{\text{máx-tot}} = \frac{\text{Vão da viga}}{350} = \frac{800}{350} = 2,29 \text{ cm} >$$

$$\Delta_{\text{máx}} = \frac{5q \cdot L^4}{384E \cdot I} = \frac{5 \times 0,35 \times 800^4}{384 \times 20.000 \times 42.768} = 2,18 \text{ OK}$$

A.7 Elementos fletidos/comprimidos

O elemento sujeito a compressão axial e flexão é chamado de viga-coluna. De modo geral, tudo o que foi tratado isoladamente para o dimensionamento de colunas e vigas se aplica aqui.

A.7.1 Momento de segunda ordem – compressão com flexão

O elemento sujeito à flexão deflete se esse mesmo elemento é agora submetido a compressão axial, e surgem então momentos secundários, produto da carga axial pelo deslocamento e chamados de momento de segunda ordem ou efeito $P\Delta$.

O AISC estabelece que os elementos sujeitos à ação combinada de compressão e flexão devem satisfazer a:

- se $\frac{N_s}{N_R} \leq 0,20$ (baixo nível de compressão) \rightarrow

$$\frac{N_s}{2N_R} + \frac{M_{Sx}}{M_{Rx}} + \frac{M_{Sy}}{M_{Ry}} \leq 1,0;$$

- se $\frac{N_s}{N_R} > 0,20$ (alto nível de compressão) \rightarrow

$$\frac{N_s}{N_R} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{Sx}}{M_{Rx}} + \frac{M_{Sy}}{M_{Ry}} \right) \leq 1,0.$$

A.7.2 Estruturas em pórtico e comprimento de flambagem

As estruturas em pórtico são formadas por vigas e colunas rigidamente ligadas entre si. Nas fórmulas anteriores, F_a e $F'e$ são determinadas em função do comprimento de flambagem KL , onde K está relacionado com o tipo de engastamento nas extremidades da barra, que por outro lado depende da rigidez do conjunto da estrutura.

Para a determinação de K em estruturas de pórtico deslocáveis, será usado então o diagrama de alinhamento da Fig. A.8.

No ábaco, A e B se referem aos nós das duas extremidades da coluna em consideração, e G é definido como:

$$G = \frac{\sum I_c \mathcal{L}_c}{\sum I_v \mathcal{L}_v}$$

em que:

Σ = somatório de todos os elementos rigidamente ligados ao nó e que pertencem ao plano de flambagem da coluna em consideração;

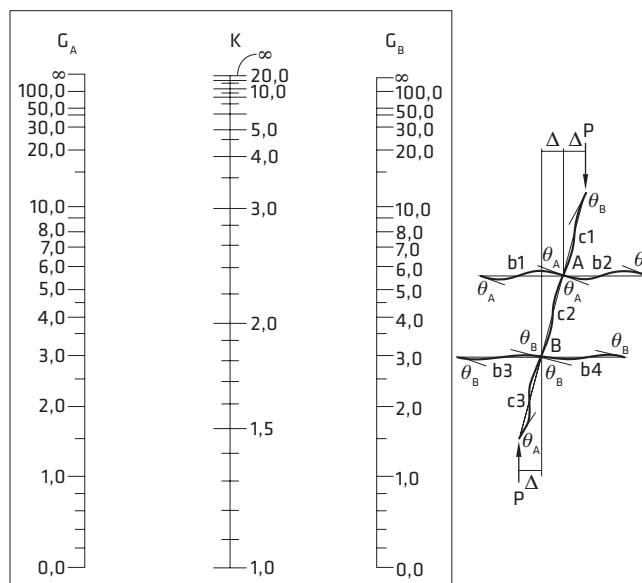


Fig. A.8 Ábaco para determinação do fator K de flambagem

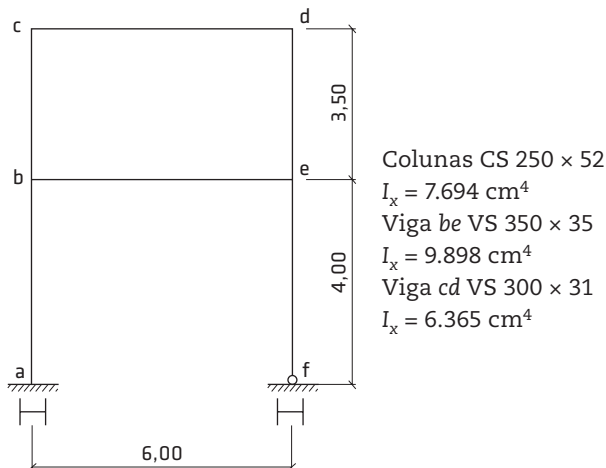
I = momento de inércia;

L = comprimento livre das vigas e colunas que chegam ao nó.

Para extremidades de colunas não rigidamente ligadas à base (rotuladas), G é teoricamente infinito, mas deve ser considerado igual a 10 para dimensionamento prático. Se a extremidade da coluna é rigidamente ligada à base (engastada), G pode ser considerado igual a 1,0 e, somente se justificado por análise reconhecida, assumir valores menores.

Exemplo A.10

Determinar o comprimento de flambagem KL das colunas do pórtico a seguir. Distâncias em m.



Cálculo dos fatores de rigidez (I/L) para vigas e colunas:

$$\text{Viga be} \rightarrow \frac{I_{\text{viga}}}{L_{\text{viga}}} = \frac{9.898}{600} = 16,50$$

$$\text{Viga cd} \rightarrow \frac{I_{\text{viga}}}{L_{\text{viga}}} = \frac{6.365}{600} = 10,60$$

$$\text{Trechos (bc \& ed)} \rightarrow \frac{I_{\text{col}}}{L_{\text{col}}} = \frac{7.694}{350} = 21,98$$

$$\text{Trechos (ab \& fe)} \rightarrow \frac{I_{\text{col}}}{L_{\text{col}}} = \frac{7.694}{400} = 19,23$$

Os valores de G_A e G_B serão determinados para cada trecho de coluna pela relação $(I_c/L_c)/(I_v/L_v)$ e o respectivo valor de K será obtido do ábaco, unindo-se esses pontos por uma reta.

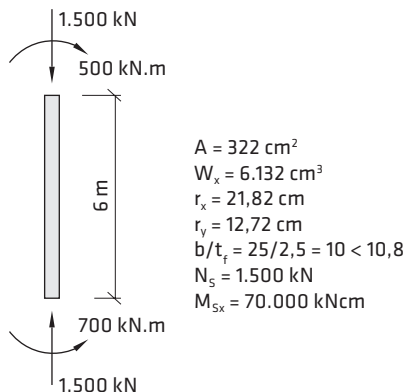
Trecho	G_A	G_B	K
ab	1,00 (engaste)	$\frac{21,98 + 19,23}{16,50} = 2,50$	1,51
bc	2,50	$\frac{21,98}{10,60} = 2,07$	1,67
ed	2,50	2,07	1,67
fe	10,00 (rótula)	2,07	2,21

O comprimento efetivo da flambagem KL para as colunas por trecho será:

- ab: $1,51 \times 400 = 604$ cm;
- bc: $1,67 \times 350 = 584$ cm;
- ed: $1,67 \times 350 = 584$ cm;
- fe: $2,21 \times 400 = 884$ cm.

Exemplo A.11

Verificar o perfil soldado CS 500×253 sujeito às cargas indicadas na figura. Supor que $K_x = 1,67$ e $K_y = 1,0$ e que a flexão ocorreu no plano do eixo menor. Considerar aço com $f_y = 30$ kN/cm².



A.11.1 Força resistente de compressão

$$k_x \cdot L/r_x = 1,67 \times 600/21,82 = 46$$

$$k_y \cdot L/r_y = 1,0 \times 600/12,72 = 47 \rightarrow \text{comanda}$$

$$F_a = 15,64 \text{ kN/cm}^2 \text{ (Tab. A.3)}$$

$$N_R = 15,64 \times 322 = 5.036 \text{ kN}$$

A.11.2 Momento resistente

$$M_R = 0,66 \times 30 \times 6.132 = 121.414 \text{ kNcm}$$

A.11.3 Verificação da solitação combinada

$$L_b = 600 \text{ cm}$$

$$b/t_f = 50/2,5 = 10 < 10,8 \rightarrow \text{seção compacta}$$

$$L_p = 249r_y/\sqrt{f_y} = 249 \times 12,72/\sqrt{25} = 633$$

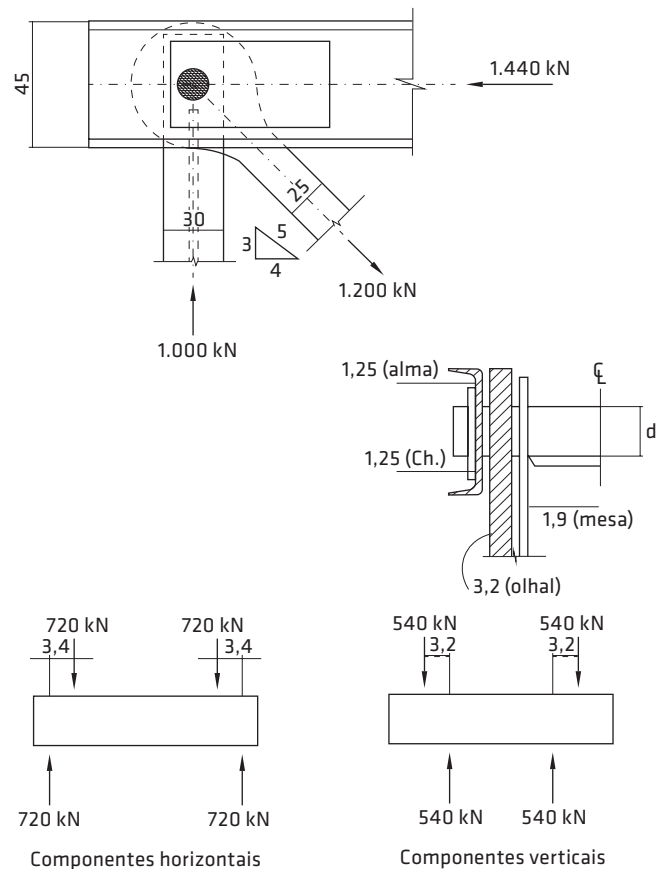
$$L_b < L_p$$

$$\frac{1.500}{5.036} = 0,30 > 0,2; \text{ será necessário verificar pela fórmula a seguir}$$

$$\frac{N_S}{N_R} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{SX}}{M_{RX}} \right) \leq 1,0 \rightarrow 0,30 + \frac{8}{9} \left(\frac{70.000}{121.414} \right) = 0,81 < 1,0 \text{ OK}$$

Exemplo A.12

Dimensionar o pino da ligação indicada na figura a seguir, bem como verificar as chapas da região. O aço usado é o ASTM A572 ($f_y = 34,5$ kN/cm²). Medidas em cm.



A.12.1 Tensões admissíveis

$$\text{Cisalhamento } V_R = 0,4f_y = 0,4 \times 34,5 = 13,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Flexão do pino } M_{RP} = 0,75f_y = 0,75 \times 34,5 = 25,9 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Contato } \sigma_R = 0,9f_y = 0,9 \times 34,5 = 31,0 \text{ kN/cm}^2$$

A.12.2 Cálculo dos momentos solicitantes

$$M_{sh} = 720 \times 3,4 = 2.448 \text{ kNcm}$$

$$M_{sv} = 540 \times 3,2 = 1.728 \text{ kNcm}$$

$$M_s = \sqrt{2.448^2 + 1.728^2} = 2.996 \text{ kNcm}$$

A.12.3 Cálculo do diâmetro necessário do pino

Pelo momento:

$$d_p = \sqrt[3]{32M/\Pi \cdot M_{RP}} = \sqrt[3]{32 \times 2.996/3,1416 \times 25,9} = 10,56 \text{ cm}$$

Pelo cisalhamento:

$$V_S = 1.800/2 = 900 \text{ kN}$$

$$d_p = \sqrt{4V/\Pi \cdot V_R} = \sqrt{4 \times 900 / 3,1416 \times 13,8} = 9,11 \text{ cm}$$

Pelo contato:

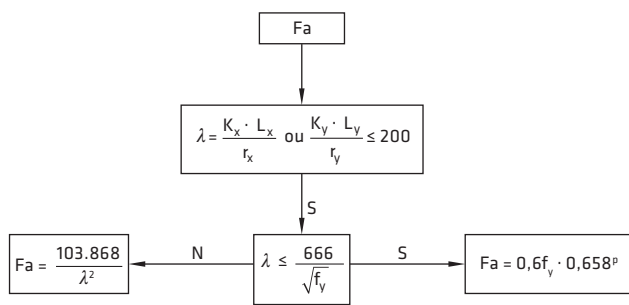
$$d_p = \frac{P_S}{t \cdot \sigma_R} = \frac{540}{1,9 \times 31,0} = 9,16 \text{ cm (mesa do perfil)}$$

$$= \frac{720}{2,5 \times 31,0} = 9,30 \text{ cm (na corda)}$$

$$= \frac{900}{3,2 \times 31,0} = 9,07 \text{ cm (no olhal)}$$

Portanto, usar um pino com diâmetro de 11,0 cm.

A.8 Fluxogramas



$L, r_x, r_y = \text{cm}$

$f_y = \text{kN/cm}^2$

$K_x, K_y = \text{fatores}$

$$F_a = 0,6 \times 0,877 F_e = 0,6 \times 0,877 \times 197.392/\lambda^2 = 103.868/\lambda^2$$

Ver Tabs. A.2, A.3 e A.4 para o cálculo de F_a

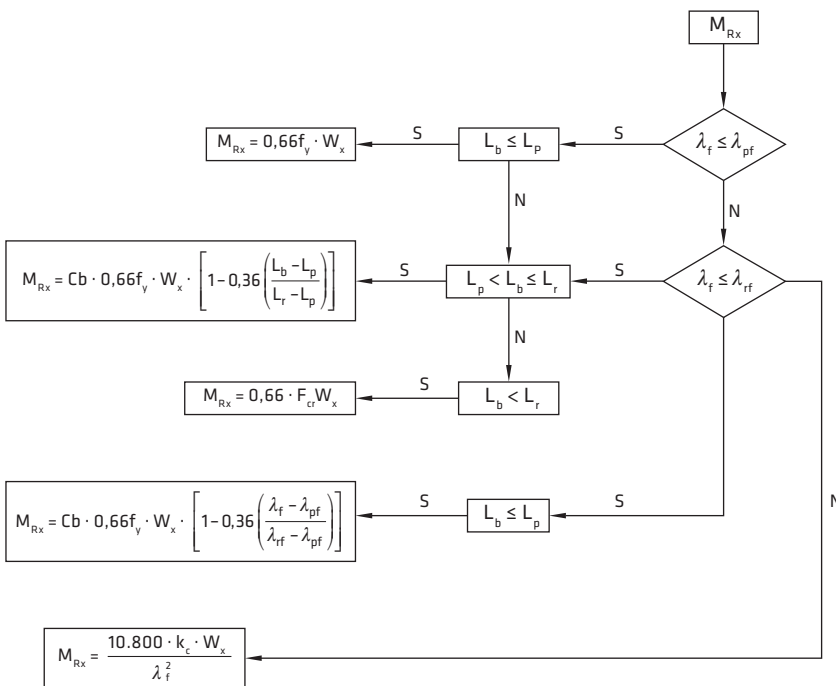
$$p = f_y/F_e = f_y \cdot \lambda^2/E \cdot \Pi^2 =$$

$$p = f_y \cdot \lambda^2/197.393$$

$$F_e = \frac{\Pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

$$C_c = 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \frac{666}{\sqrt{f_y}}$$

Fig. A.9 Tensão admissível à compressão F_a (fluxograma 1)



Tensões em kN/cm^2

$b_f, t_f, r_t, r_y, h_o, L_b, L_p, L_r = \text{cm}$ $W_x = \text{cm}^3$

$I_t = \text{cm}^4$

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f}, \text{ para perfis I ou } H \quad H\lambda_f = \frac{b_f}{t_f}, \text{ para perfis U}$$

$$\lambda_{pf} = \frac{54}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_{rf} = \frac{141}{\sqrt{f_y}}, \text{ perfil laminado}$$

$$\lambda_{rf} = 160 \sqrt{\frac{k_c}{f_y}}, \text{ perfil soldado simétrico}$$

$$L_p = \frac{249r_y}{\sqrt{f_y}} \quad L_r = 78.792 \cdot \frac{r_t}{f_y} \cdot \sqrt{\frac{I_t}{W_x \cdot h_o}} \text{ (simplificado)}$$

$h_o = d - t_f$

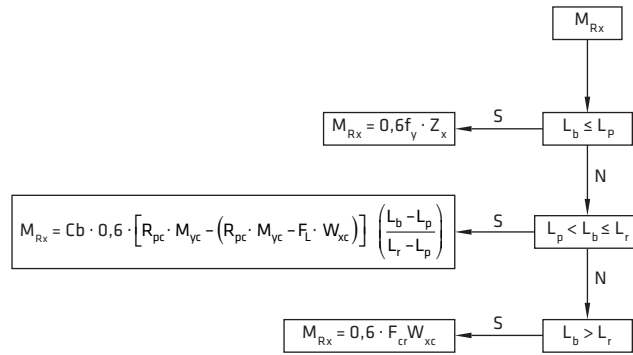
$C_b = \text{fator (Tab. A.1)}$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{I_t}{W_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$$

$$0,35 < k_c < 0,76$$

Fig. A.10 Momento admissível à flexão em relação ao maior eixo para perfis tipo I, H e U com dois eixos de simetria (fluxograma 2A)



Tensões em kN/cm²

$b_f, t_f, r_t, r_y, h_o, L_b, L_p, L_r, L_f = \text{cm}$

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f}, \text{ para perfis I ou H}$$

$$\lambda_{rf} = \frac{141}{\sqrt{f_y}}, \text{ perfil laminado}$$

$$L_p = \frac{155r_t}{\sqrt{f_y}}$$

Se $W_{xt}/W_{xc} \geq 0,7, F_L = 0,7f_y$

Se $W_{xt}/W_{xc} < 0,7, F_L = 0,5f_y$

$R_{pc} = \text{ver subseção "Seções I e H com apenas um eixo de simetria...", presente na seção A.4.2}$

$C_b = \text{fator (Tab. A.1)}$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{I_t}{W_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

Fórmulas detalhadas p. 341

$W_x = \text{cm}^3$

$$\lambda_f = \frac{b_f}{t_f}, \text{ para perfis U}$$

$$\lambda_{rf} = 160 \sqrt{\frac{k_c}{f_y}}, \text{ perfil soldado simétrico}$$

$$L_r = 78.792 \frac{r_t}{f_y} \sqrt{\frac{I_t}{W_x \cdot h_o}} \text{ (simplificado)}$$

$I_T = \text{cm}^4$

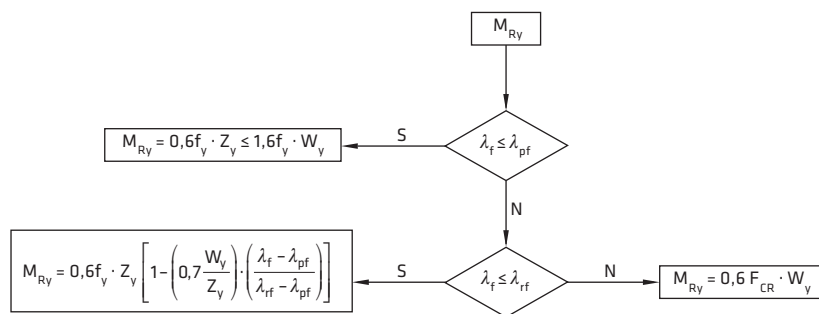
$$\lambda_{pf} = \frac{54}{\sqrt{f_y}}$$

$h_o = d - t_f$

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$$

$0,35 < k_c < 0,76$

Fig. A.11 Momento admissível à flexão em relação ao maior eixo para perfis tipo I e H com um eixo de simetria (fluxograma 2B)



$$\lambda_f = \frac{b_f}{t_f}$$

$$\lambda_{pf} = \frac{54}{\sqrt{f_y}}$$

$$F_{cr} = \frac{0,69E}{\lambda_f^2} = \frac{13.800}{\lambda_f^2}$$

$$\lambda_{rf} = \frac{141}{\sqrt{f_y}}, \text{ para perfis laminados}$$

$$\lambda_{rf} = 160 \sqrt{\frac{k_c}{f_y}}, \text{ para perfis soldados}$$

Fig. A.12 Momento admissível à flexão em relação ao menor eixo para perfis simétricos tipo I, H e U (fluxograma 3)

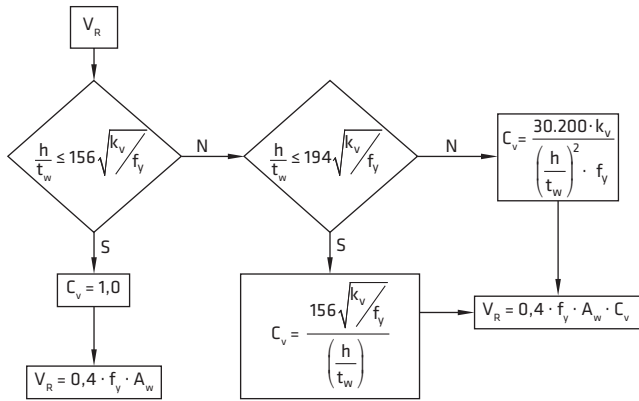


Fig. A.13 Força admissível de cisalhamento (fluxograma 4)

$a, h, t_w = \text{cm}$ $f_y = \text{kN/cm}^2$ $a = \text{distância entre enrijecedores}$

Alma enrijecida: $k_v = 5 + \left(\frac{a}{h}\right)^2$ quando $\frac{a}{h} \geq 3,0$ ou $\frac{a}{h} \geq \left(\frac{260}{\frac{h}{t_w}}\right)^2$
 $k_v = 5,0$

Alma sem enrijecedores: $\frac{h}{t_w} \leq 260 \rightarrow k_v = 5,0$

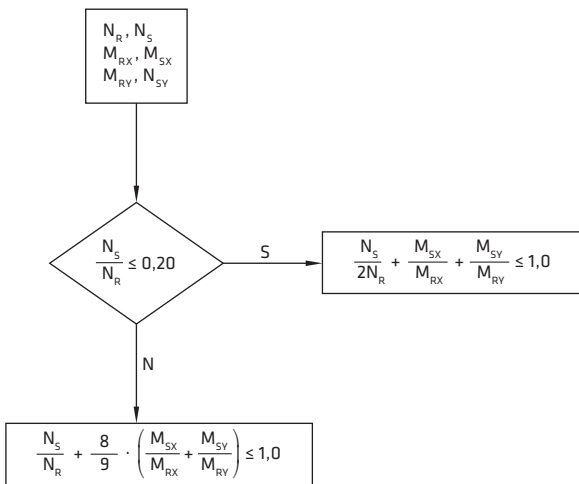


Fig. A.14 Combinação de forças – compressão com flexão (fluxograma 5)

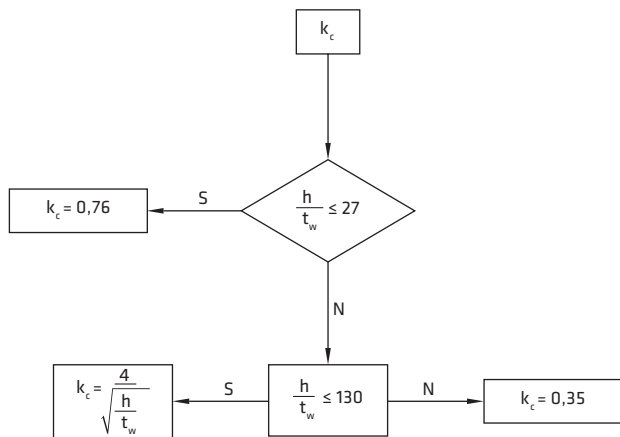


Fig. A.15 Cálculo de k_c (fluxograma 6)

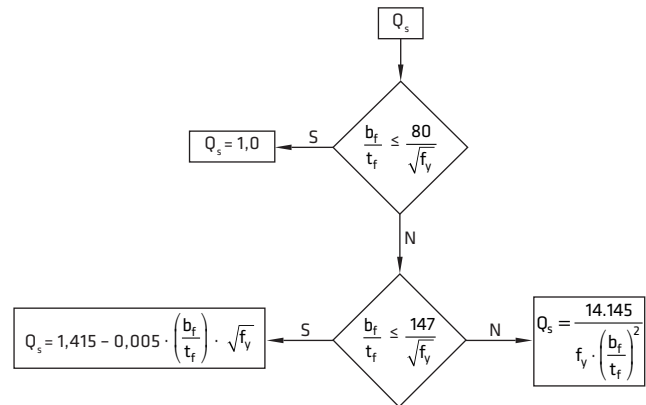


Fig. A.16 Cálculo de Q_s para mesas de perfis laminados tipo I e H (fluxograma 7A)

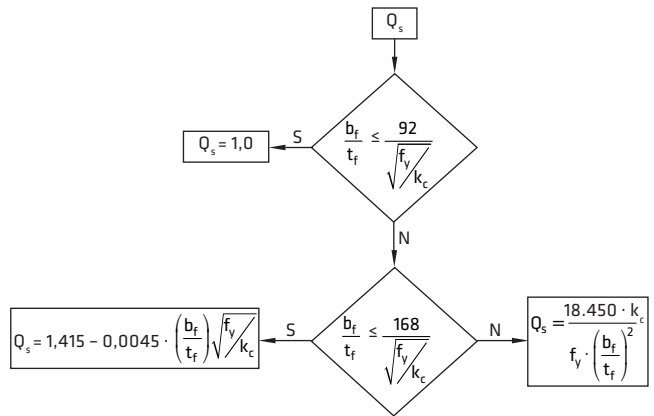
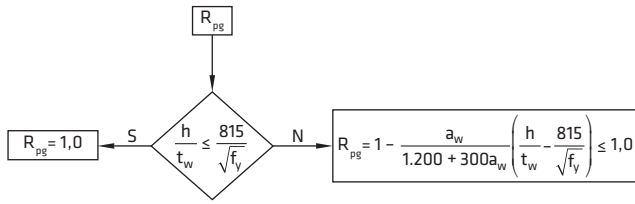


Fig. A.17 Cálculo de Q_s para mesas de perfis soldados tipo I, H, T e U (fluxograma 7B)



$$a_w = \frac{h_c \cdot t_w}{b_{fc} \cdot t_{fc}} \leq 10$$

$h_c, t_w, b_{fc}, t_{fc} = \text{cm}$

$f_y = \text{kN/cm}^2$

$h_c =$ duas vezes a distância do centroide à face inferior da mesa comprimida menos o filete de solda para perfis soldados ou o raio de curvatura para perfis laminados

$b_{fc} =$ largura da mesa comprimida

$t_{fc} =$ espessura da mesa comprimida

Fig. A.18 Cálculo de R_{pg} (fluxograma 8)

A.9 Tabelas

Tab. A.1 Valores de C_b para vigas biapoiadas

Travamento lateral	Tabela	Exemplo
1 – Não		$C_b = \frac{12,5M_{\text{máx}}}{2,5M_{\text{máx}} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$ <p>Exemplo do caso 9</p> <p>Trecho central:</p> $C_b = \frac{12,5(1,0)}{2,5(1,0) + 3(0,972) + 4(1,0) + 3(0,972)}$ <p>$C_b = 1,01$</p> <p>Trechos extremos:</p> $C_b = \frac{12,5(0,889)}{2,5(0,889) + 3(0,306) + 4(0,556) + 3(0,750)}$ <p>$C_b = 1,45$</p>
2 – Ponto de carga		
3 – Não		
4 – Pontos de carga		
5 – Não		
6 – Pontos de carga		
7 – Não		
8 – No meio		
9 – Nos terços		
10 – Nos quartos		
11 – Nos quintos		

Tab. A.2 Tensão admissível à compressão F_a para barras de aço com limite de escoamento nominal $f_y = 25 \text{ kN/cm}^2$

KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a
1	15,00	41	13,72	81	10,59	121	6,90	161	4,01
2	15,00	42	13,66	82	10,50	122	6,81	162	3,96
3	15,00	43	13,60	83	10,41	123	6,73	163	3,91
4	15,00	44	13,54	84	10,32	124	6,64	164	3,86
5	14,98	45	13,47	85	10,33	125	6,55	165	3,81
6	14,97	46	13,41	86	10,13	126	6,46	166	3,77
7	14,96	47	13,34	87	10,04	127	6,38	167	3,72
8	14,95	48	13,27	88	9,95	128	6,29	168	3,68
9	14,94	49	13,21	89	9,86	129	6,21	169	3,64
10	14,92	50	13,14	90	9,76	130	6,12	170	3,59
11	14,90	51	13,07	91	9,67	131	6,04	171	3,55
12	14,88	52	12,99	92	9,58	132	5,94	172	3,51
13	14,87	53	12,92	93	9,48	133	5,87	173	3,47
14	14,84	54	12,85	94	9,39	134	5,79	174	3,43
15	14,82	55	12,78	95	9,30	135	5,70	175	3,39
16	14,80	56	12,70	96	9,20	136	5,61	176	3,35
17	14,77	57	12,63	97	9,11	137	5,53	177	3,31
18	14,74	58	12,55	98	9,01	138	5,45	178	3,28
19	14,72	59	12,47	99	8,92	139	5,37	179	3,24
20	14,68	60	12,39	100	8,83	140	5,30	180	3,20
21	14,65	61	12,31	101	8,73	141	5,22	181	3,17
22	14,62	62	12,23	102	8,64	142	5,15	182	3,13
23	14,58	63	12,15	103	8,55	143	5,08	183	3,10
24	14,55	64	12,07	104	8,45	144	5,01	184	3,07
25	14,51	65	11,99	105	8,36	145	4,94	185	3,04
26	14,47	66	11,91	106	8,27	146	4,87	186	3,00
27	14,43	67	11,82	107	8,17	147	4,81	187	2,97
28	14,39	68	11,74	108	8,08	148	4,74	188	2,94
29	14,35	69	11,65	109	7,99	149	4,68	189	2,91
30	14,30	70	11,57	110	7,90	150	4,62	190	2,88
31	14,25	71	11,48	111	7,81	151	4,55	191	2,85
32	14,21	72	11,40	112	7,71	152	4,49	192	2,82
33	14,16	73	11,31	113	7,62	153	4,44	193	2,79
34	14,11	74	11,22	114	7,53	154	4,38	194	2,76
35	14,06	75	11,13	115	7,44	155	4,32	195	2,73
36	14,00	76	11,04	116	7,35	156	4,27	196	2,70
37	13,95	77	10,95	117	7,26	157	4,21	197	2,68
38	13,89	78	10,86	118	7,17	158	4,16	198	2,65
39	13,84	79	10,77	119	7,08	159	4,11	199	2,62
40	13,78	80	10,68	120	6,99	160	4,06	200	2,60

Tab. A.3 Tensão admissível à compressão F_a para barras de aço com limite de escoamento nominal $f_y = 30 \text{ kN/cm}^2$

KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a
1	18,00	41	16,17	81	11,86	121	7,09	161	4,01
2	18,00	42	16,10	82	11,73	122	6,98	162	3,96
3	18,00	43	16,00	83	11,61	123	6,87	163	3,91
4	18,00	44	15,91	84	11,49	124	6,75	164	3,86
5	17,97	45	15,82	85	11,37	125	6,65	165	3,81
6	17,96	46	15,73	86	11,24	126	6,54	166	3,77
7	17,94	47	15,64	87	11,12	127	6,44	167	3,72
8	17,93	48	15,55	88	11,00	128	6,34	168	3,68
9	17,91	49	15,45	89	10,87	129	6,24	169	3,64
10	17,88	50	15,35	90	10,75	130	6,15	170	3,59
11	17,86	51	15,25	91	10,63	131	6,05	171	3,55
12	17,83	52	15,15	92	10,51	132	5,96	172	3,51
13	17,81	53	15,05	93	10,38	133	5,87	173	3,47
14	17,77	54	14,95	94	10,26	134	5,78	174	3,43
15	17,74	55	14,85	95	10,13	135	5,70	175	3,39
16	17,71	56	14,74	96	10,00	136	5,61	176	3,35
17	17,67	57	14,64	97	9,89	137	5,53	177	3,31
18	17,63	58	14,53	98	9,77	138	5,45	178	3,28
19	17,59	59	14,42	99	9,65	139	5,37	179	3,24
20	17,55	60	14,31	100	9,53	140	5,30	180	3,20
21	17,50	61	14,20	101	9,41	141	5,22	181	3,17
22	17,45	62	14,09	102	9,29	142	5,15	182	3,13
23	17,40	63	14,00	103	9,17	143	5,08	183	3,10
24	17,35	64	13,87	104	9,05	144	5,01	184	3,07
25	17,30	65	13,75	105	8,93	145	4,94	185	3,04
26	17,24	66	13,64	106	8,81	146	4,87	186	3,00
27	17,18	67	13,53	107	8,69	147	4,81	187	2,97
28	17,12	68	13,41	108	8,57	148	4,74	188	2,94
29	17,06	69	13,20	109	8,45	149	4,68	189	2,91
30	17,30	70	13,18	110	8,34	150	4,62	190	2,88
31	16,93	71	13,06	111	8,22	151	4,55	191	2,85
32	16,86	72	12,94	112	8,10	152	4,49	192	2,82
33	16,79	73	12,82	113	7,98	153	4,44	193	2,79
34	16,72	74	12,70	114	7,87	154	4,38	194	2,76
35	16,65	75	12,58	115	7,76	155	4,32	195	2,73
36	16,57	76	12,46	116	7,65	156	4,27	196	2,70
37	16,50	77	12,34	117	7,53	157	4,21	197	2,68
38	16,42	78	12,22	118	7,42	158	4,16	198	2,65
39	16,34	79	12,10	119	7,31	159	4,11	199	2,62
40	16,23	80	12,00	120	7,20	160	4,06	200	2,60

Tab. A.4 Tensão admissível à compressão F_a para barras de aço com limite de escoamento nominal $f_y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$

KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a	KL/r	F_a
1	20,70	41	18,30	81	12,81	121	7,09	161	4,01
2	20,70	42	18,19	82	12,66	122	6,98	162	3,96
3	20,70	43	18,08	83	12,54	123	6,87	163	3,91
4	20,70	44	17,97	84	12,35	124	6,75	164	3,86
5	20,66	45	17,85	85	12,20	125	6,65	165	3,81
6	20,65	46	17,73	86	12,05	126	6,54	166	3,77
7	20,63	47	17,61	87	11,90	127	6,44	167	3,72
8	20,60	48	17,49	88	11,75	128	6,34	168	3,68
9	20,58	49	17,37	89	11,60	129	6,24	169	3,64
10	20,55	50	17,24	90	11,45	130	6,15	170	3,59
11	20,52	51	17,11	91	11,29	131	6,05	171	3,55
12	20,48	52	17,00	92	11,14	132	5,96	172	3,51
13	20,45	53	16,85	93	11,00	133	5,87	173	3,47
14	20,40	54	16,72	94	10,85	134	5,78	174	3,43
15	20,36	55	16,59	95	10,70	135	5,70	175	3,39
16	20,32	56	15,46	96	10,55	136	5,61	176	3,35
17	20,27	57	16,32	97	10,40	137	5,53	177	3,31
18	20,22	58	16,18	98	10,25	138	5,45	178	3,28
19	20,16	59	16,05	99	10,11	139	5,37	179	3,24
20	20,10	60	15,91	100	9,96	140	5,30	180	3,20
21	20,04	61	15,77	101	9,81	141	5,22	181	3,17
22	20,00	62	15,63	102	9,67	142	5,15	182	3,13
23	19,91	63	15,48	103	9,53	143	5,08	183	3,10
24	19,85	64	15,34	104	9,38	144	5,01	184	3,07
25	19,77	65	15,20	105	9,24	145	4,94	185	3,04
26	19,70	66	15,05	106	9,10	146	4,87	186	3,00
27	19,63	67	14,91	107	8,96	147	4,81	187	2,97
28	19,55	68	14,76	108	8,82	148	4,74	188	2,94
29	19,46	69	14,61	109	8,68	149	4,68	189	2,91
30	19,38	70	14,46	110	8,54	150	4,62	190	2,88
31	19,29	71	14,32	111	8,40	151	4,55	191	2,85
32	19,21	72	14,17	112	8,27	152	4,49	192	2,82
33	19,11	73	14,02	113	8,13	153	4,44	193	2,79
34	19,02	74	13,87	114	8,00	154	4,38	194	2,76
35	18,93	75	13,72	115	7,85	155	4,32	195	2,73
36	18,83	76	13,57	116	7,70	156	4,27	196	2,70
37	18,73	77	13,42	117	7,58	157	4,21	197	2,68
38	18,62	78	13,26	118	7,46	158	4,16	198	2,65
39	18,52	79	13,11	119	7,33	159	4,11	199	2,62
40	18,41	80	12,96	120	7,21	160	4,06	200	2,60

CÁLCULO DO COMPRIMENTO EFETIVO DE FLAMBAGEM DAS COLUNAS DE ESTRUTURAS SIMPLES DE ACORDO COM A BS-5959-1:2000, ANEXO D, ITEM D.1

APÊNDICE **B**

B.1 Casos típicos

O comprimento efetivo de flambagem para colunas simples de galpões será determinado por referência de acordo com os casos ilustrados nas Figs. B.1 a B.5, dentro das seguintes condições:

- As colunas que atuam no plano do diagrama atuam como membro estrutural em balanço, ligadas através das tesouras ou treliças da cobertura, mas nesse plano as colunas não estão contidas de outra maneira.
- O topo das colunas no plano perpendicular ao diagrama é efetivamente contido na posição por meio de contraventamentos entre vãos ou por outros meios. No caso das Figs. B.3 a B.5, o travamento pode também fixar as colunas no nível da viga de rolamento.
- As bases das colunas deverão estar efetivamente contidas em sua posição em ambos os planos.
- As fundações deverão ser capazes de dar o engastamento previsto.

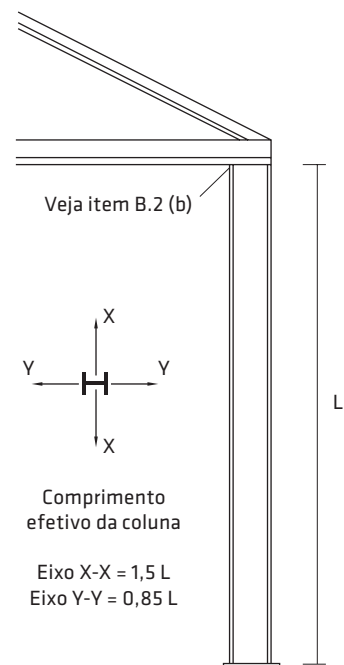


Fig. B.1 Coluna do pórtico sem travamento lateral intermediário

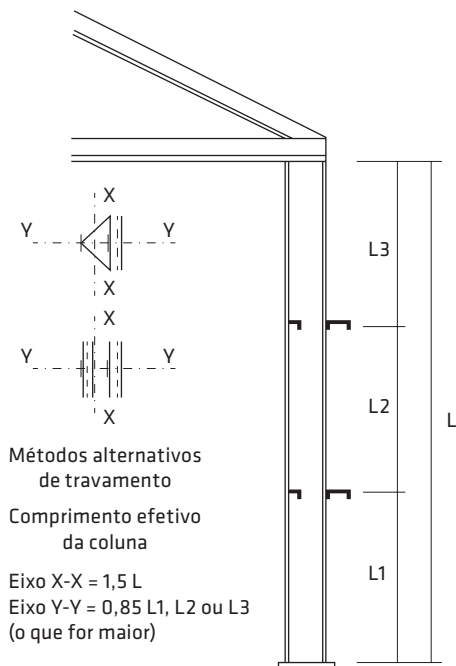


Fig. B.2 Coluna do pórtico com travamento em ambas as mesas

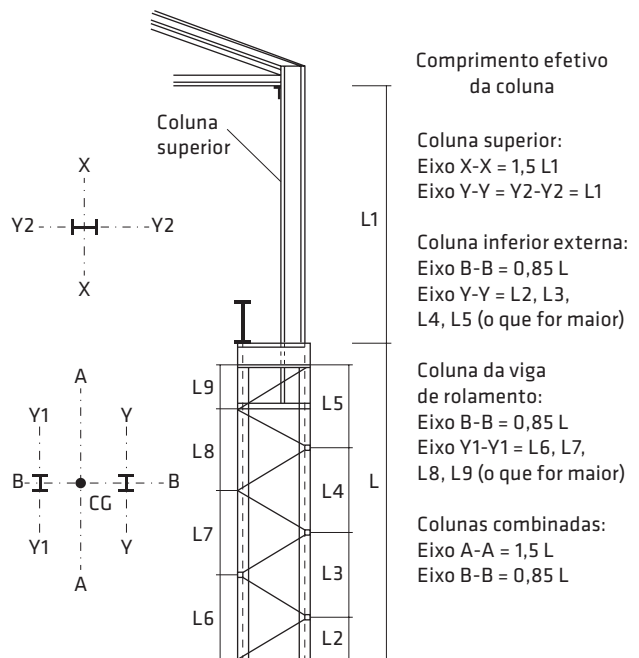


Fig. B.4 Coluna composta com apoio para viga de rolamento

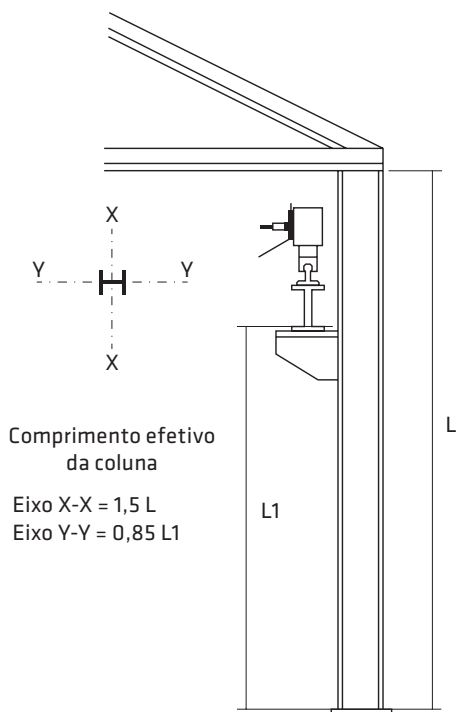


Fig. B.3 Coluna simples de pórtico com console para apoio da viga de rolamento

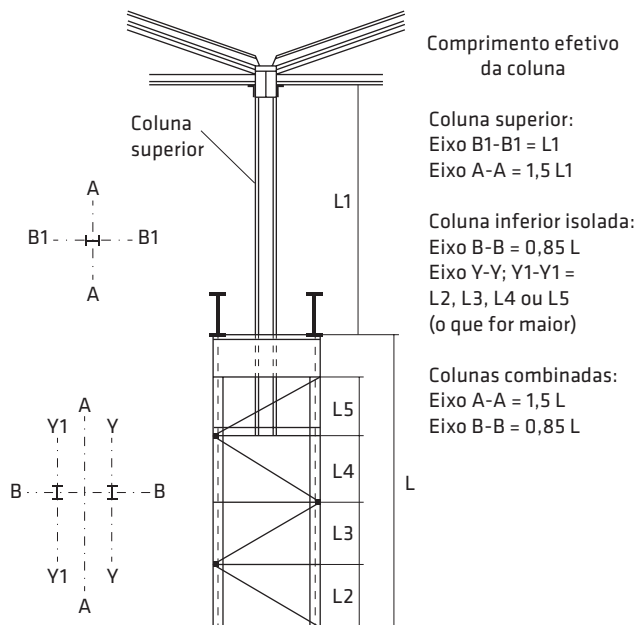
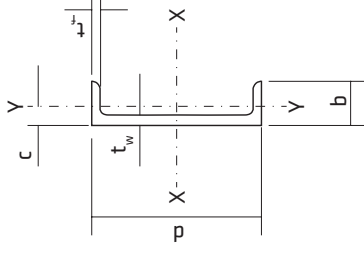


Fig. B.5 Coluna composta com apoios para vigas de rolamento

APÊNDICE

C

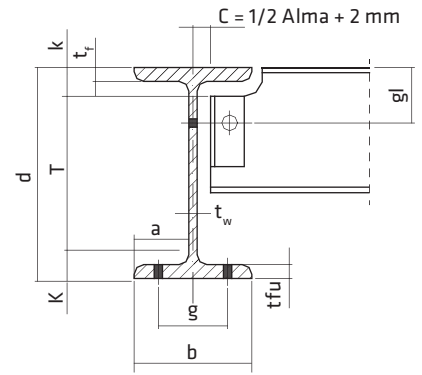


Tab. C.1 Perfil I laminado – série americana – propriedades para projeto

Perfis I laminados	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção			Esbeltezes locais		Área de pintura u	Fator de massividade u/A				
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w	λ	Alma			Mesas			
Abas inclinadas	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	1/(kN/cm ²) ²	kN/cm ²	X ₁	X ₂ × 10 ⁶	m ² /m	m ⁻¹
I 76 × 8,45	8,3	10,5	76	4,32	63	6,60	59,2	103	27	3,13	31	23	8	1,47	12	1,62	1	275	15	4,5	341	3.834	0,38	361		
I 76 × 11,2	11,0	14,0	76	8,86	63	6,60	63,7	120	32	2,93	38	29	9	1,44	15	1,68	3	342	7	4,8	99	5.572	0,39	278		
I 102 × 11,4	11,2	14,2	102	4,83	87	7,40	67,6	251	49	4,20	57	38	11	1,64	17	1,83	2	852	18	4,6	762	3.162	0,46	327		
I 102 × 12,7	12,4	15,8	102	6,43	87	7,40	69,2	265	52	4,09	61	41	12	1,61	19	1,84	3	914	14	4,7	551	3.522	0,47	295		
I 127 × 14,8	14,5	18,5	127	5,33	110	8,30	76,2	506	80	5,23	91	61	16	1,82	25	2,05	4	2.156	21	4,6	2.826	1.220	0,55	296		
I 127 × 18,2	18,0	23,0	127	8,81	110	8,30	79,7	566	89	4,96	105	71	18	1,75	29	2,07	6	2.467	13	4,8	3.603	563	0,56	242		
I 152 × 18,5	18,2	23,2	152	5,84	134	9,10	84,6	904	119	6,24	136	92	22	1,99	34	2,26	5	4.688	23	4,6	2.582	1.788	0,63	272		
I 152 × 22,0	21,6	27,6	152	8,71	134	9,10	87,5	988	130	5,99	153	102	23	1,93	37	2,27	8	5.187	15	4,8	3.101	1.010	0,64	231		
I 203 × 27,3	27,4	34,8	203	6,90	181	11,00	101,6	2.403	237	8,31	271	193	38	2,35	59	2,70	11	17.720	26	4,6	2.323	2.798	0,80	229		
I 203 × 30,5	30,5	38,9	203	8,90	181	11,00	103,6	2.543	251	8,08	292	205	40	2,30	63	2,70	14	18.787	20	4,7	2.576	2.056	0,80	206		
I 254 × 37,7	38,3	48,8	254	7,90	228	13,00	118,4	5.255	414	10,38	474	361	61	2,72	95	3,13	21	52.218	29	4,6	2.178	3.667	0,97	198		
I 254 × 44,7	45,3	57,7	254	11,40	228	13,00	121,8	5.729	451	9,97	530	394	65	2,62	104	3,13	30	56.847	20	4,7	2.566	2.226	0,97	169		
I 305 × 60,6	60,5	77,1	305	11,70	271	17,00	133,4	11.356	745	12,14	868	676	101	2,96	161	3,48	59	139.473	23	3,9	2.532	2.200	1,12	145		
I 305 × 67,0	66,9	85,3	305	14,40	271	17,00	136	11.988	786	11,86	930	719	106	2,90	171	3,48	73	147.788	19	4,0	2.809	1.589	1,13	132		

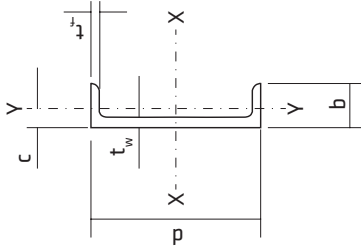
sendo E = 20.500 kN/cm² e G = 7.720 kN/cm².

Catálogos CSN e Cofavi.



Tab. C.2 Perfil I – série americana – dimensões para desenho de detalhe de estruturas

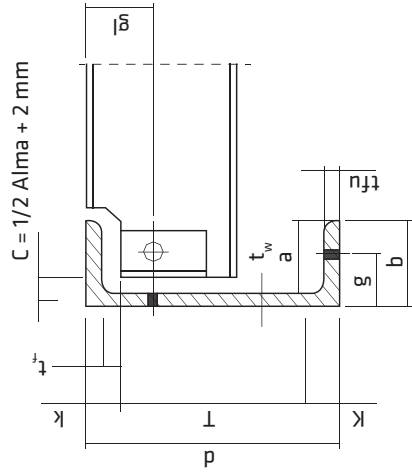
Designação nominal	Dimensões em mm												
	Altura d	Mesa		Espessura da alma t_w	$t_w/2$	Distâncias					Espessura no centro do furo t_{fu}	Diâmetro máximo do parafuso na aba	Gabarito usual na mesa g
		Largura b	Espessura média t_f			a	T	k	g_1	C			
152 × 18,5	152	85	10	6	3	38	110	21	57	5	8	16	50
152 × 22,0	152	88	10	9	5	38	110	21	57	7	9	16	50
203 × 27,3	203	102	11	7	4	47	153	25	64	6	11	19	58
203 × 30,5	203	104	11	9	5	47	153	25	64	7	11	19	58
254 × 37,7	254	118	13	8	4	54	198	28	64	6	13	19	70
254 × 44,7	254	122	13	11	6	54	198	28	64	8	13	19	70
305 × 60,6	305	133	17	12	6	61	233	36	70	8	16	19	76
305 × 76,0	305	136	17	14	7	61	233	36	70	9	16	19	76



Tab. C.3 Perfil U – série americana – propriedades para projeto – NBR 6365

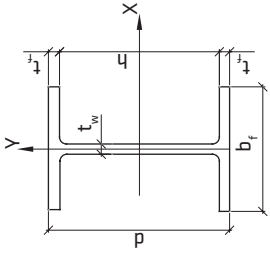
Designação nominal	Massa M kg/m	Área A cm ²	Altura d mm	Mesa		Espessura da alma t _w mm	d/(b · t _f) cm ⁻¹	I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	c cm	Constante de torção I _t cm ⁴
				Largura b mm	Espessura t _f mm										
76	6,11	7,78	76	36	6	4,32	3,52	71	18,1	2,98	8,7	3,43	1,03		
76	7,44	9,18	76	38	6	6,55	3,33	79	19,6	2,85	10,8	3,93	1,03		
102	8,03	10,1	102	40	6	4,57	4,25	162	31,4	3,97	13,7	4,75	1,14		
102	9,30	11,9	102	42	8	6,27	3,04	174	34,3	3,84	16,2	5,24	1,14		
152	12,2	15,5	152	48,8	8,7	5,08	3,58	546	72	5,94	29	8,2	1,36	1,30	3,12
152	15,6	19,9	152	51,7	8,7	7,98	3,38	632	83	5,63	36	9,2	1,34	1,27	5,45
203	17,1	21,8	203	57,4	9,9	5,60	3,57	1.356	133	7,89	55	12,8	1,59	1,45	5,45
203	20,5	26,1	203	59,5	9,9	7,70	3,44	1.503	148	7,60	64	14,0	1,56	1,41	7,78
254	22,8	29,0	254	66	11,1	6,10	3,47	2.800	221	9,84	95	19,0	1,81	1,61	8,78
254	29,8	37,9	254	69,6	11,1	9,63	3,29	3.290	259	9,31	117	21,6	1,76	1,54	15,40
305	30,7	39,1	305	74,7	12,7	7,11	3,20	5.370	352	11,70	161	28,3	2,03	1,77	15,44
305	37,2	47,4	305	77,4	12,7	9,83	3,09	6.010	394	11,30	186	30,9	1,98	1,71	22,52

Catálogos CSN e Cofavi.



Tab. C.4 Perfil U – série americana – dimensões para desenho de detalhe de estruturas – NBR 6365

Designação nominal	Dimensões em mm											Gabarito usual na mesa g
	Altura d	Mesa		Espessura da alma t_w	$t_w/2$	Distâncias				Espessura no centro do furo t_{fu}	Diâmetro máximo do parafuso na aba	
		Largura b	Espessura média t_f			a	T	k	g_1			
102 x 8,0	102	40	6	5	3	35	70	16	51	7	13	25
102 x 9,3	102	42	8	6	3	36	70	16	51	8	13	25
152 x 12,2	152	49	9	5	3	44	110	21	57	7	16	29
152 x 15,6	152	52	9	8	4	44	110	21	57	10	16	29
203 x 17,1	203	57	10	6	3	51	155	24	64	8	19	35
203 x 20,5	203	60	10	8	4	52	155	24	64	10	19	35
254 x 22,8	254	66	11	6	3	60	204	25	64	8	19	38
254 x 29,8	254	70	11	10	5	60	204	25	64	12	19	38
305 x 30,7	305	75	13	7	4	68	247	29	64	9	22	44
305 x 37,2	305	77	13	10	5	67	247	29	64	12	22	44
381 x 50,4	381	87	17	10	5	77	309	36	70	12	25	51
381 x 52,1	381	87	17	11	6	76	309	36	70	13	25	51



Tab. C.5 Perfil laminado nacional – Açominas

Perfis laminados	Massa kg/m	Área cm ²	Altura mm	Alma		Mesas		R	Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local		X ₁	X ₂ × 10 ⁶	Área de pintura m ² /m	Fator de massividade u/A			
				t _w	h	t _f	b _f		I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w					λ	Alma	Mesas
Açominas	m	cm²	d	t_w	h	t_f	b_f		I_x	W_x	r_x	Z_x	I_y	W_y	r_y	Z_y	r_T	I_T	C_w	λ	Alma	Mesas	X₁	X₂ × 10⁶	Área de pintura	Fator de massividade
W 150 × 13	13,0	16,6	148	4,30	138	4,90	100	10,0	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	4,181	27,49	10,20	1,741	8,513	0,73	442	
W 150 × 18	18,4	23,4	153	5,80	139	7,10	102	10,0	939	122,8	6,34	139,4	126	25	2,32	38,5	2,69	4,34	6,683	20,48	7,18	2,292	2,852	0,75	320	
W 200 × 15	15,2	19,4	200	4,30	190	5,20	100	10,0	1.305	130,5	8,20	147,9	87	17	2,12	27,3	2,55	2,05	8,222	39,44	9,62	1,350	25,817	0,84	431	
W 200 × 19,3	19,7	25,1	203	5,80	190	6,50	102	10,0	1.686	166,1	8,19	190,6	116	23	2,14	35,9	2,59	4,02	11,098	29,31	7,85	1,691	11,009	0,85	337	
W 200 × 22,5	22,7	29,0	206	6,20	190	8,00	102	10,0	2.029	197,0	8,37	225,5	142	28	2,22	43,9	2,63	6,18	13,868	27,42	6,38	1,897	6,661	0,85	295	
W 200 × 26,6	26,9	34,2	207	5,80	190	8,40	133	10,0	2.611	252,3	8,73	282,3	330	50	3,10	76,3	3,54	7,65	32,477	29,34	7,92	1,792	7,187	0,98	286	
W 200 × 31,3	31,7	40,3	210	6,40	190	10,20	134	10,0	3.168	301,7	8,86	338,6	410	61	3,19	94,0	3,60	12,59	40,822	26,50	6,57	2,088	3,838	0,99	245	
W 250 × 17,9	18,1	23,1	251	4,80	240	5,30	101	10,0	2.291	182,6	9,96	211,0	91	18	1,99	28,8	2,48	2,54	13,735	45,92	9,53	1,173	51,982	0,94	408	
W 250 × 22,3	22,7	28,9	254	5,80	240	6,90	102	10,0	2.939	231,4	10,09	267,7	123	24	2,06	38,4	2,54	4,77	18,629	37,97	7,39	1,417	23,978	0,95	329	
W 250 × 25,3	25,6	32,6	257	6,10	240	8,40	102	10,0	3.473	270,2	10,31	311,1	149	29	2,14	46,4	2,58	7,06	22,955	36,10	6,07	1,570	15,108	0,96	293	
W 250 × 28,4	28,7	36,6	260	6,40	240	10,00	102	10,0	4.046	311,2	10,51	357,3	178	35	2,20	54,9	2,62	10,34	27,636	34,38	5,10	1,747	9,460	0,96	262	
W 250 × 32,7	33,0	42,1	258	6,10	240	9,10	146	10,0	4.937	382,7	10,83	428,5	473	65	3,35	99,7	3,86	10,44	73,104	36,03	8,02	1,530	13,953	1,13	269	
W 250 × 38,5	38,9	49,6	262	6,60	240	11,20	147	10,0	6.057	462,4	11,05	517,8	594	81	3,46	124,1	3,93	17,63	93,242	33,27	6,56	1,788	7,245	1,14	231	
W 250 × 44,8	45,2	57,6	266	7,60	240	13,00	148	10,0	7.158	538,2	11,15	606,3	704	95	3,50	146,4	3,96	27,14	112,398	28,95	5,69	2,053	4,215	1,15	200	
W 310 × 21	21,4	27,2	303	5,10	292	5,70	101	10,0	3.776	249,2	11,77	291,9	98	19	1,90	31,4	2,42	3,27	21,628	53,25	8,86	1,058	85,762	1,05	384	
W 310 × 23,8	24,1	30,7	305	5,60	292	6,70	101	10,0	4.346	285,0	11,89	333,2	116	23	1,94	36,9	2,45	4,65	25,594	48,50	7,54	1,173	55,675	1,05	341	
W 310 × 28,3	28,6	36,5	309	6,00	291	8,90	102	10,0	5.500	356,0	12,28	412,0	158	31	2,08	49,4	2,55	8,14	35,441	45,20	5,73	1,353	28,771	1,06	290	
W 310 × 32,7	33,1	42,1	313	6,60	291	10,80	102	10,0	6.570	419,8	12,49	485,3	192	38	2,13	59,8	2,58	12,91	43,612	41,12	4,72	1,552	16,123	1,07	253	
W 310 × 38,7	39,0	49,7	310	5,80	291	9,70	165	10,0	8.581	553,6	13,14	615,4	727	88	3,82	134,9	4,38	13,20	163,728	46,66	8,51	1,293	26,593	1,31	264	
W 310 × 44,5	44,9	57,2	313	6,60	291	11,20	166	10,0	9.997	638,8	13,22	712,8	855	103	3,87	158,0	4,41	19,90	194,433	41,00	7,41	1,476	15,724	1,32	231	
W 310 × 52	52,6	67,0	317	7,60	291	13,20	167	10,0	11.909	751,4	13,33	842,5	1.026	123	3,91	188,8	4,45	31,81	236,422	35,61	6,33	1,717	8,629	1,33	199	

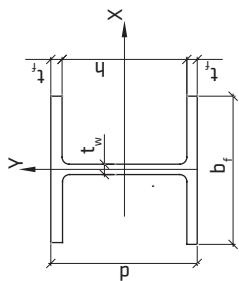
Tab. C.5 (continuação)

Perfis I laminados	Massa	Área	Altura	Alma		Mesas		R	Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção				Esbeltez local		X_1	$X_2 \times 10^6$	Área de pintura	Fator de massividade						
				A	d	t_w	h		t_f	b_f	I_x	W_x	r_x	Z_x	I_y	W_y	r_y	Z_y	r_T	I_T	C_w	Alma					Mesas	λ	kN/cm^2	$1/(kN/cm^2)^2$	u	u/A
Açominas	m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/ t_w	$b_f/2t_f$	kN/cm^2	$1/(kN/cm^2)^2$	m ² /m	m ⁻¹							
W 360 x 39	39,4	50,2	353	6,50	332	10,70	128	12,0	10.331	585,3	14,35	667,7	375	59	2,73	91,9	3,27	15,83	109.551	47,32	5,98	1,346	26.791	1,26	251							
W 360 x 44	45,3	57,7	352	6,90	332	9,80	171	12,0	12.258	696,5	14,58	784,3	818	96	3,77	148,0	4,43	16,70	239.091	44,70	8,72	1,245	34.121	1,43	248							
W 360 x 51	50,9	64,8	355	7,20	332	11,60	171	12,0	14.222	801,2	14,81	899,5	968	113	3,87	174,7	4,49	24,65	284.994	42,75	7,37	1,394	20.870	1,43	221							
W 360 x 57,8	56,9	72,5	358	7,90	332	13,10	172	12,0	16.143	901,8	14,92	1.014,8	1.113	129	3,92	199,8	4,53	34,45	330.394	38,96	6,56	1,549	13.654	1,44	199							
W 360 x 64	64,1	81,7	347	7,70	320	13,50	203	16,0	17.890	1.031,1	14,80	1.145,5	1.885	186	4,80	284,5	5,44	44,57	523.362	37,40	7,52	1,635	9.976	1,56	192							
W 360 x 72	71,7	91,3	350	8,60	320	15,10	204	16,0	20.169	1.152,5	14,86	1.285,9	2.140	210	4,84	321,8	5,47	61,18	599.082	33,47	6,75	1,812	6.667	1,57	172							
W 360 x 79	79,4	101,2	354	9,40	320	16,80	205	16,0	22.713	1.283,2	14,98	1.437,0	2.416	236	4,89	361,9	5,51	82,41	685.701	30,68	6,10	1,989	4.618	1,58	156							
W 410 x 38,8	39,5	50,3	399	6,40	381	8,80	140	12,0	12.777	640,5	15,94	736,8	404	58	2,83	90,9	3,49	11,69	153.190	55,84	7,95	1,058	76.463	1,40	278							
W 410 x 46,1	46,5	59,2	403	7,00	381	11,20	140	12,0	15.690	778,7	16,27	891,1	514	73	2,95	115,2	3,55	20,06	196.571	50,94	6,25	1,237	38.696	1,41	237							
W 410 x 53	53,7	68,4	403	7,50	381	10,90	177	12,0	18.794	929,7	16,55	1.052,2	1.009	114	3,84	176,9	4,56	23,38	387.194	47,63	8,12	1,202	40.712	1,55	227							
W 410 x 60	59,8	76,2	407	7,70	381	12,80	178	12,0	21.707	1.066,7	16,88	1.201,5	1.205	135	3,98	209,2	4,65	33,78	467.404	46,42	6,95	1,329	25.952	1,57	206							
W 410 x 67	67,8	86,3	410	8,80	381	14,40	179	12,0	24.678	1.203,8	16,91	1.362,7	1.379	154	4,00	239,0	4,67	48,11	538.546	40,59	6,22	1,496	16.404	1,57	182							
W 410 x 75	75,2	95,8	413	9,70	381	16,00	180	12,0	27.616	1.337,3	16,98	1.518,6	1.559	173	4,03	269,1	4,70	65,21	612.784	36,80	5,63	1,652	11.094	1,58	165							
W 460 x 52	52,3	66,6	450	7,60	428	10,80	152	12,0	21.370	949,8	17,91	1.095,9	634	83	3,09	131,7	3,79	21,79	304.837	53,21	7,04	1,121	61.268	1,55	232							
W 460 x 60	59,8	76,2	455	8,00	428	13,30	153	12,0	25.652	1.127,6	18,35	1.292,1	796	104	3,23	163,4	3,89	34,60	387.230	50,55	5,75	1,273	34.667	1,56	205							
W 460 x 68	68,8	87,6	459	9,10	428	15,40	154	12,0	29.851	1.300,7	18,46	1.495,4	941	122	3,28	192,4	3,93	52,29	461.163	44,42	5,00	1,454	20.353	1,57	179							
W 460 x 74	74,5	94,9	457	9,00	428	14,50	190	12,0	33.415	1.462,4	18,77	1.657,4	1.661	175	4,18	271,3	4,93	52,97	811.417	44,89	6,55	1,355	24.991	1,71	180							
W 460 x 82	82,2	104,7	460	9,90	428	16,00	191	12,0	37.157	1.615,5	18,84	1.836,4	1.862	195	4,22	303,3	4,96	70,62	915.745	40,81	5,97	1,488	17.268	1,72	164							
W 460 x 89	89,6	114,1	463	10,50	428	17,70	192	12,0	41.105	1.775,6	18,98	2.019,4	2.093	218	4,28	339,0	5,01	92,49	1.035.073	38,44	5,42	1,617	12.234	1,73	151							
W 530 x 66	65,6	83,6	525	8,90	502	11,40	165	12,0	34.971	1.332,2	20,46	1.558,0	857	104	3,20	166,0	4,02	31,52	562.854	53,73	7,24	1,076	78.751	1,75	209							
W 530 x 72	71,9	91,6	524	9,00	502	10,90	207	12,0	39.969	1.525,5	20,89	1.755,9	1.615	156	4,20	244,6	5,16	33,41	1.060.548	53,13	9,50	1,013	91.891	1,91	209							
W 530 x 74	74,6	95,1	529	9,70	502	13,60	166	12,0	40.969	1.548,9	20,76	1.804,9	1.041	125	3,31	200,1	4,10	47,39	688.558	49,26	6,10	1,211	47.403	1,76	185							
W 530 x 82	82,0	104,5	528	9,50	501	13,30	209	12,0	47.569	1.801,8	21,34	2.058,5	2.028	194	4,41	302,7	5,31	51,23	1.340.255	50,25	7,86	1,135	54.875	1,93	185							
W 530 x 85	84,6	107,7	535	10,30	502	16,50	166	12,0	48.453	1.811,3	21,21	2.099,8	1.263	152	3,42	241,6	4,17	72,93	845.463	46,41	5,03	1,368	27.703	1,77	164							
W 530 x 92	92,3	117,6	533	10,20	502	15,60	209	12,0	55.157	2.069,7	21,65	2.359,8	2.379	228	4,50	354,7	5,36	75,50	1.588.565	46,84	6,70	1,272	33.683	1,94	165							
W 610 x 101	102,3	130,3	603	10,50	573	14,90	228	16,0	77.003	2.554,0	24,31	2.922,7	2.951	259	4,76	405,0	5,76	81,68	2.544.966	51,54	7,65	1,129	56.593	2,17	167							

Tab. C.5 (continuação)

Perfis I laminados	Massa		Área	Altura	Alma		Mesas		R	Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção				Esbelteiz local		X_1	$X_2 \times 10^6$	Área de pintura	Fator de massividade
	kg/m	m			t_w	h	t_f	b_f		I_x	W_x	r_x	Z_x	I_y	W_y	r_y	Z_y	r_T	I_T	C_w	λ	Alma	Mesas				
Açominas				d	t_w	h	t_f	b_f		I_x	W_x	r_x	Z_x	I_y	W_y	r_y	Z_y	r_T	I_T	C_w	λ	Alma	Mesas	kN/cm^2	$1/(kN/cm^2)^2$	u	u/A
W 610 x 155	155,5	198,1	611	mm	12,70	573	19,00	324	16,0	129.583	4.241,7	25,58	4.749,1	10.783	666	7,38	1.022,6	8,53	200,77	9.436.714	42,60	42,60	$b_f/2t_f$	1.314	26.218	2,57	130
W 610 x 174	174,9	222,8	616	mm	14,00	573	21,60	325	16,0	147.754	4.797,2	25,75	5.383,3	12.374	761	7,45	1.171,1	8,58	286,88	10.915.665	38,63	38,63	7,52	1.473	16.556	2,58	116

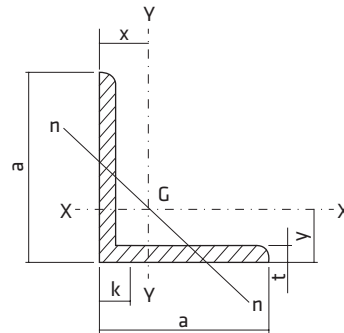
sendo $E = 20.500 \text{ kN/cm}^2$ e $G = 7.720 \text{ kN/cm}^2$.



Tab. C.6 Perfil H laminado nacional – Açominas

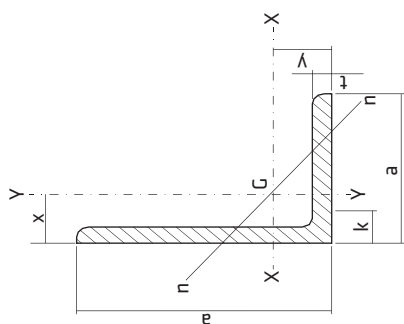
Perfis laminados	Massa kg/m	Área cm ²	Altura d	Alma		Mesas		R	Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção			Esbeltez local		X ₂ × 10 ⁶	Área de pintura u	Fator de massividade u/A
				t _w	h	t _f	b _f		I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	I _T	C _w	λ	Alma	Mesas			
Açominas	m	A	d	t _w	h	t _f	b _f	mm	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	I _T	C _w	h ³ /t _w	b _f ³ /2t _f	X ₁	X ₂ × 10 ⁶	u	u/A
W 150 × 22,5	22,7	29,0	152	5,80	139	6,60	152	10,0	1.229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,75	20.417	20,48	11,52	2.026	4.112	0,95	327
W 150 × 29,8	30,2	38,5	157	6,60	138	9,30	153	10,0	1.739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	10,95	30.277	17,94	8,23	2.590	1.494	0,96	249
W 150 × 37,1	37,5	47,8	162	8,10	139	11,60	154	10,0	2.244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	20,58	39.930	14,67	6,64	3.165	687	0,97	203
W 200 × 35,9	35,9	45,7	201	6,20	181	10,20	165	10,0	3.437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	14,51	69.502	25,90	8,09	2.104	3.391	1,10	240
W 200 × 46,1	46,0	58,6	203	7,20	181	11,00	203	10,0	4.543	447,6	8,81	495,3	1.535	151,2	5,12	229,5	22,01	141.342	22,36	9,23	2.281	2.556	1,25	213
HP 200 × 53	53,5	68,1	204	11,30	181	11,30	207	10,0	4.977	488,0	8,55	551,3	1.673	161,7	4,96	248,6	31,93	155.075	14,28	9,16	2.671	1.452	1,26	185
HP 250 × 62	62,5	79,6	246	10,50	225	10,70	256	12,0	8.728	709,6	10,47	790,5	2.995	234,0	6,13	357,8	33,46	414.130	19,10	11,96	2.032	4.174	1,55	195
W 250 × 73	72,8	92,7	253	8,60	225	14,20	254	12,0	11.257	889,9	11,02	983,3	3.880	305,5	6,47	463,1	7,01	56.94	23,33	8,94	2.281	2.336	1,56	168
W 250 × 80	80,0	101,9	256	9,40	225	15,60	255	12,0	12.550	980,5	11,10	1.088,7	4.313	338,3	6,51	513,1	7,04	62.878	21,36	8,17	2.492	1.656	1,57	154
W 250 × 85	85,2	108,5	254	14,40	225	14,40	260	12,0	12.280	966,9	10,64	1.093,2	4.225	325,0	6,24	499,6	7,00	60.540	13,97	9,03	2.728	1.335	1,57	145
W 250 × 89	89,4	113,9	260	10,70	225	17,30	256	12,0	14.237	1.095,1	11,18	1.224,4	4.841	378,2	6,52	574,3	7,06	71.235	18,82	7,40	2.762	1.121	1,58	138
HP 310 × 79	78,5	100,0	299	11,00	277	11,00	306	16,0	16.316	1.091,3	12,77	1.210,1	5.258	343,7	7,25	525,4	8,20	46.72	22,27	13,91	1.750	7.585	1,87	187
HP 310 × 93	93,5	119,2	303	13,10	277	13,10	308	16,0	19.682	1.299,1	12,85	1.450,3	6.387	414,7	7,32	635,5	8,26	77.33	18,69	11,76	2.065	3.976	1,88	158
W 310 × 97	97,0	123,6	308	9,90	277	15,40	305	16,0	22.284	1.447,0	13,43	1.594,2	7.286	477,8	7,68	725,0	8,38	92.12	24,77	9,90	2.061	3.542	1,89	153
W 310 × 107	107,1	136,4	311	10,90	277	17,00	306	16,0	24.839	1.597,3	13,49	1.768,2	8.123	530,9	7,72	806,1	8,41	122.68	22,48	9,00	2.263	2.457	1,90	139
HP 310 × 110	110,7	141,0	308	15,40	277	15,50	310	16,0	23.703	1.539,1	12,97	1.730,6	7.707	497,3	7,39	763,7	8,33	125.66	15,91	10,00	2.416	2.151	1,90	135
W 310 × 117	117,7	149,9	314	11,90	277	18,70	307	16,0	27.563	1.755,6	13,56	1.952,6	9.024	587,9	7,76	893,1	8,44	161,61	20,55	8,21	2.478	1.725	1,91	127
HP 310 × 125	124,8	159,0	312	17,40	277	17,40	312	16,0	27.076	1.735,6	13,05	1.963,3	8.823	565,6	7,45	870,6	8,38	177,98	14,09	8,97	2.709	1.382	1,91	120
HP 360 × 110	110,4	140,6	360	11,40	320	19,90	256	16,0	33.155	1.841,9	15,36	2.059,3	5.570	435,2	6,29	664,5	6,96	161,93	25,28	6,43	2.289	2.509	1,79	128
HP 360 × 122	121,9	155,3	363	13,00	320	21,70	257	16,0	36.599	2.016,5	15,35	2.269,8	6.147	478,4	6,29	732,4	6,98	212,70	22,12	5,92	2.519	1.754	1,80	116

sendo E = 20.500 kN/cm² e G = 7.720 kN/cm².



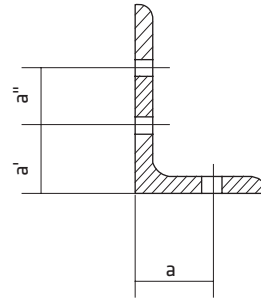
Tab. C.7 Cantoneira de abas iguais – série americana

Designação nominal	Aba a	Espessura t	Área A	Massa M	$I_x = I_y$	$W_x = W_y$	$r_x = r_y$	$x = y$	Eixo n r mín.	k
mm (pol)	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	mm
38 × 38 (1 ½" × 1 ½")	38,1	3,2	2,32	1,83	3,33	1,15	1,17	1,07	0,76	6
		4,8	3,42	2,68	4,58	1,64	1,17	1,12	0,74	8
		6,4	4,45	3,48	5,83	2,13	1,15	1,20	0,74	10
44 × 44 (1 ¾" × 1 ¾")	44,45	3,2	2,71	2,14	5,41	1,64	1,40	1,22	0,89	8
		4,8	4,00	3,15	7,50	2,30	1,37	1,30	0,89	10
		6,4	5,22	4,12	9,57	3,13	1,35	1,35	0,86	11
		7,9	6,45	5,04	11,2	3,77	1,32	1,40	0,86	13
51 × 51 (2" × 2")	50,8	4,8	4,58	3,63	11,7	3,13	1,58	1,45	1,02	10
		6,4	6,06	4,74	14,6	4,10	1,55	1,50	0,99	11
		7,9	7,42	5,83	17,5	4,91	1,53	1,55	0,99	13
		9,5	8,76	6,99	20,0	5,73	1,50	1,63	0,99	14
64 × 64 (2 ½" × 2 ½")	63,5	4,8	5,80	4,57	23	4,91	1,98	1,75	1,24	11
		6,4	7,67	6,10	29	6,40	1,96	1,83	1,24	13
		7,9	9,48	7,44	35	7,87	1,93	1,88	1,24	14
		9,5	11,16	8,78	41	9,35	1,91	1,93	1,22	16
76 × 76 (3" × 3")	76,20	4,8	7,0	5,5	40	7,2	2,39	2,08	1,50	13
		6,4	9,3	7,3	50	9,5	2,36	2,13	1,50	14
		7,9	11,5	9,1	62	11,6	2,34	2,21	1,50	16
		9,5	13,6	10,7	75	13,6	2,31	2,26	1,47	18
		12,7	17,7	14,0	91	18,0	2,29	2,36	1,47	21
102 × 102 (4" × 4")	101,6	6,4	12,5	9,8	125	16,4	3,18	2,77	2,01	16
		7,9	15,5	12,2	154	21	3,15	2,84	2,00	18
		9,5	18,5	14,6	183	25	3,12	2,90	2,00	19
		12,7	24,2	19,0	233	33	3,10	3,00	1,98	22
		15,9	29,7	23,4	279	39	3,05	3,12	1,96	25
127 × 127 (5" × 5")	127,0	9,5	23,3	18,3	362	39	3,94	3,53	2,51	22
		12,7	30,6	24,1	470	52	3,91	3,63	2,49	25
		15,9	37,8	29,8	566	64	3,86	3,76	2,46	29
		19,0	44,8	35,1	653	74	3,81	3,86	2,46	32
152 × 152 (6" × 6")	152,4	9,5	28,1	22,2	641	57	4,78	4,17	3,02	22
		12,7	37,1	29,2	828	75	4,72	4,27	3,00	25
		15,9	45,9	36,0	1.007	94	4,67	4,39	2,97	29
		19,0	54,4	42,7	1.173	110	4,65	4,52	2,97	32
		22,2	62,8	49,3	1.327	125	4,60	4,62	2,97	35
203 × 203 (8" × 8")	203,2	12,7	50,0	39,3	2.022	138	6,38	5,56	4,01	29
		15,9	62,0	48,7	2.471	169	6,32	5,66	4,01	32
		19,0	73,8	57,9	2.899	200	6,27	5,79	3,99	35
		22,2	85,3	67,0	3.311	230	6,22	5,89	3,96	38
		25,4	96,8	75,9	3.702	259	6,20	6,02	3,96	41



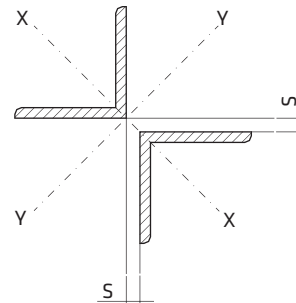
Tab. C.8 Cantoneiras de abas desiguais – série americana

Designação nominal	Aba a	Aba b	Espessura t	Área A	Massa M	I_x	I_y	W_x	W_y	r_x	r_y	x	y	Eixo n r mín.	k
mm (pol)	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm	mm
89 × 64 (3 1/2" × 2 1/2")	88,9	63,5	6,4	9,3	7,3	75	32	12	6,7	2,84	1,88	1,55	2,82	1,37	18
			7,9	11,5	9,1	92	39	15	8,2	2,82	1,85	1,63	2,90	1,37	19
			9,5	13,6	10,7	108	46	18	9,7	2,79	1,83	1,68	2,95	1,37	21
102 × 76 (4" × 3")	101,6	76,2	7,9	13,5	10,7	141	71	20	12	3,23	2,26	1,93	3,20	1,65	19
			9,5	16,0	12,7	166	79	25	14	3,20	2,24	1,98	3,25	1,63	21
			12,7	21,0	16,5	208	100	31	18	3,18	2,18	2,11	3,38	1,63	24
102 × 89 (4" × 3 1/2")	101,6	88,9	6,4	11,7	9,1	121	87	16	13	3,23	2,72	2,31	2,95	1,85	18
			7,9	14,5	11,5	150	108	21	16	3,20	2,72	2,36	3,00	1,85	19
			9,5	17,2	13,5	175	125	25	20	3,18	2,69	2,44	3,07	1,85	21
			12,7	22,6	17,7	221	158	31	25	3,12	2,64	2,54	3,18	1,83	24
127 × 89 (5" × 3 1/2")	127,0	88,9	7,9	16,5	13,0	275	112	31	16	4,09	2,62	2,13	4,04	1,93	21
			9,5	19,7	15,5	325	133	38	20	4,06	2,59	2,18	4,09	1,93	22
			12,7	25,8	20,2	416	166	49	26	4,01	2,57	2,31	4,22	1,91	25
			15,9	31,7	25,0	499	200	60	31	3,96	2,51	2,41	4,32	1,91	28
			19,0	37,5	29,5	578	233	70	36	3,94	2,49	2,54	4,45	1,91	32
152 × 102 (6" × 4")	152,4	101,6	9,5	23,3	18,3	562	204	54	26	4,90	2,97	2,39	4,93	2,24	22
			12,7	30,6	24,1	724	262	71	34	4,85	2,92	2,51	5,05	2,21	25
			15,9	37,8	29,8	878	312	87	41	4,83	2,87	2,62	5,16	2,18	28
			19,0	44,8	35,1	1.019	362	102	49	4,78	2,84	2,74	5,28	2,18	32
203 × 102 (8" × 4")	203,2	101,6	12,7	37,1	29,2	1.602	279	123	36	6,58	2,74	2,18	7,26	2,18	25
			15,9	45,9	36,0	1.951	337	151	43	6,50	2,72	2,31	7,39	2,18	28
			19,0	54,4	42,7	2.284	391	179	51	6,48	2,67	2,41	7,49	2,16	32
			22,2	62,8	49,3	2.596	437	205	58	6,43	2,64	2,54	7,62	2,16	35
			25,4	71,0	55,7	2.895	483	231	64	6,40	2,62	2,67	7,75	2,16	38



Tab. C.9 Gabaritos usuais para furação de cantoneiras de abas iguais e desiguais – série americana

Gabarito \ Aba	203	178	152	127	102	89	76	64	51	44	38
a	114	102	90	76	64	50	44	35	28	25	22
a'	76	64	57	50							
a''	76	76	64	44							
Diâmetro máximo do parafuso	25	25	22	22	22	22	22	19	16	13	13

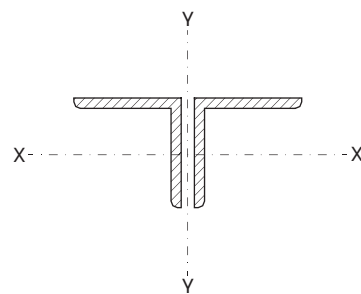


Tab. C.10 Par de cantoneiras iguais opostas pelo vértice – série americana

Abas	Espessura t	Massa M	Área A	Eixo X-X			Raio de giração em cm (eixo Y-Y)					
				I_x	W_x	r_x	Afastamento das cantoneiras S em mm					
mm (pol)	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	0	6,3	9,5	12,5	16	19
44 × 44 (1 3/4" × 1 3/4")	3,2	4,28	5,42	16,7	1,34	1,76	1,94	2,33	-	-	-	-
	4,8	6,30	8,00	23,6	2,30	1,72	2,04	2,43	2,70	-	-	-
	6,4	8,24	10,44	30	3,13	1,70	2,09	2,49	2,75	-	-	-
51 × 51 (2" × 2")	7,9	10,08	12,90	35	3,77	1,66	2,16	2,55	2,83	-	-	-
	4,8	7,26	9,13	36	3,13	1,99	2,29	2,68	2,94	-	-	-
	6,4	9,48	12,12	46	4,10	1,95	2,34	2,73	3,00	-	-	-
64 × 64 (2 1/2" × 2 1/2")	7,9	11,66	14,84	55	4,91	1,93	2,41	2,80	3,06	-	-	-
	9,5	14,00	17,52	62	5,73	1,89	2,51	2,90	3,17	3,37	-	-
	4,8	9,14	11,60	72	4,90	2,50	2,77	3,15	3,43	-	-	-
76 × 76 (3" × 3")	6,4	12,20	15,34	92	6,40	2,46	2,97	3,36	3,52	-	-	-
	7,9	14,88	18,96	111	7,90	2,43	2,93	3,32	3,59	-	-	-
	9,5	17,66	22,32	129	9,30	2,41	2,99	3,38	3,65	3,85	-	-
76 × 76 (3" × 3")	4,8	11,04	14,06	127	7,20	3,01	3,30	3,68	3,94	-	-	-
	6,4	14,58	18,53	165	9,50	2,98	3,37	3,75	4,01	-	-	-
	7,9	18,18	22,98	199	11,6	2,95	3,47	3,86	4,12	-	-	-
	9,5	21,42	27,22	232	13,6	2,92	3,52	3,91	4,17	4,37	-	-
	12,7	28,00	35,48	290	18,0	2,86	3,65	4,04	4,30	4,50	4,70	-

Tab. C.10 (continuação)

Abas	Espessura t	Massa M	Área A	Eixo X-X			Raio de giração em cm (eixo Y-Y)					
				I_x	W_x	r_x	Afastamento das cantoneiras S em mm					
mm (pol)	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	0	6,3	9,5	12,5	16	19
102 × 102 (4" × 4")	6,4	19,62	25,02	400	16,4	4,00	4,40	4,78	5,04	-	-	-
	7,9	24,38	30,96	492	21,3	3,99	4,49	4,87	5,15	-	-	-
	9,5	29,20	36,80	578	24	3,96	4,56	4,95	5,21	5,40	-	-
	12,7	38,00	49,38	735	32	3,90	4,68	5,07	5,33	5,53	5,73	-
	15,9	46,80	59,46	876	39	3,84	4,83	5,22	5,48	5,68	5,88	6,65
127 × 127 (5" × 5")	9,5	36,60	46,88	1.159	39	4,99	5,53	5,97	5,33	6,42	-	-
	12,7	48,20	61,28	1.489	52	4,93	5,71	6,02	5,35	6,54	6,74	-
	15,9	59,60	75,60	1.793	64	4,87	5,86	6,25	5,51	6,70	6,90	7,47
	19	70,20	89,52	2.071	73	4,81	6,00	6,38	5,64	6,84	7,08	7,63
152 × 152 (6" × 6")	9,5	44,26	56,24	2.044	57	6,03	6,83	7,01	7,33	7,46	7,65	7,59
	12,7	58,40	74,18	2.643	75	5,97	6,75	7,13	7,38	7,58	7,77	-
	15,9	72,00	91,72	3.203	93	5,91	6,88	7,27	7,53	7,72	7,82	8,14
	19	85,40	108,88	3.713	109	5,84	7,05	7,44	7,70	7,82	8,09	8,25
	22,2	98,60	125,52	4.207	124	5,79	7,18	7,57	7,83	8,02	8,22	8,47
203 × 203 (8" × 8")	12,7	78,60	129,95	4.462	137	8,04	8,83	9,21	9,46	9,65	9,55	10,24
	15,9	97,40	133,95	7.893	168	7,98	8,95	9,33	9,59	9,75	9,83	10,30
	19	115,80	147,58	9.233	300	7,91	9,11	9,49	9,75	9,94	10,14	10,34
	22,2	134,00	176,60	10.539	229	7,86	9,32	9,61	9,87	10,06	10,26	10,43
	25,4	151,80	193,50	11.742	259	7,79	9,39	9,73	10,01	10,17	10,41	10,60



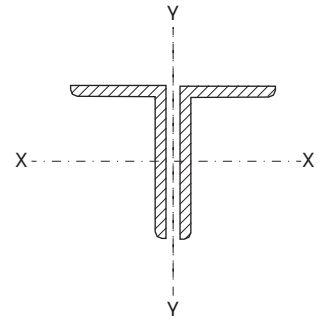
Tab. C.11 Par de cantoneiras de abas iguais – série americana

Abas	Espessura t	Massa M	Área A	Eixo X-X			Raio de giração em cm (eixo Y-Y)				
				I_x	W_x	r_x	Afastamento das cantoneiras em mm				
mm (pol)	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	0	5	6,3	8	9,5
38 × 38 (1 1/2" × 1 1/2")	3,2	3,64	4,64	6,32	2,29	1,16	1,56	1,73	1,79	1,85	-
	4,8	5,32	6,84	9,0	3,34	1,15	1,60	1,77	1,83	1,90	-
	6,4	7,00	8,90	11,38	4,32	1,13	1,63	1,81	1,87	1,93	-
44 × 44 (1 3/4" × 1 3/4")	3,2	4,28	5,42	10,08	3,10	1,35	1,80	1,96*	2,02*	2,08*	-
	4,8	6,30	8,00	14,53	4,56	1,34	1,84	2,01	2,07	2,13	-
	6,4	8,24	10,44	18,54	5,94	1,32	1,87	2,05	2,11	2,17	-
	7,9	10,08	12,90	22,16	7,24	1,31	1,91	2,08	2,15	2,21	-
51 × 51 (2" × 2")	3,2	4,98	6,34	15,33	4,10	1,55	2,06	2,22*	2,28*	2,34*	-
	4,8	7,26	9,16	22,2	6,06	1,54	2,10	2,26	2,32	2,38	-
	6,4	9,48	12,12	28,4	7,91	1,53	2,13	2,30	2,36	2,42	2,49
	7,9	11,66	14,84	34,1	9,67	1,51	2,16	2,34	2,40	2,46	2,52
	9,5	14,00	17,52	39,4	11,33	1,50	2,19	2,37	2,43	2,50	2,56

Tab. C.11 (continuação)

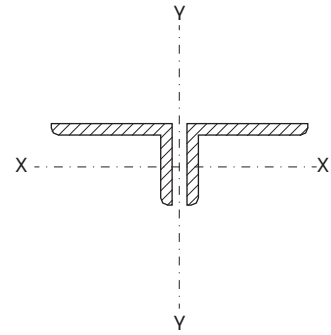
Abas	Espessura t	Massa M	Área A	Eixo X-X			Raio de giração em cm (eixo Y-Y)					
				I_x	W_x	r_x	Afastamento das cantoneiras em mm					
mm (pol)	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	0	6,3	9,5	12,5	16	19
64 × 64 (2 ½" × 2 ½")	4,8	9,20	11,6	45	10	1,98	2,65	2,86	2,98	3,10	-	-
	6,4	12,2	15,3	58	15	1,95	2,67	2,90	3,02	3,15	-	-
	7,9	14,9	18,9	71	16	1,93	2,69	2,92	3,05	3,17	-	-
	9,5	17,6	22,3	81	18	1,91	2,72	2,94	3,07	3,20	-	-
76 × 76 (3" × 3")	4,8	11,04	14,6	83	15	2,38	5,15	3,37	3,48	3,61	3,74	3,87
	6,4	14,6	18,6	104	19	2,36	3,18	3,40	3,50	3,63	3,76	3,88
	7,9	18,2	23,0	125	23	2,33	3,20	3,43	3,56	3,66	3,79	3,91
	9,5	21,4	27,2	150	28	2,31	3,23	3,48	3,58	3,71	3,84	3,98
	12,7	28,0	35,5	183	35	2,27	3,28	3,53	3,63	3,76	3,88	4,01
102 × 102 (4" × 4")	6,4	19,6	25,0	245	33	3,13	4,22	4,45	4,55	4,67	4,80	4,90
	7,9	24,4	31,0	308	42	3,15	4,26	4,47	4,57	4,70	4,83	4,93
	9,5	29,2	37,0	366	50	3,15	4,27	4,49	4,60	4,72	4,85	4,96
	12,7	38,1	48,4	466	65	3,10	4,32	4,52	4,65	4,78	4,90	5,03
	15,9	46,7	59,5	558	79	3,05	4,37	4,60	4,72	4,85	4,98	5,08
127 × 127 (5" × 5")	9,5	36,6	46,6	731	80	3,96	5,28	5,51	5,64	5,74	5,85	5,96
	12,7	48,2	61,2	941	104	3,92	5,33	5,86	5,66	5,79	5,89	6,02
	15,9	59,6	75,6	1.132	127	3,87	5,38	5,61	5,74	5,84	5,97	6,09
	19,0	70,2	89,6	1.207	148	3,82	5,43	5,66	5,79	5,89	6,02	6,14
152 × 152 (6" × 6")	9,5	44,4	56,2	1.282	116	4,77	6,32	6,53	6,65	6,76	6,88	7,00
	12,7	58,4	74,2	1.657	152	4,73	6,37	6,58	6,71	6,81	6,93	7,03
	15,9	72,0	91,8	2.015	186	4,69	6,43	6,65	6,76	6,88	6,98	7,11
	19,0	85,4	108,8	2.348	220	4,64	6,47	6,70	6,81	6,93	7,06	7,16
	22,2	134,7	125,6	2.656	251	4,60	6,52	6,75	6,86	6,98	7,11	7,23
203 × 203 (8" × 8")	12,7	78,6	100,0	4.046	274	6,36	8,45	8,65	8,75	8,87	8,99	9,11
	15,9	127,3	124,0	4.945	338	6,31	8,49	8,69	8,81	8,91	9,04	9,14
	19,0	115,8	147,6	5.802	400	6,27	8,53	8,75	8,86	8,98	9,09	9,21
	22,2	134,0	170,6	6.626	460	6,23	8,59	8,79	8,91	9,03	9,11	9,24
	25,4	151,8	193,6	7.409	519	6,19	8,63	8,83	8,97	9,09	9,19	9,31

Observação: para aço A-36, a relação largura/espessura da aba em projeção não deve exceder de 16 para $d = 0$ nem 13 para $d \neq 0$. Nos casos assinalados com asterisco (*), a composição pode ser aceita desde que se considere uma redução na largura da aba em projeção, de modo a satisfazer a relação prescrita, e que a área reduzida atenda aos esforços solicitantes.



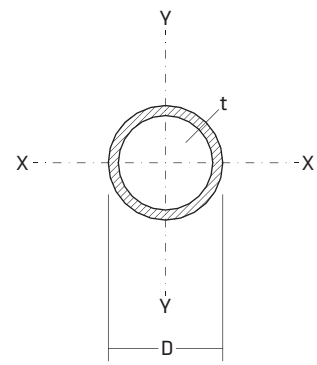
Tab. C.12 Par de cantoneiras de abas desiguais com abas maiores adjacentes – série americana

Abas	Espessura t	Massa M	Área A	Eixo X-X			Raio de giração em cm (eixo Y-Y)					
				I_x	W_x	r_x	Afastamento das cantoneiras em mm					
mm (pol)	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	0	6,3	9,5	12,5	16	19
89 × 64 (3 ½" × 2 ½")	6,4	14,6	18,6	150	25	2,84	2,41	2,64	2,77	2,90	3,00	3,12
	7,9	18,2	23,0	183	31	2,83	2,44	2,67	2,80	2,92	3,05	3,15
	9,5	21,4	27,2	216	36	2,82	2,46	2,72	2,82	2,95	3,07	3,20
102 × 76 (4" × 3")	6,4	17,3	21,8	230	33	3,25	2,95	3,15	3,28	3,40	3,50	3,63
	7,9	21,4	27,0	283	40	3,24	2,97	3,18	3,30	3,42	3,53	3,66
	9,5	25,4	32,0	333	48	3,23	2,99	3,20	3,32	3,43	3,56	3,68
	12,7	33,0	42,0	416	61	3,15	3,06	3,28	3,38	3,50	3,63	3,76
102 × 89 (4" × 3 ½")	6,4	18,2	23,4	241	33	3,22	3,58	3,78	3,91	4,01	4,14	4,24
	7,9	23,0	29,0	300	42	3,21	3,61	3,81	3,94	4,04	4,17	4,29
	9,5	27,0	34,4	350	49	3,19	3,63	3,85	3,96	4,09	4,20	4,32
	12,7	33,4	45,2	441	63	3,13	3,66	3,88	4,01	4,13	4,24	4,37
127 × 89 (5" × 3 ½")	7,9	26,0	33,0	550	63	4,08	3,38	3,58	3,68	3,81	3,91	4,04
	9,5	31,0	39,4	649	76	4,06	3,40	3,60	3,70	3,83	3,94	4,06
	12,7	40,4	51,6	832	98	4,02	3,45	3,66	3,78	3,91	4,01	4,14
	15,9	50,0	63,4	999	119	3,97	3,48	3,71	3,83	3,96	4,06	4,19
	19	58,9	75,0	1.157	140	3,93	3,55	3,78	3,91	4,04	4,17	4,29
152 × 102 (6" × 4")	9,5	36,6	46,6	1.124	109	4,91	3,80	4,01	4,11	4,24	4,34	4,47
	12,7	48,2	61,2	1.448	143	4,86	3,85	4,06	4,19	4,29	4,41	4,51
	15,9	59,6	75,6	1.956	175	4,82	3,88	4,11	4,22	4,34	4,47	4,57
	19	70,2	89,6	2.040	206	4,77	3,94	4,17	4,30	4,41	4,55	4,67
203 × 102 (8" × 4")	12,7	58,4	74,2	3.200	246	6,57	3,50	3,70	3,83	3,94	4,06	4,17
	15,9	72,0	91,8	3.900	302	6,52	3,56	3,78	3,89	4,01	4,11	4,24
	19	85,4	108,0	4.570	357	6,48	3,60	3,81	3,94	4,06	4,17	4,29
	22,2	98,6	125,6	5.200	410	6,43	3,66	3,88	4,01	4,14	4,27	4,37
	25,4	111,4	142,0	5.790	462	6,39	3,73	3,96	4,09	4,21	4,34	4,47



Tab. C.13 Par de cantoneiras de abas desiguais com abas menores adjacentes – série americana

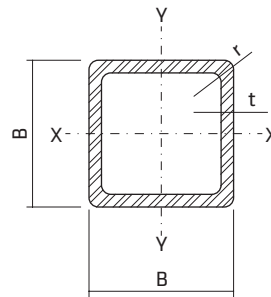
Abas	Espessura t	Massa M	Área A	Eixo X-X			Raio de giração em cm (eixo Y-Y)					
				I_x	W_x	r_x	Afastamento das cantoneiras em mm					
mm (pol)	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	0	6,3	9,5	12,5	16	19
89 × 64 (3 ½" × 2 ½")	6,4	14,6	18,6	65	13	1,89	4,01	4,24	4,34	4,47	4,60	4,72
	7,9	18,2	23,0	78	16	1,85	4,06	4,27	4,39	4,50	4,62	4,78
	9,5	21,4	27,2	92	19	1,83	4,09	4,29	4,42	4,55	4,67	4,80
102 × 76 (4" × 3")	6,4	17,3	21,8	111	19	2,26	4,50	4,75	4,88	4,98	5,10	5,23
	7,9	21,4	27,0	142	25	2,29	4,55	4,78	4,90	5,00	5,13	5,26
	9,5	25,4	32,0	158	28	2,22	4,57	4,80	4,93	5,03	5,16	5,26
	12,7	33,0	42,0	200	36	2,18	4,62	4,88	4,98	5,11	5,23	5,36
102 × 89 (4" × 3 ½")	6,4	18,2	23,4	175	27	2,74	4,37	4,57	4,70	4,83	4,93	5,05
	7,9	23,0	29,0	216	33	2,73	4,39	4,60	4,72	4,86	4,98	5,08
	9,5	27,0	34,4	250	39	2,69	4,42	4,65	4,78	4,88	5,00	5,13
	12,7	33,4	45,2	316	50	2,65	4,47	4,70	4,80	4,93	5,05	5,18
127 × 89 (5" × 3 ½")	7,9	26,0	33,0	225	33	2,61	5,74	5,97	6,05	6,17	6,30	6,43
	9,5	31,0	39,4	266	40	2,60	5,77	5,99	6,10	6,22	6,35	6,48
	12,7	40,4	51,6	333	51	2,54	5,82	6,05	6,17	6,30	6,43	6,55
	15,9	50,0	63,4	400	61	2,51	5,87	6,10	6,22	6,35	6,48	6,60
	19	58,9	75,0	466	73	2,49	5,94	6,17	6,30	6,43	6,55	6,68
152 × 102 (6" × 4")	9,5	36,6	46,6	408	52	2,96	6,96	7,19	7,29	7,42	7,54	7,67
	12,7	48,2	61,2	524	68	2,92	7,01	7,24	7,37	7,49	7,59	7,72
	15,9	59,6	75,6	624	82	2,87	7,06	7,29	7,42	7,54	7,65	7,77
	19	70,2	89,6	724	97	2,84	7,11	7,37	7,49	7,59	7,72	7,85
203 × 102 (8" × 4")	12,7	58,4	74,2	558	70	2,74	9,80	10,03	10,16	10,29	10,39	10,52
	15,9	72,0	91,8	674	85	2,71	9,86	10,11	10,21	10,34	10,46	10,59
	19	85,4	108,0	783	100	2,68	9,91	10,13	10,26	10,39	10,52	10,54
	22,2	98,6	125,6	874	114	2,64	9,98	10,21	10,34	10,46	10,59	10,72
	25,4	111,4	142,0	966	128	2,61	10,03	10,29	10,41	10,54	10,67	10,80



Tab. C.14 Tubos redondos

Diâmetro externo	Espes-sura da parede	Massa por unidade de comprimento	Área da seção transversal do aço	Momento de inércia	Raio de giração	Módulo elástico de resistência à flexão	Módulo plástico de resistência à flexão	Constante de torção	Módulo de resistência à torção	Área de pin-tura
D	t	M	A	I	r	W	Z	I_t	W_t	U
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
33,4	3,4	2,50	3,19	3,64	1,07	2,18	3,06	7,27	4,36	0,105
	4,6	3,24	4,12	4,40	1,03	2,63	3,82	8,79	5,27	
	6,4	4,24	5,40	5,21	0,98	3,12	4,73	10,40	6,24	
42,2	3,6	3,39	4,32	8,13	1,37	3,85	5,33	16,3	7,71	0,133
	4,9	4,47	5,69	10,1	1,33	4,78	6,80	20,2	9,56	
	6,4	5,61	7,15	11,8	1,29	5,62	8,25	23,7	11,2	
	9,7	7,77	9,90	14,2	1,20	6,75	10,50	28,5	13,5	
48,3	3,7	4,05	5,16	12,9	1,58	5,35	7,34	25,9	10,7	0,152
	5,1	5,41	6,90	16,3	1,54	6,76	9,53	32,7	13,5	
60,3	3,9	5,44	6,93	27,7	2,00	9,18	12,5	55,3	18,4	0,189
	5,5	7,48	9,53	36,1	1,95	12,0	16,7	72,2	23,9	
	7,1	9,36	11,9	42,9	1,90	14,2	20,3	85,8	28,4	
73,0	4,0	6,74	8,59	51,3	2,44	14,1	18,9	103	28,1	0,229
	5,2	8,63	11,0	63,6	2,41	17,4	23,8	127	34,9	
	7,0	11,4	14,5	80,0	2,35	21,9	30,6	160	43,8	
88,9	4,4	9,11	11,6	104	2,99	23,4	31,3	208	46,8	0,279
	5,5	11,3	14,4	126	2,96	28,3	38,3	251	56,5	
	7,6	15,3	19,5	162	2,89	36,5	50,5	324	72,9	
101,6	4,0	9,54	12,1	145	3,45	28,5	37,8	290	57,1	0,319
	5,7	13,6	17,3	199	3,40	39,2	52,8	399	78,5	
	8,1	18,6	23,7	261	3,32	51,5	70,8	523	103	
114,3	4,8	12,9	16,4	247	3,88	43,2	57,4	494	86,5	0,359
	6,0	16,1	20,5	301	3,83	52,7	70,7	602	105	
	8,6	22,3	28,4	400	3,75	70,0	95,9	800	140	
141,3	6,6	21,8	27,7	631	4,77	89,3	119	1.260	179	0,444
	7,9	26,1	33,2	741	4,72	105	141	1.480	210	
	9,5	31,0	39,5	861	4,67	122	166	1.720	244	
168,3	5,2	20,8	26,4	881	5,77	105	137	1.760	209	0,529
	7,1	28,3	36,0	1.170	5,70	139	185	2.340	278	
	11,0	42,6	54,2	1.690	5,58	200	272	3.370	401	
	15,9	59,7	76,0	2.230	5,42	265	370	4.460	531	
219,1	8,2	42,5	54,2	3.020	7,46	276	364	6.040	551	0,688
	9,5	49,3	62,7	3.450	7,42	315	419	6.900	630	
	12,7	64,6	82,3	4.400	7,31	402	542	8.800	804	
	15,9	79,6	101	5.270	7,21	481	657	10.530	961	
273,0	7,8	51,0	65,0	5.720	9,38	419	549	11.440	838	0,858
	9,3	60,3	76,8	6.690	9,33	490	645	13.370	980	
	12,7	81,5	104	8.820	9,21	646	861	17.630	1.290	
	15,1	96,0	122	10.200	9,13	747	1.000	20.400	1.490	
323,8	8,4	65,2	83,0	10.330	11,2	638	834	20.670	1.280	1,02
	9,5	73,9	94,1	11.630	11,1	718	942	23.250	1.440	
	12,7	97,4	124	15.040	11,0	929	1.230	30.080	1.860	
	15,9	121	154	18.250	10,9	1.130	1.510	36.510	2.260	
355,6	9,5	81,3	104	15.520	12,2	873	1.140	31.050	1.750	1,12
	11,1	94,6	120	17.880	12,2	1.010	1.320	35.770	2.010	
	12,7	107	137	20.140	12,1	1.130	1.490	40.270	2.260	
	15,9	133	169	24.500	12,0	1.380	1.830	49.010	2.760	

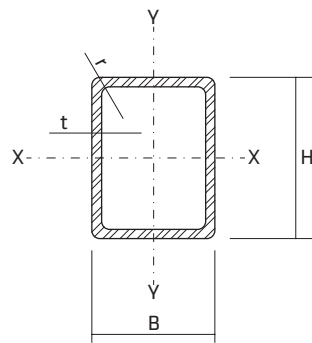
Vallourec & Mannesmann Tubes (dimensões diferentes são fornecidas).



Tab. C.15 Tubos quadrados

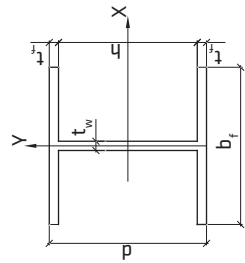
Medidas externas	Espessura da parede	Massa por unidade de comprimento	Área da seção transversal do aço	Momento de inércia	Raio de giração	Módulo elástico de resistência à flexão	Módulo plástico de resistência à flexão	Constante de torção	Módulo de resistência à torção	Área de pintura média
B × B	t	M	A	I	r	W	Z	I _t	W _t	U
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
40 × 40	2,9	3,31	4,21	9,54	1,5	4,77	5,81	15,3	6,93	0,150
	4,0	4,39	5,59	11,8	1,45	5,91	7,44	19,5	8,54	
	5,0	5,28	6,73	13,4	1,41	6,68	8,66	22,5	9,6	
50 × 50	2,9	4,22	5,37	19,7	1,91	7,87	9,43	31,2	11,5	0,190
	4,0	5,64	7,19	25,0	1,86	10,0	12,3	40,4	14,5	
	5,0	8,73	8,73	28,9	1,82	11,6	14,5	47,6	16,7	
60 × 60	2,9	5,13	6,53	35,2	2,32	11,7	13,9	55,3	17,2	0,230
	5,0	8,42	10,7	53,3	2,23	17,8	1,9	86,4	25,7	
	6,3	10,3	13,1	61,6	2,17	20,5	26,0	102	29,6	
70 × 70	3,2	6,63	8,44	62,3	2,72	17,8	21,0	97,6	26,1	0,267
	5,0	10,0	12,7	88,5	2,64	25,3	30,8	142	36,8	
	7,1	13,6	17,3	112	2,54	32,0	40,3	185	46,1	
80 × 80	3,6	8,53	10,9	105	3,11	26,2	31,0	164	38,5	0,307
	5,0	11,6	14,7	137	3,05	34,2	41,1	217	49,8	
	8,0	17,5	22,4	189	2,91	47,3	54,5	312	68,3	
90 × 90	3,6	9,66	12,3	152	3,52	33,8	39,7	237	49,7	0,346
	5,6	14,6	18,6	218	3,43	48,5	58,3	347	70,7	
	8,0	20,1	25,6	281	3,32	62,6	77,6	459	90,5	
100 × 100	4,0	11,9	15,2	232	3,91	46,4	54,4	361	68,2	0,384
	6,3	18,2	23,2	336	3,80	67,1	80,9	534	97,8	
	8,0	22,6	28,8	400	3,73	79,9	98,2	646	116	
120 × 120	4,0	14,4	18,4	410	4,72	68,4	79,7	635	101	0,464
	6,3	22,2	28,2	603	4,62	100	120	950	147	
	8,0	27,6	35,2	726	4,55	121	146	1.160	176	
140 × 140	5,0	21,0	26,7	807	5,50	115	135	1.250	170	0,539
	8,0	32,6	41,6	1.200	5,36	171	204	1.890	249	
	10,0	40,0	50,9	1.420	5,27	202	246	2.270	294	
150 × 150	6,3	28,1	35,8	1.320	5,85	163	192	1.910	240	0,574
	8,0	35,1	44,8	1.490	5,77	199	217	2.150	291	
	10,0	43,1	54,9	1.770	5,68	216	286	2.830	344	
	12,5	52,7	67,1	2.080	5,57	277	342	3.370	402	
180 × 180	6,3	34,0	43,3	2.170	7,07	241	281	3.360	355	0,694
	8,0	42,7	54,4	2.660	7,00	296	349	4.160	434	
	10,0	52,5	66,9	3.190	6,91	355	424	5.050	518	
	12,5	64,4	82,1	3.790	6,80	421	511	6.070	613	
200 × 200	6,3	38,0	48,4	3.010	7,90	301	350	4.650	444	0,779
	8,0	47,7	60,8	3.710	7,81	371	436	5.780	545	
	10,0	58,8	74,9	4.470	7,72	447	531	7.030	655	
	12,5	72,3	92,1	5.340	7,61	534	643	8.490	778	
250 × 250	8,0	60,3	76,8	7.450	9,86	596	694	11.530	880	0,974
	10,0	74,5	94,9	9.060	9,77	724	851	14.110	1.060	
	12,5	91,9	117	10.920	9,66	873	1.040	17.160	1.280	
	16,0	115	147	13.270	9,50	1.060	1.280	21.140	1.550	
300 × 300	8,0	72,8	93	13.130	11,9	875	1.010	20.190	1.290	1,17
	10,0	90	115	16.030	11,8	1.070	1.250	24.810	1.580	
	12,5	112	142	19.440	11,7	1.300	1.520	30.330	1.900	
	16,0	141	179	23.850	11,5	1.590	1.890	37.620	2.330	

Vallourec & Mannesmann Tubes (dimensões diferentes são fornecidas).



Tab. C.16 Tubos retangulares

Medidas externas	Espessura da parede	Massa por unidade de comprimento	Área da seção transversal do aço	Momento de inércia		Raio de giração		Módulo elástico de resistência à flexão		Módulo plástico de resistência à flexão		Constante de torção	Módulo de resistência à torção	Área de pintura média
				I_x	I_y	r_x	r_y	W_x	W_y	Z_x	Z_y			
$H \times B$	t	M	A	I_x	I_y	r_x	r_y	W_x	W_y	Z_x	Z_y	I_t	W_t	U
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
50 × 30	2,9	3,31	4,21	13,2	5,80	1,77	1,17	5,29	3,87	6,70	4,63	13,2	6,37	0,150
	4,0	4,39	5,59	16,5	7,08	1,72	1,13	6,60	4,72	8,59	5,88	16,6	7,77	
	5,0	5,28	6,73	18,7	7,89	1,67	1,08	7,49	5,26	10,0	6,80	19,0	8,67	
60 × 40	2,9	4,22	5,37	25,8	13,5	2,19	1,59	8,59	6,77	10,6	7,96	28,4	10,9	0,190
	4,0	5,64	7,19	32,8	17,0	2,14	1,54	10,9	8,52	13,8	10,3	36,7	13,7	
	5,0	6,85	8,73	38,1	19,5	2,09	1,50	12,7	9,77	16,4	12,2	43,0	15,7	
70 × 40	2,9	4,67	5,95	37,8	15,5	2,52	1,62	10,8	7,77	13,4	9,04	35,4	12,9	0,210
	4,0	6,27	7,99	48,5	19,6	2,46	1,57	13,9	9,82	17,6	11,8	45,8	16,3	
	6,3	9,30	11,8	65,4	25,5	2,35	1,47	18,7	12,8	24,8	16,3	62,4	21,2	
80 × 40	2,9	5,13	6,53	52,7	17,5	2,84	1,64	13,2	8,77	16,6	10,1	42,6	14,9	0,230
	5,0	8,42	10,7	80,3	25,7	2,74	1,55	20,1	12,9	26,1	15,7	65,1	21,9	
	8,0	12,5	16,0	106	32,1	2,58	1,42	26,5	16,1	36,5	21,2	85,8	27,4	
90 × 50	3,2	6,63	8,44	89,1	35,3	3,25	2,04	19,8	14,1	24,6	16,2	80,9	23,6	0,270
	5,0	9,99	12,7	127	49,2	3,16	1,97	28,3	19,7	36,0	23,5	116	32,9	
	8,0	15,0	19,2	174	64,6	3,01	1,84	38,6	25,8	51,4	32,9	160	43,2	
100 × 50	4,0	8,78	11,2	140	46,2	3,53	2,03	27,9	18,5	35,2	21,5	113	31,4	0,290
	5,6	11,9	15,2	181	58,6	3,45	1,96	36,2	23,4	46,8	28,2	147	39,8	
	8,0	16,3	20,8	230	71,7	3,33	1,86	46	28,7	61,4	36,3	186	48,9	
120 × 60	4,0	10,7	13,6	249	83,1	4,28	2,47	41,5	27,7	51,9	31,7	201	47,1	0,350
	6,3	16,2	20,7	358	116	4,16	2,37	59,7	38,8	76,7	46,3	290	75,9	
	8,0	20,1	25,6	425	135	4,08	2,30	70,8	45,0	92,7	55,4	344	76,6	
140 × 70	4,0	12,6	16,0	404	136	5,02	2,91	57,7	38,8	71,7	44,0	325	66,0	0,400
	6,3	19,2	24,4	589	194	4,91	2,81	84,2	55,3	107	65	477	94,0	
	8,0	23,8	30,4	707	228	4,82	2,74	101	65,1	130	78,5	572	111	
150 × 100	5,0	18,6	23,7	739	329	5,58	4,07	98,5	78,5	119	90,1	807	127	0,480
	8,0	28,9	36,8	1.090	569	5,44	3,94	145	114	180	135	1.200	183	
	10,0	35,3	44,9	1.280	665	5,34	3,85	171	133	216	161	1.430	214	
160 × 80	5,0	17,8	22,7	744	249	5,72	3,31	93,0	62,3	116	71,1	600	106	0,450
	8,0	27,6	35,2	1.090	356	5,57	3,18	136	89,0	175	106	883	151	
	10,0	33,7	42,9	1.280	411	5,47	3,10	161	103	209	125	1.040	175	
	12,5	40,9	52,1	1.490	465	5,34	2,99	186	116	247	146	1.200	198	
180 × 100	5,0	21,0	26,7	1.150	460	6,57	4,15	128	92,0	157	104	1.040	154	0,540
	8,0	32,6	41,6	1.710	671	6,42	4,02	190	134	239	157	1.560	224	
	10,0	40,0	50,9	2.040	787	6,32	3,93	226	157	288	188	1.860	263	
	12,5	48,7	62,1	2.380	908	6,20	3,82	265	182	344	223	2.190	303	
200 × 100	6,3	28,1	35,8	1.830	613	7,15	4,14	183	123	228	140	1.470	208	0,570
	8,0	35,1	44,8	2.230	739	7,06	4,06	223	148	282	172	1.800	251	
	10,0	43,1	54,9	2.660	869	6,96	3,98	266	174	341	206	2.160	295	
	12,5	52,7	67,1	3.140	1.000	6,84	3,87	314	201	408	245	2.540	341	
250 × 150	8,0	47,7	60,8	5.110	2.300	9,17	6,15	409	306	501	350	5.020	506	0,770
	10,0	58,8	74,9	6.170	2.750	9,08	6,06	494	367	611	426	6.090	605	
	12,5	72,3	92,1	7.390	3.270	9,96	5,96	591	435	740	514	7.330	717	
	16,0	9,03	115	8.880	3.870	8,79	5,80	710	516	906	625	8.870	849	
300 × 200	8,0	60,3	76,8	9.720	5.180	11,3	8,22	648	518	779	589	10.560	840	0,980
	10,0	74,5	94,9	11.820	6.280	11,2	8,13	788	628	956	721	12.910	1.020	
	12,5	91,9	117	14.270	7.540	11,0	8,02	952	754	1.170	877	15.680	1.220	
	16,0	115	147	17.390	9.110	10,9	7,87	1.160	911	1.440	1.080	19.250	1.470	



Tab. C.17 Perfil H soldado série CS – NBR 5884

Perfis soldados CS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local λ	X1	X2 x 10 ⁶	Filete desoldada e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A			
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T							I _T	C _w	Alma
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	m ⁻¹	
150 x 25	25,5	32,4	150	6,3	134	8,0	150	1.337	178	6,42	199	450	60	3,73	91	4,10	6	22.685	21	9,4	2.241	2.706	5	0,89	274
150 x 29	28,9	36,8	150	6,3	131	9,5	150	1.527	204	6,45	227	535	71	3,81	108	4,14	10	26.372	21	7,9	2.598	1.444	5	0,89	241
150 x 31	30,6	39,0	150	8,0	131	9,5	150	1.559	208	6,32	235	535	71	3,70	109	4,09	11	26.372	16	7,9	2.781	1.187	5	0,88	227
150 x 37	37,3	47,5	150	8,0	125	12,5	150	1.908	254	6,34	289	704	94	3,85	143	4,15	22	33.234	16	6,0	3.542	428	5	0,88	186
150 x 45	45,1	57,4	150	8,0	118	16,0	150	2.274	303	6,29	349	901	120	3,96	182	4,20	43	40.401	15	4,7	4.593	148	6	0,88	154
200 x 29	29,0	37,0	200	6,3	187	6,3	200	2.710	271	8,56	299	840	84	4,77	128	5,37	5	78.791	30	15,9	1.395	18.874	3	1,19	321
200 x 34	34,2	43,6	200	6,3	184	8,0	200	3.278	328	8,67	361	1.067	107	4,95	162	5,45	8	98.304	29	12,5	1.634	9.355	5	1,19	272
200 x 39	38,8	49,4	200	6,3	181	9,5	200	3.762	376	8,73	414	1.267	127	5,06	192	5,51	13	114.919	29	10,5	1.884	5.082	5	1,19	240
200 x 41	41,2	52,5	200	8,0	181	9,5	200	3.846	385	8,56	427	1.267	127	4,91	193	5,44	15	114.919	23	10,5	2.017	4.175	5	1,18	226
200 x 50	50,2	64,0	200	8,0	175	12,5	200	4.758	476	8,62	530	1.667	167	5,10	253	5,52	29	146.484	22	8,0	2.541	1.561	5	1,18	185
200 x 61	60,8	77,4	200	8,0	168	16,0	200	5.747	575	8,61	645	2.134	213	5,25	323	5,58	58	180.565	21	6,3	3.252	562	6	1,18	153
250 x 43	43,0	54,7	250	6,3	234	8,0	250	6.531	522	10,92	570	2.084	167	6,17	252	6,81	11	305.021	37	15,6	1.285	24.095	5	1,49	272
250 x 49	48,7	62,1	250	6,3	231	9,5	250	7.519	602	11,01	655	2.474	198	6,31	299	6,88	16	357.736	37	13,2	1.477	13.224	5	1,49	240
250 x 52	51,8	66,0	250	8,0	231	9,5	250	7.694	616	10,80	678	2.475	198	6,12	301	6,79	18	357.736	29	13,2	1.582	10.863	5	1,48	225
250 x 63	63,2	80,5	250	8,0	225	12,5	250	9.581	766	10,91	843	3.256	260	6,36	394	6,89	37	459.035	28	10,0	1.979	4.148	5	1,48	184
250 x 66	65,8	83,9	250	9,5	225	12,5	250	9.723	778	10,77	862	3.257	261	6,23	396	6,84	39	459.035	24	10,0	2.064	3.699	5	1,48	177
250 x 76	76,5	97,4	250	8,0	218	16,0	250	11.659	933	10,94	1.031	4.168	333	6,54	503	6,97	72	570.375	27	7,8	2.514	1.530	6	1,48	152
250 x 79	79,1	100,7	250	9,5	218	16,0	250	11.788	943	10,82	1.049	4.168	333	6,43	505	6,93	75	570.375	23	7,8	2.575	1.454	6	1,48	147
250 x 84	84,2	107,3	250	12,5	218	16,0	250	12.047	964	10,60	1.085	4.170	334	6,24	509	6,84	84	570.375	17	7,8	2.744	1.223	6	1,48	138
250 x 90	90,4	115,1	250	9,5	212	19,0	250	13.456	1.076	10,81	1.204	4.949	396	6,56	599	6,98	121	660.064	22	6,6	3.063	709	6	1,48	129
250 x 95	95,4	121,5	250	12,5	212	19,0	250	13.694	1.096	10,62	1.238	4.951	396	6,38	602	6,91	129	660.064	17	6,6	3.198	642	6	1,48	121
250 x 108	108,1	137,7	250	12,5	205	22,4	250	15.451	1.236	10,59	1.406	5.837	467	6,51	708	6,96	202	755.442	16	5,6	3.771	325	8	1,48	107

Tab. C.17 (continuação)

Perfis soldados CS	Massa		Área	Altura	Alma		Mesas			Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteza local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete desoldado	Área de pintura	Fator de massividade		
	m	A			d	t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w						Alma	Mesas
NBR 5884																											
300 x 62	62,4	79,5	300	8,0	281	300	13.509	901	13,04	986	4,276	285	7,33	432	8,14	22	901,921	35	15,8	23,497	1,301	23,497	5	1,78	224		
300 x 76	76,1	97,0	300	8,0	275	300	16.894	1.126	13,20	1.229	5,626	375	7,62	567	8,27	44	1.162,354	34	12,0	9,098	1,620	9,098	5	1,78	184		
300 x 92	92,2	117,4	300	8,0	268	300	20.661	1.377	13,26	1.507	7,201	480	7,83	724	8,36	87	1.451,808	34	9,4	3,410	2,048	3,410	6	1,78	152		
300 x 95	95,3	121,5	300	9,5	268	300	20.902	1.393	13,12	1.534	7,202	480	7,70	726	8,30	90	1.451,808	28	9,4	3,241	2,097	3,241	6	1,78	147		
300 x 102	101,7	129,5	300	12,5	268	300	21.383	1.426	12,85	1.588	7,204	480	7,46	730	8,20	100	1.451,808	21	9,4	2,726	2,235	2,726	6	1,78	137		
300 x 109	109,0	138,9	300	9,5	262	300	23.962	1.597	13,13	1.765	8,552	570	7,85	861	8,36	145	1.687,791	28	7,9	1,603	2,484	1,603	6	1,78	128		
300 x 115	115,2	146,8	300	12,5	262	300	24.412	1.627	12,90	1.816	8,554	570	7,63	865	8,28	155	1.687,791	21	7,9	1,451	2,594	1,451	6	1,78	121		
300 x 122	122,4	155,9	300	16,0	262	300	24.936	1.662	12,65	1.876	8,559	571	7,41	872	8,18	176	1.687,791	16	7,9	1,187	2,781	1,187	6	1,77	113		
300 x 131	130,5	166,3	300	12,5	255	300	27.680	1.845	12,90	2.069	10,084	672	7,79	1.018	8,34	243	1.941,956	20	6,7	746	3,043	746	8	1,78	107		
300 x 138	137,6	175,2	300	16,0	255	300	28.165	1.878	12,68	2.126	10,089	673	7,59	1.024	8,26	263	1.941,956	16	6,7	660	3,193	660	8	1,77	101		
300 x 149	149,2	190,0	300	16,0	250	300	30.521	2.035	12,67	2.313	11,259	751	7,70	1.141	8,30	350	2.126,953	16	6,0	428	3,542	428	8	1,77	93		
350 x 89	89,1	113,5	350	8,0	325	350	27.217	1.555	15,49	1.688	8,934	510	8,87	771	9,64	51	2.543,610	41	14,0	17,541	1,372	17,541	5	2,08	184		
350 x 93	92,9	118,4	350	9,5	325	350	27.646	1.580	15,28	1.727	8,935	511	8,69	773	9,56	55	2.543,610	34	14,0	15,639	1,430	15,639	5	2,08	176		
350 x 108	107,9	137,4	350	8,0	318	350	33.403	1.909	15,59	2.073	11,435	653	9,12	985	9,74	101	3.188,642	40	10,9	6,648	1,727	6,648	6	2,08	152		
350 x 112	111,6	142,2	350	9,5	318	350	33.805	1.932	15,42	2.111	11,436	653	8,97	987	9,68	105	3.188,642	33	10,9	6,320	1,769	6,320	6	2,08	146		
350 x 119	119,1	151,8	350	12,5	318	350	34.609	1.978	15,10	2.186	11,439	654	8,68	992	9,56	117	3.188,642	25	10,9	5,317	1,885	5,317	6	2,08	137		
350 x 128	127,7	162,6	350	9,5	312	350	38.873	2.221	15,46	2.432	13,579	776	9,14	1.171	9,75	170	3.718,797	33	9,2	3,157	2,089	3,157	6	2,08	128		
350 x 135	135,0	172,0	350	12,5	312	350	39.633	2.265	15,18	2.505	13,582	776	8,89	1.176	9,65	182	3.718,797	25	9,2	2,858	2,181	2,858	6	2,08	121		
350 x 144	143,6	182,9	350	16,0	312	350	40.519	2.315	14,88	2.591	13,588	776	8,62	1.184	9,53	205	3.718,797	20	9,2	2,338	2,339	2,338	6	2,07	113		
350 x 153	153,0	195,0	350	12,5	305	350	45.097	2.577	15,21	2.859	16,012	915	9,06	1.384	9,72	284	4.294,659	24	7,8	1,487	2,550	1,487	8	2,08	106		
350 x 161	161,4	205,6	350	16,0	305	350	45.926	2.624	14,94	2.941	16,017	915	8,83	1.392	9,62	307	4.294,659	19	7,8	1,315	2,675	1,315	8	2,07	101		
350 x 175	175,1	223,0	350	16,0	300	350	49.902	2.852	14,96	3.204	17,875	1.021	8,95	1.550	9,67	409	4.717,367	19	7,0	861	2,960	861	8	2,07	93		
350 x 182	182,1	232,0	350	19,0	300	350	50.577	2.890	14,76	3.271	17,882	1.022	8,78	1.558	9,60	439	4.717,367	16	7,0	768	3,086	768	8	2,06	89		
350 x 216	215,9	275,0	350	19,0	287	350	59.845	3.420	14,75	3.903	22,526	1.287	9,05	1.955	9,71	802	5.708,504	15	5,6	309	3,838	309	8	2,06	75		
400 x 106	106,5	135,6	400	9,5	375	400	41.727	2.086	17,54	2.271	13,336	667	9,92	1.008	10,92	63	5.005,208	39	16,0	27,488	1,240	27,488	5	2,38	176		
400 x 128	127,9	163,0	400	9,5	368	400	51.159	2.558	17,72	2.779	17,069	853	10,23	1.288	11,06	120	6.291,456	39	12,5	11,203	1,529	11,203	6	2,38	146		
400 x 137	136,6	174,0	400	12,5	368	400	52.404	2.620	17,35	2.881	17,073	854	9,91	1.294	10,91	134	6.291,456	29	12,5	9,425	1,630	9,425	6	2,38	136		

Tab. C.17 (continuação)

Perfis soldados CS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esboço local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete desoldado e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A			
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w						Alma	Mesas	h/t _w
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	cm ³	cm ²	mm	m ² /m	m ⁻¹
400 x 146	146,3	186,4	400	9,5	362	19,0	400	58.962	2.948	17,79	3,207	20.269	1.013	10,43	1.528	11,14	194	7.354.824	38	10,5	1.802	5.636	6	2,38	128	
400 x 155	154,8	197,3	400	12,5	362	19,0	400	60.148	3.007	17,46	3,305	20.273	1.014	10,14	1.534	11,02	208	7.354.824	29	10,5	1.881	5.105	6	2,38	120	
400 x 165	164,8	209,9	400	16,0	362	19,0	400	61.532	3.077	17,12	3,420	20.279	1.014	9,83	1.543	10,88	235	7.354.824	23	10,5	2.017	4.175	6	2,37	113	
400 x 176	175,5	223,6	400	12,5	355	22,4	400	68.620	3.431	17,52	3,778	23.899	1.195	10,34	1.806	11,10	324	8.516.884	28	8,9	2.193	2.677	8	2,38	106	
400 x 185	185,3	236,0	400	16,0	355	22,4	400	69.927	3.496	17,21	3,888	23.905	1.195	10,06	1.815	10,98	351	8.516.884	22	8,9	2.302	2.369	8	2,37	100	
400 x 201	201,0	256,0	400	16,0	350	25,0	400	76.133	3.807	17,25	4,240	26.679	1.334	10,21	2.022	11,05	468	9.375.000	22	8,0	2.541	1.561	8	2,37	93	
400 x 209	209,2	266,5	400	19,0	350	25,0	400	77.205	3.860	17,02	4,332	26.687	1.334	10,01	2.032	10,96	502	9.375.000	18	8,0	2.649	1.392	8	2,36	89	
400 x 248	248,1	316,0	400	19,0	337	31,5	400	91.817	4.591	17,05	5,183	33.619	1.681	10,31	2.550	11,09	918	11.406.549	18	6,3	3.278	570	8	2,36	75	
450 x 144	144,2	183,7	450	9,5	418	16,0	450	73.621	3.272	20,02	3,540	24.303	1.080	11,50	1.629	12,43	135	11.442.627	44	14,1	1.346	18.486	6	2,68	146	
450 x 154	154,1	196,3	450	12,5	418	16,0	450	75.447	3.353	19,61	3,671	24.307	1.080	11,13	1.636	12,27	151	11.442.627	33	14,1	1.435	15.553	6	2,68	136	
450 x 165	165,0	210,1	450	9,5	412	19,0	450	85.001	3.778	20,11	4,088	28.859	1.283	11,72	1.933	12,52	218	13.400.915	43	11,8	1.584	9.352	6	2,68	128	
450 x 175	174,7	222,5	450	12,5	412	19,0	450	86.749	3.856	19,75	4,216	28.863	1.283	11,39	1.940	12,39	234	13.400.915	33	11,8	1.653	8.472	6	2,68	120	
450 x 188	188,5	240,1	450	9,5	405	22,4	450	97.503	4.333	20,15	4,700	34.023	1.512	11,90	2.277	12,60	349	15.550.692	43	10,0	1.868	4.719	8	2,68	112	
450 x 198	198,0	252,3	450	12,5	405	22,4	450	99.167	4.407	19,83	4,823	34.027	1.512	11,61	2.284	12,48	365	15.550.692	32	10,0	1.924	4.472	8	2,68	106	
450 x 209	209,1	266,4	450	16,0	405	22,4	450	101.107	4.494	19,48	4,967	34.034	1.513	11,30	2.294	12,35	396	15.550.692	25	10,0	2.019	3.958	8	2,67	100	
450 x 216	215,9	275,0	450	12,5	400	25,0	450	108.385	4.817	19,85	5,281	37.975	1.688	11,75	2.547	12,54	496	17.145.264	32	9,0	2.144	2.853	8	2,68	97	
450 x 227	226,9	289,0	450	16,0	400	25,0	450	110.252	4.900	19,53	5,421	37.982	1.688	11,46	2.557	12,42	527	17.145.264	25	9,0	2.225	2.621	8	2,67	92	
450 x 236	236,3	301,0	450	19,0	400	25,0	450	111.852	4.971	19,28	5,541	37.992	1.689	11,23	2.567	12,32	566	17.145.264	21	9,0	2.320	2.337	8	2,66	88	
450 x 280	280,3	357,0	450	19,0	387	31,5	450	133.544	5.935	19,34	6,644	47.863	2.127	11,58	3.224	12,47	1.033	20.947.287	20	7,1	2.860	969	8	2,66	75	
450 x 291	290,6	370,2	450	22,4	387	31,5	450	135.186	6.008	19,11	6,771	47.877	2.128	11,37	3.238	12,38	1.094	20.947.287	17	7,1	2.961	885	8	2,66	72	
450 x 321	320,9	408,8	450	19,0	375	37,5	450	152.314	6.770	19,30	7,629	56.975	2.532	11,81	3.831	12,56	1.676	24.227.325	20	6,0	3.417	465	8	2,66	65	
450 x 331	330,9	421,5	450	22,4	375	37,5	450	153.809	6.836	19,10	7,748	56.988	2.533	11,63	3.844	12,49	1.737	24.227.325	17	6,0	3.498	442	8	2,66	63	
500 x 172	171,5	218,5	500	12,5	468	16,0	500	104.414	4.177	21,86	4,556	33.341	1.334	12,35	2.018	13,63	168	19.521.333	37	15,6	1.282	24.274	6	2,98	136	
500 x 195	194,5	247,8	500	12,5	462	19,0	500	120.226	4.809	22,03	5,237	39.591	1.584	12,64	2.393	13,76	260	22.895.099	37	13,2	1.475	13.284	6	2,98	120	
500 x 207	207,2	263,9	500	16,0	462	19,0	500	123.102	4.924	21,60	5,423	39.599	1.584	12,25	2.405	13,58	294	22.895.099	29	13,2	1.582	10.863	6	2,97	112	
500 x 221	220,5	280,9	500	12,5	455	22,4	500	137.656	5.506	22,14	5,997	46.674	1.867	12,89	2.818	13,86	406	26.611.872	36	11,2	1.713	7.048	8	2,98	106	

Tab. C.17 (continuação)

Perfis soldados CS	Massa		Área	Altura	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete desoldado	Área de pintura	Fator de massividade	
	m	A			d	t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _r	I _r						C _w
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	mm	m ² /m	m ⁻¹	
500 x 233	233,0	296,8	500	16,0	455	22,4	500	140.407	5.616	21,75	6.178	46.682	1.867	12,54	2.829	13,71	440	26.611.872	28	11,2	1.798	6.238	8	2,97	100
500 x 253	252,8	322,0	500	16,0	450	25,0	500	153.296	6.132	21,82	6.748	52.099	2.084	12,72	3.154	13,79	586	29.378.255	28	10,0	1.979	4.148	8	2,97	92
500 x 263	263,4	335,5	500	19,0	450	25,0	500	155.574	6.223	21,53	6.899	52.109	2.084	12,46	3.166	13,68	629	29.378.255	24	10,0	2.064	3.699	8	2,96	88
500 x 312	312,5	398,0	500	19,0	437	31,5	500	186.324	7.453	21,64	8.286	65.650	2.626	12,84	3.977	13,84	1.149	36.010.447	23	7,9	2.536	1.549	8	2,96	74
500 x 324	324,1	412,9	500	22,4	437	31,5	500	188.689	7.548	21,38	8.448	65.666	2.627	12,61	3.992	13,74	1.217	36.010.447	20	7,9	2.625	1.415	8	2,96	72
500 x 333	333,0	424,3	500	25,0	437	31,5	500	190.497	7.620	21,19	8.572	65.682	2.627	12,44	4.006	13,67	1.286	36.010.447	17	7,9	2.709	1.292	10	2,95	70
500 x 369	369,1	470,2	500	22,4	425	37,5	500	215.306	8.612	21,40	9.683	78.165	3.127	12,89	4.741	13,86	1.931	41.778.564	19	6,7	3.092	714	8	2,96	63
500 x 378	377,8	481,3	500	25,0	425	37,5	500	216.969	8.679	21,23	9.801	78.180	3.127	12,75	4.754	13,80	1.999	41.778.564	17	6,7	3.158	676	10	2,95	61
550 x 228	228,4	290,9	550	16,0	512	19,0	550	165.283	6.010	23,84	6.598	52.703	1.916	13,46	2.907	14,93	324	37.138.082	32	14,5	1.428	16.275	6	3,27	112
550 x 257	256,9	327,2	550	16,0	505	22,4	550	188.766	6.864	24,02	7.521	62.131	2.259	13,78	3.420	15,08	484	43.224.942	32	12,3	1.620	9.386	8	3,27	100
550 x 269	268,8	342,4	550	19,0	505	22,4	550	191.989	6.981	23,68	7.712	62.142	2.260	13,47	3.434	14,94	533	43.224.942	27	12,3	1.710	8.017	8	3,26	95
550 x 279	278,7	355,0	550	16,0	500	25,0	550	206.302	7.502	24,11	8.219	69.340	2.521	13,98	3.813	15,16	645	47.767.822	31	11,0	1.782	6.262	8	3,27	92
550 x 290	290,5	370,0	550	19,0	500	25,0	550	209.427	7.616	23,79	8.406	69.351	2.522	13,69	3.826	15,04	693	47.767.822	26	11,0	1.858	5.583	8	3,26	88
550 x 345	344,6	439,0	550	19,0	487	31,5	550	251.459	9.144	23,93	10.110	87.375	3.177	14,11	4.808	15,22	1.265	58.706.326	26	8,7	2.277	2.358	8	3,26	74
550 x 358	357,6	455,6	550	22,4	487	31,5	550	254.731	9.263	23,65	10.311	87.392	3.178	13,85	4.825	15,11	1.340	58.706.326	22	8,7	2.358	2.153	8	3,26	71
550 x 368	367,6	468,3	550	25,0	487	31,5	550	257.234	9.354	23,44	10.465	87.410	3.179	13,66	4.840	15,03	1.416	58.706.326	19	8,7	2.433	1.967	10	3,25	69
550 x 395	394,7	502,8	550	19,0	475	37,5	550	288.317	10.484	23,95	11.642	104.012	3.782	14,38	5.715	15,33	2.051	68.280.365	25	7,3	2.707	1.152	8	3,26	65
550 x 407	407,3	518,9	550	22,4	475	37,5	550	291.353	10.595	23,70	11.834	104.029	3.783	14,16	5.731	15,24	2.126	68.280.365	21	7,3	2.770	1.094	8	3,26	63
550 x 417	417,0	531,3	550	25,0	475	37,5	550	293.675	10.679	23,51	11.980	104.046	3.783	13,99	5.746	15,17	2.201	68.280.365	19	7,3	2.829	1.037	10	3,25	61
550 x 441	441,3	562,1	550	31,5	475	37,5	550	299.480	10.890	23,08	12.347	104.108	3.786	13,61	5.790	15,01	2.468	68.280.365	15	7,3	3.022	857	11	3,24	58
550 x 498	498,3	634,7	550	31,5	461	44,5	550	339.231	12.336	23,12	14.046	123.515	4.491	13,95	6.845	15,15	3.758	78.827.755	15	6,2	3.499	462	11	3,24	51
600 x 250	249,6	317,9	600	16,0	562	19,0	600	216.146	7.205	26,07	7.887	68.419	2.281	14,67	3.456	16,29	354	57.722.931	35	15,8	1.301	23.497	6	3,57	112
600 x 281	280,7	357,6	600	16,0	555	22,4	600	247.125	8.237	26,29	8.996	80.659	2.689	15,02	4.068	16,44	528	67.258.147	35	13,4	1.475	13.599	8	3,57	100
600 x 294	293,8	374,3	600	19,0	555	22,4	600	251.403	8.380	25,92	9.227	80.672	2.689	14,68	4.082	16,29	582	67.258.147	29	13,4	1.556	11.616	8	3,56	95
600 x 305	304,6	388,0	600	16,0	550	25,0	600	270.308	9.010	26,39	9.835	90.019	3.001	15,23	4.535	16,53	704	74.390.625	34	12,0	1.620	9.098	8	3,57	92
600 x 318	317,5	404,5	600	19,0	550	25,0	600	274.468	9.149	26,05	10.062	90.031	3.001	14,92	4.550	16,40	756	74.390.625	29	12,0	1.690	8.112	8	3,56	88
600 x 332	332,2	423,2	600	22,4	550	25,0	600	279.182	9.306	25,68	10.319	90.052	3.002	14,59	4.569	16,25	840	74.390.625	25	12,0	1.791	6.798	8	3,56	84

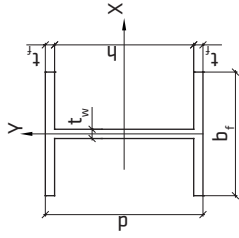
Tab. C.17 (continuação)

Perfis soldados CS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteiz local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete desoldado e _c	Área de pintura u	Fator de massividade w/A			
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _r	I _r	C _w						Alma h/t _w	Mesas b/2t _f	
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b/2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	m ⁻¹
600 x 377	376,8	480,0	600	19,0	537	31,5	600	330.248	11.008	26,23	12.114	113.431	3.781	15,37	5.718	16,59	1.380	91.625.003	28	9,5	2.066	3.449	8	3,56	74	
600 x 391	391,2	498,3	600	22,4	537	31,5	600	334.635	11.155	25,91	12.360	113.450	3.782	15,09	5.737	16,47	1.463	91.625.003	24	9,5	2.139	3.150	8	3,56	71	
600 x 402	402,1	512,3	600	25,0	537	31,5	600	337.991	11.266	25,69	12.547	113.470	3.782	14,88	5.754	16,38	1.546	91.625.003	21	9,5	2.208	2.877	10	3,55	69	
600 x 432	431,6	549,8	600	19,0	525	37,5	600	379.396	12.647	26,27	13.965	135.030	4.501	15,67	6.797	16,72	2.328	106.787.109	28	8,0	2.451	1.695	8	3,56	65	
600 x 446	445,6	567,6	600	22,4	525	37,5	600	383.496	12.783	25,99	14.200	135.049	4.502	15,42	6.816	16,62	2.320	106.787.109	23	8,0	2.509	1.611	8	3,56	63	
600 x 456	456,3	581,3	600	25,0	525	37,5	600	386.631	12.888	25,79	14.379	135.068	4.502	15,24	6.832	16,54	2.402	106.787.109	21	8,0	2.562	1.527	10	3,55	61	
600 x 483	483,1	615,4	600	31,5	525	37,5	600	394.469	13.149	25,32	14.827	135.137	4.505	14,82	6.880	16,36	2.695	106.787.109	17	8,0	2.737	1.262	11	3,54	57	
600 x 546	545,5	695,0	600	31,5	511	44,5	600	447.862	14.929	25,39	16.888	160.333	5.344	15,19	8.137	16,52	4.104	123.586.390	16	6,7	3.161	685	11	3,54	51	
650 x 305	304,6	388,0	650	16,0	605	22,4	650	316.423	9.736	28,56	10.603	102.547	3.155	16,26	4.771	17,80	573	100.958.460	38	14,5	1.353	19.095	8	3,87	100	
650 x 319	318,9	406,2	650	19,0	605	22,4	650	321.965	9.907	28,15	10.878	102.561	3.156	15,89	4.787	17,64	631	100.958.460	32	14,5	1.428	16.309	8	3,86	95	
650 x 330	330,5	421,0	650	16,0	600	25,0	650	346.352	10.657	28,68	11.596	114.448	3.521	16,49	5.320	17,90	762	111.745.199	38	13,0	1.486	12.804	8	3,87	92	
650 x 345	344,6	439,0	650	19,0	600	25,0	650	351.752	10.823	28,31	11.866	114.461	3.522	16,15	5.335	17,76	820	111.745.199	32	13,0	1.549	11.416	8	3,86	88	
650 x 361	360,6	459,4	650	22,4	600	25,0	650	357.872	11.011	27,91	12.172	114.483	3.523	15,79	5.357	17,59	911	111.745.199	27	13,0	1.642	9.566	8	3,86	84	
650 x 395	395,2	503,4	650	16,0	587	31,5	650	418.935	12.890	28,85	14.042	144.198	4.437	16,92	6.692	18,09	1.439	137.885.561	37	10,3	1.845	5.151	8	3,87	77	
650 x 409	409,0	521,0	650	19,0	587	31,5	650	423.991	13.046	28,53	14.300	144.212	4.437	16,64	6.707	17,97	1.496	137.885.561	31	10,3	1.891	4.881	8	3,86	74	
650 x 425	424,7	541,0	650	22,4	587	31,5	650	429.722	13.222	28,18	14.593	144.233	4.438	16,33	6.728	17,84	1.586	137.885.561	26	10,3	1.958	4.459	8	3,86	71	
650 x 437	436,7	556,3	650	25,0	587	31,5	650	434.104	13.357	27,94	14.817	144.255	4.439	16,10	6.746	17,74	1.677	137.885.561	23	10,3	2.020	4.072	10	3,85	69	
650 x 468	468,4	596,8	650	19,0	575	37,5	650	487.894	15.012	28,59	16.500	171.673	5.282	16,96	7.974	18,10	2.425	160.980.133	30	8,7	2.239	2.411	8	3,86	65	
650 x 484	483,8	616,3	650	22,4	575	37,5	650	493.280	15.178	28,29	16.781	171.694	5.283	16,69	7.994	17,99	2.515	160.980.133	26	8,7	2.292	2.293	8	3,86	63	
650 x 496	495,5	631,3	650	25,0	575	37,5	650	497.399	15.305	28,07	16.996	171.715	5.284	16,49	8.012	17,91	2.604	160.980.133	23	8,7	2.341	2.173	10	3,85	61	
650 x 525	524,9	668,6	650	31,5	575	37,5	650	507.697	15.621	27,56	17.553	171.790	5.286	16,03	8.065	17,71	2.923	160.980.133	18	8,7	2.501	1.796	11	3,84	57	
650 x 593	592,8	755,2	650	31,5	561	44,5	650	577.540	17.770	27,65	19.993	203.826	6.272	16,43	9.540	17,88	4.449	186.688.314	18	7,3	2.883	981	11	3,84	51	
700 x 389	389,0	495,6	700	22,4	650	25,0	700	450.118	12.861	30,14	14.179	142.978	4.085	16,99	6.207	18,94	982	162.791.016	29	14,0	1.516	13.105	8	4,16	84	
700 x 426	426,2	542,9	700	16,0	637	31,5	700	527.527	15.072	31,17	16.364	180.097	5.146	18,21	7.758	19,47	1.550	201.185.305	40	11,1	1.701	7.090	8	4,17	77	
700 x 441	441,2	562,0	700	19,0	637	31,5	700	533.989	15.257	30,82	16.668	180.111	5.146	17,90	7.775	19,34	1.611	201.185.305	34	11,1	1.743	6.720	8	4,16	74	
700 x 458	458,2	583,7	700	22,4	637	31,5	700	541.312	15.466	30,45	17.013	180.135	5.147	17,57	7.797	19,20	1.709	201.185.305	28	11,1	1.805	6.139	8	4,16	71	
700 x 471	471,2	600,3	700	25,0	637	31,5	700	546.912	15.626	30,19	17.276	180.158	5.147	17,32	7.817	19,10	1.807	201.185.305	25	11,1	1.862	5.606	10	4,15	69	

Tab. C.17 (continuação)

Perfis soldados CS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete desoldado e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A					
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w						Alma	Mesas			
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ²	m ⁻¹
700 x 505	505,3	643,8	700	19,0	625	37,5	700	615,335	17.581	30,92	19.246	19.246	19.246	214,411	6,126	18,25	9,244	9,244	19,49	2,612	235,226,318	33	9,3	2,061	3,335	8	4,16	65
700 x 522	522,0	665,0	700	22,4	625	37,5	700	622,253	17,779	30,59	19,578	19,578	214,434	6,127	17,96	9,266	9,266	19,37	2,709	235,226,318	28	9,3	2,110	3,171	8	4,16	62	
700 x 535	534,8	681,3	700	25,0	625	37,5	700	627,542	17,930	30,35	19,832	19,832	214,456	6,127	17,74	9,285	9,285	19,28	2,806	235,226,318	25	9,3	2,155	3,006	10	4,15	61	
700 x 567	566,7	721,9	700	31,5	625	37,5	700	640,767	18,308	29,79	20,467	20,467	214,538	6,130	17,24	9,343	9,343	19,06	3,151	235,226,318	20	9,3	2,302	2,484	11	4,14	57	
700 x 640	640,1	815,5	700	31,5	611	44,5	700	730,131	20,861	29,92	23,359	23,359	254,551	7,273	17,67	11,054	11,054	19,25	4,795	273,267,687	19	7,9	2,649	1,364	11	4,14	51	
750 x 417	417,5	531,8	750	22,4	700	25,0	750	556,995	14,853	32,36	16,338	16,338	175,847	4,689	18,18	7,119	7,119	20,29	1,053	230,987,549	31	15,0	1,408	17,546	8	4,46	84	
750 x 457	457,2	582,4	750	16,0	687	31,5	750	653,434	17,425	33,50	18,862	18,862	221,508	5,907	19,50	8,903	8,903	20,86	1,661	285,848,980	43	11,9	1,577	9,533	8	4,47	77	
750 x 473	473,4	603,0	750	19,0	687	31,5	750	661,540	17,641	33,12	19,216	19,216	221,524	5,907	19,17	8,921	8,921	20,72	1,727	285,848,980	36	11,9	1,617	9,036	8	4,46	74	
750 x 492	491,7	626,4	750	22,4	687	31,5	750	670,727	17,886	32,72	19,618	19,618	221,549	5,908	18,81	8,946	8,946	20,57	1,832	285,848,980	31	11,9	1,674	8,254	8	4,46	71	
750 x 506	505,7	644,3	750	25,0	687	31,5	750	677,752	18,073	32,43	19,924	19,924	221,574	5,909	18,55	8,967	8,967	20,45	1,937	285,848,980	27	11,9	1,727	7,538	10	4,45	69	
750 x 542	542,2	690,8	750	19,0	675	37,5	750	763,246	20,353	33,24	22,203	22,203	263,710	7,032	19,54	10,608	10,608	20,87	2,800	334,636,688	36	10,0	1,909	4,501	8	4,46	65	
750 x 560	560,3	713,7	750	22,4	675	37,5	750	771,960	20,586	32,89	22,591	22,591	263,735	7,033	19,22	10,632	10,632	20,74	2,904	334,636,688	30	10,0	1,954	4,280	8	4,46	62	
750 x 574	574,0	731,3	750	25,0	675	37,5	750	778,623	20,763	32,63	22,887	22,887	263,760	7,034	18,99	10,652	10,652	20,65	3,008	334,636,688	27	10,0	1,996	4,058	10	4,45	61	
750 x 608	608,5	775,1	750	31,5	675	37,5	750	795,282	21,208	32,03	23,627	23,627	263,848	7,036	18,45	10,714	10,714	20,41	3,379	334,636,688	21	10,0	2,133	3,353	11	4,44	57	
750 x 687	687,4	875,7	750	31,5	661	44,5	750	907,500	24,200	32,19	26,987	26,987	313,063	8,348	18,91	12,680	12,680	20,61	5,141	389,337,823	21	8,4	2,450	1,849	11	4,44	51	

sendo E = 20.500 kN/cm² e G = 7.720 kN/cm².



Tab. C.18 Perfil I soldado série CVS – NBR 5884

Perfis soldados CVS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas	Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local		X1 X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A				
				t _w	h		t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	I _T					C _w	Alma h/t _w	Mesas b _f /2t _f	
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ⁶	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	m ⁻¹		
150 x 15	15,0	19,1	150	4,75	137	6,3	100	754	100	6,28	113	6,28	113	105	21	2,34	32	5,421	29	7,9	1,796	7,349	3	0,69	361
150 x 18	17,6	22,4	150	4,75	134	8,0	100	903	120	6,35	135	6,35	135	133	27	2,44	41	6,721	28	6,3	2,174	3,185	5	0,69	309
150 x 20	19,8	25,2	150	4,75	131	9,5	100	1.028	137	6,38	154	6,38	154	158	32	2,51	48	7,814	28	5,3	2,553	1,609	5	0,69	274
150 x 22	21,7	27,6	150	6,30	134	8,0	120	1.095	146	6,29	165	6,29	165	231	38	2,89	59	11,614	21	7,5	2,312	2,585	5	0,77	278
150 x 24	24,4	31,1	150	6,30	131	9,5	120	1.245	166	6,33	187	6,33	187	274	46	2,97	70	13,502	21	6,3	2,659	1,414	5	0,77	247
200 x 21	20,8	26,5	200	4,75	187	6,3	140	1.916	192	8,50	213	8,50	213	288	41	3,30	63	27,025	39	11,1	1,307	25,221	3	0,95	358
200 x 24	24,4	31,1	200	4,75	184	8,0	140	2.312	231	8,62	255	8,62	255	366	52	3,43	79	33,718	39	8,8	1,577	11,069	5	0,95	305
200 x 28	27,6	35,2	200	4,75	181	9,5	140	2.650	265	8,68	292	8,68	292	435	62	3,51	94	39,417	38	7,4	1,844	5,670	5	0,95	270
200 x 27	26,7	34,0	200	6,30	184	8,0	140	2.393	239	8,39	268	8,39	268	366	52	3,28	80	33,718	29	8,8	1,720	8,693	5	0,95	279
200 x 30	29,8	38,0	200	6,30	181	9,5	140	2.727	273	8,47	305	8,47	305	435	62	3,38	95	39,417	29	7,4	1,957	4,918	5	0,95	249
200 x 36	36,1	46,0	200	6,30	175	12,5	140	3.362	336	8,55	376	8,55	376	572	82	3,53	124	50,244	28	5,6	2,509	1,701	5	0,95	206
200 x 38	38,5	49,0	200	8,00	175	12,5	140	3.438	344	8,38	389	8,38	389	572	82	3,42	125	50,244	22	5,6	2,634	1,516	5	0,94	193
200 x 46	45,7	58,2	200	8,00	168	16,0	140	4.118	412	8,41	469	8,41	469	732	105	3,55	159	61,934	21	4,4	3,331	562	6	0,94	162
250 x 30	30,1	38,3	250	4,75	234	8,0	170	4.491	359	10,83	394	10,83	394	655	77	4,14	117	95,908	49	10,6	1,243	28,526	5	1,17	305
250 x 33	32,9	41,9	250	6,30	234	8,0	170	4.656	373	10,54	415	10,54	415	656	77	3,95	118	95,908	37	10,6	1,359	22,284	5	1,17	278
250 x 40	39,9	50,8	250	8,00	231	9,5	170	5.495	440	10,40	495	10,40	495	779	92	3,92	141	112,484	29	8,9	1,684	9,804	5	1,16	229
250 x 47	47,5	60,5	250	8,00	225	12,5	170	6.758	541	10,57	606	10,57	606	1.025	121	4,12	184	144,335	28	6,8	2,058	4,030	5	1,16	192
250 x 56	56,4	71,8	250	8,00	218	16,0	170	8.149	652	10,65	732	10,65	732	1.311	154	4,27	235	179,344	27	5,3	2,580	1,535	6	1,16	162
250 x 64	64,1	81,7	250	12,50	218	16,0	170	8.538	683	10,23	785	10,23	785	1.314	155	4,01	240	179,344	17	5,3	2,903	1,124	6	1,16	141
250 x 72	71,5	91,1	250	12,50	212	19,0	170	9.630	770	10,28	887	10,28	887	1.559	183	4,14	283	207,545	17	4,5	3,335	616	6	1,16	127
300 x 47	47,5	60,5	300	8,00	281	9,5	200	9.499	633	12,53	710	12,53	710	1.268	127	4,58	194	267,236	35	10,5	1,389	21,120	5	1,38	229
300 x 57	56,5	72,0	300	8,00	275	12,5	200	11.725	782	12,76	870	12,76	870	1.668	167	4,81	254	344,401	34	8,0	1,688	8,841	5	1,38	192

Tab. C.18 (continuação)

Perfis soldados CVS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mensas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massa-vidade u/A		
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w						Alma h/t _w	Mensas b/2t _f
NBR 5884																									
300 x 67	67,1	85,4	300	8,00	268	16,0	200	14.202	947	12,89	1,052	2,134	213	5,00	324	5,48	59	430.165	34	6,3	2.104	3.429	6	1,38	162
300 x 70	70,2	89,5	300	9,50	268	16,0	200	14.442	963	12,71	1,079	2.135	214	4,89	326	5,43	63	430.165	28	6,3	2.174	3.185	6	1,38	154
300 x 79	79,2	100,9	300	9,50	262	19,0	200	16.449	1.097	12,77	1,231	2.535	254	5,01	386	5,48	99	500.086	28	5,3	2.553	1.609	6	1,38	137
300 x 85	85,4	108,8	300	12,50	262	19,0	200	16.899	1.127	12,47	1,282	2.538	254	4,83	390	5,40	110	500.086	21	5,3	2.710	1.394	6	1,38	126
300 x 95	95,4	121,5	300	12,50	255	22,4	200	19.031	1.269	12,52	1,447	2.991	299	4,96	458	5,46	168	575.394	20	4,5	3.146	737	8	1,38	113
300 x 55	54,9	70,0	300	8,00	281	9,5	250	11.504	767	12,82	848	2.475	198	5,95	301	6,71	19	521.945	35	13,2	1.337	22.471	5	1,58	226
300 x 66	66,3	84,5	300	8,00	275	12,5	250	14.310	954	13,01	1.050	3.256	261	6,21	395	6,83	37	672.658	34	10,0	1.648	8.992	5	1,58	187
300 x 80	79,6	101,4	300	8,00	268	16,0	250	17.432	1.162	13,11	1.280	4.168	333	6,41	504	6,92	73	840.167	34	7,8	2.071	3.418	6	1,58	156
300 x 83	82,8	105,5	300	9,50	268	16,0	250	17.672	1.178	12,94	1.307	4.169	333	6,29	506	6,86	76	840.167	28	7,8	2.129	3.218	6	1,58	150
300 x 94	94,1	119,9	300	9,50	262	19,0	250	20.206	1.347	12,98	1.498	4.950	396	6,43	600	6,92	122	976.731	28	6,6	2.513	1.605	6	1,58	132
300 x 100	100,3	127,8	300	12,50	262	19,0	250	20.655	1.377	12,72	1.549	4.952	396	6,23	604	6,84	133	976.731	21	6,6	2.642	1.427	6	1,58	123
300 x 113	113,0	143,9	300	12,50	255	22,4	250	23.355	1.557	12,74	1.758	5.837	467	6,37	710	6,90	205	1.123.817	20	5,6	3.086	743	8	1,58	109
350 x 73	73,3	93,4	350	9,50	325	12,5	250	20.524	1.173	14,83	1.306	3.258	261	5,91	398	6,69	42	926.971	34	10,0	1.496	14.752	5	1,68	180
350 x 87	86,5	110,2	350	9,50	318	16,0	250	24.874	1.421	15,02	1.576	4.169	334	6,15	507	6,80	78	1.162.042	33	7,8	1.821	6.242	6	1,68	153
350 x 98	97,8	124,6	350	9,50	312	19,0	250	28.454	1.626	15,11	1.803	4.950	396	6,30	601	6,87	124	1.355.247	33	6,6	2.135	3.171	6	1,68	135
350 x 105	105,2	134,0	350	12,50	312	19,0	250	29.213	1.669	14,77	1.876	4.953	396	6,08	606	6,77	136	1.355.247	25	6,6	2.259	2.772	6	1,68	125
350 x 118	117,9	150,2	350	12,50	305	22,4	250	33.058	1.889	14,84	2.126	5.838	467	6,24	712	6,84	209	1.565.109	24	5,6	2.619	1.475	8	1,68	112
350 x 128	127,6	162,5	350	12,50	300	25,0	250	35.885	2.051	14,86	2.313	6.515	521	6,33	793	6,88	282	1.719.157	24	5,0	2.915	939	8	1,68	103
350 x 136	135,8	173,0	350	16,00	300	25,0	250	36.673	2.096	14,56	2.391	6.521	522	6,14	800	6,80	305	1.719.157	19	5,0	3.062	836	8	1,67	96
400 x 82	82,4	105,0	400	8,00	375	12,5	300	31.680	1.584	17,37	1.734	5.627	375	7,32	569	8,14	46	2.111.572	47	12,0	1.222	30.291	5	1,98	189
400 x 87	86,8	110,6	400	9,50	375	12,5	300	32.339	1.617	17,10	1.787	5.628	375	7,13	571	8,05	50	2.111.572	39	12,0	1.287	26.192	5	1,98	179
400 x 103	102,8	131,0	400	9,50	368	16,0	300	39.355	1.968	17,34	2.165	7.203	480	7,42	728	8,18	93	2.654.208	39	9,4	1.566	11.098	6	1,98	151
400 x 116	116,5	148,4	400	9,50	362	19,0	300	45.161	2.258	17,45	2.483	8.553	570	7,59	863	8,26	148	3.102.816	38	7,9	1.835	5.663	6	1,98	133
400 x 125	125,0	159,3	400	12,50	362	19,0	300	46.347	2.317	17,06	2.581	8.556	570	7,33	869	8,14	162	3.102.816	29	7,9	1.937	4.981	6	1,98	124
400 x 140	140,4	178,8	400	12,50	355	22,4	300	52.632	2.632	17,16	2.932	10.086	672	7,51	1.022	8,22	249	3.593.060	28	6,7	2.242	2.663	8	1,98	110
400 x 152	152,1	193,8	400	12,50	350	25,0	300	57.279	2.864	17,19	3.195	11.256	750	7,62	1.139	8,27	337	3.955.078	28	6,0	2.493	1.704	8	1,98	102
400 x 162	161,7	206,0	400	16,00	350	25,0	300	58.529	2.926	16,86	3.303	11.262	751	7,39	1.147	8,17	364	3.955.078	22	6,0	2.614	1.526	8	1,97	96

Tab. C.18 (continuação)

Perfis soldados CVS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção				Esbeltez local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda		Fator de massividade	
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w	Alma	Mesas	e _c			u			
	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	m ⁻¹	
NBR 5884																											
450 x 116	116,4	148,3	450	12,50	418	16,0	300	52.834	2.348	18,88	2.629	6,97	736	7,97	110	3.390,408	33	9,4	1.521	14.342	6	2,08	140				
450 x 130	129,9	165,5	450	12,50	412	19,0	300	60.261	2.678	19,08	2.987	7,19	871	8,08	165	3.970,641	33	7,9	1.726	8.182	6	2,08	125				
450 x 141	141,2	179,9	450	16,00	412	19,0	300	62.301	2.769	18,61	3.136	6,90	881	7,94	196	3.970,641	26	7,9	1.895	6.209	6	2,07	115				
450 x 156	156,4	199,2	450	16,00	405	22,4	300	70.362	3.127	18,79	3.530	7,12	1.034	8,04	283	4.607,612	25	6,7	2.123	3.736	8	2,07	104				
450 x 168	168,0	214,0	450	16,00	400	25,0	300	76.346	3.393	18,89	3.828	7,25	1.151	8,11	371	5.080,078	25	6,0	2.319	2.539	8	2,07	97				
450 x 177	177,4	226,0	450	19,00	400	25,0	300	77.946	3.464	18,57	3.948	7,06	1.161	8,02	410	5.080,078	21	6,0	2.455	2.163	8	2,06	91				
450 x 188	188,1	239,6	450	22,40	400	25,0	300	79.759	3.545	18,25	4.084	6,86	1.175	7,92	472	5.080,078	18	6,0	2.650	1.706	8	2,06	86				
450 x 206	206,1	262,5	450	19,00	387	31,5	300	92.088	4.093	18,73	4.666	7,35	1.452	8,15	721	6.206,603	20	4,8	2.970	946	8	2,06	79				
450 x 216	216,4	275,7	450	22,40	387	31,5	300	93.730	4.166	18,44	4.794	7,18	1.466	8,08	782	6.206,603	17	4,8	3.115	832	8	2,06	75				
500 x 123	122,8	156,5	500	9,50	468	16,0	350	73.730	2.949	21,71	3.231	8,55	991	9,50	109	6.695,817	49	10,9	1.240	28.554	6	2,38	152				
500 x 134	133,8	170,5	500	12,50	468	16,0	350	76.293	3.052	21,15	3.395	8,19	998	9,33	127	6.695,817	37	10,9	1.348	22.650	6	2,38	139				
500 x 150	149,7	190,8	500	12,50	462	19,0	350	87.240	3.490	21,39	3.866	8,44	1.182	9,45	191	7.853,019	37	9,2	1.530	12.902	6	2,38	125				
500 x 162	162,4	206,9	500	16,00	462	19,0	350	90.116	3.605	20,87	4.052	8,11	1.193	9,29	226	7.853,019	29	9,2	1.675	9.889	6	2,37	114				
500 x 180	180,3	229,6	500	16,00	455	22,4	350	102.058	4.082	21,08	4.573	8,35	1.401	9,41	327	9.127,872	28	7,8	1.877	5.942	8	2,37	103				
500 x 194	193,9	247,0	500	16,00	450	25,0	350	110.952	4.438	21,19	4.966	8,51	1.560	9,48	429	10.076,742	28	7,0	2.051	4.040	8	2,37	96				
500 x 204	204,5	260,5	500	19,00	450	25,0	350	113.230	4.529	20,85	5.118	8,29	1.572	9,38	473	10.076,742	24	7,0	2.166	3.463	8	2,36	91				
500 x 217	216,5	275,8	500	22,40	450	25,0	350	115.812	4.632	20,49	5.290	8,06	1.588	9,27	543	10.076,742	20	7,0	2.334	2.754	8	2,36	85				
500 x 238	238,3	303,5	500	19,00	437	31,5	350	134.391	5.376	21,04	6.072	8,62	1.969	9,53	836	12.351,583	23	5,6	2.619	1.520	8	2,36	78				
500 x 250	249,9	318,4	500	22,40	437	31,5	350	136.755	5.470	20,72	6.235	8,42	1.984	9,44	905	12.351,583	20	5,6	2.742	1.344	8	2,36	74				
500 x 259	258,9	329,8	500	25,00	437	31,5	350	138.564	5.543	20,50	6.359	8,27	1.998	9,37	973	12.351,583	17	5,6	2.856	1.191	10	2,35	71				
500 x 281	280,8	357,7	500	22,40	425	37,5	350	155.013	6.201	20,82	7.082	8,66	2.350	9,55	1.404	14.330,048	19	4,7	3.194	699	8	2,36	66				
500 x 317	316,8	403,6	500	22,40	411	44,5	350	175.049	7.002	20,83	8.040	8,88	2.777	9,65	2.227	16.494,140	18	3,9	3.784	344	8	2,36	58				
550 x 184	183,6	233,9	550	16,00	512	19,0	400	125.087	4.549	23,12	5.084	9,31	1.553	10,64	255	14.286,024	32	10,5	1.502	14.993	6	2,67	114				
550 x 204	204,1	260,0	550	16,00	505	22,4	400	141.973	5.163	23,37	5.748	9,59	1.824	10,77	372	16.627,476	32	8,9	1.683	9.001	8	2,67	103				
550 x 220	219,8	280,0	550	16,00	500	25,0	400	154.583	5.621	23,50	6.250	9,76	2.032	10,85	488	18.375,000	31	8,0	1.838	6.124	8	2,67	95				
550 x 232	231,6	295,0	550	19,00	500	25,0	400	157.708	5.735	23,12	6.438	9,51	2.045	10,73	537	18.375,000	26	8,0	1.939	5.275	8	2,66	90				
550 x 245	244,9	312,0	550	22,40	500	25,0	400	161.250	5.864	22,73	6.650	9,25	2.063	10,61	613	18.375,000	22	8,0	2.085	4.219	8	2,66	85				
550 x 270	270,5	344,5	550	19,00	487	31,5	400	187.867	6.832	23,35	7.660	9,88	2.564	10,90	952	22.582,749	26	6,3	2.343	2.321	8	2,66	77				
550 x 283	283,5	361,1	550	22,40	487	31,5	400	191.139	6.951	23,01	7.861	9,65	2.581	10,80	1.028	22.582,749	22	6,3	2.449	2.060	8	2,66	74				
550 x 293	293,4	373,8	550	25,00	487	31,5	400	193.642	7.042	22,76	8.015	9,49	2.596	10,73	1.104	22.582,749	19	6,3	2.549	1.833	10	2,65	71				

Tab. C.18 (continuação)

Perfis soldados CVS	Massa	Área	Altura	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda	Área de pintura	Fator de massa-vidade		
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _r	I _r	C _w						Alma	Mesas
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	w/A	
550 x 319	319,0	406,4	550	22,40	475	37,5	400	217.349	7.904	23,13	8.951	40.044	2.002	9,93	3.060	1.598	26.265.625	21	5,3	2.850	1.077	8	2,66	65	
550 x 329	328,7	418,8	550	25,00	475	37,5	400	219.671	7.988	22,90	9.098	40.062	2.003	9,78	3.074	1.673	26.265.625	19	5,3	2.928	1.003	10	2,65	63	
550 x 361	360,5	459,3	550	22,40	461	44,5	400	246.298	8.956	23,16	10.188	47.510	2.375	10,17	3.618	1.103	30.322.923	21	4,5	3.370	533	8	2,66	58	
550 x 370	369,9	471,3	550	25,00	461	44,5	400	248.420	9.033	22,96	10.326	47.527	2.376	10,04	3.632	1.098	30.322.923	18	4,5	3.433	512	10	2,65	56	
600 x 156	156,2	199,0	600	12,50	568	16,0	400	128.254	4.275	25,39	4.746	17.076	854	9,26	1.302	10,61	14.551.723	45	12,5	1.119	48.212	6	2,78	139	
600 x 190	189,9	241,9	600	16,00	562	19,0	400	151.986	5.066	25,06	5.679	20.286	1.014	9,16	1.556	10,56	17.103.091	35	10,5	1.389	21.120	6	2,77	114	
600 x 210	210,4	268,0	600	16,00	555	22,4	400	172.356	5.745	25,36	6.408	23.912	1.196	9,45	1.828	10,70	19.928.340	35	8,9	1.549	12.882	8	2,77	103	
600 x 226	226,1	288,0	600	16,00	550	25,0	400	187.600	6.253	25,52	6.960	26.685	1.334	9,63	2.035	10,79	22.041.667	34	8,0	1.688	8.841	8	2,77	96	
600 x 239	239,0	304,5	600	19,00	550	25,0	400	191.759	6.392	25,09	7.187	26.698	1.335	9,36	2.050	10,66	22.041.667	29	8,0	1.786	7.535	8	2,76	91	
600 x 278	277,9	354,0	600	19,00	537	31,5	400	228.338	7.611	25,40	8.533	33.631	1.682	9,75	2.568	10,84	27.148.149	28	6,3	2.144	3.381	8	2,76	78	
600 x 292	292,2	372,3	600	22,40	537	31,5	400	232.726	7.758	25,00	8.778	33.650	1.683	9,51	2.587	10,73	27.148.149	24	6,3	2.249	2.976	8	2,76	74	
600 x 328	327,8	417,6	600	22,40	525	37,5	400	264.668	8.822	25,18	9.981	40.049	2.002	9,79	3.066	10,87	31.640.625	23	5,3	2.603	1.578	8	2,76	66	
600 x 339	338,5	431,3	600	25,00	525	37,5	400	267.803	8.927	24,92	10.160	40.068	2.003	9,64	3.082	10,80	31.640.625	21	5,3	2.680	1.463	10	2,75	64	
600 x 369	369,3	470,5	600	22,40	511	44,5	400	300.131	10.004	25,26	11.350	47.515	2.376	10,05	3.624	10,98	36.618.190	23	4,5	3.064	791	8	2,76	59	
650 x 211	211,1	268,9	650	16,00	612	19,0	450	200.828	6.179	27,33	6.893	28.877	1.283	10,36	1.963	11,91	292	28.723.583	38	11,8	1.267	29.913	6	3,07	114
650 x 234	234,3	298,4	650	16,00	605	22,4	450	228.156	7.020	27,65	7.791	34.041	1.513	10,68	2.307	12,06	423	33.499.644	38	10,0	1.414	18.203	8	3,07	103
650 x 252	252,0	321,0	650	16,00	600	25,0	450	248.644	7.651	27,83	8.471	37.989	1.688	10,88	2.570	12,16	554	37.078.857	38	9,0	1.541	12.489	8	3,07	96
650 x 266	266,1	339,0	650	19,00	600	25,0	450	254.044	7.817	27,38	8.741	38.003	1.689	10,59	2.585	12,02	612	37.078.857	32	9,0	1.628	10.695	8	3,06	90
650 x 282	282,1	359,4	650	22,40	600	25,0	450	260.164	8.005	26,91	9.047	38.025	1.690	10,29	2.607	11,87	703	37.078.857	27	9,0	1.755	8.488	8	3,06	85
650 x 310	310,1	395,0	650	19,00	587	31,5	450	303.386	9.335	27,71	10.404	47.874	2.128	11,01	3.242	12,22	1.079	45.752.651	31	7,1	1.955	4.800	8	3,06	78
650 x 326	325,8	415,0	650	22,40	587	31,5	450	309.117	9.511	27,29	10.697	47.896	2.129	10,74	3.263	12,10	1.169	45.752.651	26	7,1	2.047	4.241	8	3,06	74
650 x 351	350,7	446,8	650	19,00	575	37,5	450	347.034	10.678	27,87	11.906	56.986	2.533	11,29	3.849	12,35	1.722	53.415.802	30	6,0	2.296	2.419	8	3,06	69
650 x 366	366,0	466,3	650	22,40	575	37,5	450	352.421	10.844	27,49	12.187	57.007	2.534	11,06	3.869	12,24	1.812	53.415.802	26	6,0	2.369	2.253	8	3,06	66
650 x 413	413,0	526,2	650	22,40	561	44,5	450	400.707	12.329	27,60	13.888	67.637	3.006	11,34	4.576	12,36	2.870	61.946.191	25	5,1	2.786	1.134	8	3,06	58
650 x 461	461,2	587,5	650	25,00	550	50,0	450	440.599	13.557	27,39	15.391	76.009	3.378	11,37	5.148	12,38	4.063	68.343.750	22	4,5	3.185	672	10	3,05	52
700 x 214	214,1	272,8	700	12,50	662	19,0	500	250.564	7.159	30,31	7.839	39.594	1.584	12,05	2.401	13,49	273	45.893.016	53	13,2	1.065	53.508	6	3,38	124
700 x 232	232,3	295,9	700	16,00	662	19,0	500	259.026	7.401	29,59	8.222	39.606	1.584	11,57	2.417	13,26	322	45.893.016	41	13,2	1.165	41.181	6	3,37	114

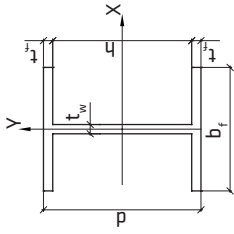
Tab. C.18 (continuação)

Perfis soldados CVS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção				Esbelteza local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A				
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w	h/t _w						Mesas b/2t _f			
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm	cm	cm ⁶	h/t _w	Mesas b/2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	m ⁻¹
700 x 278	277,9	354,0	700	16,00	650	25,0	500	321.513	9.186	30,14	10.128	52.106	2.084	12,13	3.167	13,53	613	59.326.172	41	10,0	17.161	10,0	1.417	17.161	8	3,37	95	
700 x 293	293,2	373,5	700	19,00	650	25,0	500	328.378	9.382	29,65	10.444	52.120	2.085	11,81	3.184	13,38	675	59.326.172	34	10,0	14.752	10,0	1.496	14.752	8	3,36	90	
700 x 327	327,3	416,9	700	16,00	637	31,5	500	386.651	11.047	30,45	12.152	65.647	2.626	12,55	3.978	13,72	1.133	73.318.260	40	7,9	7.125	7,9	1.739	7.125	8	3,37	81	
700 x 342	342,3	436,0	700	19,00	637	31,5	500	393.113	11.232	30,03	12.456	65.661	2.626	12,27	3.995	13,59	1.195	73.318.260	34	7,9	6.624	7,9	1.796	6.624	8	3,36	77	
750 x 284	284,2	362,0	750	16,00	700	25,0	500	374.379	9.983	32,16	11.023	52.107	2.084	12,00	3.170	13,47	620	68.440.755	44	10,0	22.870	10,0	1.326	22.870	8	3,47	96	
750 x 301	300,7	383,0	750	19,00	700	25,0	500	382.954	10.212	31,62	11.390	52.123	2.085	11,67	3.188	13,31	687	68.440.755	37	10,0	19.496	10,0	1.403	19.496	8	3,46	90	
750 x 334	333,6	424,9	750	16,00	687	31,5	500	450.034	12.001	32,54	13.204	65.648	2.626	12,43	3.981	13,66	1.140	84.695.994	43	7,9	9.596	7,9	1.621	9.596	8	3,47	82	
750 x 350	349,7	445,5	750	19,00	687	31,5	500	458.140	12.217	32,07	13.558	65.664	2.627	12,14	4.000	13,53	1.206	84.695.994	36	7,9	8.882	7,9	1.677	8.882	8	3,46	78	
800 x 288	288,3	367,2	800	16,00	755	22,4	550	430.003	10.750	34,22	11.861	62.139	2.260	13,01	3.436	14,72	518	93.893.894	47	12,3	43.631	12,3	1.134	43.631	8	3,77	103	
800 x 310	310,1	395,0	800	16,00	750	25,0	550	469.323	11.733	34,47	12.906	69.349	2.522	13,25	3.829	14,84	679	104.092.692	47	11,0	30.105	11,0	1.233	30.105	8	3,77	95	
800 x 328	327,7	417,5	800	19,00	750	25,0	550	479.870	11.997	33,90	13.328	69.366	2.522	12,89	3.849	14,67	750	104.092.692	39	11,0	25.762	11,0	1.304	25.762	8	3,76	90	
800 x 365	364,6	464,4	800	16,00	737	31,5	550	565.262	14.132	34,89	15.487	87.372	3.177	13,72	4.812	15,05	1.251	128.965.969	46	8,7	12.642	8,7	1.507	12.642	8	3,77	81	
800 x 382	381,9	486,5	800	19,00	737	31,5	550	575.270	14.382	34,39	15.894	87.389	3.178	13,40	4.831	14,91	1.322	128.965.969	39	8,7	11.726	8,7	1.558	11.726	8	3,76	77	
850 x 336	336,0	428,0	850	16,00	800	25,0	600	578.892	13.621	36,78	14.935	90.027	3.001	14,50	4.551	16,21	738	153.140.625	50	12,0	38.929	12,0	1.153	38.929	8	4,07	95	
850 x 355	354,8	452,0	850	19,00	800	25,0	600	591.692	13.922	36,18	15.415	90.046	3.002	14,11	4.572	16,02	814	153.140.625	42	12,0	33.421	12,0	1.217	33.421	8	4,06	90	
850 x 396	395,6	503,9	850	16,00	787	31,5	600	698.400	16.433	37,23	17.947	113.427	3.781	15,00	5.720	16,43	1.362	189.928.628	49	9,5	16.360	9,5	1.409	16.360	8	4,07	81	
850 x 414	414,1	527,5	850	19,00	787	31,5	600	710.587	16.720	36,70	18.412	113.445	3.781	14,66	5.741	16,28	1.437	189.928.628	41	9,5	15.204	9,5	1.455	15.204	8	4,06	77	
900 x 342	342,3	436,0	900	16,00	850	25,0	600	656.258	14.584	38,80	16.015	90.029	3.001	14,37	4.554	16,15	744	172.265.625	53	12,0	49.281	12,0	1.092	49.281	8	4,17	96	
900 x 362	362,3	461,5	900	19,00	850	25,0	600	671.611	14.925	38,15	16.557	90.049	3.002	13,97	4.577	15,95	825	172.265.625	45	12,0	42.014	12,0	1.155	42.014	8	4,16	90	
900 x 402	401,9	511,9	900	16,00	837	31,5	600	791.302	17.584	39,32	19.217	113.429	3.781	14,89	5.724	16,38	1.369	213.841.853	52	9,5	20.882	9,5	1.330	20.882	8	4,17	81	
900 x 422	421,6	537,0	900	19,00	837	31,5	600	805.962	17.910	38,74	19.742	113.448	3.782	14,53	5.746	16,22	1.449	213.841.853	44	9,5	19.333	9,5	1.376	19.333	8	4,16	78	
950 x 368	368,2	469,0	950	16,00	900	25,0	650	792.565	16.686	41,11	18.271	114.458	3.522	15,62	5.339	17,52	803	244.766.683	56	13,0	61.912	13,0	1.028	61.912	8	4,47	95	
950 x 389	389,4	496,0	950	19,00	900	25,0	650	810.790	17.069	40,43	18.879	114.479	3.522	15,19	5.362	17,31	889	244.766.683	47	13,0	52.954	13,0	1.087	52.954	8	4,46	90	
950 x 433	432,9	551,4	950	16,00	887	31,5	650	957.066	20.149	41,66	21.953	144.208	4.437	16,17	6.711	17,77	1.480	304.086.894	55	10,3	26.237	10,3	1.253	26.237	8	4,47	81	
950 x 454	453,8	578,0	950	19,00	887	31,5	650	974.513	20.516	41,06	22.543	144.229	4.438	15,80	6.734	17,60	1.564	304.086.894	47	10,3	24.336	10,3	1.295	24.336	8	4,46	77	

Tab. C.18 (continuação)

Perfis soldados CVS	Massa	Área	Altura	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteiz local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e_c	Área de pintura u	Fator de massa-vidade w/A		
	m	A	d	t_w	h	t_f	b_f	I_x	W_x	r_x	Z_x	I_y	W_y	r_y	Z_y	r_T	I_T	C_w						Alma	Mesas
NBR 5884	394,1	502,0	1.000	16,00	950	25,0	700	946.296	18.926	43,42	20.673	142.949	4.084	16,87	6.186	18,89	862	339.650.391	59	14,0	971	76.822	8	4,77	95
1.000 x 416	416,4	530,5	1.000	19,00	950	25,0	700	967.730	19.355	42,71	21.349	142.971	4.085	16,42	6.211	18,67	952	339.650.391	50	14,0	1.026	65.891	8	4,76	90
1.000 x 464	463,9	590,9	1.000	16,00	937	31,5	700	1.144.189	22.884	44,00	24.867	180.107	5.146	17,46	7.777	19,15	1.591	422.272.386	59	11,1	1.184	32.560	8	4,77	81
1.000 x 486	485,9	619,0	1.000	19,00	937	31,5	700	1.164.755	23.295	43,38	25.526	180.129	5.147	17,06	7.802	18,97	1.680	422.272.386	49	11,1	1.223	30.250	8	4,76	77

sendo $E = 20.500 \text{ kN/cm}^2$ e $G = 7.720 \text{ kN/cm}^2$.



Tab. C.19 Perfil I soldado série VS – NBR 5884

Perfis soldados VS	Massa m	Área A	Altura d	Alma			Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteza local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massa-vidade u/A				
				t _w	h	b _f	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _ω						Alma	Mesas		
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	m ⁻¹
150 x 15	15,0	19,1	150	4,75	137	6,3	100	754	100	6,28	113	105	21	2,34	32	2,67	2	5,421	29	7,9	1,796	7,349	3	0,69	361			
150 x 18	17,6	22,4	150	4,75	134	8,0	100	903	120	6,35	135	133	27	2,44	41	2,71	4	6,721	28	6,3	2,174	3,185	5	0,69	309			
150 x 20	19,8	25,2	150	4,75	131	9,5	100	1.028	137	6,38	154	158	32	2,51	48	2,74	6	7,814	28	5,3	2,553	1,609	5	0,69	274			
150 x 19	19,2	24,4	150	6,30	134	8,0	100	934	124	6,18	142	134	27	2,34	41	2,66	5	6,721	21	6,3	2,379	2,476	5	0,69	281			
150 x 21	21,4	27,3	150	6,30	131	9,5	100	1.057	141	6,23	161	159	32	2,41	49	2,70	7	7,814	21	5,3	2,716	1,385	5	0,69	252			
200 x 19	18,9	24,0	200	4,75	187	6,3	120	1.679	168	8,36	188	182	30	2,75	46	3,17	3	17,019	39	9,5	1,338	24,468	3	0,87	362			
200 x 22	21,9	27,9	200	4,75	184	8,0	120	2.017	202	8,50	225	231	38	2,87	59	3,23	5	21,234	39	7,5	1,601	10,998	5	0,87	312			
200 x 25	24,6	31,4	200	4,75	181	9,5	120	2.305	230	8,57	256	274	46	2,95	69	3,27	8	24,823	38	6,3	1,865	5,688	5	0,87	277			
200 x 20	19,8	25,3	200	4,75	187	6,3	130	1.797	180	8,43	200	231	36	3,02	54	3,45	3	21,638	39	10,3	1,322	24,865	3	0,91	360			
200 x 23	23,2	29,5	200	4,75	184	8,0	130	2.165	216	8,56	240	293	45	3,15	69	3,52	5	26,997	39	8,1	1,588	11,036	5	0,91	308			
200 x 26	26,1	33,3	200	4,75	181	9,5	130	2.477	248	8,63	274	348	54	3,23	81	3,55	8	31,560	38	6,8	1,854	5,678	5	0,91	273			
250 x 21	20,7	26,4	250	4,75	237	6,3	120	2.775	222	10,25	251	182	30	2,62	47	3,10	3	26,939	50	9,5	1,096	59,516	3	0,97	368			
250 x 24	23,8	30,3	250	4,75	234	8,0	120	3.319	266	10,46	297	231	38	2,76	59	3,17	5	33,733	49	7,5	1,291	28,133	5	0,97	320			
250 x 27	26,5	33,8	250	4,75	231	9,5	120	3.787	303	10,59	338	274	46	2,85	70	3,22	8	39,563	49	6,3	1,489	14,938	5	0,97	287			
250 x 23	22,7	28,9	250	4,75	237	6,3	140	3.149	252	10,44	282	288	41	3,16	63	3,67	3	42,778	50	11,1	1,068	61,557	3	1,05	363			
250 x 26	26,3	33,5	250	4,75	234	8,0	140	3.788	303	10,63	336	366	52	3,30	80	3,74	6	53,567	49	8,8	1,268	28,320	5	1,05	313			
250 x 30	29,5	37,6	250	4,75	231	9,5	140	4.336	347	10,74	383	435	62	3,40	94	3,79	9	62,824	49	7,4	1,470	14,867	5	1,05	280			
250 x 25	24,7	31,4	250	4,75	237	6,3	160	3.524	282	10,59	313	430	54	3,70	82	4,24	4	63,856	50	12,7	1,046	63,232	3	1,13	360			
250 x 29	28,8	36,7	250	4,75	234	8,0	160	4.257	341	10,77	375	546	68	3,86	104	4,32	6	79,959	49	10,0	1,251	28,465	5	1,13	308			
250 x 32	32,5	41,4	250	4,75	231	9,5	160	4.886	391	10,87	429	649	81	3,96	123	4,36	10	93,778	49	8,4	1,455	14,810	5	1,13	273			

Tab. C.19 (continuação)

Perfis soldados VS	Massa	Área	Altura	Alma		Mesas		Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção			Esbeltezes local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A		
	m			A	d	t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w						Alma	Mesas
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	kN/cm ²	1/(kN/cm ²) ²	mm	u	m ⁻¹
300 x 23	22,6	28,8	300	4,75	287	6,3	120	4.201	280	12,08	320	182	30	2,51	47	3,04	3	39.127	61	9,5	995	121.886	3	1,07	372		
300 x 26	25,7	32,7	300	4,75	284	8,0	120	5.000	333	12,37	376	231	38	2,66	59	3,12	5	49.112	60	7,5	1.087	60.131	5	1,07	327		
300 x 28	28,4	36,1	300	4,75	281	9,5	120	5.690	379	12,55	425	274	46	2,75	70	3,17	8	57.723	59	6,3	1.245	32.647	5	1,07	296		
300 x 25	24,6	31,3	300	4,75	287	6,3	140	4.744	316	12,31	357	288	41	3,04	63	3,60	3	62.133	61	11,1	909	126.400	3	1,15	368		
300 x 31	31,4	39,9	300	4,75	281	9,5	140	6.492	433	12,75	480	435	62	3,30	95	3,74	9	91.662	59	7,4	1.227	32.440	5	1,15	288		
300 x 27	26,5	33,8	300	4,75	287	6,3	160	5.288	353	12,51	394	430	54	3,57	82	4,17	4	92.746	61	12,7	889	130.150	3	1,23	364		
300 x 31	30,7	39,1	300	4,75	284	8,0	160	6.365	424	12,76	470	546	68	3,74	104	4,26	7	116.414	60	10,0	1.050	60.858	5	1,23	315		
300 x 34	34,3	43,7	300	4,75	281	9,5	160	7.294	486	12,91	535	649	81	3,85	123	4,31	10	136.825	59	8,4	1.213	32.278	5	1,23	281		
300 x 33	33,2	42,3	300	4,75	284	8,0	180	7.047	470	12,91	516	778	86	4,29	131	4,83	7	165.753	60	11,3	1.037	61.113	5	1,31	310		
300 x 37	37,3	47,5	300	4,75	281	9,5	180	8.096	540	13,05	591	924	103	4,41	155	4,89	11	194.815	59	9,5	1.202	32.147	5	1,31	276		
300 x 46	45,6	58,1	300	4,75	275	12,5	180	10.128	675	13,21	737	1.215	135	4,57	204	4,96	24	251.068	58	7,2	1.560	10.562	5	1,31	226		
350 x 26	26,4	33,7	350	4,75	337	6,3	140	6.730	385	14,14	438	288	41	2,93	64	3,54	4	85.089	71	11,1	796	230.884	3	1,25	371		
350 x 30	30,0	38,3	350	4,75	334	8,0	140	8.026	459	14,48	516	366	52	3,09	80	3,64	6	106.983	70	8,8	923	114.558	5	1,25	327		
350 x 33	33,2	42,3	350	4,75	331	9,5	140	9.148	523	14,70	583	435	62	3,21	95	3,70	9	125.930	70	7,4	1.056	62.504	5	1,25	295		
350 x 28	28,4	36,2	350	4,75	337	6,3	160	7.475	427	14,37	482	430	54	3,45	83	4,11	4	127.013	71	12,7	777	238.191	3	1,33	368		
350 x 33	32,6	41,5	350	4,75	334	8,0	160	8.962	512	14,70	570	546	68	3,63	104	4,21	7	159.695	70	10,0	908	115.173	5	1,33	321		
350 x 36	36,2	46,1	350	4,75	331	9,5	160	10.249	586	14,91	648	649	81	3,75	123	4,27	10	187.978	70	8,4	1.043	62.122	5	1,33	288		
350 x 30	30,4	38,7	350	4,75	337	6,3	180	8.219	470	14,57	525	613	68	3,98	104	4,68	4	180.845	71	14,3	761	244.415	3	1,41	364		
350 x 35	35,1	44,7	350	4,75	334	8,0	180	9.898	566	14,89	625	778	86	4,17	131	4,78	7	227.378	70	11,3	896	115.669	5	1,41	316		
350 x 39	39,2	49,9	350	4,75	331	9,5	180	11.351	649	15,08	712	924	103	4,30	156	4,84	12	267.648	70	9,5	1.033	61.813	5	1,41	283		
350 x 38	37,6	47,9	350	4,75	334	8,0	200	10.834	619	15,04	680	1.067	107	4,72	162	5,35	8	311.904	70	12,5	886	116.078	5	1,49	311		
350 x 42	42,2	53,7	350	4,75	331	9,5	200	12.453	712	15,22	777	1.267	127	4,86	192	5,41	13	367.144	70	10,5	1.024	61.560	5	1,49	277		
350 x 51	51,4	65,4	350	4,75	325	12,5	200	15.604	892	15,44	969	1.667	167	5,05	252	5,50	27	474.609	68	8,0	1.323	20.463	5	1,49	228		
400 x 28	28,3	36,0	400	4,75	387	6,3	140	9.137	457	15,92	525	288	41	2,83	64	3,48	4	111.646	82	11,1	710	387.589	3	1,35	375		
400 x 32	31,9	40,6	400	4,75	384	8,0	140	10.848	542	16,34	614	366	52	3,00	81	3,59	6	140.551	81	8,8	816	198.474	5	1,35	332		
400 x 35	35,1	44,7	400	4,75	381	9,5	140	12.332	617	16,61	692	435	62	3,12	95	3,65	9	165.630	80	7,4	929	110.069	5	1,35	302		
400 x 30	30,3	38,6	400	4,75	387	6,3	160	10.114	506	16,20	575	430	54	3,34	83	4,05	4	166.656	82	12,7	693	400.475	3	1,43	371		

Tab. C.19 (continuação)

Perfis soldados VS	Massa		Área	Altura	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteza local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda	Área de pintura	Fator de massa-vidade			
	m	kg/m			A	d	t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	I _T						C _w	Alma	Mesas
NBR 5884																											
400 x 34	34,4	43,8	400	400	4,75	384	8,0	160	12,077	604	16,60	677	546	68	3,53	105	4,15	7	209,803	81	10,0	803	199,559	5	1,43	326	
400 x 38	38,1	48,5	400	400	4,75	381	9,5	160	13,781	689	16,86	766	649	81	3,66	124	4,22	11	247,238	80	8,4	917	109,284	5	1,43	295	
400 x 37	36,9	47,0	400	400	4,75	384	8,0	180	13,307	665	16,82	740	778	86	4,07	132	4,72	8	298,723	81	11,3	791	200,437	5	1,51	321	
400 x 41	41,1	52,3	400	400	4,75	381	9,5	180	15,230	761	17,06	840	924	103	4,20	156	4,79	12	352,024	80	9,5	907	108,648	5	1,51	289	
400 x 39	39,4	50,2	400	400	4,75	384	8,0	200	14,536	727	17,01	802	1,067	107	4,61	162	5,29	8	409,771	81	12,5	782	201,164	5	1,59	317	
400 x 44	44,0	56,1	400	400	4,75	381	9,5	200	16,679	834	17,24	914	1,267	127	4,75	192	5,36	13	482,886	80	10,5	899	108,124	5	1,59	284	
400 x 53	53,2	67,8	400	400	4,75	375	12,5	200	20,863	1,043	17,54	1,136	1,667	167	4,96	252	5,46	27	625,651	79	8,0	1,155	36,443	5	1,59	235	
450 x 51	51,1	65,2	450	450	6,30	431	9,5	200	22,640	1,006	18,64	1,130	1,268	127	4,41	194	5,19	15	614,461	68	10,5	871	144,411	5	1,69	259	
450 x 60	60,3	76,8	450	450	6,30	425	12,5	200	27,962	1,243	19,08	1,378	1,668	167	4,66	254	5,32	30	797,526	67	8,0	1,074	56,248	5	1,69	220	
450 x 71	70,9	90,3	450	450	6,30	418	16,0	200	33,985	1,510	19,40	1,664	2,134	213	4,86	324	5,42	58	1,004,565	66	6,3	1,342	21,256	6	1,69	187	
450 x 80	80,0	102,0	450	450	6,30	412	19,0	200	38,989	1,733	19,56	1,905	2,534	253	4,99	384	5,47	95	1,176,486	65	5,3	1,588	10,357	6	1,69	166	
450 x 59	58,6	74,7	450	450	6,30	431	9,5	250	27,249	1,211	19,11	1,339	2,475	198	5,76	301	6,62	18	1,200,119	68	13,2	845	147,970	5	1,89	253	
450 x 70	70,1	89,3	450	450	6,30	425	12,5	250	33,946	1,509	19,50	1,652	3,256	260	6,04	395	6,75	36	1,557,668	67	10,0	1,053	55,773	5	1,89	211	
450 x 83	83,5	106,3	450	450	6,30	418	16,0	250	41,523	1,845	19,76	2,011	4,168	333	6,26	504	6,85	72	1,962,042	66	7,8	1,324	20,825	6	1,89	177	
450 x 95	95,0	121,0	450	450	6,30	412	19,0	250	47,818	2,125	19,88	2,315	4,949	396	6,40	598	6,91	118	2,297,825	65	6,6	1,570	10,125	6	1,89	156	
500 x 61	61,1	77,8	500	500	6,30	481	9,5	250	34,416	1,377	21,03	1,529	2,475	198	5,64	302	6,55	18	1,488,026	76	13,2	768	226,424	5	1,99	255	
500 x 73	72,6	92,4	500	500	6,30	475	12,5	250	42,768	1,711	21,51	1,879	3,256	260	5,94	395	6,70	37	1,934,052	75	10,0	950	87,021	5	1,99	215	
500 x 86	85,9	109,5	500	500	6,30	468	16,0	250	52,250	2,090	21,85	2,281	4,168	333	6,17	505	6,81	72	2,440,167	74	7,8	1,190	32,836	6	1,99	182	
500 x 97	97,4	124,1	500	500	6,30	462	19,0	250	60,154	2,406	22,02	2,621	4,949	396	6,31	598	6,88	118	2,861,887	73	6,6	1,407	16,049	6	1,99	160	
550 x 64	63,5	81,0	550	550	6,30	531	9,5	250	42,556	1,547	22,93	1,728	2,475	198	5,53	302	6,50	19	1,806,857	84	13,2	704	332,158	5	2,09	258	
550 x 75	75,0	95,6	550	550	6,30	525	12,5	250	52,747	1,918	23,49	2,114	3,256	261	5,84	396	6,65	37	2,351,125	83	10,0	867	130,000	5	2,09	218	
550 x 88	88,4	112,6	550	550	6,30	518	16,0	250	64,345	2,340	23,90	2,559	4,168	333	6,08	505	6,77	73	2,970,375	82	7,8	1,081	49,525	6	2,09	185	
550 x 100	99,9	127,3	550	550	6,30	512	19,0	250	74,041	2,692	24,12	2,935	4,949	396	6,24	599	6,84	119	3,487,799	81	6,6	1,276	24,318	6	2,09	164	
600 x 81	81,2	103,5	600	600	8,00	581	9,5	300	62,768	2,092	24,63	2,358	4,277	285	6,43	437	7,68	27	3,726,627	73	15,8	709	345,329	5	2,38	230	

Tab. C.19 (continuação)

Perfis soldados VS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas			Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteza local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massa-vidade u/A	
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w	Alma						Mesas
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m ² /m	m ⁻¹
600 x 95	95,0	121,0	600	8,00	575	12,5	300	77,401	2,580	25,29	2,864	5,627	375	6,82	572	7,89	49	4,853.760	72	12,0	835	159.906	5	2,38	197
600 x 111	111,0	141,4	600	8,00	568	16,0	300	94,091	3,136	25,79	3,448	7,202	480	7,14	729	8,05	92	6.139.008	71	9,4	1.016	66.648	6	2,38	169
600 x 125	124,8	159,0	600	8,00	562	19,0	300	108,073	3,602	26,07	3,943	8,552	570	7,33	864	8,14	147	7.215.366	70	7,9	1.186	33.961	6	2,38	150
600 x 140	140,4	178,8	600	8,00	555	22,4	300	123,562	4,119	26,29	4,498	10,082	672	7,51	1.017	8,22	235	8.407.268	69	6,7	1.390	17.243	8	2,38	133
600 x 152	152,3	194,0	600	8,00	550	25,0	300	135,154	4,505	26,39	4,918	11,252	750	7,62	1.134	8,27	322	9.298.828	69	6,0	1.551	10.836	8	2,38	123
650 x 84	84,4	107,5	650	8,00	631	9,5	300	75,213	2,314	26,45	2,622	4,278	285	6,31	438	7,61	28	4.384.443	79	15,8	663	467.297	5	2,48	231
650 x 98	98,1	125,0	650	8,00	625	12,5	300	92,487	2,846	27,20	3,172	5,628	375	6,71	573	7,84	50	5.715.088	78	12,0	776	221.296	5	2,48	199
650 x 114	114,2	145,4	650	8,00	618	16,0	300	112,225	3,453	27,78	3,807	7,203	480	7,04	730	8,00	93	7.235.208	77	9,4	940	93.468	6	2,48	171
650 x 128	127,9	163,0	650	8,00	612	19,0	300	128,792	3,963	28,11	4,346	8,553	570	7,24	865	8,10	148	8.510.691	77	7,9	1.095	47.915	6	2,48	152
650 x 143	143,5	182,8	650	8,00	605	22,4	300	147,178	4,529	28,37	4,950	10,083	672	7,43	1.018	8,18	235	9.925.820	76	6,7	1.280	24.432	8	2,48	136
650 x 155	155,4	198,0	650	8,00	600	25,0	300	160,963	4,953	28,51	5,408	11,253	750	7,54	1.135	8,23	323	10.986.328	75	6,0	1.427	15.391	8	2,48	125
700 x 105	105,2	134,0	700	8,00	675	12,5	320	115,045	3,287	29,30	3,661	6,830	427	7,14	651	8,35	53	8.066.667	84	12,8	719	300.361	5	2,66	199
700 x 122	122,3	155,8	700	8,00	668	16,0	320	139,665	3,990	29,94	4,395	8,741	546	7,49	830	8,53	99	10.220.470	84	10,0	870	127.357	6	2,66	171
700 x 137	137,0	174,6	700	8,00	662	19,0	320	160,361	4,582	30,31	5,017	10,379	649	7,71	983	8,63	158	12.030.579	83	8,4	1.013	65.460	6	2,66	153
700 x 154	153,7	195,8	700	8,00	655	22,4	320	183,368	5,239	30,60	5,716	12,236	765	7,91	1.157	8,72	251	14.042.147	82	7,1	1.183	33.466	8	2,66	136
700 x 166	166,4	212,0	700	8,00	650	25,0	320	200,642	5,733	30,76	6,245	13,656	854	8,03	1.290	8,78	345	15.552.000	81	6,4	1.318	21.121	8	2,66	126
750 x 108	108,3	138,0	750	8,00	725	12,5	320	134,197	3,579	31,18	4,001	6,830	427	7,03	652	8,29	54	9.282.667	91	12,8	676	396.883	5	2,76	200
750 x 125	125,5	159,8	750	8,00	718	16,0	320	162,620	4,337	31,90	4,789	8,741	546	7,40	831	8,48	100	11.769.304	90	10,0	814	170.250	6	2,76	173
750 x 140	140,2	178,6	750	8,00	712	19,0	320	186,545	4,975	32,32	5,458	10,380	649	7,62	984	8,59	159	13.862.037	89	8,4	946	87.957	6	2,76	155
750 x 157	156,8	199,8	750	8,00	705	22,4	320	213,178	5,685	32,67	6,210	12,236	765	7,83	1.158	8,69	252	16.190.941	88	7,1	1.103	45.123	8	2,76	138
750 x 170	169,6	216,0	750	8,00	700	25,0	320	233,200	6,219	32,86	6,780	13,656	854	7,95	1.291	8,74	346	17.941.333	88	6,4	1.228	28.532	8	2,76	128
800 x 111	111,5	142,0	800	8,00	775	12,5	320	155,074	3,877	33,05	4,351	6,830	427	6,94	652	8,24	55	10.584.000	97	12,8	638	514.761	5	2,86	202
800 x 129	128,6	163,8	800	8,00	768	16,0	320	187,573	4,689	33,84	5,194	8,741	546	7,30	831	8,43	101	13.427.365	96	10,0	766	223.287	6	2,86	175

Tab. C.19 (continuação)

Perfis soldados VS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção				Esbeltez local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A			
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w	Alma h/t _w	Mesas b _f /2t _f									
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ⁶	cm	cm	cm ³	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	1/(kN/cm ²)	m ⁻¹
800 x 143	143,3	182,6	800	8,00	762	19,0	320	214.961	5.374	34,31	5.910	10.380	649	7,54	985	160	15.823.202	8,55	8,55	160	15.823.202	95	8,4	888	115.923	6	2,86	157	
800 x 160	160,0	203,8	800	8,00	755	22,4	320	245.485	6.137	34,71	6.714	12.237	765	7,75	1.159	253	18.492.653	8,65	8,65	253	18.492.653	94	7,1	1.034	59.662	8	2,86	141	
800 x 173	172,7	220,0	800	8,00	750	25,0	320	268.458	6.711	34,93	7.325	13.657	854	7,88	1.292	347	20.501.333	8,71	8,71	347	20.501.333	94	6,4	1.150	37.787	8	2,86	130	
850 x 120	120,5	153,5	850	8,00	825	12,5	350	190.878	4.491	35,26	5.025	8.936	511	7,63	779	60	15.662.913	9,03	9,03	60	15.662.913	103	14,0	596	662.118	5	3,08	201	
850 x 139	139,3	177,4	850	8,00	818	16,0	350	231.269	5.442	36,10	6.009	11.437	654	8,03	993	110	19.881.309	9,24	9,24	110	19.881.309	102	10,9	717	286.525	6	3,08	174	
850 x 155	155,4	198,0	850	8,00	812	19,0	350	265.344	6.243	36,61	6.845	13.581	776	8,28	1.177	174	23.439.511	9,37	9,37	174	23.439.511	102	9,2	831	148.755	6	3,08	156	
850 x 174	173,7	221,2	850	8,00	805	22,4	350	303.358	7.138	37,03	7.785	16.010	915	8,51	1.385	276	27.408.286	9,48	9,48	276	27.408.286	101	7,8	968	76.637	8	3,08	139	
850 x 188	187,6	239,0	850	8,00	800	25,0	350	331.998	7.812	37,27	8.499	17.868	1.021	8,65	1.544	379	30.397.705	9,54	9,54	379	30.397.705	100	7,0	1.076	48.593	8	3,08	129	
900 x 124	123,6	157,5	900	8,00	875	12,5	350	216.973	4.822	37,12	5.414	8.936	511	7,53	780	61	17.588.938	8,98	8,98	61	17.588.938	109	14,0	567	833.006	5	3,18	202	
900 x 142	142,4	181,4	900	8,00	868	16,0	350	262.430	5.832	38,03	6.457	11.437	654	7,94	994	111	22.336.617	9,20	9,20	111	22.336.617	109	10,9	679	364.038	6	3,18	175	
900 x 159	158,5	202,0	900	8,00	862	19,0	350	300.814	6.685	38,59	7.345	13.581	776	8,20	1.178	175	26.345.006	9,33	9,33	175	26.345.006	108	9,2	786	189.802	6	3,18	158	
900 x 177	176,8	225,2	900	8,00	855	22,4	350	343.674	7.637	39,06	8.343	16.010	915	8,43	1.386	277	30.820.107	9,44	9,44	277	30.820.107	107	7,8	914	98.050	8	3,18	141	
900 x 191	190,8	243,0	900	8,00	850	25,0	350	375.994	8.355	39,34	9.101	17.868	1.021	8,58	1.545	380	34.193.929	9,51	9,51	380	34.193.929	106	7,0	1.016	62.254	8	3,18	131	
950 x 127	126,8	161,5	950	8,00	925	12,5	350	245.036	5.159	38,95	5.813	8.936	511	7,44	780	62	19.626.617	8,93	8,93	62	19.626.617	116	14,0	540	1.034.685	5	3,28	203	
950 x 146	145,6	185,4	950	8,00	918	16,0	350	295.858	6.229	39,94	6.916	11.437	654	7,85	995	112	24.934.842	9,15	9,15	112	24.934.842	115	10,9	645	456.494	6	3,28	177	
950 x 162	161,7	206,0	950	8,00	912	19,0	350	338.808	7.133	40,56	7.855	13.581	776	8,12	1.178	176	29.420.216	9,29	9,29	176	29.420.216	114	9,2	746	238.984	6	3,28	159	
950 x 180	179,9	229,2	950	8,00	905	22,4	350	386.806	8.143	41,08	8.911	16.011	915	8,36	1.386	278	34.432.011	9,41	9,41	278	34.432.011	113	7,8	866	123.774	8	3,28	143	
950 x 194	193,9	247,0	950	8,00	900	25,0	350	423.027	8.906	41,38	9.714	17.868	1.021	8,51	1.546	380	38.213.460	9,48	9,48	380	38.213.460	113	7,0	962	78.685	8	3,28	133	
1.000 x 140	139,7	178,0	1.000	8,00	975	12,5	400	305.593	6.112	41,43	6.839	13.337	667	8,66	1.016	69	32.505.208	10,29	10,29	69	32.505.208	122	16,0	507	1.285.729	5	3,58	201	
1.000 x 161	161,3	205,4	1.000	8,00	968	16,0	400	370.339	7.407	42,46	8.172	17.071	854	9,12	1.295	126	41.312.256	10,53	10,53	126	41.312.256	121	12,5	607	561.083	6	3,58	174	
1.000 x 180	179,7	229,0	1.000	8,00	962	19,0	400	425.095	8.502	43,09	9.306	20.271	1.014	9,41	1.535	200	48.759.624	10,68	10,68	200	48.759.624	120	10,5	703	292.760	6	3,58	157	
1.000 x 201	200,7	255,6	1.000	8,00	955	22,4	400	486.331	9.727	43,62	10.584	23.897	1.195	9,67	1.807	316	57.087.252	10,81	10,81	316	57.087.252	119	8,9	817	151.516	8	3,58	140	
1.000 x 217	216,7	276,0	1.000	8,00	950	25,0	400	532.575	10.652	43,93	11.555	26.671	1.334	9,83	2.015	433	63.375.000	10,88	10,88	433	63.375.000	119	8,0	907	96.369	8	3,58	130	

Tab. C.19 (continuação)

Perfis soldados VS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteza local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massa-vidade u/A		
				t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w						Alma	Mesas
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	mm	m ² /m	m ⁻¹	
1.100 x 159	158,7	202,1	1.100	9,50	1.075	12,5	400	394.026	7.164	44,15	8.182	13.341	667	8,12	1.024	9,98	83	39.421.875	113	16,0	506	1.471.754	5	3,78	187
1.100 x 180	180,1	229,5	1.100	9,50	1.068	16,0	400	472.485	8.591	45,38	9.647	17.074	854	8,63	1.304	10,27	140	50.135.723	112	12,5	583	739.851	6	3,78	165
1.100 x 199	198,5	252,9	1.100	9,50	1.062	19,0	400	538.922	9.799	46,16	10.894	20.274	1.014	8,95	1.544	10,45	214	59.207.091	112	10,5	663	411.683	6	3,78	150
1.100 x 219	219,4	279,4	1.100	9,50	1.055	22,4	400	613.316	11.151	46,85	12.300	23.901	1.195	9,25	1.816	10,60	331	69.363.646	111	8,9	762	221.720	8	3,78	135
1.100 x 235	235,3	299,8	1.100	9,50	1.050	25,0	400	669.562	12.174	47,26	13.368	26.674	1.334	9,43	2.024	10,69	447	77.041.667	111	8,0	841	143.531	8	3,78	126
1.200 x 200	200,1	255,0	1.200	9,50	1.168	16,0	450	630.844	10.514	49,74	11.765	24.308	1.080	9,76	1.646	11,59	157	85.162.752	123	14,1	531	1.058.340	6	4,18	164
1.200 x 221	220,9	281,4	1.200	9,50	1.162	19,0	450	720.523	12.009	50,60	13.304	28.865	1.283	10,13	1.950	11,79	240	100.618.930	122	11,8	604	588.088	6	4,18	149
1.200 x 244	244,4	311,3	1.200	9,50	1.155	22,4	450	821.045	13.684	51,35	15.040	34.028	1.512	10,45	2.294	11,95	371	117.942.387	122	10,0	694	316.753	8	4,18	134
1.200 x 262	262,4	334,3	1.200	9,50	1.150	25,0	450	897.121	14.952	51,81	16.360	37.977	1.688	10,66	2.557	12,05	502	131.051.514	121	9,0	766	205.196	8	4,18	125
1.200 x 307	307,3	391,5	1.200	9,50	1.137	31,5	450	1.084.322	18.072	52,63	19.634	47.849	2.127	11,06	3.215	12,24	971	163.303.047	120	7,1	953	79.334	8	4,18	107
1.300 x 237	237,5	302,5	1.300	12,50	1.268	16,0	450	805.914	12.399	51,62	14.269	24.321	1.081	8,97	1.670	11,12	206	100.155.852	101	14,1	563	996.661	6	4,38	145
1.300 x 258	258,1	328,8	1.300	12,50	1.262	19,0	450	910.929	14.014	52,64	15.930	28.877	1.283	9,37	1.973	11,36	289	118.379.952	101	11,8	615	646.241	6	4,38	133
1.300 x 281	281,4	358,5	1.300	12,50	1.255	22,4	450	1.028.744	15.827	53,57	17.802	34.040	1.513	9,74	2.317	11,58	420	138.823.863	100	10,0	685	388.008	8	4,38	122
1.300 x 299	299,3	381,3	1.300	12,50	1.250	25,0	450	1.117.982	17.200	54,15	19.227	37.989	1.688	9,98	2.580	11,71	552	154.307.373	100	9,0	745	264.910	8	4,38	115
1.300 x 344	343,9	438,1	1.300	12,50	1.237	31,5	450	1.337.847	20.582	55,26	22.763	47.861	2.127	10,45	3.238	11,95	1.020	192.449.947	99	7,1	908	109.832	8	4,38	100
1.400 x 260	259,8	331,0	1.400	12,50	1.368	16,0	500	1.032.894	14.756	55,86	16.920	33.356	1.334	10,04	2.053	12,40	227	159.621.333	109	15,6	519	1.361.444	6	4,78	144
1.400 x 283	282,8	360,3	1.400	12,50	1.362	19,0	500	1.169.143	16.702	56,97	18.917	39.606	1.584	10,49	2.428	12,67	319	188.729.474	109	13,2	567	879.255	6	4,78	133
1.400 x 309	308,8	393,4	1.400	12,50	1.355	22,4	500	1.322.113	18.887	57,97	21.168	46.689	1.868	10,89	2.853	12,90	464	221.407.872	108	11,2	632	526.605	8	4,78	121
1.400 x 329	328,7	418,8	1.400	12,50	1.350	25,0	500	1.438.060	20.544	58,60	22.883	52.105	2.084	11,15	3.178	13,04	610	246.175.130	108	10,0	688	359.241	8	4,78	114
1.400 x 378	378,5	482,1	1.400	12,50	1.337	31,5	500	1.724.041	24.629	59,80	27.140	65.647	2.626	11,67	3.990	13,31	1.131	307.254.979	107	7,9	838	148.976	8	4,78	99
1.400 x 424	424,4	540,6	1.400	12,50	1.325	37,5	500	1.983.133	28.330	60,57	31.033	78.147	3.126	12,02	4.739	13,48	1.847	362.579.346	106	6,7	986	73.303	8	4,78	88
1.400 x 478	478,0	608,9	1.400	12,50	1.311	44,5	500	2.279.533	32.565	61,19	35.531	92.730	3.709	12,34	5.614	13,62	3.026	425.851.152	105	5,6	1.165	35.705	8	4,78	78
1.500 x 270	269,6	343,5	1.500	12,50	1.468	16,0	500	1.210.476	16.140	59,36	18.606	33.357	1.334	9,85	2.057	12,28	233	183.521.333	117	15,6	490	1.769.492	6	4,98	145
1.500 x 293	292,6	372,8	1.500	12,50	1.462	19,0	500	1.367.419	18.232	60,57	20.749	39.607	1.584	10,31	2.432	12,56	325	217.051.349	117	13,2	534	1.157.145	6	4,98	133
1.500 x 319	318,6	403,9	1.500	12,50	1.455	22,4	500	1.543.737	20.583	61,67	23.167	46.690	1.868	10,73	2.857	12,81	471	254.718.539	116	11,2	594	699.723	8	4,98	123

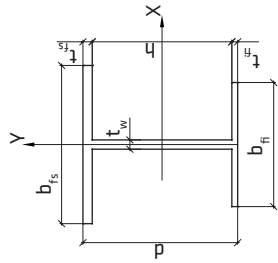
Tab. C.19 (continuação)

Perfis soldados VS	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbelteza local λ		X1	Filete de solda e_c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A			
				t_w	h	t_f	b_f	I_x	W_x	r_x	Z_x	I_y	W_y	r_y	Z_y	r_T	I_T	C_w					Alma	Mesas	kN/cm^2
NBR 5884	338,5	431,3	1.500	12,50	1.450	25,0	500	1.677.461	22.366	62,37	25.008	52.107	2.084	10,99	3.182	12,96	617	283.284.505	116	10,0	644	479.688	8	4,98	115
1.500 x 339	388,3	494,6	1.500	12,50	1.437	31,5	500	2.007.598	26.768	63,71	29.582	65.648	2.626	11,52	3.994	13,23	1.137	353.799.510	115	7,9	783	200.314	8	4,98	101
1.500 x 434	434,2	553,1	1.500	12,50	1.425	37,5	500	2.307.085	30.761	64,58	33.768	78.148	3.126	11,89	4.743	13,41	1.853	417.755.127	114	6,7	920	98.871	8	4,98	90
1.500 x 488	487,8	621,4	1.500	12,50	1.411	44,5	500	2.650.168	35.336	65,31	38.607	92.731	3.709	12,22	5.618	13,57	3.032	491.001.933	113	5,6	1.086	48.263	8	4,98	80
1.600 x 328	328,4	418,4	1.600	12,50	1.555	22,4	500	1.785.655	22.321	65,33	25.227	46.692	1.868	10,56	2.861	12,72	477	290.362.539	124	11,2	560	912.545	8	5,18	124
1.600 x 348	348,3	443,8	1.600	12,50	1.550	25,0	500	1.938.424	24.230	66,09	27.195	52.109	2.084	10,84	3.186	12,87	623	322.998.047	124	10,0	607	628.549	8	5,18	117
1.600 x 398	398,1	507,1	1.600	12,50	1.537	31,5	500	2.315.887	28.949	67,58	32.086	65.650	2.626	11,38	3.998	13,16	1.144	403.625.291	123	7,9	735	264.234	8	5,18	102
1.600 x 444	444,0	565,6	1.600	12,50	1.525	37,5	500	2.658.693	33.234	68,56	36.564	78.150	3.126	11,75	4.747	13,35	1.860	476.837.158	122	6,7	862	130.802	8	5,18	91
1.600 x 498	497,6	633,9	1.600	12,50	1.511	44,5	500	3.051.871	38.148	69,39	41.745	92.733	3.709	12,10	5.622	13,51	3.039	560.788.131	121	5,6	1.017	63.971	8	5,18	82
1.700 x 338	338,3	430,9	1.700	12,50	1.655	22,4	500	2.048.493	24.100	68,95	27.351	46.694	1.868	10,41	2.865	12,62	484	328.339.872	132	11,2	529	1.170.771	8	5,38	125
1.700 x 358	358,2	456,3	1.700	12,50	1.650	25,0	500	2.221.576	26.136	69,78	29.445	52.110	2.084	10,69	3.189	12,79	630	365.315.755	132	10,0	573	810.095	8	5,38	118
1.700 x 408	407,9	519,6	1.700	12,50	1.637	31,5	500	2.649.532	31.171	71,41	34.653	65.652	2.626	11,24	4.001	13,09	1.150	456.732.322	131	7,9	693	342.750	8	5,38	103
1.700 x 454	453,8	578,1	1.700	12,50	1.625	37,5	500	3.038.582	35.748	72,50	39.424	78.151	3.126	11,63	4.751	13,29	1.866	539.825.439	130	6,7	812	170.138	8	5,38	93
1.700 x 507	507,4	646,4	1.700	12,50	1.611	44,5	500	3.485.268	41.003	73,43	44.945	92.735	3.709	11,98	5.625	13,46	3.045	635.209.745	129	5,6	956	83.352	8	5,38	83
1.800 x 348	348,1	443,4	1.800	12,50	1.755	22,4	500	2.332.876	25.921	72,54	29.536	46.695	1.868	10,26	2.869	12,54	490	368.650.539	140	11,2	503	1.480.493	8	5,58	126
1.800 x 368	368,0	468,8	1.800	12,50	1.750	25,0	500	2.527.539	28.084	73,43	31.758	52.112	2.084	10,54	3.193	12,70	636	410.237.630	140	10,0	543	1.028.926	8	5,58	119
1.800 x 418	417,7	532,1	1.800	12,50	1.737	31,5	500	3.009.158	33.435	75,20	37.283	65.653	2.626	11,11	4.005	13,02	1.157	513.120.604	139	7,9	656	438.054	8	5,58	105
1.800 x 464	463,6	590,6	1.800	12,50	1.725	37,5	500	3.447.378	38.304	76,40	42.346	78.153	3.126	11,50	4.755	13,22	1.873	606.719.971	138	6,7	767	218.017	8	5,58	94
1.800 x 517	517,2	658,9	1.800	12,50	1.711	44,5	500	3.950.984	43.900	77,44	48.208	92.736	3.709	11,86	5.629	13,40	3.052	714.266.777	137	5,6	903	106.977	8	5,58	85
1.800 x 465	465,4	592,9	1.800	16,00	1.737	31,5	500	3.162.016	35.134	73,03	39.923	65.684	2.627	10,53	4.049	12,69	1.283	513.120.604	109	7,9	694	392.966	8	5,57	94
1.800 x 511	511,0	651,0	1.800	16,00	1.725	37,5	500	3.597.089	39.968	74,33	44.949	78.184	3.127	10,96	4.798	12,94	1.998	606.719.971	108	6,7	798	208.318	8	5,57	86
1.800 x 564	564,2	718,8	1.800	16,00	1.711	44,5	500	4.097.080	45.523	75,50	50.770	92.767	3.711	11,36	5.672	13,15	3.177	714.266.777	107	5,6	928	106.098	8	5,57	77
1.900 x 429	428,6	546,0	1.900	16,00	1.850	25,0	500	3.041.613	32.017	74,64	37.128	52.146	2.086	9,77	3.243	12,23	777	457.763.672	116	10,0	568	1.000.798	8	5,77	106
1.900 x 478	478,0	608,9	1.900	16,00	1.837	31,5	500	3.576.198	37.644	76,64	42.927	65.688	2.628	10,39	4.055	12,61	1.297	572.790.135	115	7,9	660	493.026	8	5,77	95

Tab. C.19 (continuação)

Perfis soldados VS	Massa	Área	Altura	Alma		Mesas		Eixo X-X			Eixo Y-Y			Propriedades da torção			Esbeltez local λ		X1	X2 x 10 ⁶	Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A			
	m	A	d	t _w	h	t _f	b _f	I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w						Alma	Mesas	kN/cm ²
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _f	1/(kN/cm ²) ²	mm	m ² /m	m ⁻¹
1.900 x 524	523,6	667,0	1.900	16,00	1.825	37,5	500	4.062.991	42.768	78,05	48.244	78.187	3.127	10,83	4.804	12,87	2.012	677.520.752	114	6,7	757	262.757	8	5,77	86	
1.900 x 577	576,8	734,8	1.900	16,00	1.811	44,5	500	4.622.882	48.662	79,32	54.404	92.770	3.711	11,24	5.678	13,09	3.191	797.959.225	113	5,6	879	134.277	8	5,77	79	
2.000 x 461	460,8	587,0	2.000	16,00	1.950	25,0	550	3.670.473	36.705	79,08	42.366	69.389	2.523	10,87	3.906	13,53	843	676.006.755	122	11,0	535	1.240.837	8	6,17	105	
2.000 x 515	515,3	656,4	2.000	16,00	1.937	31,5	550	4.326.007	43.260	81,18	49.112	87.413	3.179	11,54	4.888	13,94	1.415	846.171.159	121	8,7	623	607.411	8	6,17	94	
2.000 x 566	565,6	720,5	2.000	16,00	1.925	37,5	550	4.923.357	49.234	82,66	55.299	104.050	3.784	12,02	5.795	14,21	2.202	1.001.215.179	120	7,3	715	322.983	8	6,17	86	
2.000 x 624	624,3	795,3	2.000	16,00	1.911	44,5	550	5.610.913	56.109	84,00	62.469	123.460	4.489	12,46	6.853	14,45	3.498	1.179.648.116	119	6,2	831	164.989	8	6,17	78	

sendo E = 20.500 kN/cm² e G = 7.720 kN/cm².



Tab. C.20 Perfil soldado série VSA – para vigas de rolamento

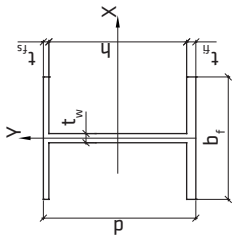
Perfil soldado VSA	Massa m kg/m	Área A cm ²	Altura d mm	Alma		Mesas				CG d ₂ mm	Eixo X-X						Eixo Y-Y						Propriedades da torção			Esbelteza local λ		Fillete de solda e _c mm	Área de pintura u m ² /m
				t _w	h	t _{fs}	b _{fs}	t _{fi}	b _{fi}		I _x	W _{xs}	W _{xt}	r _x	Z _x	I _{yms}	W _{yms}	r _{yms}	Z _y	r _T	I _T	C _w	Alma	Mesas					
				mm	mm	mm	mm	mm	mm		cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/t _w	b _f /2t _{fs}					
500 × 74	74,4	94,7	500	8,00	478	12,50	300	9,50	200	296,7	38,931	1,915	1,312	20,27	1,838	2,815	188	8,66	384	8,13	33	1.236,085	60	12,0	5	1,98			
500 × 82	82,4	105,0	500	8,00	475	16,00	300	9,50	200	315,1	42,228	2,284	1,340	20,06	2,083	3,602	240	8,66	463	8,28	55	1.278,663	59	9,4	5	1,98			
500 × 87	86,9	110,7	500	8,00	472	16,00	300	12,50	200	299,3	47,278	2,355	1,580	20,66	2,218	3,602	240	8,66	493	8,25	62	1.596,675	59	9,4	5	1,98			
500 × 94	93,8	119,5	500	8,00	469	19,00	300	12,50	200	312,7	50,003	2,670	1,599	20,46	2,424	4,277	285	8,66	560	8,34	90	1.635,366	59	7,9	5	1,98			
500 × 104	103,6	132,0	500	8,00	469	19,00	300	12,50	300	283,7	60,633	2,803	2,137	21,43	2,727	4,277	285	8,66	716	8,29	96	3.978,092	59	7,9	5	2,18			
550 × 78	77,5	98,7	550	8,00	528	12,50	300	9,50	200	324,4	48,370	2,144	1,491	22,13	2,080	2,815	188	8,66	385	8,07	34	1.501,786	66	12,0	5	2,08			
550 × 86	85,5	109,0	550	8,00	525	16,00	300	9,50	200	344,2	52,506	2,552	1,525	21,95	2,350	3,602	240	8,66	463	8,24	56	1.554,552	66	9,4	5	2,08			
550 × 90	90,1	114,7	550	8,00	522	16,00	300	12,50	200	327,5	58,582	2,633	1,789	22,60	2,499	3,602	240	8,66	493	8,20	63	1.942,295	65	9,4	5	2,08			
550 × 97	96,9	123,5	550	8,00	519	19,00	300	12,50	200	342,1	62,002	2,982	1,813	22,41	2,728	4,277	285	8,66	561	8,30	90	1.990,512	65	7,9	5	2,08			
550 × 107	106,7	136,0	550	8,00	519	19,00	300	12,50	300	311,2	74,803	3,132	2,404	23,45	3,062	4,277	285	8,66	717	8,25	97	4.841,998	65	7,9	5	2,28			
600 × 81	80,7	102,7	600	8,00	578	12,50	300	9,50	200	351,9	59,030	2,380	1,677	23,97	2,332	2,815	188	8,66	385	8,02	35	1.793,334	72	12,0	5	2,18			
600 × 89	88,7	113,0	600	8,00	575	16,00	300	9,50	200	373,1	64,112	2,825	1,718	23,82	2,627	3,602	240	8,66	464	8,19	56	1.857,370	72	9,4	5	2,18			
600 × 93	93,2	118,7	600	8,00	572	16,00	300	12,50	200	355,5	71,297	2,916	2,005	24,51	2,791	3,602	240	8,66	494	8,16	64	2.321,750	71	9,4	5	2,18			
600 × 100	100,1	127,5	600	8,00	569	19,00	300	12,50	200	371,1	75,500	3,299	2,034	24,34	3,042	4,277	285	8,66	562	8,26	91	2.380,527	71	7,9	5	2,18			
600 × 110	109,9	140,0	600	8,00	569	19,00	300	12,50	300	338,5	90,657	3,467	2,678	25,45	3,407	4,277	285	8,66	718	8,21	98	5.790,726	71	7,9	5	2,38			
600 × 112	112,4	143,2	600	8,00	569	19,00	350	12,50	250	369,8	88,394	3,839	2,391	24,84	3,502	6,791	388	10,11	786	9,70	106	4.481,356	71	9,2	5	2,38			
600 × 117	117,3	149,5	600	8,00	569	19,00	350	12,50	300	354,6	96,308	3,924	2,716	25,38	3,684	6,791	388	10,11	872	9,67	109	6.788,098	71	9,2	5	2,48			
650 × 84	83,8	106,7	650	8,00	628	12,50	300	9,50	200	379,3	70,962	2,621	1,871	25,78	2,594	2,815	188	8,66	386	7,96	36	2.110,728	79	12,0	5	2,28			
650 × 92	91,8	117,0	650	8,00	625	16,00	300	9,50	200	401,7	77,097	3,105	1,919	25,67	2,915	3,603	240	8,66	465	8,15	57	2.187,117	78	9,4	5	2,28			

Tab. C.20 (continuação)

Perfil soldado VSA	Massa		Área		Altura		Alma			Mesas						CG	Eixo X-X						Eixo Y-Y						Propriedades da torção				Esbeltez local λ		Fillete de solda	Área de pintura
	m	kg/m	A	d	t _w	h	t _{fs}	b _{fs}	t _{fi}	b _{fi}	d _z	I _x	W _{xs}	W _{xi}	r _x	Z _x	I _{yms}	W _{yms}	r _{yms}	Z _y	r _T	I _T	C _w	Alma	h/t _w	Mesas	e _c	u								
																													cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
650 x 96	96,3	122,7	650	8,00	622	16,00	300	12,50	200	383,3	85,477	3,206	2,230	26,39	3,093	3,603	240	8,66	495	8,11	65	2.735,040	78	9,4	5	2,28										
650 x 103	103,2	131,5	650	8,00	619	19,00	300	12,50	200	399,9	90,552	3,621	2,264	26,24	3,366	4,278	285	8,66	562	8,23	92	2.805,412	77	7,9	5	2,28										
650 x 113	113,0	144,0	650	8,00	619	19,00	300	12,50	300	365,8	108,246	3,808	2,959	27,42	3,762	4,278	285	8,66	719	8,17	99	6.824,275	77	7,9	5	2,48										
650 x 116	115,6	147,2	650	8,00	619	19,00	350	12,50	250	398,8	105,738	4,209	2,652	26,80	3,865	6,791	388	10,11	787	9,66	107	5.281,204	77	9,2	5	2,48										
650 x 120	120,5	153,5	650	8,00	619	19,00	350	12,50	300	382,8	114,976	4,303	3,004	27,37	4,063	6,791	388	10,11	873	9,64	110	7.999,662	77	9,2	5	2,58										
700 x 119	118,6	151,0	700	9,50	672	16,00	350	12,50	250	404,9	121,856	4,130	3,009	28,40	4,063	5,721	327	10,11	700	9,39	83	5.957,645	71	10,9	5	2,58										
700 x 130	129,8	165,3	700	9,50	672	16,00	400	12,50	300	403,8	138,383	4,671	3,427	28,93	4,551	8,538	427	11,55	936	10,82	93	9.947,329	71	12,5	5	2,78										
700 x 127	126,6	161,3	700	9,50	669	19,00	350	12,50	250	422,5	129,227	4,657	3,058	28,31	4,406	6,793	388	10,11	792	9,53	115	6.146,695	70	9,2	5	2,58										
700 x 139	139,0	177,0	700	9,50	669	19,00	400	12,50	300	422,2	146,883	5,287	3,479	28,81	4,944	10,138	507	11,55	1.056	10,97	130	10.307,289	70	10,5	5	2,78										
700 x 135	134,6	171,5	700	9,50	666	22,00	350	12,50	250	437,8	135,571	5,171	3,096	28,12	4,747	7,865	449	10,11	884	9,64	160	6.285,534	70	8,0	5	2,58										
700 x 148	148,1	188,7	700	9,50	666	22,00	400	12,50	300	438,2	154,157	5,888	3,518	28,58	5,336	11,738	587	11,55	1.176	11,08	181	10.575,447	70	9,1	5	2,78										
700 x 156	156,1	198,9	700	9,50	662	22,00	400	16,00	300	416,5	171,495	6,049	4,117	29,36	5,672	11,738	587	11,55	1.255	11,04	202	12.775,607	70	9,1	6	2,78										
750 x 122	122,3	155,8	750	9,50	722	16,00	350	12,50	250	432,2	142,576	4,486	3,299	30,25	4,446	5,722	327	10,11	702	9,34	85	6.858,095	76	10,9	5	2,68										
750 x 130	130,3	166,0	750	9,50	719	19,00	350	12,50	250	450,7	151,222	5,052	3,356	30,18	4,815	6,794	388	10,11	793	9,49	117	7.077,827	76	9,2	5	2,68										
750 x 133	133,5	170,0	750	9,50	722	16,00	400	12,50	300	431,1	161,594	5,067	3,748	30,83	4,970	8,538	427	11,55	938	10,77	95	11.450,788	76	12,5	5	2,88										
750 x 138	138,3	176,2	750	9,50	716	22,00	350	12,50	250	466,8	158,704	5,604	3,400	30,01	5,182	7,866	449	10,11	885	9,60	161	7.239,864	75	8,0	5	2,68										
750 x 143	142,7	181,8	750	9,50	719	19,00	400	12,50	300	450,5	171,551	5,728	3,808	30,72	5,393	10,138	507	11,55	1.057	10,93	132	11.868,689	76	10,5	5	2,88										
750 x 152	151,9	193,5	750	9,50	716	22,00	400	12,50	300	467,4	180,116	6,374	3,853	30,51	5,814	11,738	587	11,55	1.177	11,04	182	12.181,113	75	9,1	5	2,88										
750 x 160	159,9	203,6	750	9,50	712	22,00	400	16,00	300	444,8	199,954	6,551	4,495	31,34	6,175	11,738	587	11,55	1.256	11,00	203	14.720,484	75	9,1	6	2,88										
800 x 134	134,0	170,8	800	9,50	769	19,00	350	12,50	250	478,6	175,262	5,454	3,662	32,04	5,236	6,794	388	10,11	795	9,45	118	8.074,601	81	9,2	5	2,78										
800 x 142	142,1	181,0	800	9,50	766	22,00	350	12,50	250	495,6	183,987	6,044	3,712	31,89	5,628	7,866	449	10,11	886	9,56	162	8.261,614	81	8,0	5	2,78										
800 x 146	146,4	186,5	800	9,50	769	19,00	400	12,50	300	478,7	198,452	6,176	4,146	32,62	5,853	10,139	507	11,55	1.059	10,88	133	13.540,163	81	10,5	5	2,98										
800 x 150	150,1	191,2	800	9,50	763	25,00	350	12,50	250	510,6	191,616	6,622	3,753	31,66	6,020	8,938	511	10,11	978	9,65	220	8.402,956	80	7,0	5	2,78										
800 x 156	155,6	198,2	800	9,50	766	22,00	400	12,50	300	496,5	208,427	6,867	4,198	32,43	6,303	11,739	587	11,55	1.179	11,00	183	13.900,214	81	9,1	5	2,98										
800 x 165	164,8	209,9	800	9,50	763	25,00	400	12,50	300	512,1	217,101	7,541	4,240	32,16	6,752	13,339	667	11,55	1.298	11,09	250	14.175,907	80	8,0	5	2,98										
800 x 173	172,8	220,1	800	9,50	759	25,00	400	16,00	300	489,1	241,137	7,756	4,930	33,10	7,136	13,339	667	11,55	1.377	11,06	271	17.223,881	80	8,0	6	2,98										

Tab. C.20 (continuação)

Perfil soldado VSA	Massa		Área		Altura		Alma		Mesas				CG		Eixo X-X						Eixo Y-Y						Propriedades da torção				Esbeltez local λ		Filete de solda		Área de pintura																
	m	kg/m	A	cm ²	d	mm	t _w	mm	h	t _{f5}	mm	b _{f5}	mm	t _{fj}	mm	b _{fj}	mm	d ₂	mm	I _x	cm ⁴	W _{as}	cm ³	W _{xi}	cm ³	r _x	cm	Z _x	cm ³	I _{ym}	cm ⁴	W _{ym}	cm ³	r _{ym}	cm	Z _y	cm ³	r _r	cm	I _r	cm ⁴	C _w	cm ⁶	Alma	h/t _w	b _f /2t _{f5}	Mesas	e _c	mm	u	m ² /m
900 x 142	141,5	180,3	900	9,5	869	19,00	350	12,50	250	534,1	229,721	6,278	4,301	35,70	6,113	6,795	388	10,11	797	9,36	121	10,265,076	91	9,2	5	2,98																									
900 x 150	149,5	190,5	900	9,5	866	22,00	350	12,50	250	552,6	241,255	6,945	4,366	35,59	6,557	7,867	450	10,11	889	9,49	165	10,507,374	91	8,0	5	2,98																									
900 x 154	153,9	196,0	900	9,5	869	19,00	400	12,50	300	534,5	259,206	7,092	4,849	36,37	6,810	10,140	507	11,55	1,061	10,79	136	17,213,334	91	10,5	5	3,18																									
900 x 158	157,5	200,7	900	9,5	863	25,00	350	12,50	250	569,1	251,425	7,598	4,418	35,40	6,999	8,938	511	10,11	980	9,59	223	10,691,787	91	7,0	5	2,98																									
900 x 163	163,1	207,7	900	9,5	866	22,00	400	12,50	300	554,0	272,360	7,871	4,916	36,21	7,318	11,740	587	11,55	1,181	10,93	186	17,678,719	91	9,1	5	3,18																									
900 x 172	172,3	219,4	900	9,5	863	25,00	400	12,50	300	571,2	283,895	8,634	4,970	35,97	7,825	13,339	667	11,55	1,301	11,03	253	18,037,198	91	8,0	5	3,18																									
900 x 180	180,2	229,6	900	9,5	859	25,00	400	16,00	300	546,5	314,038	8,885	5,746	36,98	8,261	13,339	667	11,55	1,379	10,99	274	21,926,558	90	8,0	6	3,18																									
1.000 x 161	161,3	205,5	1.000	9,50	969	19,00	400	12,50	300	589,8	329,638	8,037	5,589	40,05	7,813	10,140	507	11,55	1,063	10,71	139	21,326,800	102	10,5	5	3,38																									
1.000 x 171	170,5	217,2	1.000	9,50	966	22,00	400	12,50	300	610,9	346,466	8,903	5,672	39,94	8,381	11,740	587	11,55	1,183	10,85	189	21,910,962	102	9,1	5	3,38																									
1.000 x 174	173,7	221,3	1.000	9,50	969	19,00	450	12,50	350	590,6	366,176	8,943	6,200	40,68	8,588	14,435	642	12,99	1,367	12,14	153	33,038,742	102	11,8	5	3,58																									
1.000 x 180	179,7	228,9	1.000	9,50	963	25,00	400	12,50	300	629,6	361,327	9,754	5,739	39,73	8,946	13,340	667	11,55	1,303	10,96	255	22,363,004	101	8,0	5	3,38																									
1.000 x 184	184,1	234,5	1.000	9,50	966	22,00	450	12,50	350	612,5	385,041	9,936	6,287	40,52	9,228	16,713	743	12,99	1,518	12,29	210	34,085,174	102	10,2	5	3,58																									
1.000 x 188	187,7	239,1	1.000	9,50	959	25,00	400	16,00	300	603,4	398,185	10,040	6,599	40,81	9,433	13,340	667	11,55	1,382	10,92	277	27,196,165	101	8,0	6	3,38																									
1.000 x 194	194,4	247,7	1.000	9,50	963	25,00	450	12,50	350	631,9	401,618	10,911	6,356	40,27	9,866	18,991	844	12,99	1,670	12,41	285	34,812,567	101	9,0	5	3,58																									
1.000 x 204	203,8	259,6	1.000	9,50	959	25,00	450	16,00	350	603,5	444,995	11,224	7,373	41,40	10,437	18,991	844	12,99	1,777	12,36	310	42,153,417	101	9,0	6	3,58																									
1.100 x 169	168,8	215,0	1.100	9,50	1,069	19,00	400	12,50	300	644,7	410,239	9,010	6,363	43,68	8,865	10,141	507	11,55	1,065	10,62	142	25,880,562	112	10,5	5	3,58																									
1.100 x 178	178,0	226,7	1.100	9,50	1,066	22,00	400	12,50	300	667,2	431,244	9,963	6,464	43,61	9,491	11,741	587	11,55	1,185	10,78	192	26,596,943	112	9,1	5	3,58																									
1.100 x 181	181,1	230,8	1.100	9,50	1,069	19,00	450	12,50	350	645,7	454,597	10,008	7,040	44,38	9,718	14,436	642	12,99	1,369	12,06	156	40,093,274	112	11,8	5	3,78																									
1.100 x 187	187,2	238,4	1.100	9,50	1,063	25,00	400	12,50	300	687,3	449,910	10,901	6,546	43,44	10,115	13,341	667	11,55	1,305	10,90	258	27,153,327	112	8,0	5	3,58																									
1.100 x 192	191,5	244,0	1.100	9,50	1,066	22,00	450	12,50	350	669,2	478,113	11,099	7,144	44,27	10,424	16,714	743	12,99	1,521	12,22	213	41,314,096	112	10,2	5	3,78																									
1.100 x 195	195,2	248,6	1.100	9,50	1,059	25,00	400	16,00	300	659,7	494,080	11,222	7,489	44,58	10,652	13,341	667	11,55	1,384	10,86	280	33,032,700	111	8,0	6	3,58																									
1.100 x 202	201,9	257,2	1.100	9,50	1,063	25,00	450	12,50	350	690,2	498,906	12,173	7,229	44,04	11,128	18,992	844	12,99	1,672	12,34	288	42,269,679	112	9,0	5	3,78																									
1.100 x 211	211,2	269,1	1.100	9,50	1,059	25,00	450	16,00	350	660,2	550,941	12,528	8,345	45,25	11,758	18,992	844	12,99	1,780	12,29	312	51,199,910	111	9,0	6	3,78																									
1.200 x 176	176,2	224,5	1.200	9,50	1,169	19,00	400	12,50	300	699,1	501,499	10,012	7,173	47,26	9,963	10,142	507	11,55	1,068	10,54	144	30,874,621	123	10,5	5	3,78																									
1.200 x 185	185,4	236,2	1.200	9,50	1,166	22,00	400	12,50	300	722,9	527,194	11,051	7,292	47,24	10,648	11,742	587	11,55	1,188	10,70	195	31,796,662	123	9,1	5	3,78																									
1.200 x 189	188,6	240,3	1.200	9,50	1,169	19,00	450	12,50	350	700,5	554,441	11,100	7,915	48,04	10,896	14,436	642	12,99	1,371	11,97	159	47,829,897	123	11,8	5	3,98																									
1.200 x 199	199,0	253,5	1.200	9,50	1,166	22,00	450	12,50	350	725,5	583,178	12,290	8,038	47,97	11,668	16,715	743	12,99	1,523	12,14	216	49,297,828	123	10,2	5	3,98																									
1.200 x 200	199,5	254,2	1.200	9,50	1,163	25,00	400	12,50	350	726,2	583,370	12,313	8,033	47,91	11,700	13,342	667	11,55	1,409	10,81	264	46,681,842	122	8,0	5	3,88																									
1.200 x 209	209,3	266,7	1.200	9,50	1,163	25,00	450	12,50	350	747,8	608,727	13,463	8,140	47,78	12,438	18,993	844	12,99	1,675	12,27	290	50,449,905	122	9,0	5	3,98																									
1.200 x 224	224,1	285,4	1.200	9,50	1,152	32,00	400	16,00	300	759,3	653,593	14,830	8,608	47,85	13,501	17,075	854	11,55	1,666	11,00	511	41,114,538	121	6,3	6	3,78																									
1.200 x 243	242,9	309,4	1.200	9,50	1,152	32,00	450	16,00	350	761,8	727,605	16,605	9,551	48,49	14,912	24,308	1,080	12,99	2,136	12,45	572	64,003,146	121	7,0	6	3,98																									

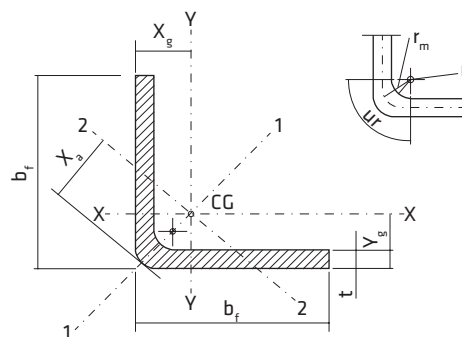


Tab. C.21 Perfil I soldado série VSM – NBR 5884 – para vigas mistas

Perfis soldados VSM	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas			CG	Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção			Esbeltezes local λ		Filete de solda e _c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A				
				t _w	h	t _{fs}	t _{fi}	b _f		d ₂	I _x	W _{xs}	W _{xi}	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y	r _T	I _T	C _w				Alma	Mesas		
NBR 5884	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ⁶	cm ⁶	cm ⁴	cm ⁴	cm	mm	m ² /m	m ⁻¹
150 x 16	16,3	20,8	150	4,75	136	6,35	8,00	100	69,9	825	103	118	6,30	124	120	24	2,40	37	2,65	3	6.018	29	7,9	5	0,69	332			
150 x 17	17,4	22,2	150	4,75	134	6,35	9,50	100	65,9	875	104	133	6,27	134	132	26	2,44	40	2,64	4	6.402	28	7,9	5	0,69	311			
150 x 20	19,7	25,1	150	4,75	131	6,35	12,50	100	59,7	951	105	159	6,16	153	157	31	2,50	48	2,63	8	6.994	28	7,9	5	0,69	275			
150 x 21	21,2	27,0	150	4,75	134	6,35	9,50	130	65,2	1.106	130	170	6,40	168	290	45	3,28	68	3,50	5	14.065	28	10,2	5	0,81	300			
150 x 24	24,1	30,7	150	4,75	131	6,35	12,50	130	58,6	1.203	132	205	6,26	193	345	53	3,35	80	3,48	10	15.235	28	10,2	5	0,81	264			
200 x 18	18,2	23,2	200	4,75	186	6,35	8,00	100	93,7	1.577	148	168	8,25	179	120	24	2,27	37	2,58	3	10.969	39	7,9	5	0,79	341			
200 x 19	19,3	24,6	200	4,75	184	6,35	9,50	100	88,8	1.675	151	189	8,25	192	132	26	2,32	41	2,57	4	11.701	39	7,9	5	0,79	321			
200 x 22	21,6	27,5	200	4,75	181	6,35	12,50	100	80,7	1.829	153	227	8,16	219	157	31	2,39	48	2,55	8	12.745	38	7,9	5	0,79	288			
200 x 23	23,0	29,4	200	4,75	184	6,35	9,50	130	87,6	2.098	187	239	8,45	238	290	45	3,15	68	3,42	5	25.707	39	10,2	5	0,91	310			
200 x 26	26,0	33,1	200	4,75	181	6,35	12,50	130	78,9	2.294	189	291	8,32	272	345	53	3,23	81	3,40	10	28.000	38	10,2	5	0,91	275			
250 x 20	20,1	25,5	250	4,75	236	6,35	8,00	100	117,8	2.619	198	222	10,13	240	120	24	2,17	37	2,52	3	17.395	50	7,9	5	0,89	349			
250 x 21	21,2	27,0	250	4,75	234	6,35	9,50	100	112,0	2.780	201	248	10,15	257	132	26	2,21	41	2,51	5	18.586	49	7,9	5	0,89	330			
250 x 23	23,4	29,8	250	4,75	231	6,35	12,50	100	102,3	3.043	206	297	10,10	290	157	31	2,30	48	2,48	8	20.309	49	7,9	5	0,89	299			
250 x 25	24,9	31,7	250	4,75	234	6,35	9,50	130	110,4	3.453	247	313	10,43	315	290	45	3,03	68	3,35	6	40.834	49	10,2	5	1,01	318			
250 x 28	27,9	35,5	250	4,75	231	6,35	12,50	130	99,9	3.786	252	379	10,33	358	345	53	3,12	81	3,32	10	44.619	49	10,2	5	1,01	285			
300 x 25	25,3	32,2	300	4,75	286	6,35	8,00	130	140,8	4.893	307	347	12,32	370	263	40	2,86	62	3,30	4	55.575	60	10,2	5	1,11	345			
300 x 27	26,8	34,1	300	4,75	284	6,35	9,50	130	133,6	5.203	313	390	12,35	397	290	45	2,92	69	3,28	6	59.444	60	10,2	5	1,11	326			
300 x 29	29,3	37,3	300	4,75	284	6,35	9,50	150	132,6	5.856	350	442	12,53	443	446	59	3,46	91	3,85	7	91.317	60	11,8	5	1,19	319			
300 x 30	29,7	37,9	300	4,75	281	6,35	12,50	130	121,4	5.711	320	470	12,28	450	345	53	3,02	81	3,25	11	65.094	59	10,2	5	1,11	293			
300 x 33	32,7	41,6	300	4,75	281	6,35	12,50	150	119,8	6.433	357	537	12,43	505	530	71	3,57	108	3,81	12	99.996	59	11,8	5	1,19	286			

Tab. C.21 (continuação)

Perfis soldados VSM	Massa m	Área A	Altura d	Alma		Mesas			CG	Eixo X-X				Eixo Y-Y				Propriedades da torção			Esbeltez local λ		Filete de solda e_c	Área de pintura u	Fator de massividade u/A			
				t_w	h	t_{fs}	t_{ff}	b_f		d_2	I_x	W_{xs}	W_{xi}	r_x	Z_x	I_y	W_y	r_y	Z_y	r_T	I_T	C_w				Alma	Mesas	
	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	h/ t_w	b/2t _{fs}	mm	m ² /m	m ⁻¹	
NBR 5884																												
550 × 90	90,1	114,8	550	6,35	519	12,50	19,00	260	237,8	64.104	2.053	2.696	23,63	2.615	4.615	355	6,34	538	6,87	81	3.151.962	82	10,4	6	2,13	185		
600 × 85	84,7	107,8	600	8,00	578	9,50	12,50	280	278,1	65.754	2.043	2.364	24,69	2.482	4.027	288	6,11	440	7,05	36	3.425.582	72	14,7	5	2,30	214		
600 × 92	92,1	117,4	600	8,00	575	9,50	16,00	280	256,7	71.846	2.093	2.799	24,74	2.757	4.667	333	6,31	509	7,00	56	3.760.472	72	14,7	6	2,30	196		
600 × 99	98,5	125,5	600	8,00	572	9,50	19,00	280	241,2	76.212	2.124	3.160	24,64	2.990	5.216	373	6,45	568	6,96	82	3.975.116	71	14,7	6	2,30	184		
600 × 103	103,0	131,2	600	8,00	572	12,50	16,00	300	277,7	85.096	2.641	3.064	25,47	3.157	6.415	428	6,99	650	7,84	70	5.417.417	71	12,0	6	2,38	182		
600 × 110	109,9	140,0	600	8,00	569	12,50	19,00	300	261,5	90.657	2.678	3.467	25,45	3.407	7.090	473	7,12	718	7,80	98	5.790.726	71	12,0	6	2,38	170		
650 × 88	87,8	111,8	650	8,00	628	9,50	12,50	280	302,1	78.774	2.264	2.608	26,54	2.757	4.027	288	6,00	441	6,99	37	4.031.861	79	14,7	5	2,40	215		
650 × 95	95,3	121,4	650	8,00	625	9,50	16,00	280	279,5	86.043	2.322	3.078	26,63	3.055	4.667	333	6,20	510	6,93	57	4.428.085	78	14,7	6	2,40	198		
650 × 102	101,7	129,5	650	8,00	622	9,50	19,00	280	263,0	91.292	2.359	3.471	26,55	3.309	5.216	373	6,35	569	6,89	83	4.682.717	78	14,7	6	2,40	186		
650 × 106	106,1	135,2	650	8,00	622	12,50	16,00	300	301,5	101.610	2.916	3.370	27,41	3.490	6.415	428	6,89	651	7,78	71	6.381.759	78	12,0	6	2,48	184		
650 × 113	113,0	144,0	650	8,00	619	12,50	19,00	300	284,2	108.246	2.959	3.808	27,42	3.762	7.090	473	7,02	719	7,74	99	6.824.275	77	12,0	6	2,48	173		

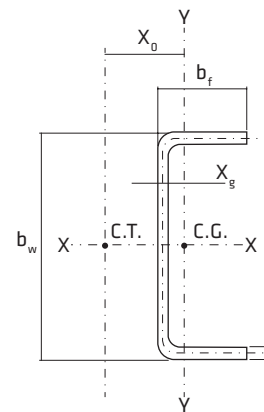


Tab. C.22 Perfil L de chapa dobrada

Perfil $b_f \times t$	A cm ²	m kg/m	Eixo X/eixo Y					Eixos principais					
			$I_x = I_y$ cm ⁴	$W_x = W_y$ cm ³	$r_x = r_y$ cm	$x_g = Y_g$ cm	$-I_{x_y}$ cm	I_1 cm ⁴	I_2 cm ³	r_2 cm	I_t cm ⁴	x_0 cm ⁶	r_0 cm
40 × 2,00	1,53	1,20	2,44	0,84	1,26	1,09	1,51	3,95	0,93	0,78	0,020	1,40	2,27
40 × 2,25	1,72	1,35	2,72	0,94	1,26	1,10	1,69	4,40	1,03	0,77	0,029	1,40	2,26
40 × 2,65	2,00	1,57	3,14	1,09	1,25	1,12	1,96	5,11	1,18	0,77	0,047	1,40	2,26
40 × 3,00	2,25	1,77	3,50	1,22	1,25	1,14	2,20	5,70	1,30	0,76	0,067	1,40	2,25
50 × 2,00	1,93	1,52	4,86	1,33	1,58	1,34	2,98	7,84	1,87	0,98	0,026	1,76	2,85
50 × 2,25	2,17	1,70	5,42	1,48	1,58	1,35	3,34	8,75	2,08	0,98	0,037	1,75	2,84
50 × 2,65	2,53	1,99	6,28	1,73	1,57	1,37	3,89	10,2	2,39	0,97	0,059	1,75	2,83
50 × 3,00	2,85	2,24	7,02	1,95	1,57	1,39	4,37	11,4	2,65	0,96	0,085	1,75	2,83
50 × 3,35	3,17	2,48	7,75	2,15	1,56	1,41	4,85	12,6	2,90	0,96	0,118	1,75	2,82
50 × 3,75	3,52	2,76	8,54	2,39	1,56	1,42	5,37	13,9	3,17	0,95	0,165	1,75	2,81
50 × 4,25	3,95	3,10	9,51	2,68	1,55	1,45	6,02	15,5	3,48	0,94	0,238	1,75	2,80
60 × 2,00	2,33	1,83	8,50	1,92	1,91	1,59	5,19	13,6	3,29	1,19	0,031	2,11	3,42
60 × 2,25	2,62	2,05	9,48	2,16	1,90	1,60	5,82	15,3	3,66	1,18	0,044	2,11	3,42
60 × 2,65	3,06	2,41	11,0	2,52	1,90	1,62	6,80	17,8	4,23	1,18	0,072	2,11	3,41
60 × 3,00	3,45	2,71	12,4	2,83	1,89	1,64	7,64	20,0	4,71	1,17	0,103	2,10	3,40
60 × 3,35	3,84	3,01	13,7	3,14	1,89	1,65	8,48	22,1	5,18	1,16	0,143	2,10	3,40
60 × 3,75	4,27	3,35	15,1	3,49	1,88	1,67	9,42	24,5	5,69	1,15	0,200	2,10	3,39
60 × 4,25	4,80	3,77	16,8	3,92	1,87	1,70	10,6	27,4	6,29	1,14	0,289	2,10	3,38
60 × 4,75	5,33	4,18	18,6	4,34	1,87	1,72	11,7	30,3	6,85	1,13	0,400	2,10	3,37
80 × 3,00	4,65	3,65	29,9	5,11	2,54	2,14	18,4	48,3	11,6	1,58	0,139	2,81	4,56
80 × 3,35	5,18	4,06	33,2	5,68	2,53	2,15	20,4	53,6	12,8	1,57	0,193	2,81	4,55
80 × 3,75	5,77	4,53	36,8	6,32	2,53	2,17	22,7	59,5	14,1	1,56	0,270	2,81	4,54
80 × 4,25	6,50	5,10	41,3	7,11	2,52	2,20	25,6	66,8	15,7	1,55	0,391	2,80	4,53
80 × 4,75	7,23	5,67	45,6	7,89	2,51	2,22	28,4	74,0	17,2	1,54	0,543	2,80	4,52
80 × 6,30	9,43	7,40	58,4	10,23	2,49	2,29	36,8	95,0	21,6	1,51	1,246	2,80	4,50
100 × 3,75	7,27	5,71	73	9,98	3,17	2,67	44,9	118	28,2	1,97	0,340	3,51	5,70
100 × 4,25	8,20	6,44	82	11,25	3,16	2,70	50,6	133	31,5	1,96	0,493	3,51	5,69
100 × 4,75	9,13	7,17	92	12,50	3,16	2,72	56,2	147	34,8	1,95	0,686	3,51	5,68
100 × 6,30	11,95	9,38	117	16,28	3,13	2,79	73,2	190	44,1	1,92	1,579	3,50	5,65
100 × 8,00	14,81	11,63	143	20,19	3,11	2,90	92,2	236	51,1	1,86	3,156	3,53	5,64
100 × 9,50	17,32	13,60	165	23,53	3,09	2,98	108	273	57,3	1,82	5,206	3,54	5,62
100 × 12,5	22,10	17,35	204	29,77	3,04	3,14	138	342	66,4	1,73	11,50	3,55	5,58
125 × 4,75	11,50	9,03	180	19,74	3,96	3,34	111	292	70,0	2,46	0,864	4,39	7,12
125 × 6,30	15,10	11,85	234	25,81	3,94	3,42	145	379	89,4	2,43	1,995	4,38	7,09
125 × 8,00	18,81	14,77	288	32,18	3,92	3,52	183	471	106	2,37	4,009	4,41	7,08
125 × 9,50	22,07	17,33	335	37,65	3,90	3,60	215	550	120	2,34	6,634	4,42	7,06

Tab. C.22 (continuação)

Perfil $b_f \times t$	A cm ²	m kg/m	Eixo X/eixo Y					Eixos principais			I_t cm ⁴	x_0 cm ⁶	r_0 cm
			$I_x = I_y$ cm ⁴	$W_x = W_y$ cm ³	$r_x = r_y$ cm	$x_g = Y_g$ cm	$-I_{xy}$ cm ⁴	I_1 cm ⁴	I_2 cm ³	r_2 cm			
125 × 12,5	28,35	22,25	420	48,06	3,85	3,75	276	696	144	2,26	14,75	4,42	7,02
125 × 16,0	35,24	27,67	507	59,30	3,79	3,94	344	851	164	2,16	30,05	4,44	6,97
150 × 4,75	13,88	10,90	316	28,6	4,77	3,97	193	509	123	2,97	1,043	5,27	8,56
150 × 6,30	18,25	14,32	411	37,5	4,75	4,04	253	664	158	2,94	2,412	5,27	8,53
150 × 8,00	22,81	17,91	510	46,4	4,73	4,14	320	829	190	2,89	4,861	4,29	8,53
150 × 9,50	26,82	21,06	593	55,1	4,70	4,22	376	969	218	2,85	8,061	5,30	8,50
150 × 12,5	34,60	27,16	751	70,7	4,68	4,37	485	1.236	266	2,77	18,00	5,30	8,46
150 × 16,0	43,24	33,95	917	87,8	4,61	4,56	607	1.523	310	2,68	36,86	5,31	8,40
175 × 4,75	16,25	12,76	505	39,2	5,58	4,59	308	813	197	3,48	1,221	6,16	10,0
175 × 6,30	21,40	16,80	660	51,4	5,55	4,66	405	1.064	255	3,45	2,828	6,15	9,98
175 × 8,00	26,81	21,05	820	64,5	5,53	4,77	511	1.332	310	3,40	5,710	6,18	9,97
175 × 9,50	31,57	24,78	960	75,8	5,51	4,84	602	1.561	357	3,36	9,480	6,18	9,95
175 × 12,5	40,85	32,06	1.221	97,7	5,47	5,00	779	2.000	442	3,29	21,25	6,18	9,90
175 × 16,0	51,24	40,23	1.502	122	5,41	5,18	978	2.480	524	3,20	43,68	6,19	9,85
200 × 4,75	18,63	14,62	759	51,3	6,38	5,22	462	1.220	296	3,99	1,400	7,04	11,45
200 × 6,30	24,55	19,27	993	67,5	6,36	5,29	607	1.600	386	3,96	3,244	7,04	11,42
200 × 8,00	30,81	24,19	1.238	84,8	6,34	5,39	767	2.006	471	3,91	6,566	7,06	11,41
200 × 9,50	36,32	28,51	1.450	99,8	6,32	5,47	905	2.355	545	3,88	10,91	7,06	11,39
200 × 12,5	47,10	36,97	1.854	129	6,28	5,62	1.173	3.027	681	3,80	24,50	7,06	11,34
200 × 16,0	59,24	46,51	2.294	162	6,22	5,80	1.476	3.770	818	3,72	50,50	7,07	11,29
200 × 19,0	69,29	54,39	2.644	188	6,18	5,95	1.727	4.371	917	3,64	83,30	7,07	11,24



Tab. C.23 Perfil U de chapa dobrada – NBR 6365

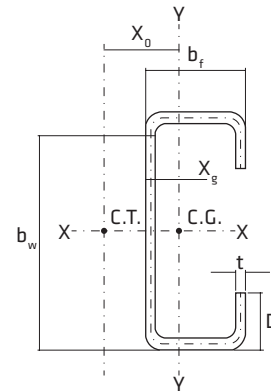
Perfil $b_w \times b_f \times t$	A cm ²	m kg/m	Eixo X-X					Eixo Y-Y			I_t cm ⁴	C_w cm ⁶	r_0 cm
			I_x cm ⁴	W_x cm ³	r_x cm	x_g cm	x_0 cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	r_y cm			
45 × 20 × 2,00	1,57	1,23	4,60	2,04	1,71	0,56	1,15	0,6	0,40	0,61	0,021	1,9	2,15
45 × 20 × 2,25	1,75	1,37	5,04	2,24	1,70	0,57	1,15	0,6	0,45	0,60	0,029	2,1	2,14

Tab. C.23 (continuação)

Perfil $b_w \times b_f \times t$	Eixo X-X							Eixo Y-Y			I_t	C_w	r_0
	A	m	I_x	W_x	r_x	x_g	x_0	I_y	W_y	r_y			
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	cm
50 × 25 × 2,00	1,87	1,47	7,10	2,83	1,95	0,72	1,52	1,1	0,63	0,78	0,025	4,6	2,59
50 × 25 × 2,25	2,08	1,64	7,80	3,12	1,93	0,73	1,51	1,2	0,70	0,77	0,085	5,0	2,57
50 × 25 × 2,65	2,42	1,90	8,85	3,54	1,91	0,75	1,50	1,4	0,81	0,77	0,057	5,7	2,55
50 × 25 × 3,00	2,70	2,12	9,70	3,89	1,90	0,77	1,50	1,5	0,91	0,76	0,081	6,2	2,53
68 × 30 × 2,00	2,43	1,91	16,8	4,96	2,64	0,79	1,74	2,0	0,94	0,93	0,032	16,1	3,29
68 × 30 × 2,25	2,71	2,13	18,6	5,49	2,62	0,81	1,74	2,3	1,05	0,92	0,046	17,8	3,28
75 × 40 × 2,00	2,97	2,33	26,6	7,09	2,99	1,13	2,51	4,7	1,66	1,27	0,040	45,1	4,11
75 × 40 × 2,25	3,32	2,61	29,5	7,87	2,98	1,14	2,51	5,3	1,86	1,27	0,056	49,9	4,10
75 × 40 × 2,65	3,88	3,04	34,0	9,07	2,96	1,16	2,50	6,1	2,16	1,26	0,091	57,2	4,07
75 × 40 × 3,00	4,35	3,42	37,7	10,07	2,94	1,17	2,49	6,8	2,42	1,25	0,130	63,3	4,06
75 × 40 × 3,35	4,82	3,79	41,3	11,02	2,93	1,19	2,48	7,5	2,68	1,25	0,180	69,0	4,04
75 × 40 × 3,75	5,35	4,20	45,2	12,06	2,91	1,21	2,48	8,2	2,96	1,24	0,251	75,2	4,02
75 × 40 × 4,25	5,99	4,71	49,8	13,28	2,88	1,23	2,47	9,1	3,30	1,23	0,361	82,4	3,99
75 × 40 × 4,75	6,62	5,20	54,0	14,42	2,86	1,26	2,46	9,9	3,64	1,23	0,497	89,0	3,96
92 × 30 × 2,00	3,31	2,60	42,8	9,29	3,59	1,02	2,33	5,1	1,71	1,24	0,044	73,4	4,46
92 × 30 × 2,25	3,70	2,91	47,5	10,33	3,58	1,03	2,32	5,6	1,91	1,24	0,062	81,3	4,45
92 × 30 × 2,65	4,33	3,40	54,0	11,94	3,56	1,05	2,31	6,5	2,23	1,23	0,101	93,5	4,42
92 × 40 × 2,00	3,31	2,60	42,8	9,29	3,59	1,02	2,33	5,1	1,71	1,24	0,044	73,4	4,46
92 × 40 × 2,25	3,70	2,91	47,5	10,33	3,58	1,03	2,32	5,6	1,91	1,24	0,062	81,3	4,45
92 × 40 × 2,65	4,33	3,40	54,9	11,94	3,56	1,05	2,31	6,5	2,23	1,23	0,101	93,5	4,42
100 × 40 × 2,00	3,47	2,72	51,9	10,40	3,87	0,98	2,25	5,2	1,73	1,23	0,046	89,5	4,64
100 × 40 × 2,25	3,88	3,05	57,8	11,56	3,86	0,99	2,25	5,8	1,93	1,22	0,065	99,2	4,63
100 × 40 × 2,65	4,54	3,56	66,8	13,37	3,84	1,01	2,24	6,7	2,25	1,22	0,106	114	4,61
100 × 40 × 3,00	5,10	4,01	74,4	14,90	3,82	1,02	2,23	7,5	2,53	1,21	0,153	126	4,59
100 × 40 × 3,35	5,66	4,44	81,8	16,37	3,80	1,04	2,22	8,2	2,79	1,21	0,212	138	4,57
100 × 40 × 3,75	6,29	4,94	89,8	17,98	3,78	1,06	2,21	9,1	3,09	1,20	0,294	151	4,54
100 × 40 × 4,25	7,06	5,54	99,4	19,90	3,75	1,08	2,20	10,1	3,45	1,20	0,424	166	4,51
100 × 40 × 4,75	7,81	6,13	108	21,71	3,73	1,10	2,19	11,1	3,80	1,19	0,587	180	4,48
100 × 50 × 2,00	3,87	3,04	61,5	12,32	3,99	1,34	3,08	9,7	2,65	1,58	0,052	164	5,28
100 × 50 × 2,25	4,33	3,40	68,5	13,71	3,98	1,35	3,07	10,8	2,97	1,58	0,073	183	5,27
100 × 50 × 2,65	5,07	3,98	79,4	15,88	3,96	1,37	3,07	12,5	3,46	1,57	0,119	211	5,25
100 × 50 × 3,00	5,70	4,48	88,6	17,72	3,94	1,39	3,06	14,1	3,89	1,57	0,171	234	5,23
100 × 50 × 3,35	6,33	4,97	97,4	19,50	3,92	1,41	3,05	15,5	4,31	1,56	0,237	257	5,21
100 × 50 × 3,75	7,04	5,52	107	21,45	3,90	1,42	3,04	17,1	4,78	1,56	0,330	282	5,19
100 × 50 × 4,25	7,91	6,21	118	23,79	3,88	1,45	3,03	19,1	5,35	1,55	0,476	311	5,16
100 × 50 × 4,75	8,76	6,88	130	26,02	3,85	1,47	3,02	20,9	5,91	1,54	0,658	339	5,13
120 × 40 × 2,00	3,87	3,04	80	13,34	4,55	0,89	2,08	5,5	1,77	1,19	0,052	138	5,14
120 × 40 × 2,25	4,33	3,40	89,1	14,86	4,54	0,90	2,08	6,1	1,98	1,19	0,073	153	5,13
120 × 40 × 2,65	5,07	3,98	103	17,22	4,51	0,92	2,07	7,1	2,30	1,18	0,119	166	5,10
125 × 50 × 2,00	4,37	3,43	103	16,54	4,86	1,20	2,83	10,4	2,73	1,54	0,058	279	5,83
125 × 50 × 2,25	4,90	3,84	115	18,44	4,85	1,21	2,82	11,6	3,06	1,54	0,083	310	5,82
125 × 50 × 2,65	5,73	4,50	133	21,41	4,83	1,23	2,81	13,5	3,57	1,53	0,134	359	5,80
125 × 50 × 3,00	6,45	5,07	149	23,93	4,81	1,24	2,80	15,1	4,01	1,53	0,193	400	5,78
125 × 50 × 3,35	7,17	5,63	164	26,38	4,80	1,26	2,80	16,6	4,45	1,52	0,268	439	5,76

Tab. C.23 (continuação)

Perfil $b_w \times b_f \times t$	Eixo X-X							Eixo Y-Y				I_t	C_w	r_o
	A	m	I_x	W_x	r_x	x_g	x_o	I_y	W_y	r_y				
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	cm	
125 × 50 × 3,75	7,98	6,26	181	29,10	4,78	1,28	2,79	18,4	4,93	1,52	0,373	483	5,73	
125 × 50 × 4,25	8,97	7,04	202	32,37	4,75	1,30	2,77	20,4	5,53	1,51	0,539	534	5,70	
125 × 50 × 4,75	9,95	7,81	221	35,50	4,72	1,32	2,76	22,4	6,11	1,50	0,747	583	5,67	
142 × 40 × 2,00	4,31	3,38	119	16,89	5,28	0,81	1,93	5,7	1,80	1,16	0,057	205	5,73	
142 × 40 × 2,25	4,83	3,79	133	18,83	5,26	0,82	1,92	6,4	2,01	1,15	0,081	228	5,72	
142 × 40 × 2,65	5,67	4,44	155	21,86	5,24	0,83	1,91	7,4	2,35	1,15	0,132	263	5,69	
150 × 50 × 2,00	4,87	3,82	158	21,18	5,71	1,09	2,62	10,9	2,79	1,50	0,065	430	6,46	
150 × 50 × 2,25	5,46	4,28	177	23,64	5,70	1,10	2,61	12,2	3,13	1,49	0,092	479	6,44	
150 × 50 × 2,65	6,39	5,02	206	27,49	5,68	1,12	2,60	14,2	3,65	1,49	0,150	554	6,42	
150 × 50 × 3,00	7,20	5,66	230	30,77	5,66	1,13	2,59	15,9	4,10	1,48	0,216	618	6,40	
150 × 50 × 3,35	8,01	6,28	254	33,97	5,64	1,15	2,58	17,5	4,55	1,48	0,299	680	6,38	
150 × 50 × 4,75	11,13	8,74	344	45,98	5,57	1,21	2,55	23,7	6,25	1,46	0,836	907	6,29	
200 × 50 × 2,00	5,87	4,61	317	31,73	7,35	0,92	2,28	11,7	2,88	1,41	0,078	848	7,83	
200 × 50 × 2,25	6,58	5,17	354	35,46	7,34	0,93	2,28	13,1	3,22	1,41	0,111	945	7,81	
200 × 50 × 2,65	7,72	6,06	413	41,32	7,32	0,95	2,27	15,2	3,76	1,41	0,181	1.095	7,79	
200 × 50 × 3,00	8,70	6,83	463	46,34	7,30	0,96	2,26	17,1	4,23	1,40	0,261	1.223	7,77	
200 × 50 × 3,35	9,68	7,60	512	51,26	7,28	0,98	2,25	18,8	4,68	1,40	0,362	1.347	7,74	
200 × 50 × 3,75	10,79	8,47	567	56,76	7,25	0,99	2,24	20,8	5,20	1,39	0,505	1.484	7,72	
200 × 50 × 4,25	12,16	9,54	634	63,45	7,22	1,02	2,23	23,2	5,83	1,38	0,731	1.649	7,69	
200 × 50 × 4,75	13,51	10,60	699	69,94	7,20	1,04	2,21	25,5	6,45	1,38	1,015	1.807	7,65	
200 × 100 × 2,65	10,37	8,14	671	67,12	8,05	2,62	6,19	105,3	14,28	3,19	0,242	7.230	10,64	
200 × 100 × 3,00	11,70	9,19	754	75,45	8,03	2,64	6,18	118,5	16,10	3,18	0,351	8.113	10,62	
200 × 100 × 3,35	13,03	10,23	836	83,64	8,01	2,65	6,17	131,5	17,91	3,18	0,487	8.979	10,60	
200 × 100 × 3,75	14,54	11,41	928	92,86	7,99	2,67	6,16	146,2	19,96	3,17	0,681	9.949	10,58	
200 × 100 × 4,25	16,41	12,88	1.041	104	7,97	2,70	6,15	164,3	22,49	3,16	0,987	11.133	10,55	
200 × 100 × 4,75	18,26	14,33	1.152	115	7,94	2,72	6,14	182	25,00	3,16	1,372	12.285	10,53	
250 × 100 × 2,65	11,69	9,18	1.122	90	9,80	2,34	5,69	112,6	14,70	3,10	0,273	12.228	11,75	
250 × 100 × 3,00	13,20	10,37	1.262	101	9,78	2,36	5,68	126,7	16,58	3,10	0,396	13.732	11,73	
250 × 100 × 3,35	14,71	11,54	1.401	112	9,76	2,37	5,67	140,7	18,45	3,09	0,550	15.211	11,71	
250 × 100 × 3,75	16,41	12,88	1.557	124	9,74	2,39	5,66	156,5	20,56	3,09	0,769	16.871	11,68	
250 × 100 × 4,25	18,53	14,55	1.749	140	9,72	2,41	5,65	175,9	23,18	3,08	1,115	18.901	11,65	
250 × 100 × 4,75	20,63	16,20	1.937	155	9,69	2,43	5,64	194,9	25,76	3,07	1,550	20.882	11,62	
300 × 100 × 2,65	13,02	10,22	1.720	115	11,5	2,11	5,27	118,4	15,02	3,02	0,304	18.787	13,00	
300 × 100 × 3,00	14,70	11,54	1.937	129	11,5	2,13	5,26	133,3	16,94	3,01	0,441	21.110	12,98	
300 × 100 × 3,35	16,38	12,86	2.151	143	11,5	2,15	5,25	148,1	18,85	3,01	0,612	23.397	12,96	
300 × 100 × 3,75	18,29	14,36	2.392	160	11,5	2,16	5,24	164,6	21,01	3,00	0,856	25.967	12,93	
300 × 100 × 4,25	20,66	16,22	2.690	180	11,4	2,18	5,23	185,1	23,68	2,99	1,242	29.114	12,90	
300 × 100 × 4,75	23,01	18,06	2.982	199	11,4	2,21	5,21	205,2	26,33	2,99	1,729	32.191	112,87	



Tab. C.24 Perfil U de chapa dobrada enrijecida – NBR 6365

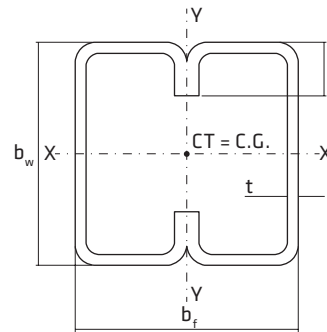
Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$	A cm ²	m kg/m	Eixo X-X					Eixo Y-Y					r_0 cm
			I_x cm ⁴	W_x cm ³	r_x cm	x_g cm	x_0 cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	r_y cm	I_t cm ⁴	C_w cm ⁶	
50 × 25 × 10 × 2,00	2,14	1,68	7,9	3,17	1,93	0,93	2,07	1,8	1,13	0,91	0,028	11,7	2,97
50 × 25 × 10 × 2,25	2,37	1,86	8,6	3,46	1,91	0,93	2,04	1,9	1,22	0,90	0,040	12,5	2,94
50 × 25 × 10 × 2,65	2,72	2,13	9,6	3,87	1,89	0,92	1,99	2,1	1,33	0,88	0,064	13,6	2,88
50 × 25 × 10 × 3,00	3,01	2,36	10,4	4,18	1,86	0,92	1,95	2,2	1,40	0,86	0,090	14,4	2,83
75 × 40 × 15 × 2,00	3,44	2,70	30,3	8,09	2,97	1,50	3,47	7,9	3,15	1,51	0,046	117	4,81
75 × 40 × 15 × 2,25	3,83	3,01	33,4	8,93	2,96	1,50	3,44	8,6	3,45	1,50	0,065	127	4,78
75 × 40 × 15 × 2,65	4,44	3,49	38,2	10,19	2,93	1,50	3,39	9,7	3,89	1,48	0,104	143	4,72
75 × 40 × 15 × 3,00	4,96	3,89	42,0	11,22	2,91	1,50	3,34	10,6	4,23	1,46	0,149	155	4,67
100 × 40 × 17 × 2,00	4,02	3,15	60,6	12,13	3,89	1,38	3,27	9,2	3,53	1,52	0,054	227	5,30
100 × 40 × 17 × 2,25	4,48	3,52	67,1	13,43	3,87	1,37	3,24	10,1	3,87	1,50	0,076	249	5,27
100 × 40 × 17 × 2,65	5,21	4,09	77,0	15,41	3,85	1,37	3,19	11,4	4,37	1,48	0,122	281	5,21
100 × 40 × 17 × 3,00	5,83	4,58	85,1	17,04	3,82	1,37	3,15	12,5	4,76	1,47	0,175	306	5,17
100 × 40 × 17 × 3,35	6,43	5,05	92,9	18,58	3,80	1,37	3,11	13,4	5,12	1,45	0,240	329	5,12
100 × 50 × 17 × 2,00	4,42	3,47	70,2	14,05	3,99	1,78	4,18	15,7	4,90	1,89	0,059	381	6,08
100 × 50 × 17 × 2,25	4,93	3,87	77,8	15,58	3,97	1,78	4,15	17,3	5,39	1,88	0,083	419	6,05
100 × 50 × 17 × 2,65	5,74	4,51	89,5	17,92	3,95	1,78	4,10	19,7	6,13	1,85	0,134	475	5,99
100 × 50 × 17 × 3,00	6,43	5,05	99,3	19,86	3,93	1,78	4,06	21,6	6,72	1,84	0,193	521	5,94
100 × 50 × 17 × 3,35	7,10	5,57	108	21,71	3,91	1,77	4,02	23,4	7,26	1,82	0,265	562	5,89
125 × 50 × 17 × 2,00	4,92	3,86	118	18,94	4,91	1,61	3,87	17,1	5,03	1,86	0,065	594	6,52
125 × 50 × 17 × 2,25	5,49	4,31	131	21,03	4,89	1,61	3,84	18,7	5,54	1,85	0,093	654	6,49
125 × 50 × 17 × 2,65	6,40	5,03	151	24,24	4,87	1,61	3,79	21,3	6,29	1,83	0,150	744	6,43
125 × 50 × 17 × 3,00	7,18	5,63	168	26,94	4,84	1,61	3,75	23,4	6,91	1,81	0,215	817	6,39
125 × 50 × 17 × 3,35	7,94	6,23	184	29,51	4,82	1,60	3,71	25,3	7,47	1,79	0,297	884	6,34
125 × 50 × 20 × 3,75	9,01	7,08	206	33,01	4,78	1,68	3,86	29,6	8,94	1,81	0,422	1.103	6,41

Tab. C.24 (continuação)

Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$	Eixo X-X							Eixo Y-Y					
	A cm ²	m kg/m	I_x cm ⁴	W_x cm ³	r_x cm	x_g cm	x_0 cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	r_y cm	I_t cm ⁴	C_w cm ⁶	r_0 cm
150 × 60 × 20 × 2,00	5,94	4,66	207	27,68	5,91	1,93	4,66	30,1	7,37	2,25	0,079	1.498	7,86
150 × 60 × 20 × 2,25	6,64	5,21	231	30,80	5,90	1,92	4,63	33,2	8,14	2,24	0,112	1.655	7,83
150 × 60 × 20 × 2,65	7,75	6,09	267	35,65	5,87	1,92	4,59	38,0	9,32	2,21	0,181	1.894	7,77
150 × 60 × 20 × 3,00	8,71	6,84	298	39,74	5,85	1,92	4,55	41,9	10,28	2,19	0,261	2.090	7,73
150 × 60 × 20 × 3,35	9,65	7,57	327	43,69	5,83	1,92	4,50	45,6	11,18	2,18	0,361	2.275	7,68
150 × 60 × 20 × 3,75	10,70	8,40	360	48,04	5,80	1,92	4,46	49,6	12,15	2,15	0,501	2.473	7,63
150 × 60 × 20 × 4,25	11,99	9,41	399	53,22	5,77	1,91	4,40	54,1	13,25	2,13	0,721	2.701	7,56
150 × 60 × 20 × 4,75	13,24	10,39	435	58,12	5,74	1,91	4,34	58,2	14,24	2,10	0,995	2.909	7,49
200 × 75 × 20 × 2,00	7,54	5,92	467	46,74	7,88	2,20	5,42	56,3	10,62	2,73	0,100	4.615	9,94
200 × 75 × 20 × 2,25	8,44	6,63	521	52,14	7,86	2,20	5,39	62,4	11,77	2,72	0,142	5.118	9,91
200 × 75 × 25 × 2,65	9,87	7,75	605	60,57	7,83	2,20	5,34	71,7	13,54	2,70	0,231	5.890	9,86
200 × 75 × 25 × 3,00	11,11	8,72	677	67,75	7,81	2,19	5,30	79,5	15,00	2,68	0,333	6.534	9,81
200 × 75 × 25 × 3,35	12,33	9,68	747	74,74	7,79	2,19	5,26	87	16,39	2,66	0,461	7.149	9,76
200 × 75 × 25 × 3,75	13,70	10,75	825	82,50	7,76	2,19	5,21	95	17,90	2,63	0,642	7.817	9,71
200 × 75 × 25 × 4,25	15,39	12,08	918	91,86	7,73	2,19	5,15	104	19,65	2,60	0,926	8.603	9,6
200 × 75 × 25 × 4,75	17,04	13,38	1.008	100,84	7,69	2,18	5,09	113	21,26	2,58	1,280	9.334	9,6
200 × 100 × 25 × 2,65	11,46	9,00	750	75,07	8,09	3,31	7,89	157	23,51	3,70	0,268	13.447	11,9
200 × 100 × 25 × 3,00	12,91	10,13	841	84,11	8,07	3,31	7,84	175	26,18	3,68	0,387	14.970	11,8
200 × 100 × 25 × 3,35	14,34	11,25	929	92,95	8,05	3,31	7,80	192	28,76	3,66	0,536	16.438	11,8
200 × 100 × 25 × 3,75	15,95	12,52	1.028	102,81	8,03	3,30	7,75	211	31,59	3,64	0,747	18.049	11,7
200 × 100 × 25 × 4,25	17,94	14,08	1.147	114,77	8,00	3,30	7,69	234	34,95	3,61	1,079	19.966	11,7
200 × 100 × 25 × 4,75	19,89	15,62	1.263	126,33	7,97	3,29	7,63	255	38,13	3,59	1,495	21.779	11,6
250 × 85 × 25 × 2,00	9,14	7,1	871	69,72	9,77	2,43	6,09	88,9	14,67	3,12	0,122	11.4	11,93
250 × 85 × 25 × 2,25	10,24	8,1	973	77,89	9,75	2,43	6,06	98,8	16,29	3,11	0,173	12.7	11,89
250 × 85 × 25 × 2,65	11,99	9,4	1.133	90,70	9,72	2,43	6,02	114	18,80	3,08	0,280	14.7	11,84
250 × 85 × 25 × 3,00	13,51	10,6	1.270	101,67	9,70	2,43	5,97	126	20,91	3,07	0,405	16.3	11,80
250 × 85 × 25 × 3,35	15,01	11,8	1.404	112,39	9,68	2,43	5,93	139	22,92	3,05	0,561	17.9	11,75
250 × 85 × 25 × 3,75	16,70	13,1	1.554	124,37	9,65	2,43	5,89	152	25,13	3,02	0,782	19.7	11,70
250 × 85 × 25 × 4,25	18,79	14,7	1.736	138,92	9,61	2,42	5,83	168	27,73	2,99	1,130	21.8	11,63
250 × 85 × 25 × 4,75	20,84	16,3	1.912	153,00	9,58	2,42	5,77	183	30,17	2,97	1,566	23.8	11,57
250 × 100 × 25 × 2,65	12,79	10,1	1.255	100,43	9,91	2,98	7,29	169	24,11	3,64	0,299	21.6	12,83
250 × 100 × 25 × 3,00	14,41	11,3	1.408	112,65	9,89	2,98	7,25	188	26,86	3,62	0,432	24.1	12,78
250 × 100 × 25 × 3,35	16,01	12,6	1.557	124,62	9,86	2,98	7,21	207	29,52	3,60	0,598	26.4	12,73

Tab. C.24 (continuação)

Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$	A cm ²	m kg/m	Eixo X-X					Eixo Y-Y			I_t cm ⁴	C_w cm ⁶	r_0 cm
			I_x cm ⁴	W_x cm ³	r_x cm	x_g cm	x_0 cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	r_y cm			
250 × 100 × 25 × 3,75	17,83	13,9	1.725	138,01	9,84	2,98	7,16	227	32,43	3,58	0,835	29.1	12,68
250 × 100 × 25 × 4,25	20,06	15,7	1.928	154,32	9,81	2,97	7,10	252	35,90	3,55	1,207	32.2	12,61
250 × 100 × 25 × 4,75	22,27	17,4	2.126	170,14	9,77	2,97	7,04	275	39,18	3,52	1,673	35.2	12,55
300 × 85 × 25 × 2,00	10,14	7,9	1.339	89,27	11,49	2,20	5,64	93,8	14,91	3,04	0,135	17.1	13,16
300 × 85 × 25 × 2,25	11,37	8,9	1.496	99,79	11,48	2,20	5,62	104	16,57	3,03	0,192	18.9	13,13
300 × 85 × 25 × 2,65	13,32	10,4	1.744	116,32	11,45	2,20	5,57	120	19,12	3,01	0,311	21.927	13,08
300 × 85 × 25 × 3,00	15,01	11,7	1.957	130,50	11,42	2,20	5,53	133	21,26	2,99	0,450	24.422	13,04
300 × 85 × 25 × 3,35	16,68	13,1	2.165	144,39	11,39	2,20	5,49	146	23,32	2,97	0,623	26.828	12,99
300 × 85 × 25 × 3,75	18,58	14,5	2.399	159,94	11,36	2,20	5,45	161	25,57	2,94	0,870	29.473	12,94
300 × 85 × 25 × 4,25	20,91	16,4	2.683	178,88	11,33	2,20	5,39	177	28,22	2,92	1,258	32.623	12,88
300 × 85 × 25 × 4,75	23,22	18,2	2.959	197,27	11,29	2,20	5,33	193	30,71	2,89	1,744	35.606	12,82
300 × 100 × 25 × 2,65	14,11	11,0	1.920	128,04	11,67	2,72	6,79	178	24,57	3,56	0,330	32.115	13,96
300 × 100 × 25 × 3,00	15,91	12,4	2.155	143,73	11,64	2,71	6,75	199	27,37	3,54	0,477	35.827	13,91
300 × 100 × 25 × 3,35	17,69	13,8	2.387	159,13	11,62	2,71	6,71	219	30,08	3,52	0,661	39.422	13,87
300 × 100 × 25 × 3,75	19,70	15,4	2.645	176,40	11,59	2,71	6,66	241	33,06	3,50	0,923	43.389	13,82
300 × 100 × 25 × 4,25	22,19	17,4	2.962	197,47	11,55	2,71	6,60	266	36,61	3,47	1,335	48.142	13,75
300 × 100 × 25 × 4,75	24,64	19,3	3.269	217,97	11,52	2,70	6,54	291	39,96	3,44	1,851	52.671	13,69



Tab. C.25 Perfil caixa

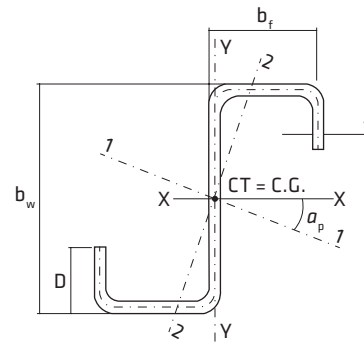
Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$	A cm ²	M kg/m	Eixo X-X			Eixo Y-Y			I_t cm ⁴	C_w cm ⁶
			I_x cm ⁴	W_x cm ³	r_x cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	r_y cm		
50 × 50 × 10 × 2,00	4,27	3,36	15,8	6,34	1,93	14,1	5,65	1,82	0,057	46,7
50 × 50 × 10 × 2,25	4,73	3,72	17,2	6,92	1,91	15,5	6,23	1,81	0,080	50,1
50 × 50 × 10 × 2,65	5,44	4,27	19,3	7,74	1,89	17,7	7,08	1,80	0,127	54,6
50 × 50 × 10 × 3,00	6,02	4,72	20,9	8,37	1,86	19,4	7,77	1,80	0,180	57,7
75 × 80 × 15 × 2,00	6,87	5,40	60,6	16,18	2,97	58,6	14,66	2,92	0,092	466
75 × 80 × 15 × 2,25	7,66	6,01	66,9	17,85	2,96	65,1	16,27	2,91	0,129	509

Tab. C.25 (continuação)

Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$			Eixo X-X			Eixo Y-Y				
	A	M	I_x	W_x	r_x	I_y	W_y	r_y	I_t	C_w
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶
75 × 80 × 15 × 2,65	8,88	6,97	76,4	20,38	2,93	75,1	18,75	2,91	0,208	572
75 × 80 × 15 × 3,00	9,92	7,78	84,1	22,44	2,91	83,3	20,83	2,90	0,297	621
100 × 100 × 17 × 2,00	8,83	6,93	140	28,11	3,99	122	24,59	3,73	0,118	1.526
100 × 100 × 17 × 2,25	9,86	7,74	155	31,16	3,97	136	27,38	3,73	0,166	1.677
100 × 100 × 17 × 2,65	11,48	9,01	179	35,83	3,95	158	31,72	3,72	0,268	1.902
100 × 100 × 17 × 3,00	12,86	10,09	198	39,72	3,93	176	35,39	3,71	0,385	2.084
100 × 100 × 17 × 3,35	14,20	11,15	217	43,42	3,91	194	38,94	3,70	0,531	2.250
125 × 100 × 17 × 2,00	9,83	7,72	236	37,87	4,91	146	29,39	3,87	0,131	2.377
125 × 100 × 17 × 2,25	10,99	8,67	262	42,05	4,89	163	32,76	3,86	0,185	2.617
125 × 100 × 17 × 2,65	12,80	10,05	303	48,49	4,87	190	38,00	3,85	0,299	2.977
125 × 100 × 17 × 3,00	14,36	11,27	336	53,87	4,84	212	42,45	3,84	0,430	3.268
125 × 100 × 17 × 3,35	15,88	12,46	368	59,02	4,82	23	45,76	3,84	0,593	3.538
150 × 120 × 20 × 2,00	11,87	9,32	415	55,36	5,91	257	42,86	4,65	0,158	5.994
150 × 120 × 20 × 2,25	13,28	10,43	462	61,61	5,90	287	47,84	4,65	0,224	6.623
150 × 120 × 20 × 2,65	15,51	12,17	534	71,30	5,87	333	55,65	4,64	0,363	7.578
150 × 120 × 20 × 3,00	17,42	13,67	596	79,49	5,85	373	62,30	4,63	0,522	8.363
150 × 120 × 20 × 3,35	19,29	15,15	656	87,39	5,83	412	68,80	4,63	0,721	9.103
150 × 120 × 20 × 3,75	21,40	16,80	720	96,07	5,80	456	76,04	4,62	1,002	9.895
150 × 120 × 20 × 4,25	23,98	18,82	798	106,43	5,77	508	84,80	4,61	1,442	10.807
150 × 120 × 20 × 4,75	26,48	20,79	871	116,23	5,74	559	93,25	4,60	1,990	11.636
200 × 150 × 20 × 2,00	15,07	11,83	934	93,48	7,88	535	71,46	5,96	0,201	18.461
200 × 150 × 20 × 2,25	16,88	13,20	1.042	104,28	7,86	599	79,91	5,96	0,285	20.472
200 × 150 × 25 × 2,65	20,28	15,92	1.243	124,33	7,83	699	93,20	5,87	0,474	27.449
200 × 150 × 25 × 3,00	22,82	17,91	1.391	139,11	7,81	784	104,61	5,86	0,684	30.466
200 × 150 × 25 × 3,35	25,32	19,88	1.535	153,51	7,79	868	115,81	5,86	0,946	33.352
200 × 150 × 25 × 3,75	25,15	22,10	1.695	169,51	7,76	962	128,37	5,85	1,318	36.493
200 × 150 × 25 × 4,25	31,63	24,83	1.888	188,82	7,73	1.077	143,69	5,84	1,902	40.190
200 × 150 × 25 × 4,75	35,03	27,50	2.073	207,39	7,69	1.189	158,60	5,83	2,632	43.642
250 × 170 × 25 × 2,00	18,27	14,35	1.743	139,44	9,77	850	100,07	6,82	0,243	45.908
250 × 170 × 25 × 2,25	20,48	16,08	1.947	155,78	9,75	951	111,99	6,82	0,345	51.023
250 × 170 × 25 × 2,65	23,99	18,83	2.267	181,41	9,72	1.111	130,81	6,81	0,561	58.933
250 × 170 × 25 × 3,00	27,02	21,21	2.541	203,33	9,70	1.249	147,02	6,80	0,810	65.584

Tab. C.25 (continuação)

Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$			Eixo X-X			Eixo Y-Y				
	A	M	I_x	W_x	r_x	I_y	W_y	r_y	I_t	C_w
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶
250 × 170 × 25 × 3,35	30,01	23,56	2.809	224,79	9,68	1.385	162,97	6,79	1,122	71.987
250 × 170 × 25 × 3,75	33,40	26,22	3.109	248,74	9,65	1.537	180,91	6,79	1,564	79.008
250 × 170 × 25 × 4,25	37,58	29,50	3.472	277,83	9,61	1.724	202,88	6,77	2,260	87.350
300 × 170 × 25 × 2,00	20,27	15,92	2.678	178,54	11,49	991	116,67	6,99	0,270	68.220
300 × 170 × 25 × 2,25	22,73	17,85	2.993	199,58	11,48	1.110	130,62	6,99	0,383	75.865
300 × 170 × 25 × 2,65	26,64	20,91	3.489	232,65	11,45	1.297	152,64	6,98	0,623	87.710
300 × 170 × 25 × 3,00	30,02	23,56	3.914	260,99	11,42	1.458	171,62	6,97	0,900	97.688
300 × 170 × 25 × 3,35	33,36	26,19	4.331	288,79	11,39	1.617	190,34	6,96	1,247	107.314
300 × 170 × 25 × 3,75	39,15	29,16	4.798	319,89	11,36	1.796	211,39	6,95	1,740	117.893
300 × 170 × 25 × 4,25	41,83	32,83	5.366	357,76	1,33	2.016	237,23	6,94	2,516	130.495
300 × 170 × 25 × 4,75	46,43	36,45	5.918	394,53	11,29	2.231	262,52	6,93	3,489	142.427

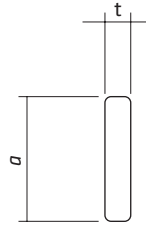


Tab. C.26 Perfil Z enrijecido de chapa dobrada

Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$			Eixo X-X			Eixo Y-Y										
	A	m	I_x	W_x	r_x	I_y	W_y	r_y	L_{xy}	α_p	I_1	$r_{m\acute{a}x}$	I_2	$r_{m\acute{i}n}$	I_t	C_w
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	graus	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ⁶
50 × 25 × 10 × 2,00	2,1	1,68	7,9	3,1	1,9	3,2	1,3	1,2	3,9	29,3	10,1	2,1	1,1	0,71	0,03	14,2
50 × 25 × 10 × 2,25	2,3	1,86	8,6	3,4	1,9	3,4	1,4	1,2	4,2	29,1	10,9	2,1	1,1	0,70	0,04	15,3
50 × 25 × 10 × 2,65	2,7	2,13	9,6	3,8	1,8	3,8	1,6	1,2	4,6	28,7	12,2	2,1	1,2	0,68	0,06	16,7
50 × 25 × 10 × 3,00	3,0	2,3	10,4	4,1	1,8	4,0	1,7	1,1	4,9	28,4	13,1	2,1	1,3	0,66	0,09	17,7
75 × 40 × 15 × 2,25	3,8	3,0	33,4	8,9	2,9	16,0	4,1	2,0	17,7	31,8	44,4	3,4	5,0	1,1	0,06	154
75 × 40 × 15 × 2,65	4,4	3,5	38,2	10,1	2,9	18,0	4,6	2,0	20,0	31,6	50,5	3,4	5,6	1,1	0,10	173
75 × 40 × 15 × 3,00	4,9	3,9	42,0	11,2	2,9	19,5	5,1	1,9	21,9	31,4	55,5	3,3	6,1	1,1	0,15	188
100 × 50 × 17 × 2,00	4,4	3,4	70,2	14,1	3,9	28,2	5,7	2,5	33,9	29,1	89,2	4,5	9,3	1,4	0,06	480
100 × 50 × 17 × 2,25	4,9	3,8	77,8	15,6	3,9	31,0	6,3	2,5	37,5	29,0	98,7	4,4	10,3	1,4	0,08	528
100 × 50 × 17 × 2,65	5,7	4,5	89,5	17,9	3,9	35,2	7,2	2,4	42,8	28,8	113	4,4	11,7	1,4	0,13	601
100 × 50 × 17 × 3,00	6,4	5,0	99,3	19,9	3,9	38,6	7,9	2,4	47,2	28,6	125	4,4	12,8	1,4	0,19	659
100 × 50 × 17 × 3,35	7,1	5,5	108	21,7	3,9	41,7	8,6	2,4	51,4	28,4	136	4,4	13,8	1,4	0,26	713

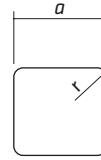
Tab. C.26 (continuação)

Perfil $b_w \times b_f \times D \times t$			Eixo X-X			Eixo Y-Y										
	A	m	I_x	W_x	r_x	I_y	W_y	r_y	L_{xy}	α_p	I_1	$r_{m\acute{a}x}$	I_2	$r_{m\acute{i}n}$	I_t	C_w
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	graus	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ⁶
125 × 50 × 17 × 2,00	4,9	3,8	118	18,9	4,9	28,2	5,7	2,4	43,2	21,9	135	5,2	10,8	1,5	0,06	781
125 × 50 × 17 × 2,25	5,5	4,3	13	21,0	4,9	31,1	6,3	2,4	47,8	21,8	150	5,2	11,9	1,5	0,09	860
125 × 50 × 17 × 2,65	6,4	5,0	151	24,2	4,8	35,2	7,2	2,3	54,7	21,6	173	5,2	13,6	1,5	0,15	980
125 × 50 × 17 × 3,00	7,2	5,6	168	26,9	4,8	38,6	7,9	2,3	60,3	21,4	192	5,1	14,9	1,4	0,21	1.077
150 × 75 × 20 × 2,00	6,5	5,1	240	32,1	6,0	89,5	12,1	3,7	111	28,0	299	6,7	30,0	2,1	0,08	3.315
150 × 75 × 20 × 2,25	7,3	5,7	267	35,7	6,0	99,1	13,4	3,6	124	27,9	333	6,7	33,3	2,1	0,12	3.674
150 × 75 × 20 × 2,65	8,5	6,7	310	41,4	6,0	113	15,4	3,6	143	27,7	386	6,7	38,3	2,1	0,20	4.223
150 × 75 × 20 × 3,00	9,6	7,5	346	46,2	6,0	126	17,1	3,6	159	27,6	430	6,7	42,4	2,1	0,28	4.680
150 × 75 × 20 × 3,35	10,6	8,3	381	50,9	5,9	137	18,7	3,6	174	27,5	472	6,6	46,6	2,1	0,39	5.115
150 × 75 × 20 × 3,75	11,8	9,3	420	56,1	5,9	149	20,5	3,5	191	27,4	519	6,6	50,6	2,0	0,55	5.587
150 × 75 × 20 × 4,25	13,2	10,4	466	62,2	5,9	164	22,5	3,5	211	27,2	575	6,6	55,5	2,0	0,79	6.138
150 × 75 × 20 × 4,75	14,6	11,5	511	68,1	5,9	177	24,4	3,4	230	27,0	628	6,5	60,0	2,0	1,1	6.650
200 × 75 × 20 × 2,00	7,5	5,9	467	46,7	7,8	89,5	12,1	3,4	151	19,3	520	8,3	36,3	2,2	0,10	6.269
200 × 75 × 20 × 2,25	8,4	6,6	521	52,1	7,8	99,1	13,4	3,4	168	19,2	580	8,3	40,2	2,1	0,14	6.955
200 × 75 × 25 × 2,65	10,1	7,9	621	62,1	7,8	127	17,3	3,5	209	20,1	698	8,3	51,0	2,2	0,23	9.114
200 × 75 × 25 × 3,00	11,4	8,9	695	69,5	7,8	141	19,3	3,5	232	20,0	780	8,3	56,6	2,2	0,34	10.122
200 × 75 × 25 × 3,35	12,6	9,9	767	76,7	7,8	154	21,1	3,5	255	19,9	860	8,2	61,9	2,2	0,47	11.088
200 × 75 × 25 × 3,75	14,0	11,0	847	84,7	7,7	169	23,1	3,4	281	19,8	948	8,2	67,7	2,2	0,66	12.142
200 × 75 × 25 × 4,25	15,8	12,4	944	94,4	7,7	185	25,4	3,4	310	19,6	1.055	8,1	74,5	2,1	0,95	13.384
200 × 75 × 25 × 4,75	17,5	13,7	1.036	103	7,7	201	27,7	3,3	339	19,5	1.157	8,1	80,8	2,1	1,3	14.547
250 × 85 × 25 × 2,00	9,1	7,1	871	69,7	9,7	138	16,5	3,9	254	17,4	951	10,2	58,8	2,5	0,12	15.549
250 × 85 × 25 × 2,25	10,2	8,0	973	77,9	9,7	153	18,3	3,8	283	17,3	1.062	10,2	65,3	2,5	0,17	17.286
250 × 85 × 25 × 2,65	11,9	9,4	1.133	90,7	9,7	177	21,2	3,8	328	17,2	1.235	10,1	75,4	2,5	0,28	19.975
250 × 85 × 25 × 3,00	13,5	10,6	1.270	101	9,7	197	23,6	3,8	366	17,1	1.384	10,1	83,9	2,5	0,40	22.238
250 × 85 × 25 × 3,35	15,0	11,7	1.404	112	9,6	215	25,9	3,8	403	17,0	1.528	10,1	91,9	2,5	0,56	24.418
250 × 85 × 25 × 3,75	16,7	13,1	1.554	124	9,6	236	28,4	3,7	443	16,9	1.690	10,0	100	2,5	0,78	26.812
250 × 85 × 25 × 4,25	18,7	14,7	1.736	138	9,6	260	31,4	3,7	492	16,8	1.885	10,0	111	2,4	1,1	29.659
250 × 85 × 25 × 4,75	20,8	16,3	1.912	153	9,5	282	34,2	3,6	538	16,7	2.074	9,9	121	2,4	1,6	32.349
300 × 85 × 25 × 2,00	10,1	7,9	1.339	89,2	11,5	138	16,5	3,7	308	13,6	1.413	11,8	64,2	2,52	0,13	23.233
300 × 85 × 25 × 2,25	11,3	8,9	1.496	99	11,5	153	18,3	3,6	343	13,5	1.579	11,8	71,4	2,51	0,19	25.840
300 × 85 × 25 × 2,65	13,3	10,4	1.744	116	11,4	177	21,2	3,6	397	13,4	1.839	11,7	82,4	2,49	0,31	29.879
300 × 85 × 25 × 3,00	15,0	11,7	1.957	130	11,4	197	23,6	3,6	443	13,3	2.062	11,7	91,6	2,47	0,45	33.284
300 × 85 × 25 × 3,35	16,6	13,1	2.165	144	11,4	215	25,9	3,6	488	13,3	2.281	11,7	100	2,4	0,62	36.569
300 × 85 × 25 × 3,75	18,5	14,5	2.399	159	11,3	236	28,4	3,5	537	13,2	2.525	11,6	110	2,4	0,87	40.180
300 × 85 × 25 × 4,25	20,9	16,4	2.683	178	11,3	260	31,4	3,5	596	13,1	2.821	11,6	121	2,4	1,2	44.483
300 × 85 × 25 × 4,75	23,2	18,2	2.959	197	11,3	282	34,2	3,5	652	12,9	3.109	11,6	132	2,4	1,7	48.559



Tab. C.27 Barra chata

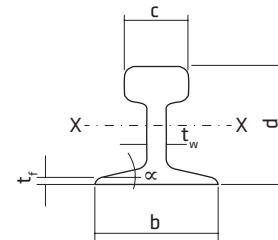
Tamanho (a × t)		Massa M kg/m	Tamanho (a × t)		Massa M kg/m
mm	pol.		mm	pol.	
38,1 × 4,8	1 ½ × 3/16	1,42	177,8 × 6,4	7 × ¼	8,9
38,1 × 6,4	1 ½ × ¼	1,90	177,8 × 9,5	7 × ¼	13,3
			177,8 × 12,7	7 × ½	17,7
44,5 × 6,4	1 ¾ × ¼	2,22	177,8 × 19,0	7 × ¾	26,6
44,5 × 8,0	1 ¾ × 5/16	2,77	177,8 × 25,4	7 × 1	35,4
50,8 × 6,4	2 × ¼	2,53			
50,8 × 8,0	2 × 5/16	3,17	203,2 × 6,4	8 × ¼	10,1
			203,2 × 12,7	8 × ½	20,2
63,5 × 6,4	1 ½ × ¼	3,16	203,2 × 19,0	8 × ¾	30,4
63,5 × 8,0	2 ½ × 5/16	3,96	203,2 × 25,4	8 × 1	40,5
76,2 × 8,0	3 × 5/16	4,8	228,6 × 6,4	9 × ¼	11,4
76,2 × 9,5	3 × 3/8	5,7	228,6 × 12,7	9 × ½	22,8
76,2 × 12,7	3 × ½	7,6	228,6 × 19,0	9 × ¾	34,2
76,2 × 15,9	3 × 5/8	9,5	228,6 × 25,4	9 × 1	45,5
			228,6 × 38,0	9 × 1 ½	68,3
101,6 × 6,4	4 × ¼	5,1			
101,6 × 9,5	4 × 3/8	7,6	254,0 × 6,4	10 × ¼	12,7
101,6 × 12,7	4 × ½	10,1	254,0 × 12,7	10 × ½	25,3
101,6 × 15,9	4 × 5/8	12,7	254,0 × 19,0	10 × ¾	38,0
101,6 × 19,1	4 × ¾	15,2	254,0 × 25,4	10 × 1	50,6
			254,0 × 38,0	10 × 1 ½	75,9
127,0 × 6,4	5 × ¼	6,3	254,0 × 44,5	10 × 1 ¾	88,6
127,0 × 9,5	5 × 3/8	9,5			
127,0 × 12,7	5 × ½	12,7	304,8 × 6,4	12 × ¼	15,2
127,0 × 19,0	5 × ¾	19,0	304,8 × 12,7	12 × ½	30,4
			304,8 × 19,0	12 × ¾	45,5
152,4 × 6,4	6 × ¼	7,6	304,8 × 25,4	12 × 1	60,7
152,4 × 9,5	6 × 3/8	11,4			
152,4 × 12,7	6 × ½	15,2	304,8 × 38,0	12 × 1 ½	91,1
152,4 × 19,0	6 × ¾	22,8	304,8 × 50,8	12 × 2	121,4
152,4 × 25,4	6 × 1	30,4			



Tab. C.28 Barras quadradas com cantos arredondados

Tamanho do lado (a)		Massa M		r	Tamanho do lado (a)		Massa M		r
mm	pol.	kg/m	lb/pé	mm	mm	pol.	kg/m	lb/pé	mm
50,8	2	19,8	13,3	8	101,6	4	79,3	53,3	16
54,0	2 1/8	22,4	15,1	8	104,8	4 1/8	84,4	56,7	16
57,2	2 ¼	25,2	16,9	8	108,0	4 ¼	89,7	60,3	16
60,3	2 3/8	28,1	18,9	8	111,1	4 3/8	95,2	63,9	16
63,5	2 ½	31,0	20,8	10	114,3	4 ½	100,0	67,2	19
66,7	2 5/8	34,3	23,0	10	117,5	4 5/8	105,8	71,1	19
69,9	2 ¾	37,7	25,3	10	120,7	4 ¾	111,7	75,1	19
73,0	2 7/8	41,2	27,7	10	123,8	4 7/8	117,8	79,2	19
76,2	3	44,7	30,0	11	127,0	5	121,0	81,3	28
79,4	3 1/8	48,6	32,6	11	130,2	5 1/8	127,4	85,6	28
82,6	3 ¼	52,6	35,4	11	133,4	5 ¼	134,0	90,0	28
85,7	3 3/8	56,8	38,2	11	136,5	5 3/8	140,7	94,5	28
88,9	3 ½	60,9	40,9	13	139,7	5 ½	147,6	99,2	28
92,1	3 5/8	65,4	44,0	13	142,9	5 5/8	154,6	103,9	28
95,3	3 ¾	70,1	47,1	13	146,1	5 ¾	161,8	108,7	28
98,4	3 7/8	74,9	50,3	13	152,4	6	176,6	118,7	28

Catálogo CSN.



Tab. C.29 Características dos trilhos

	Tipo	Medidas em mm						Área	Massa	Características geométricas			Tensão	G ideal
		d	b	C	t _w	t _f	α	cm ²	kg/m	I _x	W _{xs}	r _x	F _u	
								A	M	cm ⁴	cm ³	cm	kg/mm ²	
Nacionais	TR-37	122	122	63	13,5	7,3	13°	47,3	37,10	951	149	4,5	68	194
	TR-45	143	130	65	14,3	9,2	14°	56,9	44,64	1.611	206	5,3	78	202
	TR-50	152	136	68	14,3	10	14°	64,2	50,35	2.040	247	5,6	88	208
	TR-57	168	140	69	15,9	11,2	14°	72,3	56,76	2.730	295	6,2	88	212
	TR-68	186	152	75	17,5	11,1	14°	86,1	67,60	3.950	392	7,1	88	224
	TR-52	132	132	65	23,8	10,3	13°	65	51,00	1.430	203	4,6	88	204
Americanos	ASCE-40	89	89	47	9,9	5,6	13°	25,4	20,0	272	60	3,3		160
	ASCE-60	108	108	61	12,3	7,0	13°	38,3	30,0	608	109	4,0		180
	ASCE-85	132	132	65	14,3	7,5	13°	53,7	42,2	1.253	182	4,83		204
	BET-104	127	127	64	25,4	12,7	13°	66,5	52,2	1.240	175	4,3		198
	BET-171	152	152	110	31,7	15,9	12°	108,4	85,1	3.055	402	5,3		224
	USS-105	132	132	65	23,8	10,3	13°	65	51	1.430	203	4,6		204
	AISE-135	146	132	87	31,7	11,9	13°	86	67,4	2.106	282	5,0		204
AISE-175	152	152	108	38,1	12,7	12°	110,3	86,6	2.922	382	5,2		224	

Alemães	A-45	55	125	45	24	8	4°-50'	28,3	22,2	91	27,5	1,8	60	196
	A-55	65	150	55	31	9	4°-46'	40,7	32	182	46,9	2,1	60	222
	A-65	75	175	65	38	10	4°-43'	55,4	43,5	327	73,7	2,4	60	246
	A-75	85	200	75	45	11	4°-34'	72,1	56,6	545	109	2,7	60	272
	A-100	95	200	100	60	12	5°-9'	95,6	75,2	888	170	3,0	60	272
	A-120	105	220	120	72	14	6°-51'	129	101,3	1.420	249	3,3	60	292

Tab. C.30 Parafuso sextavado pesado – ANSI B 18.2.1

Os fios por polegada serão conforme as normas para aplicação													Rosca classe 2A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nominal</th> <th>1/2</th> <th>5/8</th> <th>3/4</th> <th>7/8</th> <th>1"</th> <th>1 1/8</th> <th>1 1/4</th> <th>1 3/8</th> <th>1 1/2</th> <th>1 3/4</th> <th>2"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Fios por pol.</td> <td>UNC</td> <td>13</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4 1/2</td> </tr> <tr> <td>UN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Φd</td> <td>mín.</td> <td>12,52</td> <td>15,67</td> <td>18,82</td> <td>22,00</td> <td>25,15</td> <td>28,29</td> <td>31,47</td> <td>34,62</td> <td>37,79</td> <td>44,14</td> <td>50,49</td> </tr> <tr> <td>nom.</td> <td>12,70</td> <td>15,87</td> <td>19,05</td> <td>22,22</td> <td>25,40</td> <td>28,57</td> <td>31,75</td> <td>34,92</td> <td>38,10</td> <td>44,45</td> <td>50,80</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>13,08</td> <td>16,31</td> <td>19,51</td> <td>22,73</td> <td>25,96</td> <td>29,18</td> <td>32,44</td> <td>35,66</td> <td>38,89</td> <td>45,34</td> <td>51,80</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">S</td> <td>mín.</td> <td>21,59</td> <td>26,18</td> <td>30,78</td> <td>35,40</td> <td>40,00</td> <td>44,60</td> <td>49,22</td> <td>53,82</td> <td>58,42</td> <td>67,61</td> <td>76,83</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>22,22</td> <td>26,97</td> <td>31,75</td> <td>36,52</td> <td>41,27</td> <td>46,02</td> <td>50,80</td> <td>55,57</td> <td>60,32</td> <td>69,85</td> <td>79,37</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">H</td> <td>mín.</td> <td>7,67</td> <td>9,60</td> <td>11,56</td> <td>13,49</td> <td>15,01</td> <td>16,71</td> <td>19,02</td> <td>20,57</td> <td>22,91</td> <td>26,77</td> <td>29,85</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>9,25</td> <td>11,28</td> <td>13,31</td> <td>15,34</td> <td>17,78</td> <td>19,81</td> <td>22,25</td> <td>23,88</td> <td>26,31</td> <td>30,38</td> <td>35,25</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">F</td> <td>mín.</td> <td>24,61</td> <td>29,84</td> <td>35,12</td> <td>40,36</td> <td>45,61</td> <td>50,85</td> <td>56,10</td> <td>61,36</td> <td>66,59</td> <td>77,08</td> <td>87,60</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>25,65</td> <td>31,16</td> <td>36,65</td> <td>42,16</td> <td>47,65</td> <td>53,16</td> <td>58,64</td> <td>64,16</td> <td>69,64</td> <td>80,64</td> <td>91,64</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ΦD</td> <td>mín.</td> <td>19,00</td> <td>23,00</td> <td>27,00</td> <td>31,00</td> <td>35,00</td> <td>39,00</td> <td>43,00</td> <td>47,50</td> <td>51,50</td> <td>59,60</td> <td>67,60</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>22,20</td> <td>26,90</td> <td>31,70</td> <td>36,50</td> <td>41,20</td> <td>46,00</td> <td>50,80</td> <td>55,50</td> <td>60,30</td> <td>69,80</td> <td>79,30</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">R</td> <td>mín.</td> <td>0,25</td> <td>0,51</td> <td>0,51</td> <td>0,51</td> <td>0,76</td> <td>0,76</td> <td>0,76</td> <td>0,76</td> <td>0,76</td> <td>1,02</td> <td>1,02</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>0,76</td> <td>1,52</td> <td>1,52</td> <td>1,52</td> <td>2,87</td> <td>2,87</td> <td>2,87</td> <td>2,87</td> <td>2,87</td> <td>3,05</td> <td>3,05</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">b*</td> <td rowspan="2">1</td> <td>mín.</td> <td>31,80</td> <td>38,10</td> <td>44,50</td> <td>50,80</td> <td>57,20</td> <td>63,50</td> <td>69,90</td> <td>76,20</td> <td>82,60</td> <td>95,30</td> <td>108,00</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>36,50</td> <td>42,90</td> <td>49,20</td> <td>55,60</td> <td>61,90</td> <td>68,30</td> <td>74,60</td> <td>80,90</td> <td>87,30</td> <td>100,00</td> <td>112,80</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td>mín.</td> <td>38,10</td> <td>44,50</td> <td>50,80</td> <td>57,20</td> <td>63,50</td> <td>69,80</td> <td>76,20</td> <td>82,60</td> <td>88,90</td> <td>101,60</td> <td>114,30</td> </tr> <tr> <td>máx.</td> <td>42,90</td> <td>49,20</td> <td>55,60</td> <td>61,90</td> <td>68,30</td> <td>74,60</td> <td>80,90</td> <td>87,30</td> <td>93,70</td> <td>106,40</td> <td>119,10</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Tolerância para comprimento L</td> <td>acima 1" a 2 1/2"</td> <td>+ 1,0 - 1,5</td> <td colspan="2">+ 1,5 - 2,0</td> <td colspan="2">+ 2,0 - 2,5</td> <td colspan="3">± 3,0</td> <td colspan="3">± 4,5</td> </tr> <tr> <td>acima 2 1/2" a 4"</td> <td>+ 1,5 - 2,0</td> <td colspan="2">+ 2,0 - 2,5</td> <td colspan="2">+ 2,5 - 3,5</td> <td colspan="3">± 4,0</td> <td colspan="3">± 5,0</td> </tr> <tr> <td>acima 4" a 6"</td> <td>+ 2,0 - 2,5</td> <td colspan="2">± 2,5</td> <td colspan="2">+ 3,0 - 4,0</td> <td colspan="3">± 4,5</td> <td colspan="3">± 5,5</td> </tr> <tr> <td>acima 6"</td> <td>+ 3,0 - 4,5</td> <td colspan="2">+ 3,5 - 4,5</td> <td colspan="2">+ 4,0 - 5,0</td> <td colspan="3">± 5,5</td> <td colspan="3">± 6,0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Comprimento L</td> <td colspan="11">Peso em kg/100 peças (aproximado)</td> </tr> <tr> <td>pol.</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/4</td> <td>31,8</td> <td>5,3</td> <td>9,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2</td> <td>38,1</td> <td>5,8</td> <td>9,8</td> <td>15,4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 3/4</td> <td>44,5</td> <td>6,4</td> <td>10,6</td> <td>16,5</td> <td>24,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50,8</td> <td>7,0</td> <td>11,6</td> <td>17,6</td> <td>25,6</td> <td>35,6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="13">Os comprimentos acima da linha são com rosca total</td> </tr> </tbody> </table>													Nominal		1/2	5/8	3/4	7/8	1"	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2"	Fios por pol.	UNC	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	4 1/2	UN					8	8	8	8	8	8		Φd	mín.	12,52	15,67	18,82	22,00	25,15	28,29	31,47	34,62	37,79	44,14	50,49	nom.	12,70	15,87	19,05	22,22	25,40	28,57	31,75	34,92	38,10	44,45	50,80	máx.	13,08	16,31	19,51	22,73	25,96	29,18	32,44	35,66	38,89	45,34	51,80	S	mín.	21,59	26,18	30,78	35,40	40,00	44,60	49,22	53,82	58,42	67,61	76,83	máx.	22,22	26,97	31,75	36,52	41,27	46,02	50,80	55,57	60,32	69,85	79,37	H	mín.	7,67	9,60	11,56	13,49	15,01	16,71	19,02	20,57	22,91	26,77	29,85	máx.	9,25	11,28	13,31	15,34	17,78	19,81	22,25	23,88	26,31	30,38	35,25	F	mín.	24,61	29,84	35,12	40,36	45,61	50,85	56,10	61,36	66,59	77,08	87,60	máx.	25,65	31,16	36,65	42,16	47,65	53,16	58,64	64,16	69,64	80,64	91,64	ΦD	mín.	19,00	23,00	27,00	31,00	35,00	39,00	43,00	47,50	51,50	59,60	67,60	máx.	22,20	26,90	31,70	36,50	41,20	46,00	50,80	55,50	60,30	69,80	79,30	R	mín.	0,25	0,51	0,51	0,51	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	1,02	1,02	máx.	0,76	1,52	1,52	1,52	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	3,05	3,05	b*	1	mín.	31,80	38,10	44,50	50,80	57,20	63,50	69,90	76,20	82,60	95,30	108,00	máx.	36,50	42,90	49,20	55,60	61,90	68,30	74,60	80,90	87,30	100,00	112,80	2	mín.	38,10	44,50	50,80	57,20	63,50	69,80	76,20	82,60	88,90	101,60	114,30	máx.	42,90	49,20	55,60	61,90	68,30	74,60	80,90	87,30	93,70	106,40	119,10	Tolerância para comprimento L	acima 1" a 2 1/2"	+ 1,0 - 1,5	+ 1,5 - 2,0		+ 2,0 - 2,5		± 3,0			± 4,5			acima 2 1/2" a 4"	+ 1,5 - 2,0	+ 2,0 - 2,5		+ 2,5 - 3,5		± 4,0			± 5,0			acima 4" a 6"	+ 2,0 - 2,5	± 2,5		+ 3,0 - 4,0		± 4,5			± 5,5			acima 6"	+ 3,0 - 4,5	+ 3,5 - 4,5		+ 4,0 - 5,0		± 5,5			± 6,0			Comprimento L		Peso em kg/100 peças (aproximado)											pol.	mm												1 1/4	31,8	5,3	9,0										1 1/2	38,1	5,8	9,8	15,4									1 3/4	44,5	6,4	10,6	16,5	24,0								2"	50,8	7,0	11,6	17,6	25,6	35,6							Os comprimentos acima da linha são com rosca total										
Nominal		1/2	5/8	3/4	7/8	1"	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2"																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Fios por pol.	UNC	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	4 1/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	UN					8	8	8	8	8	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Φd	mín.	12,52	15,67	18,82	22,00	25,15	28,29	31,47	34,62	37,79	44,14	50,49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	nom.	12,70	15,87	19,05	22,22	25,40	28,57	31,75	34,92	38,10	44,45	50,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	máx.	13,08	16,31	19,51	22,73	25,96	29,18	32,44	35,66	38,89	45,34	51,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
S	mín.	21,59	26,18	30,78	35,40	40,00	44,60	49,22	53,82	58,42	67,61	76,83																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	máx.	22,22	26,97	31,75	36,52	41,27	46,02	50,80	55,57	60,32	69,85	79,37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
H	mín.	7,67	9,60	11,56	13,49	15,01	16,71	19,02	20,57	22,91	26,77	29,85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	máx.	9,25	11,28	13,31	15,34	17,78	19,81	22,25	23,88	26,31	30,38	35,25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
F	mín.	24,61	29,84	35,12	40,36	45,61	50,85	56,10	61,36	66,59	77,08	87,60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	máx.	25,65	31,16	36,65	42,16	47,65	53,16	58,64	64,16	69,64	80,64	91,64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
ΦD	mín.	19,00	23,00	27,00	31,00	35,00	39,00	43,00	47,50	51,50	59,60	67,60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	máx.	22,20	26,90	31,70	36,50	41,20	46,00	50,80	55,50	60,30	69,80	79,30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
R	mín.	0,25	0,51	0,51	0,51	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	1,02	1,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	máx.	0,76	1,52	1,52	1,52	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	3,05	3,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
b*	1	mín.	31,80	38,10	44,50	50,80	57,20	63,50	69,90	76,20	82,60	95,30	108,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		máx.	36,50	42,90	49,20	55,60	61,90	68,30	74,60	80,90	87,30	100,00	112,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	2	mín.	38,10	44,50	50,80	57,20	63,50	69,80	76,20	82,60	88,90	101,60	114,30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		máx.	42,90	49,20	55,60	61,90	68,30	74,60	80,90	87,30	93,70	106,40	119,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Tolerância para comprimento L	acima 1" a 2 1/2"	+ 1,0 - 1,5	+ 1,5 - 2,0		+ 2,0 - 2,5		± 3,0			± 4,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	acima 2 1/2" a 4"	+ 1,5 - 2,0	+ 2,0 - 2,5		+ 2,5 - 3,5		± 4,0			± 5,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	acima 4" a 6"	+ 2,0 - 2,5	± 2,5		+ 3,0 - 4,0		± 4,5			± 5,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	acima 6"	+ 3,0 - 4,5	+ 3,5 - 4,5		+ 4,0 - 5,0		± 5,5			± 6,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Comprimento L		Peso em kg/100 peças (aproximado)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
pol.	mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1 1/4	31,8	5,3	9,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1 1/2	38,1	5,8	9,8	15,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1 3/4	44,5	6,4	10,6	16,5	24,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2"	50,8	7,0	11,6	17,6	25,6	35,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Os comprimentos acima da linha são com rosca total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

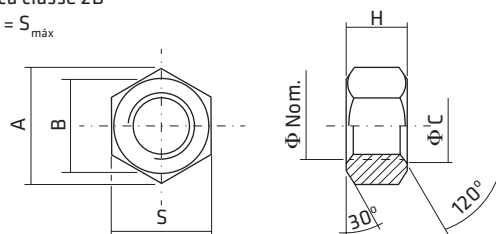
Tab. C.30 (continuação)

Comprimento L		Peso em kg/100 peças (aproximado)										
pol.	mm											
2 1/4	57,2	7,6	12,5	19,0	27,2	37,7						
2 1/2	63,5	8,3	13,5	20,3	29,0	39,7	52	69				
2 3/4	69,9	8,8	14,4	21,7	31,0	42,5	55	72	86			
3"	76,2	9,5	15,4	23,1	32,6	44,6	58	75	90	114		
3 1/4	82,6	10,0	16,3	24,5	34,6	47,0	61	79	95	118	172	
3 1/2	88,9	10,6	17,2	25,8	36,2	49,7	64	83	100	125	179	245
3 3/4	95,3	11,3	18,2	27,2	37,8	52,0	67	87	105	130	186	255
4"	101,6	11,8	19,1	28,5	39,4	54,3	70	90	110	136	194	263
4 1/4	107,9	12,5	20,1	30,0	42,1	57,0	73	95	113	141	202	272
4 1/2	114,3	13,1	21,0	31,3	44,3	59,3	76	98	119	147	209	282
4 3/4	120,6	13,7	22,0	32,6	46,2	62,0	79	102	124	152	217	292
5"	127,0	14,3	22,8	34,0	48,0	64,2	82	106	129	158	224	302
5 1/4	133,3		23,7	35,5	49,8	66,5	85	109	133	164	232	312
5 1/2	139,7		24,7	36,8	51,7	69,2	89	113	138	170	240	323
5 3/4	146,0			38,2	53,5	71,5	91	118	143	175	246	332
6"	152,4			39,5	55,2	73,7	95	120	147	181	255	342
6 1/4	158,7				57,0	76,0	97	124	153	185	262	352

*b 1 – para comprimento L até 6" inclusive
 2 – para comprimento L acima de 6"

Catálogo Fibam.

Rosca classe 2B
 $B_{\text{máx}} = S_{\text{máx}}$



Tab. C.31 Porca sextavada normal – ANSI B 18.2.2

Φ nominal		S		H		A		B		C		Massa kg/100
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
1/4	20 UNC	10,87	11,11	5,39	5,74	12,4	12,8	10,4	7,1			0,34
	28 UNF											
5/16	18 UNC	12,42	12,70	6,55	6,93	14,1	14,6	11,8	8,7			0,50
	24 UNF											
3/8	16 UNC	14,00	14,27	8,13	8,56	16,0	16,5	13,3	10,3			0,73
	24 UNF											
7/16	14 UNC	17,15	17,46	9,27	9,78	19,5	20,2	16,3	12,0			1,30
	20 UNF											
1/2	13 UNC	18,70	19,05	10,85	11,38	21,3	22,0	17,8	13,7			1,70
	20 UNF											
9/16	12 UNC	21,87	22,22	12,01	12,60	24,9	25,6	20,8	15,4			2,70
	18 UNF											
5/8	11 UNC	23,42	23,81	13,59	14,20	26,7	27,5	22,2	17,0			3,40
	18 UNF											

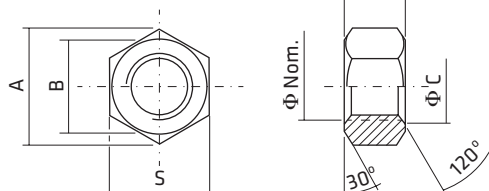
Tab. C.31 (continuação)

Φ nominal		S		H		A		B	C	Massa kg/100
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
3/4	10 UNC	27,64	28,57	15,67	16,89	31,5	33,0	26,2	20,6	5,40
	16 UNF									
7/8	9 UNC	32,23	33,32	18,39	19,71	36,7	38,5	30,6	24,0	8,60
	14 UNF									
1"	8 UNC	36,83	38,10	21,11	22,53	42,0	44,0	35,0	27,5	12,8
	12 UNF									
1 1/8	7 UNC	41,43	42,86	23,85	25,37	47,2	49,5	39,3	30,8	18,2
	12 UNF									
1 1/4	7 UNC	46,03	47,62	26,16	27,79	52,5	55,0	43,6	34,3	24,6
	12 UNF									
1 3/8	6 UNC	50,63	52,39	28,91	30,63	57,7	60,5	48,0	37,6	33,0
	12 UNF									
1 1/2	6 UNC	55,25	57,15	31,62	33,45	63,0	66,0	52,5	41,1	43,0
	12 UNF									
1 3/4	5 UNC	64,47	66,67	37,08	39,12	73,5	77,0	61,1	48,0	75,0
2"	4 1/2 UNC	73,66	76,20	42,55	44,78	84,0	88,0	70,0	54,8	115,0

Catálogo Fibam.

Rosca classe 2B

$$B_{\text{máx}} = S_{\text{máx}}$$

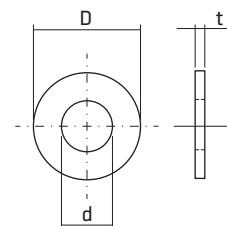

Tab. C.32 Porca sextavada pesada – ANSI B 18.2.2

Φ nominal		S		H		A		B	C	Massa kg/100
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
1/4	20 UNC	12,39	12,70	5,54	6,35	14,1	14,6	11,8	7,1	0,53
5/16	18 UNC	13,87	14,27	7,11	7,97	15,8	16,5	13,2	8,7	0,76
3/8	16 UNC	17,00	17,47	8,68	9,57	19,4	20,2	16,2	10,3	1,42
7/16	14 UNC	18,49	19,05	10,23	11,20	21,1	22,0	17,6	12,0	1,88
1/2	13 UNC	21,59	22,22	11,78	12,80	24,6	25,6	20,5	13,7	2,98
9/16	12 UNC	23,09	23,82	13,36	14,43	26,3	27,5	21,9	15,4	3,69
5/8	11 UNC	26,18	26,97	14,91	16,02	29,9	31,2	24,9	17,1	5,39
3/4	10 UNC	30,78	31,75	18,03	19,25	35,1	36,6	29,3	20,6	8,74
7/8	9 UNC	35,40	36,52	21,16	22,48	40,4	42,2	33,6	24,0	13,45
1"	8 UNC	40,00	41,27	24,26	25,70	45,6	47,6	38,0	27,4	19,25
1 1/8	7 UNC	44,50	46,02	27,40	28,93	50,9	53,2	42,4	30,9	26,82
	8 UNF									
1 1/4	7 UNC	49,22	50,80	30,15	31,77	56,1	58,6	46,8	34,3	35,60
	8 UNF									
1 3/8	6 UNC	53,82	55,57	33,27	35,00	61,4	64,2	51,1	37,7	46,21
	8 UNF									

Tab. C.32 (continuação)

Φ nominal		S		H		A		B	C	Massa kg/100
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
1 1/2	6 UNC	58,42	60,32	36,40	36,22	66,6	69,6	55,5	41,1	59,34
	8 UNF									
1 5/8	8 UNC	63,01	65,07	39,52	41,45	71,8	75,1	59,9	44,6	73,39
1 3/4	5 UNC	67,61	69,85	42,65	44,67	77,1	80,6	64,2	48,0	92,41
	8 UNF									
1 7/8	8 UNC	72,24	74,62	45,77	47,90	82,4	86,1	68,6	51,4	109,2
2"	4 ½ UNC	76,83	79,37	48,89	51,13	87,6	91,6	73,0	54,9	135,5
	8 UNF									
2 1/4	4 UNC	86,06	88,90	54,74	57,17	98,1	102,6	81,8	61,7	189,8
	8 UNF									
2 1/2	4 UNC	95,25	98,42	60,98	63,62	108,6	113,6	90,5	68,6	255,5
	8 UNF									
2 3/4	4 UNC	104,44	108,95	67,23	70,08	119,1	124,8	99,2	75,4	334,3
	8 UNF									
3"	4 UNC	113,86	117,47	73,48	76,53	129,8	135,8	108,0	82,3	430,4
	8 UNF									
3 1/4	4 UNC	122,88	127,00	79,35	82,80	140,1	146,8	116,7	89,1	541
	8 UNF									
3 1/2	4 UNC	132,88	136,52	85,80	89,05	150,6	157,7	125,5	96,0	691
	8 UNF									
3 3/4	4 UNC	141,27	146,05	91,85	95,50	161,1	168,8	134,2	109,9	821
	8 UNF									
4"	4 UNC	150,49	155,57	98,10	101,95	171,6	179,6	143,0	109,7	988
	8 UNF									

Catálogo Fibam.

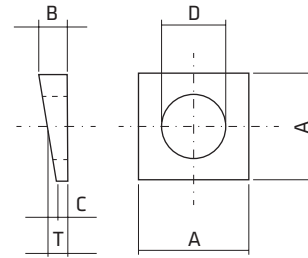


Tab. C.33 Arruela circular para estruturas metálicas – ASTM A325 e A490 e conforme Manual of American Institute of Steel Construction

Φ nominal	ΦD		Φd		t		Massa kg/100
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
1/2"	26,2	33,3	13,50	14,30	2,5	4,5	1,50
5/8"	32,5	39,6	16,70	17,50	3,1	4,5	2,40
3/4"	36,5	43,6	20,65	21,40	3,1	4,5	2,70
7/8"	43,6	50,7	23,80	24,60	3,5	4,5	4,00
1"	50,0	57,1	27,0	27,80	3,5	4,5	5,30
1 1/8"	56,4	63,4	31,80	32,60	3,5	4,5	6,30
1 1/4"	62,7	69,8	34,90	35,70	3,5	4,5	7,80
1 3/8"	69,1	76,1	38,10	38,90	3,5	4,5	9,40
1 1/2"	75,4	82,5	41,30	42,10	3,5	4,5	11,1

Material: aço 1045 temperado com 38,45 Rc.

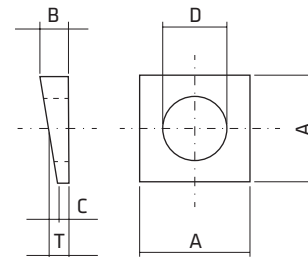
Catálogo Fibam.



Tab. C.34 Arruela quadrada para perfis tipo A – ANSI B27.4

Φ nominal	A		B		C		T	D		Massa kg/100
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	nom.	mín.	máx.	
1/2	31,00	32,50	7,90	9,40	2,3	3,8	5,85	13,5	15,0	3,90
5/8	37,40	38,80	8,90	10,40	2,3	3,8	6,35	16,8	18,3	6,10
3/4	37,40	38,80	10,40	11,90	4,1	5,6	7,85	19,8	21,3	7,10
7/8	50,10	51,50	13,50	15,00	4,8	6,3	9,90	23,1	24,6	16,7
1"	50,10	51,50	13,50	15,00	4,8	6,3	9,90	26,2	27,7	15,7
1 1/8	56,40	57,90	15,00	16,50	5,6	7,1	11,15	31,0	32,5	21,6
1 1/4	56,40	57,90	17,60	19,00	7,1	8,6	13,20	34,3	35,8	23,6
1 3/8	89,10	70,50	19,10	20,50	7,1	8,6	14,00	37,4	38,8	38,1
1 1/2	75,50	77,00	19,80	21,30	7,1	8,6	14,20	40,4	42,0	50,0

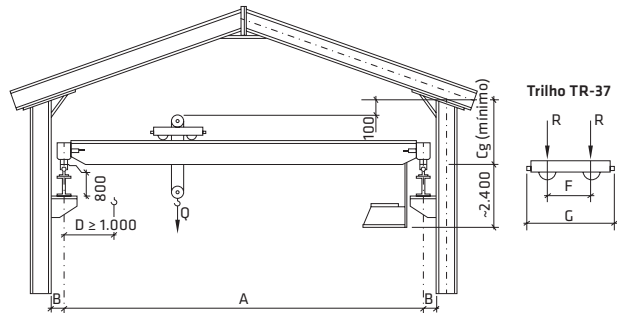
Material: 1010 (maleável).
Catálogo Fibam.



Tab. C.35 Arruela quadrada para perfis tipo B – ANSI B27.4 e conforme Manual of American Institute of Steel Construction

Φ nominal	A		B		C		T	D		Massa kg/100
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	nom.	mín.	máx.	
1/2	43,7	45,2	10,70	11,90	3,55	4,55	7,85	13,20	14,20	10,9
5/8	43,7	45,2	10,70	11,90	3,55	4,55	7,85	16,50	17,50	10,4
3/4	43,7	45,2	10,70	11,90	3,55	4,55	7,85	20,30	21,30	9,80
7/8	43,7	45,2	10,70	11,90	3,55	4,55	7,85	23,50	26,60	9,10
1"	43,7	45,2	10,70	11,90	3,55	4,55	7,85	26,70	27,70	8,30
1 1/8	56,4	57,9	11,95	13,20	2,55	3,55	7,85	31,50	32,50	15,0
1 1/4	56,4	57,9	11,95	13,20	2,55	3,55	7,85	34,70	35,80	14,0
1 3/8	56,4	57,9	11,95	13,20	2,55	3,55	7,85	37,75	38,85	12,9
1 1/2	56,4	57,9	11,95	13,20	2,55	3,55	7,85	40,90	41,90	11,7

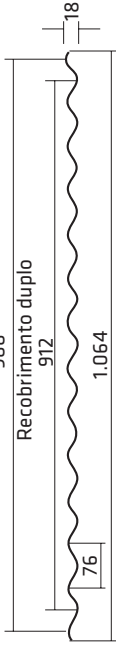
Material: 1045 temperada com 38-45 Rc.
Catálogo Fibam.



Tab. C.36 Pontes rolantes para uso didático

Capacidade máxima da ponte	Vão	Folga mínima	Altura mínima	Distância entre rodas	Largura do carro	Peso do trole	Peso da ponte	Carga máxima por roda
Q	A	B	C	F	G			R
tf	m	mm	m	m	m	tf	tf	tf
5	≤ 14	180	1,3	3,0	4,0	1,7	5,0	4,5
	15-19	180	1,3	3,0	4,0	1,7	8,0	5,6
	20-25	200	1,3	3,0	4,0	1,7	12,0	6,7
8	≤ 14	180	1,3	3,2	4,2	2,6	7,0	5,6
	15-19	200	1,3	3,2	4,2	2,6	11,0	7,1
	20-25	200	1,3	3,2	4,2	2,6	15,0	8,6
10	≤ 14	200	1,4	3,4	4,4	2,8	8,0	7,0
	15-19	200	1,4	3,4	4,4	2,8	13,0	8,0
	20-25	200	1,4	3,4	4,4	2,8	17,0	9,2
12	≤ 14	200	1,5	3,6	4,6	2,8	9,0	8,0
	15-19	220	1,5	3,6	4,6	2,8	13,0	9,2
	20-25	240	1,5	3,6	4,6	2,8	29,0	11,0
16	≤ 14	240	1,6	3,8	4,9	3,0	10,0	9,3
	15-19	260	1,6	3,8	4,9	3,0	14,0	11,0
	20-25	280	1,6	3,8	4,9	3,0	20,0	13,0
20	≤ 14	260	1,8	4,0	5,0	4,0	13,0	12,0
	15-19	280	1,8	4,2	5,2	4,0	22,0	16,0
	20-25	300	1,9	4,6	5,6	4,0	26,0	18,0
25	≤ 14	280	2,0	4,0	5,0	4,5	15,0	15,0
	15-19	300	2,0	4,2	5,2	4,5	24,0	19,0
	20-25	320	2,1	4,6	5,6	4,5	28,0	22,0

Observação: esta tabela é apenas didática. O profissional deve trabalhar com as informações do fornecedor da ponte.



Tab. C.37 Telha Metform MF-18/912 ou 988

As telhas Metform podem ser fabricadas em quaisquer comprimentos (limitado a 12 m), de acordo com as necessidades de projeto. A tabela a seguir apresenta o peso próprio em kg/m e kg/m², de acordo com as espessuras em mm das telhas MF-18 Metform. Estão indicados pesos em kg/m², considerando-se *recobrimento simples* (largura útil de 988 mm) e *recobrimento duplo* (largura útil de 912 mm).

Pesos	Espessuras das chapas (mm)					
	0,43	0,50	0,65	0,80	0,95	1,25
kg/m	4,13	4,80	6,24	7,68	9,12	12,00
kg/m ² (recobrimento simples)	4,18	4,86	6,32	7,77	9,23	12,15
kg/m ² (recobrimento duplo)	4,53	5,26	6,84	8,42	10,00	13,16

A tabela de sobrecarga máxima a seguir indica as sobrecargas líquidas uniformemente distribuídas (já descontado o peso próprio) que podem ser aplicadas nas telhas MF-18, em função do vão e do número de apoios existentes. Essa tabela foi elaborada de acordo com as prescrições do American Iron and Steel Institute (AISI-LRFD Cold-Formed Steel Design Manual – 1991).

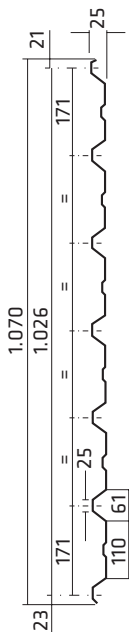
Foram estipuladas duas limitações quanto à flecha máxima admissível: L/120 para telhas com inclinações maiores ou iguais a 15% e L/180 para telhas com inclinações inferiores a 15%.

O limite de resistência das telhas considera a utilização de aço NBR 7008 (f_y igual 180 MPa) e a condição de pressão e/ou sucção e adota o menor valor entre os seguintes estados-limites: *momento fletor no vão* e *interação momento fletor/cortante nos apoios*.

O valor da sobrecarga admissível será sempre o menor entre o limite de resistência apresentado e a carga correspondente à flecha admissível (L/120 ou L/180). A largura mínima de apoio é de 50 mm para as telhas MF-18.

Sobrecarga máxima para telha MF-18 (kg/m²)

Distância entre apoios	Espessura da chapa (mm)	0,43						0,50			0,65			0,80			0,95			1,25				
		2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4		
1,00 m	Número de apoios	L/120	185	445	350	218	146	290	413	290	697	548	361	868	682	432	1.039	817	575	1.382	1.086			
	Flecha	L/180	124	297	234	146	193	275	193	464	365	241	579	455	288	693	545	383	921	725				
	Limite de resistência		179	177	222	211	209	262	279	278	347	348	346	433	417	414	518	554	551	689				
1,25 m	Número de apoios	L/120	95	228	179	112	269	211	148	357	280	185	444	349	221	532	418	294	707	556				
	Flecha	L/180	63	152	120	75	179	141	99	238	187	123	296	233	148	355	279	196	472	371				
	Limite de resistência		113	113	141	134	133	167	177	177	221	221	220	276	265	263	330	352	350	439				
1,50 m	Número de apoios	L/120	55	132	104	65	156	122	86	206	162	107	257	202	128	308	242	170	409	322				
	Flecha	L/180	37	88	69	43	104	82	57	138	108	71	171	135	85	205	161	114	273	215				
	Limite de resistência		78	78	98	92	91	115	122	121	153	152	151	190	182	181	228	242	241	303				
1,75 m	Número de apoios	L/120	35	83	65	41	98	77	54	130	102	67	162	127	81	194	152	107	258	203				
	Flecha	L/180	23	55	44	27	65	51	36	87	68	45	108	85	54	129	102	72	172	135				
	Limite de resistência		56	56	71	67	66	84	88	88	111	110	110	139	132	132	166	175	175	221				
2,00 m	Número de apoios	L/120	23	56	44	27	66	52	36	87	68	45	108	85	54	130	102	72	173	136				
	Flecha	L/180	15	37	29	18	44	34	24	58	46	30	72	57	36	87	68	48	115	91				
	Limite de resistência		43	42	54	50	50	63	67	66	84	83	83	105	99	99	126	132	132	167				
2,25 m	Número de apoios	L/120	16	39	31	19	46	36	25	61	48	32	76	60	38	91	72	50	121	95				
	Flecha	L/180	11	26	21	13	31	24	17	41	32	21	51	40	25	61	48	34	81	64				
	Limite de resistência		33	33	42	39	39	49	52	52	66	64	64	82	77	77	98	103	103	130				
2,50 m	Número de apoios	L/120	12	29	22	14	34	26	19	45	35	23	56	44	28	67	52	37	88	70				
	Flecha	L/180	8	19	15	9	22	18	12	30	23	15	37	29	18	44	35	25	59	46				
	Limite de resistência		26	26	33	31	31	39	41	41	52	51	51	65	61	61	78	82	82	104				



Tab. C.38 Telha Metform MF-25/1.026

As telhas Metform podem ser fabricadas em quaisquer comprimentos (limitado a 12 m), de acordo com as necessidades de projeto. A tabela a seguir apresenta o peso próprio em kg/m e kg/m², de acordo com as espessuras em mm das telhas MF-25 Metform.

Pesos	Espessuras das chapas (mm)				
	0,43	0,50	0,65	0,80	1,25
kg/m	4,13	4,80	6,24	7,68	9,12
kg/m ²	4,03	4,68	6,08	7,49	8,89
				7,49	8,89

A tabela de sobrecarga máxima a seguir indica as sobrecargas líquidas uniformemente distribuídas (já descontado o peso próprio) que podem ser aplicadas nas telhas MF-25, em função do vão e do número de apoios existentes. Essa tabela foi elaborada de acordo com as prescrições do American Iron and Steel Institute (AISI-LRFD Cold-Formed Steel Design Manual – 1991).

Foram estipuladas duas limitações quanto à flecha máxima admissível: L/120 para telhas com inclinações maiores ou iguais a 15% e L/180 para telhas com inclinações inferiores a 15%.

O limite de resistência das telhas considera a utilização de aço NBR 7008 (f_y igual a 180 MPa) e a condição de pressão e/ou sucção e adota o menor valor entre os seguintes estados-limites: momento fletor no vão, interação momento fletor/covante nos apoios e enrugamento de alma.

O valor da sobrecarga admissível será sempre o menor entre o limite de resistência apresentado e a carga correspondente à flecha admissível (L/120 ou L/180).

A largura mínima de apoio é de 50 mm para as telhas MF-25.

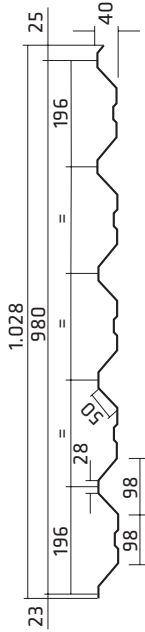
Sobrecarga máxima para telha MF-25 (kg/m²)

Distância entre apoios	Espessura da chapa (mm)	Sobrecarga máxima para telha MF-25 (kg/m ²)																
		0,43		0,50		0,65		0,80		0,95		1,25						
	Número de apoios	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4					
1,00 m	Flecha	L/120	547	1.316	1.035	656	1.577	1.240	878	2.111	1.660	1.094	2.630	3.149	2.476	1.741	4.187	3.292
	Limite de resistência	L/180	365	877	690	437	1.051	827	586	1.407	1.107	730	1.753	2.099	1.651	1.162	2.791	2.196
			235	238	294	277	293	361	367	408	503	457	516	634	617	759	728	821
1,25 m	Flecha	L/120	280	674	530	336	807	635	449	1.081	850	560	1.347	1.612	1.268	892	2.144	1.686
	Limite de resistência	L/180	187	449	353	224	538	423	300	721	567	374	898	706	447	595	1.429	1.124
			150	153	190	176	189	234	233	264	327	291	333	413	399	494	463	530
1,50 m	Flecha	L/120	162	390	307	194	467	367	260	625	492	324	779	933	734	516	1.241	975
	Limite de resistência	L/180	108	260	204	130	311	245	174	417	328	216	519	409	259	344	827	651
			103	106	133	121	131	163	161	183	228	200	232	288	240	277	345	319
1,75 m	Flecha	L/120	102	246	193	122	294	231	164	394	310	204	491	588	462	325	781	614
	Limite de resistência	L/180	68	164	129	82	196	154	109	263	207	136	327	257	163	217	521	410
			75	78	97	88	96	120	117	134	168	146	170	212	174	203	254	232
2,00 m	Flecha	L/120	68	164	129	82	197	155	110	264	207	137	329	258	164	218	523	412
	Limite de resistência	L/180	46	110	86	55	131	103	73	176	138	91	219	172	109	145	349	274
			57	59	74	67	73	91	88	102	128	110	129	162	132	154	194	175
2,25 m	Flecha	L/120	48	116	91	58	138	109	77	185	146	96	231	182	115	153	368	289
	Limite de resistência	L/180	32	77	61	38	92	73	51	124	97	64	154	121	77	102	245	193
			44	46	58	52	57	72	69	80	100	86	101	127	103	121	152	137

Tab. C.38 (continuação)

Sobrecarga máxima para telha MF-25 (kg/m²)

Distância entre apoios	Espessura da chapa (mm)	0,43				0,50				0,65				0,80				0,95				1,25			
		2	3	4		2	3	4		2	3	4		2	3	4		2	3	4		2	3	4	
2,50 m	Número de apoios																								
	Flecha	L/120	35	84	66	42	101	79	56	135	106	70	168	132	84	202	158	111	268	211					
2,75 m	Número de apoios	L/180	23	56	44	28	67	53	37	90	71	47	112	88	56	134	106	74	179	141					
	Limite de resistência		35	37	47	41	45	57	55	64	81	68	81	102	82	97	122	109	129	163					
3,00 m	Número de apoios	L/120	26	63	50	32	76	60	42	102	80	53	126	99	63	151	119	84	201	158					
	Limite de resistência	L/180	18	42	33	21	51	40	28	68	53	35	84	66	42	101	79	56	134	106					
3,00 m	Número de apoios		29	30	38	34	37	47	45	52	66	56	66	84	67	79	100	89	105	133					
	Limite de resistência	L/120	20	49	38	24	58	46	33	78	61	41	97	77	49	117	92	65	155	122					
3,00 m	Número de apoios	L/180	14	32	26	16	39	31	22	52	41	27	65	51	32	78	61	43	103	81					
	Limite de resistência		23	25	31	28	31	39	37	43	55	46	55	69	55	65	83	73	87	111					



Tab. C.39 Telha Metform MF-40/980

As telhas Metform podem ser fabricadas em quaisquer comprimentos (limitado a 12 m), de acordo com as necessidades de projeto.

A tabela a seguir apresenta o peso próprio em kg/m e kg/m², de acordo com as espessuras em mm das telhas MF-40 Metform.

Pesos	Espessuras das chapas (mm)					
	0,43	0,50	0,65	0,80	0,95	1,25
kg/m	4,13	4,80	6,24	7,68	9,12	12,00
kg/m ²	4,21	4,90	6,37	7,84	9,31	12,24

A tabela de sobrecarga máxima a seguir indica as sobrecargas líquidas uniformemente distribuídas (já descontado o peso próprio) que podem ser aplicadas nas telhas MF-40, em função do vão e do número de apoios existentes. Essa tabela foi elaborada de acordo com as prescrições do American Iron and Steel Institute (AISI-LRFD Cold-Formed Steel Design Manual – 1991).

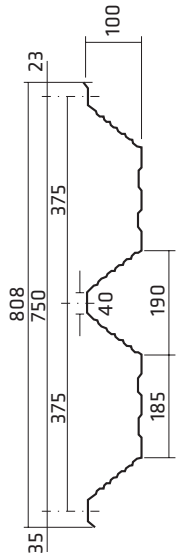
Foram estipuladas duas limitações quanto à flecha máxima admissível: L/120 para telhas com inclinações maiores ou iguais a 15% e L/180 para telhas com inclinações inferiores a 15%. O limite de resistência das telhas considera a utilização de aço NBR 7008 (f_y igual 180 MPa) e a condição de pressão e/ou sucção e adota o menor valor entre os seguintes estados-limites: *momento fletor no vão*, *interação momento fletor/cortante nos apoios* e *enrugamento de alma*.

O valor da sobrecarga admissível será sempre o menor entre o limite de resistência apresentado e a carga correspondente à flecha admissível (L/120 ou L/180).

A largura mínima de apoio é de 50 mm para as telhas MF-40.

Sobrecarga máxima para telha MF-40 (kg/m²)

Distância entre apoios	Espessura da chapa	(mm)	Sobrecarga máxima para telha MF-40 (kg/m ²)																	
			0,43			0,50			0,65			0,80			0,95			1,25		
			2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1,50 m	Flecha	L/120	402	968	761	487	1.171	920	648	1.559	1.226	808	1.942	1.527	967	2.325	1.828	1.286	3.092	2.431
		L/180	269	645	508	325	780	614	432	1.039	817	539	1.295	1.018	645	1.550	1.219	858	2.061	1.621
1,75 m	Limite de resistência	L/120	160	134	153	200	173	198	273	307	340	398	454	407	480	598	541	638	795	
		L/180	253	610	479	307	737	580	408	982	772	509	1.223	962	609	1.464	1.151	810	1.947	1.531
2,00 m	Limite de resistência	L/120	117	115	131	146	148	169	199	230	263	248	294	367	297	352	440	395	468	585
		L/180	170	408	321	205	494	388	273	658	517	341	819	644	408	981	771	542	1.304	1.026
2,25 m	Limite de resistência	L/120	89	100	114	111	129	147	151	178	223	189	224	281	226	268	336	300	357	447
		L/180	119	287	225	144	347	273	192	462	363	239	575	452	287	689	542	381	916	720
2,50 m	Limite de resistência	L/120	80	191	150	96	231	182	128	308	242	160	384	302	191	460	361	254	611	480
		L/180	70	83	101	87	102	128	119	140	176	148	176	221	177	211	265	235	281	352
2,75 m	Limite de resistência	L/120	87	209	164	105	253	199	140	337	265	174	419	330	209	502	395	278	668	525
		L/180	58	139	110	70	169	133	93	224	177	116	280	220	139	335	263	185	445	350
2,75 m	Limite de resistência	L/120	56	67	83	70	82	103	95	113	142	119	142	178	142	170	213	189	226	284
		L/180	65	157	123	79	190	149	105	253	199	131	315	248	157	377	297	209	502	395
3,00 m	Limite de resistência	L/120	44	105	82	53	127	100	70	169	133	87	210	165	105	252	198	139	335	263
		L/180	46	55	69	57	68	85	78	93	117	97	116	146	116	139	175	155	185	233
3,25 m	Limite de resistência	L/120	50	121	95	61	146	115	81	195	153	101	243	191	121	291	229	161	386	304
		L/180	34	81	63	41	98	77	54	130	102	67	162	127	81	194	152	107	258	203
3,50 m	Limite de resistência	L/120	38	46	57	47	56	71	65	77	97	81	97	122	96	116	146	128	154	195
		L/180	40	95	75	48	115	90	64	153	120	79	191	150	95	229	180	126	304	239
3,50 m	Limite de resistência	L/120	26	63	50	32	77	60	43	102	80	53	128	100	63	152	120	84	203	159
		L/180	32	38	49	40	47	60	54	65	82	68	82	103	81	98	124	108	130	165
3,50 m	Limite de resistência	L/120	32	76	60	38	92	72	51	123	96	64	153	120	76	183	144	101	243	191
		L/180	21	51	40	26	61	48	34	82	64	42	102	80	51	122	96	68	162	128
3,50 m	Limite de resistência	L/120	27	33	42	34	40	51	46	55	70	58	70	88	69	83	106	92	111	141
		L/180	27	33	42	34	40	51	46	55	70	58	70	88	69	83	106	92	111	141



Tab. C.40 Telha METFORM MF-100/750

As telhas Metform podem ser fabricadas em quaisquer comprimentos (limitado a 12 m), de acordo com as necessidades de projeto.

A tabela abaixo apresenta o peso próprio em kg/m e kg/m², de acordo com as espessuras em mm das telhas MF-100 Metform.

Pesos	Espessuras das chapas (mm)				
	0,50	0,65	0,80	0,95	1,25
kg/m	4,00	5,20	6,40	7,60	10,00
kg/m ²	5,33	6,93	8,53	10,13	13,33

A tabela de sobrecarga máxima a seguir indica as sobrecargas líquidas uniformemente distribuídas (já descontado o peso próprio) que podem ser aplicadas nas telhas MF-100, em função do vão e do número de apoios existentes. Essa tabela foi elaborada de acordo com as prescrições do American Iron and Steel Institute (AISI-LRFD Cold-Formed Steel Design Manual – 1991).

Foram estipuladas duas limitações quanto à flecha máxima admissível: L/120 para telhas com inclinações maiores ou iguais a 15% e L/180 para telhas com inclinações inferiores a 15%.

O limite de resistência das telhas considera a utilização de aço NBR 7008 (f_y igual a 180 MPa) e a condição de pressão e/ou sucção e adota o menor valor entre os seguintes estados-limites: *momento fletor no vão*, *interação momento fletor/cortante nos apoios* e *enrugamento de alma*.

O valor da sobrecarga admissível será sempre o menor entre o limite de resistência apresentado e a carga correspondente à flecha admissível (L/120 ou L/180).

A largura mínima de apoio é de 75 mm para as telhas MF-100.

Sobrecarga máxima para telha MF-100 (kg/m²)

Distância entre apoios	Espessura da chapa (mm)	0,50												0,65				0,80				0,95				1,25			
		2		3		4		2		3		4		2		3		4		2		3		4					
		Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha	Número de apoios	Flecha				
3,00 m	L/120	333	801	630	390	390	442	1.062	835	501	1.205	948	677	1.627	1.279	853	501	1.205	948	677	1.627	1.279	853	501	1.205	948			
	L/180	222	534	420	260	260	295	708	557	334	803	632	451	1.085	853	334	803	632	451	1.085	853	334	803	632	451	1.085			
3,25 m	L/120	262	630	496	307	307	347	835	657	394	948	745	532	1.280	1.006	394	948	745	532	1.280	1.006	394	948	745	532	1.280			
	L/180	175	420	331	205	205	232	557	438	263	632	497	355	853	671	263	632	497	355	853	671	263	632	497	355	853			
3,50 m	L/120	210	505	367	246	246	278	669	526	316	759	597	426	1.024	805	316	759	597	426	1.024	805	316	759	597	426	1.024			
	L/180	140	336	165	164	164	186	446	351	211	506	398	284	683	537	186	446	351	211	506	398	284	683	537	186	446			
3,75 m	L/120	171	410	323	200	200	226	544	428	257	617	485	346	833	655	257	617	485	346	833	655	257	617	485	346	833			
	L/180	114	274	215	133	133	151	363	285	171	411	324	231	555	437	171	411	324	231	555	437	171	411	324	231	555			
4,00 m	L/120	141	338	266	165	165	186	448	352	211	508	400	285	686	540	186	448	352	211	508	400	285	686	540	186	448			
	L/180	94	225	177	110	110	124	299	235	141	339	267	190	458	360	124	299	235	141	339	267	190	458	360	124	299			
4,25 m	L/120	117	282	222	137	137	155	374	294	176	424	333	238	572	450	155	374	294	176	424	333	238	572	450	155	374			
	L/180	78	188	148	92	92	104	249	196	118	283	222	159	381	300	104	249	196	118	283	222	159	381	300	104	249			
4,50 m	L/120	99	237	187	116	116	131	315	247	148	357	281	200	482	379	131	315	247	148	357	281	200	482	379	131	315			
	L/180	66	158	125	77	77	87	210	165	99	238	187	134	321	253	87	210	165	99	238	187	134	321	253	87	210			
4,75 m	L/120	84	202	159	98	98	111	268	210	126	304	239	170	410	322	111	268	210	126	304	239	170	410	322	111	268			
	L/180	56	135	106	66	66	74	178	140	84	202	159	114	273	215	74	178	140	84	202	159	114	273	215	74	178			
5,00 m	L/120	72	173	136	84	84	95	229	180	108	260	205	146	351	276	95	229	180	108	260	205	146	351	276	95	229			
	L/180	48	115	91	56	56	64	153	120	72	174	137	97	234	184	64	153	120	72	174	137	97	234	184	64	153			
		25	24	28	39	39	41	60	69	70	82	94	110	133	159	41	60	69	70	82	94	110	133	159	41	60			

APÊNDICE

D

Colaboração do Engenheiro Fernando Pinho

OBRA : Edifício Industrial

LOCAL : Volta Redonda – RJ

Obs: serão apresentados dois exemplos de dimensionamento uma em pórtico de alma cheia e a segunda com coluna treliçada.

- O primeiro exemplo- cargas conforme NBR 6120/19 e NBR 6123/23
- O segunda exemplo é meramente acadêmico para demonstrar o uso da coluna treliçada.
- A filosofia de projeto adotada foi o AISC/ASD para os exemplos 1 e 2.
- Em casos reais deve o calculista levantar todas as cargas atuantes como também fazer quantas combinações de carga achar necessário.

1 - CARACTERÍSTICAS

- Vão entre eixos de colunas : 20,0 m
- Comprimento : 48,0 m
- Altura : 9,0 m
- Altura do topo do trilho : 7,122 m
- Espaçamento entre colunas : 6,0 m
- Capacidade da ponte rolante : 100 kN
- Cobertura em telha zincada trapezoidal.
- Tapamentos frontais : alvenaria até 1,5 m e o restante em telha zincada trapezoidal.
- Tapamentos laterais : alvenaria até 1,5 m; 5,0 m superiores em telha zincada trapezoidal, e o restante inclusive venezianas em telha translúcida trapezoidal.
- Portões : o edifício possui 2 portões, sendo uma em cada fachada com 4,0 m de largura por 5,0 m de altura

2 – SISTEMA ESTRUTURAL

- Transversal - formado por pórticos bi-engastados.
- Longitudinal - pela colocação de contraventamentos nos plano vertical e horizontal

3 – ESPECIFICAÇÕES

Toda a estrutura será em aço ASTM A36, exceto chumbadores e tirantes em aço SAE 1020 .Tensões nos aços em kN/cm²

Aço	f_U	f_Y	F_t e F_b 0,6 . f_y	F_v
ASTM A36	≥ 40,0	≥ 25,0	≤ 15,0	≤ 10,0
SAE 1020 - Ø	≥ 38,7	≥ 24,0	≤ 12,0	≤ 7,74

Solda – Eletrodo E- 70XX – f_U = 48,5 kN/cm²

Parafusos – Ligações principais ASTM A325-F

Ligações secundárias ASTM A307

4- NORMAS ADOTADAS

- AISC – ASD 16^a - Especificação para cálculo (resumo Apêndice A)
- AWS D1.1/06 - Especificação para solda (resumo Cap.3)
- NBR 6123/23 - Forças devido ao vento em edificações
- NBR 6120/19 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações



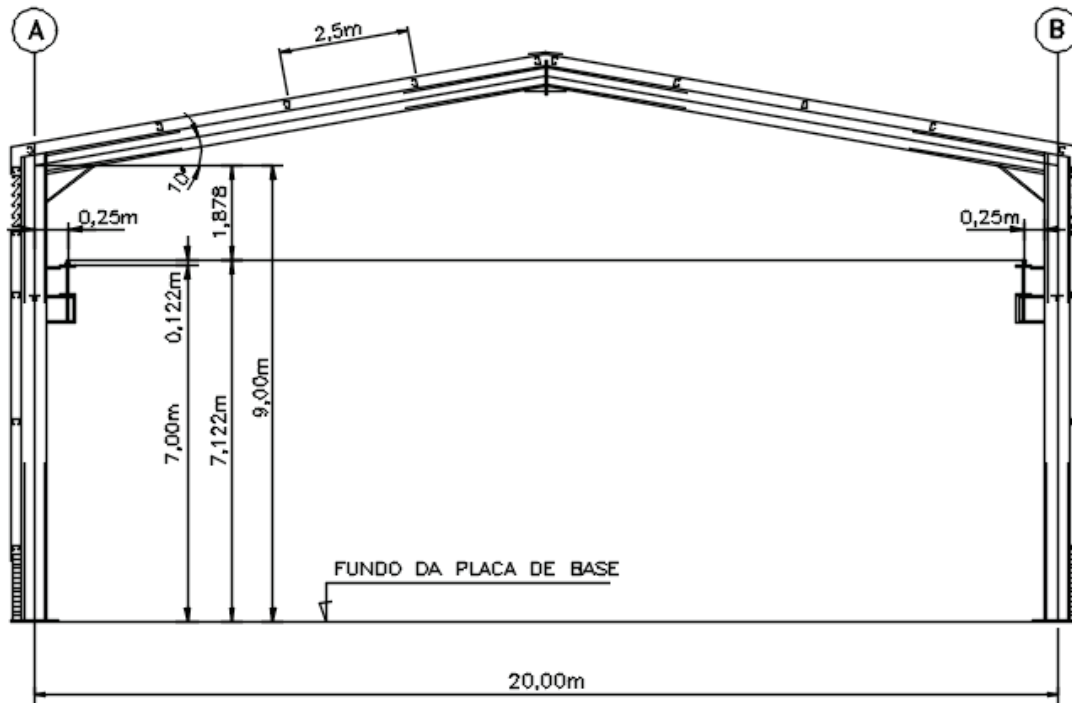
OS – 2023

Prep.
Ildony

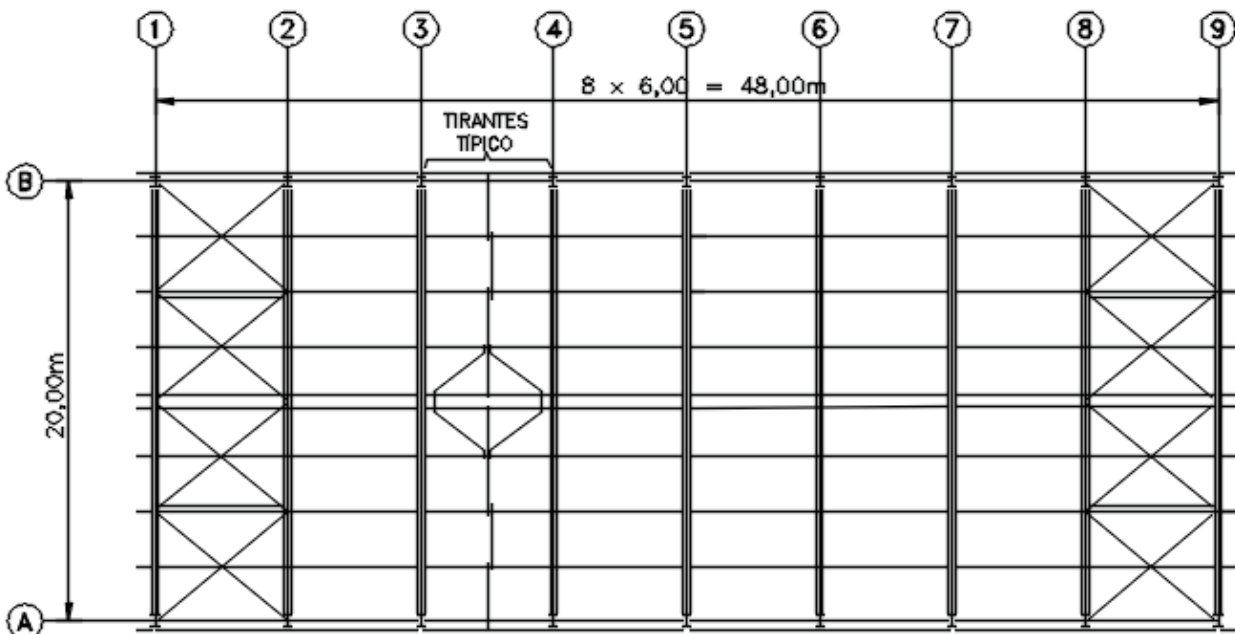
Data
2023

Introdução

Folha: 01 de 51



SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA - ALT. 1



PLANO DE COBERTURA



OS - 2023

Introdução

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 02 de 51

5 - CARGAS ADOTADAS

5.1 – Carga permanente (CP)

A ser estimada para cada parte da estrutura

5.2 – Carga acidental (CA)

Na cobertura $0,25 \text{ kN/m}^2$ (Cap. 5 item 5.3)

Nas terças $0,25 \text{ kN/m}^2$ ou uma carga concentrada de **1,0 kN** no centro.

5.3 – Carga de vento (CV)

De acordo com a NBR 6123 (Cap. 5 item 5.5)

1 – Velocidade básica : $V_0 = 35 \text{ m/s}$ (Fig. 5.7)

2 – Fator topográfico : $S_1 = 1,0$ terreno plano (Tab. 5.6)

3 – Fator de rugosidade : $S_2 =$ (Tab. 5.7)

Categoria IV (Adotada) – Classe B – maior dimensão $a = 20 < 48 < 50$

Z (m)	S ₂
≤ 5,0	0,76
10,0	0,83
11,0	0,84

4 - Fator estatístico : $S_3 = 1,0$ (Tab. 5.8)

5 - Velocidade característica : $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$

$$V_{k1} = 35 \times 1 \times 0,76 \times 1,0 = 26,6 \text{ m/s}$$

$$V_{k2} = 35 \times 1 \times 0,83 \times 1,0 = 29,05 \text{ m/s}$$

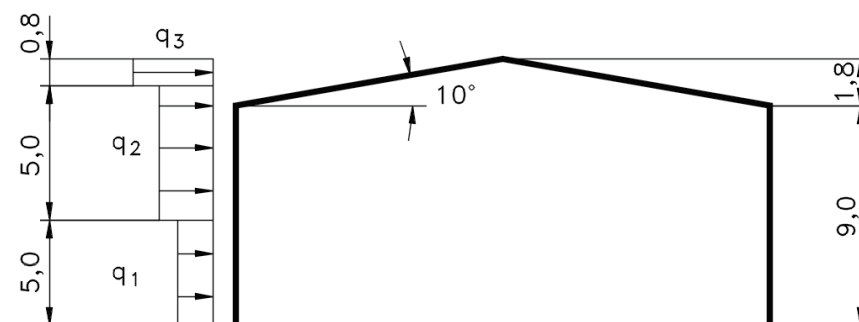
$$V_{k3} = 35 \times 1 \times 0,84 \times 1,0 = 29,40 \text{ m/s}$$

6 – Pressão dinâmica : $q = 0,613 \cdot V_k^2$

$$q_1 = 0,613 \times 26,6^2 = 433,7 \text{ N/m}^2 = 0,434 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 0,613 \times 29,05^2 = 517,31 \text{ N/m}^2 = 0,517 \text{ kN/m}^2$$

$$q_3 = 0,613 \times 29,40^2 = 529,8 \text{ N/m}^2 = 0,530 \text{ kN/m}^2$$



OS – 2023

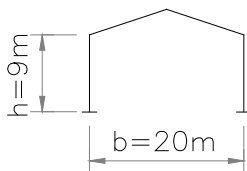
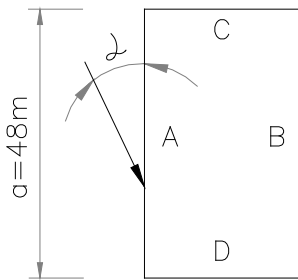
Cargas adotadas

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 03 de 51

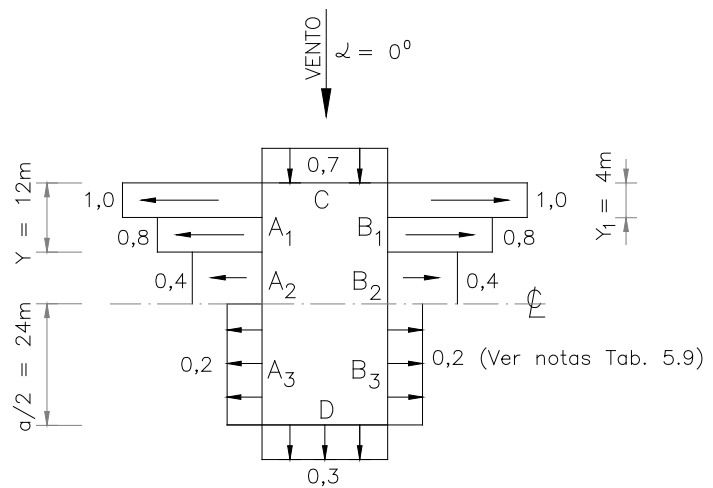
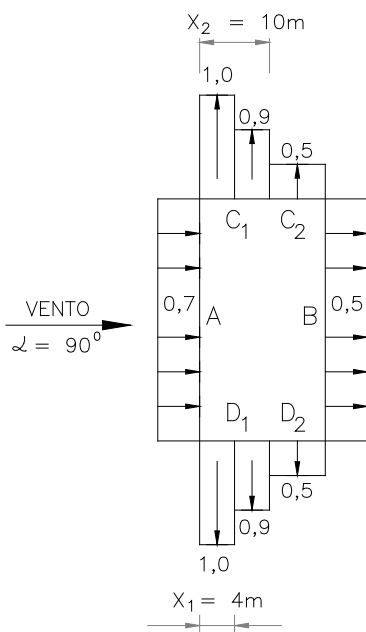
7 – Coeficientes de pressão e de forma, externos para paredes laterais (Tab. 5.9)



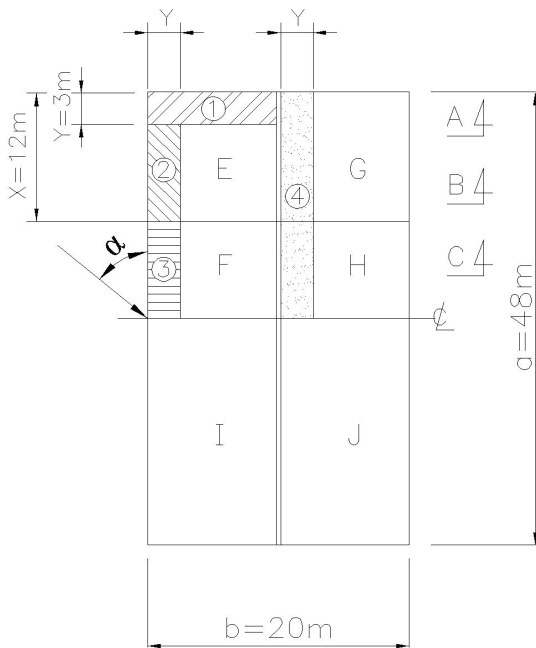
- Altura relativa: $h / b = 9 / 20 = 0,45 < 1/2$
 - Proporção em planta: $a / b = 48 / 20 = 2,4$
- $2 < 2,4 < 4$

					'Cpe médio
α	A ₁ B ₁	A ₂ B ₂	C	D	
0°	-0,8	-0,4	0,7	-0,3	-1,0
α	A ₁	B ₂	C ₁ D ₁	C ₂ D ₂	
90°	0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,0

$Y_1 = X_1 = 0,2 b \text{ ou } h \quad \text{o menor} = 4,0 \text{ m}$
 $X_2 = 0,5 b \text{ ou } 2h \quad \text{o menor} = 10,0 \text{ m}$
 $Y = a / 4 \text{ ou } b / 3 \quad \text{o maior} \leq 2h \quad \mathbf{Y = 12,0 \text{ m}}$



8 – Coeficientes de pressão e de forma externos para o telhado (Tab. 5.10)



$$X = b / 3 \text{ ou } a / 4 \text{ o maior } < 2h$$

$$X = 20 / 3 = 6,67 \text{ m}$$

$$X = 48 / 4 = 12,0 \text{ m}$$

$$Y = h \text{ ou } 0,15b \text{ o menor } = 3,0 \text{ m}$$

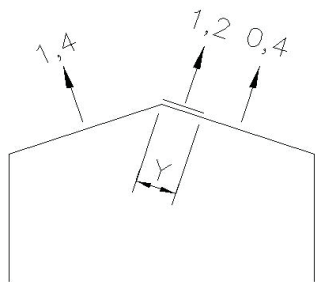
Altura relativa

$$h / b = 9 / 20 = 0,45 < 1 / 2$$

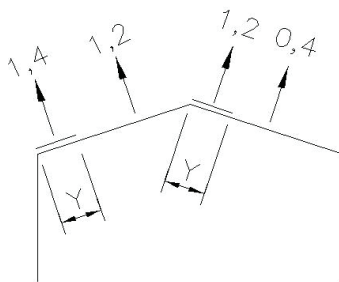
$$\theta = 10^\circ$$

θ	CE				Cpe médio			
	$\alpha = 90^\circ$		$\alpha = 0^\circ$		Ações localizadas			
	E-F	G-H	E-G	F-H	1	2	3	4
10°	-1,2	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,4	*	-1,2

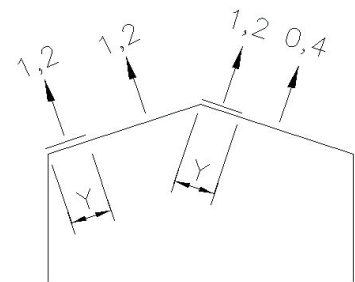
(*) Para $\alpha = 90^\circ$ $C_{pe} = -1,2$ e para $\alpha = 0^\circ$ $C_{pe} = -0,6$



SEÇÃO A



SEÇÃO B



SEÇÃO C

Vento $\alpha = 90^\circ$

Para cálculo das chapas de cobertura, terças e fixações, usaremos a NBR 6123.



OS – 2023

Vento
Coef. de pressão externos
para o telhado

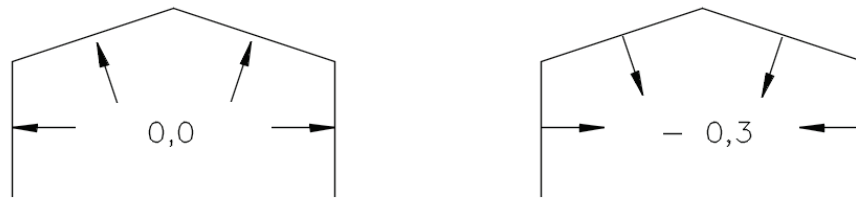
Prep.
Ildony

Data
2023

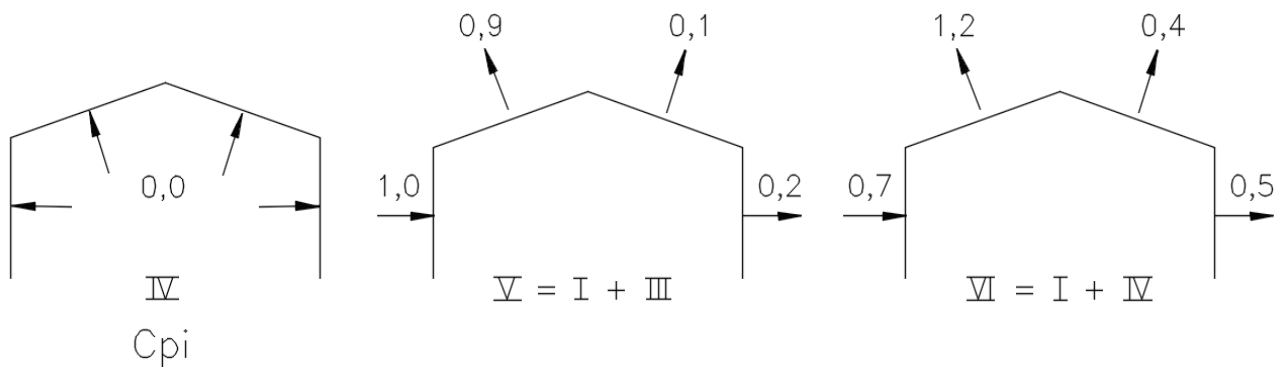
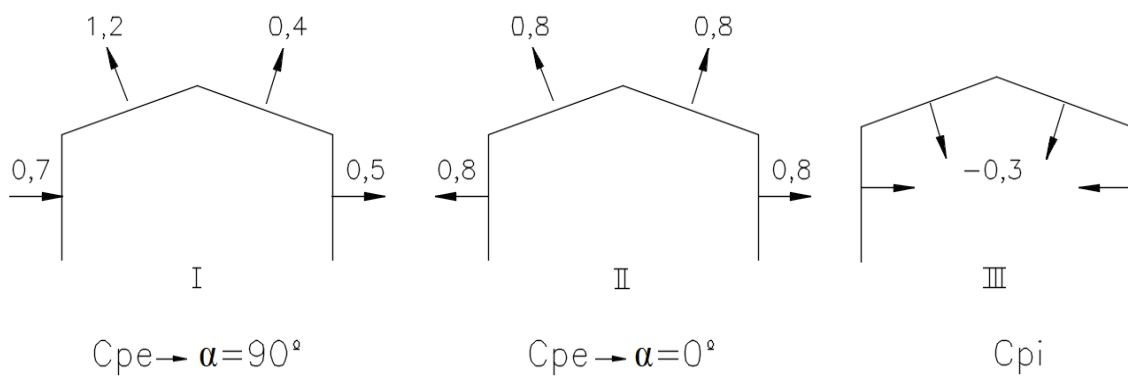
Folha: 05 de 51

9 – Coeficientes de pressão interna de acordo com a NBR 6123

Temos : $C_{pi} = -0,3$ ou $+0,0$, usar o mais nocivo

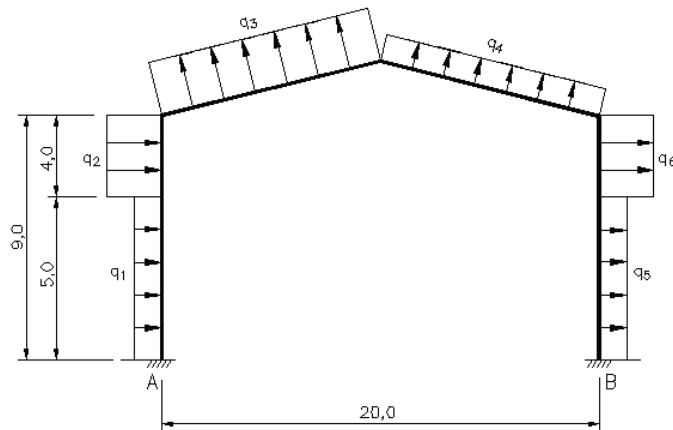


10 – Coeficientes para cálculo dos Pórticos



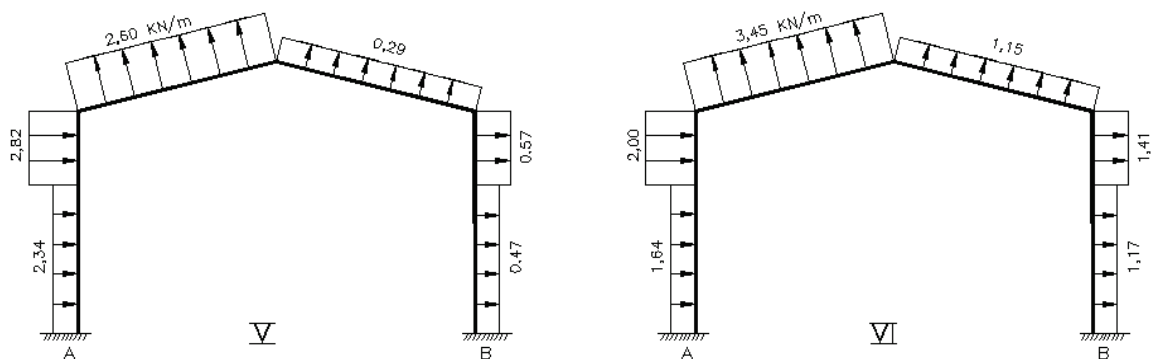
Para combinação com as demais cargas , usaremos apenas os carregamentos Combinados V e VI

11 – Cargas de vento em cada Pórtico



d = espaçamento entre Pórticos
 $q_n = d \text{ (m)} \times q \text{ (kN/m}^2\text{)} \times \text{coef}$

$d \times q$	Coef. comb. V	Coef. comb. VI
$q_1 = 6 \times 0,434$	$1,0 = 2,60 \text{ kN/m}$	$0,7 = 1,82 \text{ kN/m}$
$q_2 = 6 \times 0,517$	$1,0 = 3,10$	$0,7 = 2,17$
$q_3 = 6 \times 0,539$	$0,9 = 2,91$	$1,2 = 3,88$
$q_4 = 6 \times 0,539$	$0,1 = 0,323$	$0,4 = 1,29$
$q_5 = 6 \times 0,434$	$0,2 = 0,52$	$0,5 = 1,30$
$q_6 = 6 \times 0,517$	$0,2 = 0,62$	$0,5 = 1,55$

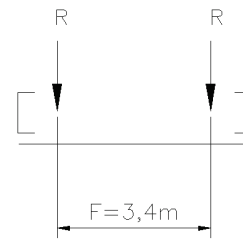


Diagramas finais de carga do vento a serem combinadas com as demais

5.4 – Cargas devido aos efeitos de Ponte Rolante

1 – Dados da ponte rolante (Tab. C-38)

- Cabine suspensa - Fabricante -----
- Capacidade (carga içada) : 100 kN
- Vão (distância entre trilhos) : 19,0 m
- Peso do trole : 28 kN
- Peso total : 170 kN
- Carga máxima por roda $R_{max} = 92$ kN
- Carga mínima por roda $R_{min} = 40\% \times 92 = 37$ kN



Impacto vertical = 25%
Fadiga : 500.000 ciclos

2 – Força horizontal transversal (H_T) (item 5.4.1.3)

$$H_T = 10\% (C_i + \text{trole}) = 10\% (100+28) = 12,8 \text{ kN} / 2 \text{ rodas} = \pm 6,4 \text{ kN/roda}$$

$$H_T = 5\% (C_i + P.\text{total}) = 5\% (100+170) = 13,5 \text{ kN} / 2 \text{ rodas} = \pm 6,8 \text{ kN/roda}$$

$$H_T = 15\% C_i = 15\% \times 100 = 15,0 \text{ kN} / 2 \text{ rodas} = \pm \mathbf{7,5 \text{ kN/roda}}$$

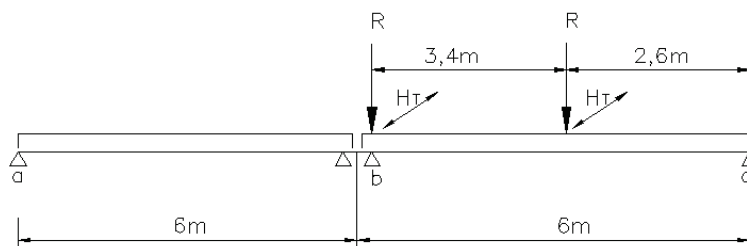
Vamos adotar o maior valor ou seja $\pm 7,5$ kN / roda.

3 – Força longitudinal de frenagem - H_L (item 5.4.1.1)

$H_L = 20\%$ x carga máxima por roda motriz ou 10% por roda

$$H_L = 10\% \times 92 \times 2 = \pm \mathbf{18,4 \text{ kN}}$$

4 – Reação nas colunas



$$R_b = R (1 + 2,6 / 6) = 1,43 R \times 1,25 (\text{ impacto vertical}) = 1,79 R$$

Vertical

$$R_{b \text{ max}} = 1,79 \times 92 = \mathbf{165 \text{ kN}}$$

$$R_{b \text{ min}} = 1,79 \times 37 = \mathbf{66 \text{ kN}}$$

Horizontal transversal

$$R_{HTb} = 1,43 \times 7,5 = 10,7 \cong \mathbf{11 \text{ kN}}$$



OS – 2023

Efeitos de ponte rolante

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 08 de 51

6 – DIMENSIONAMENTO DAS PARTES QUE COMPÕEM A ESTRUTURA

6.1 – COBERTURA

1 – Cobertura

Usaremos telha zincada trapezoidal tipo MPB – 40, MF-40, BT-40

1 – Cargas atuantes

1ª Hip. CP + CA

2ª Hip. CP + CV

↓ CP Chapa (estimado) = 60 N/m²

↓ CP Chapa = 60 N/m²

↓ CA (na cobertura) = 250

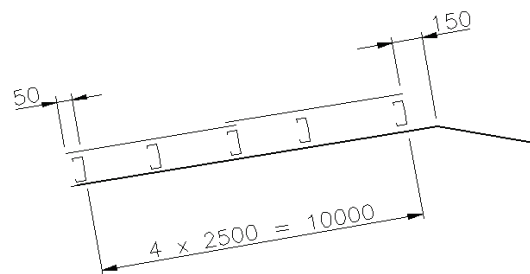
↑ CV -530 x 1,2 = -636

Total ↓ = 310 N/m²

↑ = -576 N/m²

2 – Dimens. das telhas (espessura mínima de 0,5 mm)

De acordo com o catalogo da MPB (Tab. C-41) temos para MPB 40 com 3 apoios :



Vão m	Flecha Resistência	Carga adm. N/m ²	Espessura/ Peso
2,5	L / 120	2530 > 576	mínima
	L / 180	1690 > 310	0,5 mm
	Resistência	820 > 576	49,0 N/m ²

Flecha admissível : Para CP + CA = L/180
CP + CV = L/120

Verificando para as zonas 1 e 2 cujo C_{pe} = -1,4, temos :
- 530 x 1,4 = - 742 + 49 = -693 < 820 O.K



OS – 2023

Chapa de cobertura

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 09 de 51

6.1.2 - TERÇAS

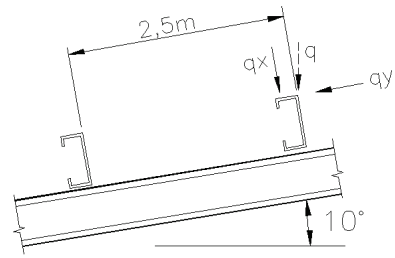
1 – Cargas

1ª Hip. CP + CA (distribuída)

Terças + tirantes = 60 N/m²
 Telha zincada = 49 (MF 40 e=0,5)

 CP = 109 N/m² (estimado)
 CA = 250

 359 N/m²



$$q_1 = 359 \times 2,5 = 897 \text{ N/m} \quad q_x = 897 \times \cos 10^\circ = 883,4 \text{ N/m}$$

$$q_y = 897 \times \sin 10^\circ = 156 \text{ N/m}$$

2ª Hip. CP + CA (concentrada)

CP = terças + tirantes + telha zincada = 109 N/m²
 CA = 1000 N no centro da terço

$$q_2 = 109 \times 2,5 = 272 \text{ N/m} \quad q_x = 272 \times \cos 10^\circ = 268 \text{ N/m}$$

$$q_y = 272 \times \sin 10^\circ = 47,23 \text{ N/m}$$

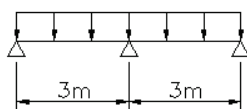
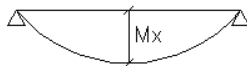
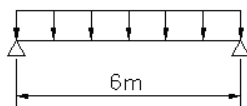
3ª Hip. CP + CV

CP = 109 N/m² CV = - 530 x 1,2 = -636 N/m²

$$q_x = (- 636 + 109 \cos 10^\circ) 2,5 = - 1322 \text{ N/m}$$

$$q_y = (109 \sin 10^\circ) 2,5 = 47,32 \text{ N/m}$$

2 – Dimensionamento Como terço bi-apoiada



1ª Hip.

$$M_x = 883,4 \times 6^2 / 8 = 3975 \text{ Nm} = \mathbf{398 \text{ kNcm}}$$

$$M_y = 156 \times 3^2 / 8 = 176 = \mathbf{17,6 \text{ kNcm}}$$

2ª Hip.

$$M_x = 268 \times 6^2 / 8 + 1000 \times 6 / 4 = \mathbf{271 \text{ kNcm}}$$

$$M_y = 47,23 \times 3^2 / 8 = 53,1 \text{ Nm} = \mathbf{5,31 \text{ kNcm}}$$

3ª Hip.

$$M_x = 1322 \times 6^2 / 8 = 5949 \text{ Nm} = \mathbf{595 \text{ kNcm}}$$

$$M_y = 47,32 \times 3^2 / 8 = 53,23 \text{ Nm} = \mathbf{5,32 \text{ kNcm}}$$



OS – 2023

Terças

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 10 de 51

Seja U 200x75x20x2,25x8,44 kg/m em perfil de chapa dobrada (Tab. C-24)

$$I_x = 521 \text{ cm}^4 \quad W_x = 52,14 \text{ cm}^3 \quad W_y = 11,77 \text{ cm}^3$$

Aço ASTM A36 $F_y = 25,0 \text{ kN/cm}^2$

$$F_b = 0,6 f_y = 15 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{CP} + \text{CA}) \quad F_b = 0,6 f_y \times 1,25 = 18,75 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{CP} + \text{CV})$$

1ª Hip. (CP + CA)

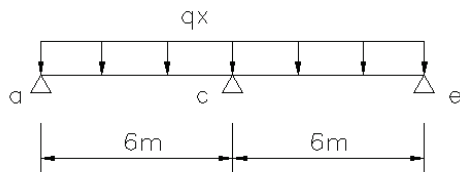
$$f_b = \frac{398}{52,14} + \frac{17,6}{11,77} = 9,13 < 15,0 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

2ª Hip. (CP + CV)

$$f_b = \frac{595}{52,14} + \frac{5,32}{11,77} = 11,86 < 18,75 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\Delta_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5 \times 0,001332 \times 600^4}{384 \times 20000 \times 521} = 2,14 < L/250 = 600/250 = 2,40 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

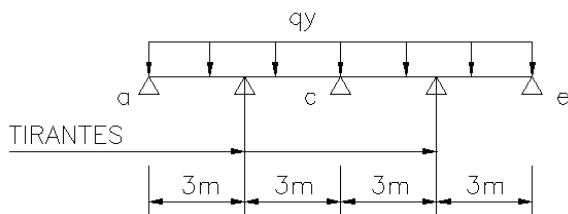
-- Como terça continua em dois vãos



1ª Hip.

$$M_x = 883,4 \times 6^2 / 8 = 398 \text{ kNcm}$$

$$M_y = 0,107 \times 156 \times 3^2 = 15,0 \text{ kNcm}$$



2ª Hip.

$$M_x = 1322 \times 6^2 / 8 = 595 \text{ kNcm}$$

$$M_y = 0,107 \times 47,32 \times 3^2 = 4,56 \text{ kNcm}$$

Seja U 150x60x20x2,65x6,09 kg/m em perfil de chapa dobrada (Tab. C-24)

$$I_x = 267 \text{ cm}^4 \quad W_x = 35,6 \text{ cm}^3 \quad W_y = 9,32 \text{ cm}^3$$

1ª Hip. (CP + CA)

$$f_b = \frac{398}{35,6} + \frac{15}{9,32} = 12,78 < 15 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

2ª Hip. (CP + CV)

$$f_b = \frac{595}{35,6} + \frac{4,56}{9,32} = 17,20 < 18,75 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\Delta_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot l^4}{185 \cdot E \cdot I_x} = \frac{0,001322 \times 600^4}{185 \times 20000 \times 267} = 1,73 < L/250 = 600/250 = 2,40 \text{ cm} \quad \text{OK}$$



OS – 2023

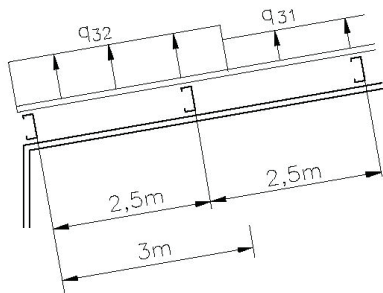
Terças

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 11 de 51

Para as zonas de alta sucção local (2) o $C_{pe} = -1,4$, atuando numa faixa de 3,0 m, sendo a 2ª terça de baixo para cima como a mais carregada.



$$q_{31} = 0,480 \times 1,2 = 0,576 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{32} = 0,480 \times 1,4 = 0,672 \text{ kN/m}^2$$

$$q_3 = 0,672(2,5/2 + (3-2,5) \times 2,25/2,5) + 0,576 \times 2,0/2,5 = 1,63 \text{ kN/m}$$

$$M_x = (1,63 - 0,12 \cos 10^\circ \times 2,5) \times 6^2/8 = 6,0 \text{ kNm} = \mathbf{600 \text{ kNcm}}$$

$$M_y = \mathbf{3,34 \text{ kNcm}}$$

$$f_b = \frac{600}{35,6} + \frac{3,34}{9,32} = 17,22 < 17,62 \text{ kN/cm}^2 \text{ OK}$$

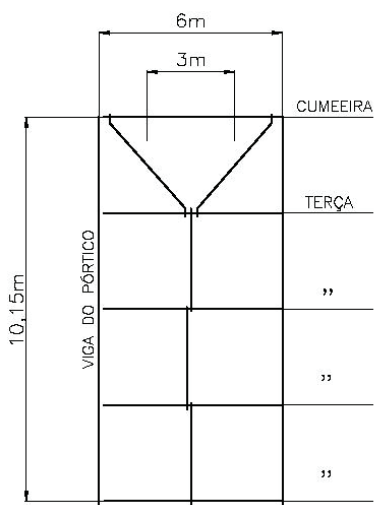
A solução adotada para as terças será em viga contínua por ser mais econômica U 150x60x20x6,04 kg/m

6.1.3 – Tirantes das terças

Barra redonda em Aço SAE 1020

$$f_U = 38,7 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_T = 0,38 \cdot f_U = 14,70 \text{ kN/cm}^2$$



$$R_t = q_y \times \text{Área de influência}$$

$$R_t = 0,270 \text{ sen } 10^\circ \times 3 \times 10,15 = 1,43 \text{ kN}$$

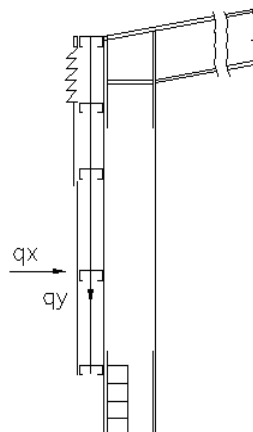
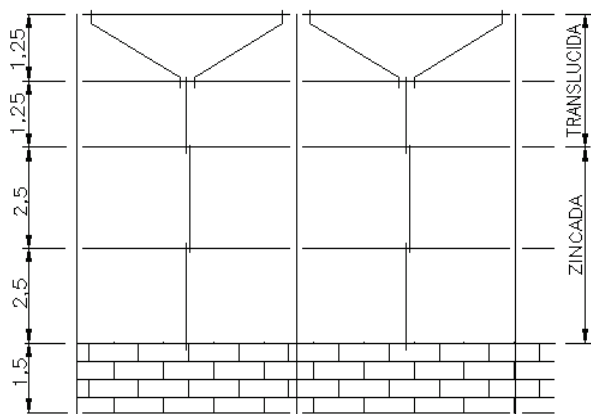
$$A_{nec} = R_t / F_T = 1,43 / 14,7 = 0,097 \text{ cm}^2$$

Tirante ϕ mínimo de 16 mm

$$A = \Pi \cdot D^2 / 4 = 3,1416 \times 1,6^2 / 4 = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$A = 2,01 > 0,097 \text{ OK}$$

6.2 – TAPAMENTOS LATERAIS



OS – 2023

Terças e Tirantes

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 12 de 51

1 – Cargas

CP (estimada)

Viga tapamento + tirante = 60 N/m²

Telha zincada 0,43 mm = 50 N/m²

$$q_y = 110 \text{ N/m}^2$$

CV = q₂ (Fl. 3/53)

$$q_x = 470 \times 1,0 = 470 \text{ N/m}^2$$

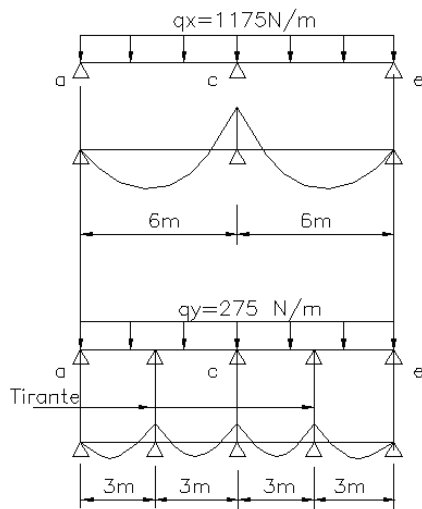
2 – Dimensionamento das telhas de tapamento

Usaremos telha zincada trapezoidal tipo MPB-40, BT-40, MF-40 MBP-40 (Tab. C-41) para 3 apoios, temos:

Vão m	Flecha Resistência	Carga Adm. N/m ²	Espessura Peso
2,5	L/120	2090 > 470	mínima
	-	-	0,43mm
	Resistência.	670 > 470	42,1N/m ²

Obs. : Telha translúcida trapezoidal e = 1,00 mm espaçamento = 1,25 m

3 – Vigas de tapamento



$$q_x = 470 \times 2,5 = 1175 \text{ N/m}$$

$$q_y = 110 \times 2,5 = 275$$

$$M_{cx} = 1175 \times 6^2 / 8 = 5287 \text{ Nm} = \mathbf{528,7 \text{ kNcm}}$$

$$M_{cy} = 275 \times 3^2 / 14 = 177 = \mathbf{17,7}$$

Seja U 150x60x20x6,09 kg/m – Aço CF-24

$$I_x = 267 \text{ cm}^4 \quad I_y = 37 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 35,6 \text{ cm}^3 \quad W_y = 9,32 \text{ cm}^3$$

$$F_b = 17,62 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{para CP + CV}$$

$$f_b = \frac{528,7}{35,6} + \frac{17,7}{9,32} = 16,75 < 17,62 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\Delta_x = \frac{q_x \cdot l^4}{184 \cdot E \cdot I_x} = \frac{11,75 \times 600^4}{184 \times 20000 \times 267} = 1,55 \text{ cm} < L/180 = 3,33 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

$$\Delta_y = \frac{q_y \cdot l^4}{184 \cdot E \cdot I_x} = \frac{2,75 \times 300^4}{184 \times 20000 \times 37} = 0,16 \text{ cm} < L/180 = 1,66 \text{ cm} \quad \text{OK}$$



OS – 2023

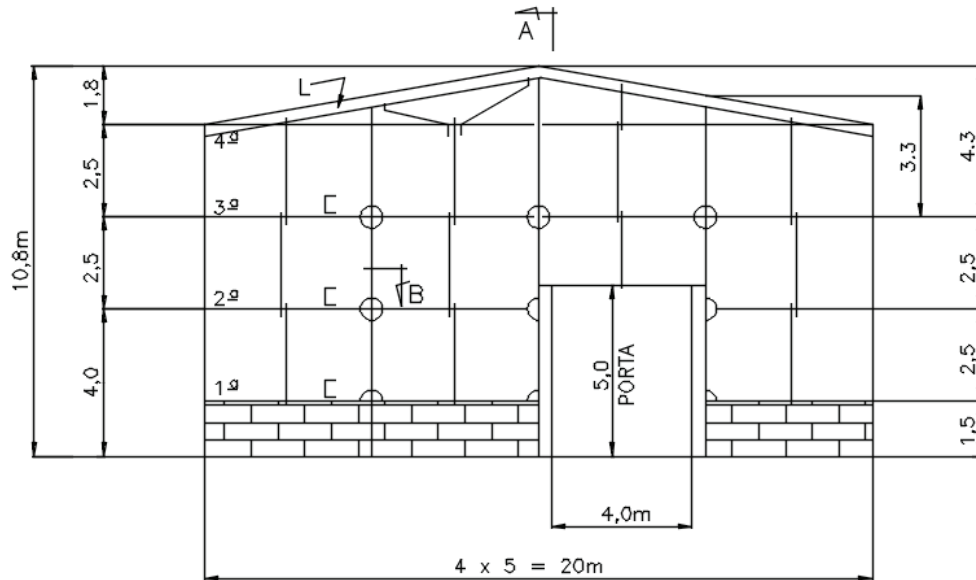
Vigas de tapamento

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 13 de 51

6.3 – TAPAMENTOS FRONTAIS



1 – Telha de tapamento

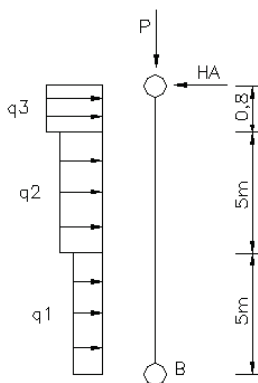
A mesma do tapamento lateral , por estar sujeita ao mesmo coeficiente de pressão do Vento.

2 – Vigas de tapamento

Como os vãos são um pouco menores, e para facilidade de detalhe e fabricação, usaremos os mesmos perfis dos tapamentos laterais.

3 – Pilares

1 – Cargas



SEÇÃO "A"

CP (estimada)

Viga tapamento + tirante = 60 N/m^2

Telha zincada 0,43 mm = 50 N/m^2

$$q_y = 110 \text{ N/m}^2$$

$P = H \times A_{inf} \times \text{N/m}^2$

$P = 10,8 \times 5 \times 110 = 5940 \text{ N}$

$PP \text{ pilar} = 300 \times 10,8 = 3240$

$$9180 \text{ N} = 9,18 \text{ kN}$$

CV

$q_1 = 5 \times 390 = 1950 \text{ N/m} = 1,95 \text{ kN/m}$

$q_2 = 5 \times 470 = 2350 \text{ N/m} = 2,35 \text{ kN/m}$

$q_3 = 5 \times 480 = 2400 \text{ N/m} = 2,40 \text{ kN/m}$

$$H_A = (1,95 \times 5 \times 2,5 + 2,35 \times 5 \times 7,5 + 2,4 \times 0,8 \times 10,4) / 10,8 = \mathbf{12,27 \text{ kN}}$$



OS – 2023

**Tapamentos frontais
Pilares**

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 14 de 51

Cálculo de q simplificado para cálculo do pilar

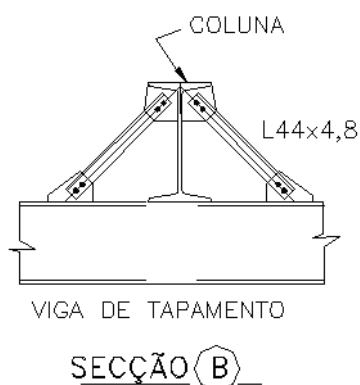
$$q = (1,95 \times 5 + 2,35 \times 5 + 2,40 \times 0,8) / 10,8 = 2,17 \text{ kN/m}$$

$$M_{Sx} = 2,17 \times 10,8^2 / 8 = 31,64 \text{ kNm} = 3164 \text{ kNcm}$$

2 – Dimensionamento

$$\begin{aligned} \text{Seja } W & 200 \times 26,6 \text{ kg/m (Tab. C-5)} & A & = 34,2 \text{ cm}^2 & W_x & = 252 \text{ cm}^3 \\ r_x & = 8,73 \text{ cm} & r_y & = 3,10 \text{ cm} & r_T & = 3,54 \text{ cm} & h & = 19,0 \text{ cm} & t_w & = 0,58 \text{ cm} \\ t_f & = 0,84 \text{ cm} & b_f & = 13,3 \text{ cm} & h_0 & = 20,7 - 0,84 = 19,86 \text{ cm} & I_T & = 7,65 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

-- Cálculo das tensões admissíveis



Considerando contenção lateral nas 1ª, 2ª e 3ª vigas de tapamento

$$L_x = 1040 \text{ cm} = 1080 - 40 \text{ (altura da viga do pórtico)}$$

$$L_b = L_y = 430 - 40 = 390 \text{ cm}$$

-- M_{RX} - Fluxograma N° 2

$$L_b = 249 \times 3,10 / \sqrt{f_y} = 249 \times 3,10 / \sqrt{25} = 154 \text{ cm} > 390 \text{ Não}$$

$$b_f / t_f = 13,3 / 2 \times 0,84 = 7,9 < 54 / \sqrt{f_y} = 54 / 5 = 10,8 \text{ Compacta}$$

$$C_b = 1,0 \quad L_r = 78792 \left(3,54 / 25 \right) \sqrt{\frac{7,65}{252,3 \times 19,86}} = 436 > 390 \text{ OK}$$

$$M_{RX} = 0,66 \times 25 \times 252 \left[1 - 0,36 \left(\frac{390 - 154}{435 - 154} \right) \right] = 2901 \text{ kNcm}$$

-- F_a - Fluxograma N° 1

$$\lambda_x = 1040 / 8,73 = 119 \quad \lambda_y = 390 / 3,1 = 126 \rightarrow F_a = 6,46 \text{ kN/cm}^2 \text{ (Tab.A-2)}$$

$$N_R = 6,46 \times 34,2 = 221 \text{ kN}$$

Combinação de tensões – Fluxograma N° 5

$$\text{Como } N_s / N_R = 9,18 / 221 = 0,042 < 0,20$$

$$\frac{N_s}{2 \cdot N_R} + \frac{M_{SX}}{M_{RX}} = \frac{0,042}{2} + \frac{3164}{2901} = 0,021 + 1,09 = 1,11 < 1,25 \text{ (vento) OK}$$



OS – 2023

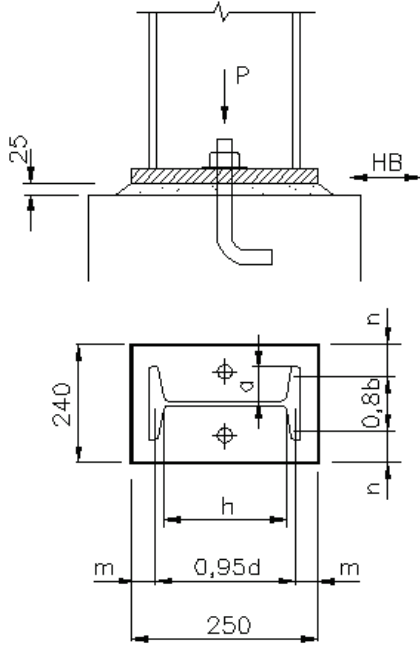
**Tapamentos Frontais
Pilares**

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 15 de 51

3 – Placa de base e Chumbadores (Item 12.9.2.1 e 12.9.3)



Placa de base

$$F_{ck} = 2,5 \text{ kN/cm}^2 \quad f_{ck} = 0,35 \times 2,5 = 0,87 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_c = 9,18 / (24 \times 25) = 0,015 < 0,87 \text{ OK}$$

$$m = (25 - 0,95 \times 20,7) / 2 = 2,67 \text{ cm}$$

$$n = (24 - 0,8 \times 13,3) / 2 = \mathbf{6,68 \text{ cm}} \rightarrow \text{comanda}$$

$$n' = \sqrt{dxb} / 4 = - \sqrt{20,7 \times 13,3} / 4 = 4,15 \text{ cm}$$

$$t = 1,83 \times 6,68 \sqrt{0,015 / 25} = 0,3 \text{ cm} = 3,0 \text{ mm}$$

Usar CH 12,5x240x250 mm (mínima)

Chumbadores – Aço SAE 1020

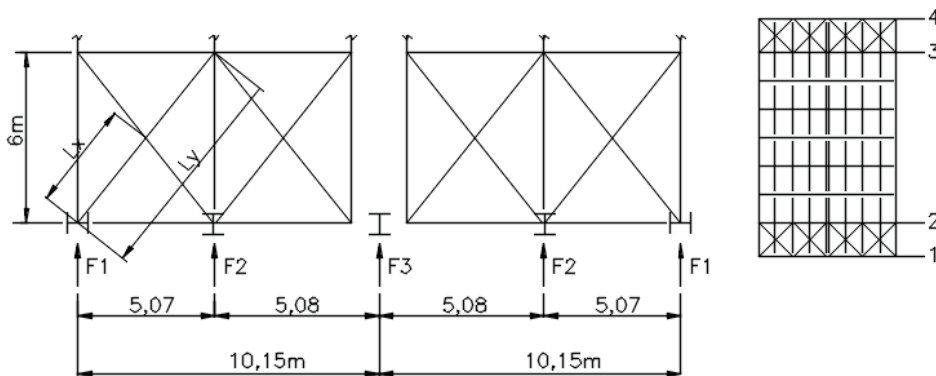
$$F_v = 0,2 f_u = 0,2 \times 38,7 = 7,74 \text{ kN/cm}^2$$

$$H_B = (HT - HA) = (2,17 \times 5 + 2,59 \times 5 + 2,65 \times 0,8) - 13,55 = 12,37 \text{ kN} \quad n_c = 2 \text{ chumbadores}$$

$$D = 0,4 \sqrt{H_B / n_c} = 0,4 \sqrt{12,37 / 2} = 0,99 \text{ cm} = 10,0 \text{ mm}$$

Usar diâmetro mínimo de 16 mm

6.4 – CONTRAVENTAMENTOS HORIZONTAIS



$$F_1 = (0,434 \times 5 \times 2,5 + 0,517 \times 4 \times 7,0) \times 2,5 / 9 = 5,52 \text{ kN}$$

$$F_2 = (0,434 \times 5 \times 2,5 + 0,517 \times 5 \times 7,5) \times 5,0 / 10 = 12,40 \text{ kN}$$

$$F_3 = H_A = 13,35 \text{ kN} \quad (\text{Mc. } 14/51)$$



OS – 2023

Tapamentos frontais – placas de base e chumbadores e contrav. Horizontais

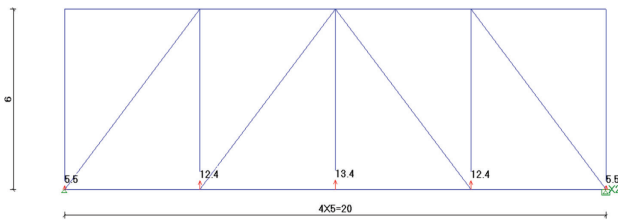
Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 16 de 51

$$R = 5,5 + 12,4 + (13,4/2) = 24,6 \text{ kN}$$

Resultados dos esforços nas barras.



1 – Barras (diagonal)

$$N_s = 25,0 \text{ kN}$$

$$L_y = \sqrt{5,07^2 + 6,0^2} = 7,86 \text{ m} = 786 \text{ cm}$$

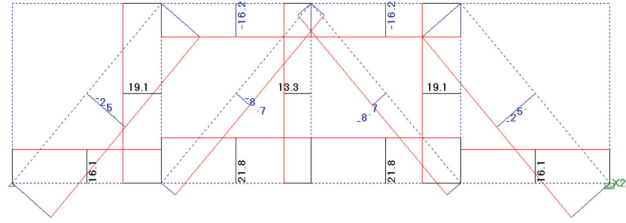
$$L_x = 393 \text{ cm}$$

$$r_{x \text{ min}} = 393/300 = 1,31 \text{ cm}$$

$$2L \ 64 \times 64 \times 4,8 \quad r_y = 2,86 > 2,62 \text{ OK}$$

$$A = 11,60 \text{ cm}^2 \quad r_x = 1,98 > 1,31 \text{ OK}$$

$$N_{Rt} = A \cdot F_t \cdot 1,25 = 11,6 \times 0,6 \times 25 \times 1,25 = 217,5 \text{ kN} > 25 \text{ kN}$$

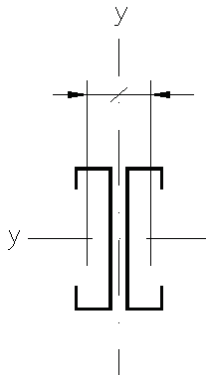


2 – Barras montante $N_{Sce} = -19,1 \text{ kN}$ $\lambda_c \leq 200$ $M_{Sx} = 595 \text{ kNcm}$ $M_{Sy} = 4,55 \text{ kNcm}$

1ª Alt. – Usando a terça com reforço

$$L_x = 600 \text{ cm} \quad L_y = 300 \text{ cm}$$

$$2 \text{ Ue } 150 \times 60 \times 20 \times 3,0 \text{ x } 6,84 \text{ kg/m}$$



Calculo das Propriedades da Seção

bf = 6 cm	bw = 15 cm	D = 2 cm
$\alpha = 0^\circ$	$\beta = 90^\circ$	A = 17.41646 cm ²
Ix = 594.75915 cm ⁴	Iy = 148.06763 cm ⁴	Ixy = 0 cm ⁴
It = 0.5212 cm ⁴	xg = -5.85 cm	yg = -7.35 cm
xc = 0 cm	yc = 0 cm	r0 = 6.53076 cm
rx = 5.84374 cm	ry = 2.91575 cm	Wx = 80.91961 cm ³
Wy = 25.31071 cm ³	Cw = 7956.03555 cm ⁶	rm = 0.45 cm
ep = 0°	m = 13.67192 kg/m	

$$\lambda_x = 600 / 5,84 = 103 \quad \lambda_y = 300 / 2,91 = 103$$

$$\rightarrow N_{Rc} = 17,41 \times 8,55 \text{ kN/cm}^2 \text{ (Tab. A-4) } = \mathbf{148.85 \text{ kN}}$$

$$N_s / N_{Rc} = 19,1 / 148,85 = 0,128 < 0,2$$

$$M_{Rx} = 80,91 \times 0,6 \times 25 = 1214 \text{ kNcm} \quad M_{Ry} = 25,3 \times 0,6 \times 25 = 380 \text{ kNcm}$$

$$\frac{N_s}{2 \cdot N_R} + \left(\frac{M_{sx}}{M_{Rx}} + \frac{M_{sy}}{M_{Ry}} \right) = \frac{0,13}{2} + \left(\frac{595}{1214} + \frac{4,55}{380} \right) = 0,57 < 1 \times 1,25 \text{ OK}$$

O perfil de reforço será usado apenas nos primeiros 6.0 m a partir das extremidades.



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

Dimensionamento
Contraventamentos horizontais

Folha: 17 de 51

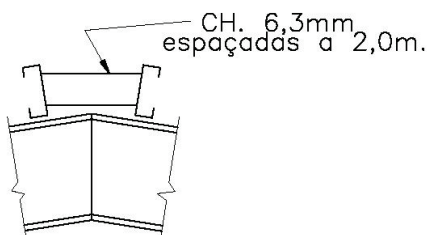
3 – Barras– Cumeeira

As terças que compõem a cumeeira são terças extremas, recebendo portanto metade das cargas.

U 150x60x20x3,0x6,84 kg/m

Calculo das Propriedades da Seção

bf = 6 cm	bw = 15 cm	D = 2 cm
$\alpha = 0^\circ$	$\beta = 90^\circ$	A = 8.70823 cm ²
I _x = 297.56179 cm ⁴	I _y = 42.00084 cm ⁴	I _{xy} = 0 cm ⁴
I _t = 0.2606 cm ⁴	x _g = -1.76999 cm	y _g = -7.35 cm
x _c = -4.51038 cm	y _c = 0 cm	r ₀ = 7.70304 cm
r _x = 5.84553 cm	r _y = 2.19616 cm	W _x = 40.4846 cm ³
W _y = 10.6872 cm ³	C _w = 1959.85098 cm ⁶	r _m = 0.45 cm
$\phi_p = 0^\circ$	m = 6.83596 kg/m	



$$L_x = 600 \text{ cm}$$

$$L_y = 200 \text{ cm} \quad \lambda_c \leq 200$$

$$N_{Sfh} = 13,35 / 2 = 6,70 \text{ kN}$$

$$M_{SX} = 595/2 = 297,7 \text{ kNcm} \quad M_{SY} = 4,55/2 = 2,27 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_x = 600/5,85 = 103 \rightarrow Fa = 8,55 \text{ kN/cm}^2$$

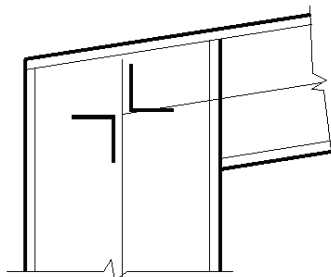
$$\lambda_y = 200/2,2 = 90$$

$$N_{RC} = 8,70 \times 8,90 = 77,43 \text{ kN} \quad N_{SC}/N_{RC} = 6,7/77,4 = 0,086 < 0,2$$

$$M_{RX} = 40,5 \times 0,6 \times 25 = 607,5 \text{ kNcm} \quad M_{RY} = 10,70 \times 0,6 \times 25 = 160,5 \text{ kNcm}$$

$$\frac{N_{SC}}{2 \cdot N_{RC}} + \left(\frac{M_{SX}}{M_{RX}} + \frac{M_{SY}}{M_{RY}} \right) = 0,086 + \left(\frac{297,7}{607,5} + \frac{2,27}{160,5} \right) = 0,59 < 1,0 \times 1,25 \text{ OK}$$

4 – Escora do beiral – Barra a-b (N_{SC} = 24,6 kN)



$$2 \text{ L } 76 \times 4,8 \quad A = 14,06 \text{ cm}^2 \quad r_x = 3,01 \text{ cm} \quad r_y = 3,68 \text{ cm}$$

$$L_x = L_y = 600 \text{ cm} \quad \lambda_c \leq 200 \quad \lambda_x = 600/3,01 = 199$$

$$Fa = 2,62 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{RC} = 14,06 \times 2,62 \times 1,25 = 46,0 \text{ kN} > 24,6 \text{ OK}$$

Obs. – Apesar dos 2 L 76x4,8 em cruz passar, usaremos 2L 102x6,35 para dar melhor rigidez as colunas, dando um $\lambda_x = 150$.



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

**Dimensionamento
Contrav. Horizontais e
Escora do beiral**

Folha: 18 de 51

6.5 – VIGAS de ROLAMENTO

6.5.1 – Cargas

Carga permanente (CP)

Peso próprio da viga = 0,90 kN/m (Estimado)

Trilho (Tr-37) e acessórios = 0,40 (Estimado Tab. C-31)

1,30 kN/m

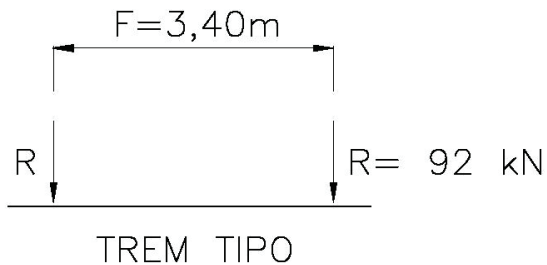
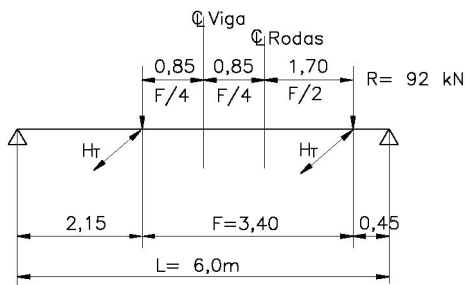
Ponte rolante = 100 kN (Tab. C-38)

6.5.2 – Cálculo dos esforços

1 – Momento fletor vertical

$$CP = 1,3 \times 6^2 / 8 = 5,85 \text{ kNm}$$

CM = Carga móvel



Para se adotar a solução da figura, F tem que ser igual ou menor $0,586 L$, no caso:

$$F = 3,4 < 0,586 \times 6,0 = 3,516 \text{ OK}$$

Pela estática $M_v = R \left((0,45 + 3,85) / 6 \right) \times 2,15 = 1,54 \times R = 1,54 \times 92 = 141,7 \text{ kNm}$

Impacto vertical = 25% $\times 141,7 = 35,4 \text{ kNm}$

$$M_{SPR} = 141,7 + 35,4 = 177,1 \text{ kNm}$$

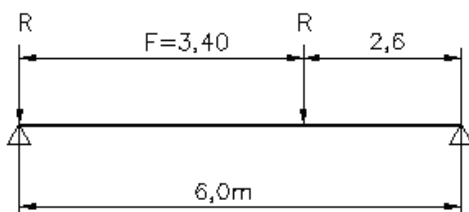
$$M_{STotal} = 5,85 + 177,1 = 182,95 = 18300 \text{ kNcm}$$

2 – Momento fletor horizontal

$H_{ST} = 15\% \times \text{Carga içada} = 15\% \times 100 = 15 \text{ kN} / 2 \text{ rodas} = 7,50 \text{ kN por roda}$

$$M_{SHT} = 141,7 \times 7,5 / 92 = 11,55 \text{ kNm} = 1155 \text{ kNcm}$$

3 – Cortante máximo



$$Q_{SV} = R \left(1 + 2,6 / 6 \right) = 1,43 R = 132 \text{ kN}$$

$$\text{Impacto } 25\% = 32,9$$

$$Q_{SCP} = 1,3 \times 6 / 2 = 3,9$$

$$Q_{STOTAL} = 168,8 \approx 170 \text{ kN}$$



OS – 2023

Prep.
Ildony

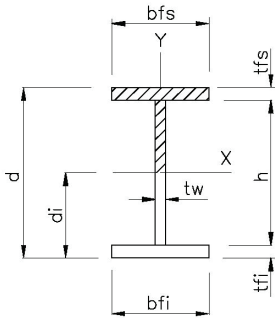
Data
2023

Cargas
Vigas de rolamento

Folha: 19 de 51

6.5.3 – Dimensionamento

Devido a viga estar sujeita a esforços horizontais na mesa superior, e como não haverá contenção lateral ao longo dela os perfis assimétricos tipo VSA são os mais econômicos. Aço ASTM A-36 , $f_Y = 25 \text{ kN/cm}^2$



Seja **VSA 600x81** kg/m (item 10.3 e Tab. C-20)

$d = 600 \text{ mm}$	$b_{fs} = 300 \text{ mm}$	$t_{fs} = 12,5 \text{ mm}$	$h = 578 \text{ mm}$
$b_{fi} = 200 \text{ mm}$	$t_{fi} = 9,5 \text{ mm}$	$t_w = 8,0 \text{ mm}$	$r_T = 8,02 \text{ mm}$
$W_{XS} = 2380 \text{ cm}^3$	$W_{Xi} = 1677 \text{ cm}^3$	$W_{YMS} = 187 \text{ cm}^3$	
$I_x = 59030 \text{ cm}^4$	$I_{YMS} = 2815 \text{ cm}^4$	$d_i = 351,9 \text{ mm}$	
$I_T = 35 \text{ cm}^4$	$r_{ts} = 5,58 \text{ cm}$	$h_0 = 589 \text{ mm}$	
$Z_{XS} = 2332 \text{ cm}^3$	$Z_{YS} = 385 \text{ cm}^3$	$h/t_w = 72$	

1 – Forças resistentes preliminares

$$M_{RXS} = 2380 \times 0,6 \times 25 = 35700 \text{ kNcm} > 18300 \quad 18300/35700 = 0,51$$

$$M_{RYS} = 187 \times 0,6 \times 25 = 2805 > 1160 \quad 1160/2775 = 0,42$$

$$M_{RSI} = 1677 \times 0,6 \times 25 = 25155 > 18300$$

$$\text{Total} = 0,93 < 1,0$$

A viga deve passar

$$N_{RV} = 0,4 \times 25 \times 0,8 \times 57,5 = 460 > 170 \text{ OK}$$

2 – Cálculo das flechas (Carga móvel sem impacto)

Itens 10.4 e 10.3

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot q \cdot L^2 \cdot L^2}{48 \times 8 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot M \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\Delta_x = \frac{5}{48} \times \frac{14170 \times 600^2}{20000 \times 59030} = 0,46 < 600 / 750 = 0,8 \text{ cm OK}$$

$$\Delta_y = \frac{5}{48} \times \frac{1160 \times 600^2}{20000 \times 2815} = 0,77 < 600 / 500 = 1,2 \text{ cm OK}$$

3 – Verificação da resistência da viga

Perfil assimétrico Fluxograma N° 2 B

$$L_{bx} = L_{by} = 600 \text{ cm} \quad f_Y = 25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda = 30/2 \times 1,25 = 12 > \lambda_{rf} = 54 / \sqrt{f_Y} = 10,8 \quad \text{Não compacta (Pg. 341)}$$

$$\lambda_{rf} = 160 \sqrt{k_c / f_y} \quad \text{sendo } k_c = 4 / \sqrt{h/t_w} = 4 / \sqrt{72} = 0,47$$

$$\lambda_{rf} = 160 \sqrt{0,47 / 25} = 22 \quad 10,8 < 12 < 22$$

$$\lambda_a = h/t_w = 72 < 532 / \sqrt{f_Y} = 106,4$$



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

**Dimensionamento
Vigas de rolamento**

Folha: 20 de 51

$$L_p = 155 r_t / \sqrt{f_y} = 155 \times 8,02 / \sqrt{25} = 248 \text{ maior que } L_b = 600 \text{ cm} \quad \text{Não}$$

$$L_r = 78792 \frac{r_T}{F_L} \sqrt{\frac{I_T}{W_x h_0}} = 78792 \frac{8,02}{F_L} \sqrt{\frac{35}{2380 \times 58,7}} \quad W_i / W_x^s = 1677 / 2380 = 0,70 = 0,7$$

$$F_L = 0,7 \cdot f_y = 0,7 \times 25 = 17,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$L_r = 78792 \frac{8,02}{17,50} \sqrt{\frac{35}{2380 \times 58,7}} = 572 \text{ cm} > 600 \quad \text{Não} \quad L_b > L_r$$

6.5.4 – Verificação final das forças resistentes - Fluxograma N° 5

1 – Momentos em relação a X - Fluxograma N° 2B

$$\text{Mesa sup.} \quad M_{RXS} = 0,6 \cdot F_{cr} \cdot W_{SX}$$

$$F_{cr} = \frac{\Pi^2 \cdot E}{(L_b / r_T)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{I_T}{W_{SX} \cdot h_0} (L_b / r_T)^2} = \frac{\Pi^2 \times 20000}{(600 / 5,58)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{35}{2380 \times 58,7} (600 / 5,58)^2} = 18,9 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{RXS} = 0,6 \times 18,9 \times 2380 = \mathbf{26989} < R_{Pc} \cdot f_y \cdot W_{xsc} \text{ para } h_c / t_w = 72 < 106 \text{ OK}$$

$$\text{Mesa inf.} \quad M_{RXi} = 0,6 \times 25 \times 1677 = \mathbf{25155} \text{ kNcm} > \mathbf{18300} \text{ OK}$$

2 – Momento resistente em relação a Y - Fluxograma N° 3

$$M_{RY}^s = 0,6 \cdot f_y \cdot Z_{YS} \left[1 - (1 - 0,7 \frac{W_Y}{Z_Y}) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] =$$

$$0,6 \times 25 \times 385 \left[1 - (1 - 0,7 \frac{187}{385}) \left(\frac{12 - 10,8}{22 - 10,8} \right) \right] = 5367 \text{ kNcm}$$

3 – Combinação de momentos mesa superior

$$\text{Mesa sup.} = \frac{18300}{26989} + \frac{1160}{5367} = \mathbf{0,90} < \mathbf{1,0} \text{ OK}$$

4 - Resistência ao Cisalhamento - Fluxograma N° 4

$$\text{Temos para } h/t_w = 72 < 260 \quad k_v = 5,0 \quad A_w = 0,8 \times 57,8 = 46,00 \text{ cm}^2$$

$$156 \sqrt{\frac{k_v}{f_y}} < h/t_w < 194 \sqrt{\frac{k_v}{f_y}} \quad 70 < 72 < 87 \quad V_R = \mathbf{0,4 \cdot f_y \cdot C_v \cdot A_w}$$

$$C_v = \frac{156 \sqrt{k_v / f_y}}{h / t_w} = \frac{156 \sqrt{5 / 25}}{72} = 0,97 \quad V_R = 0,4 \times 25 \times 0,97 \times 46 = \mathbf{446} \text{ kN} > \mathbf{170} \text{ OK}$$



OS – 2023

**Dimensionamento
Vigas de rolamento**

**Prep.
Ildony**

**Data
2023**

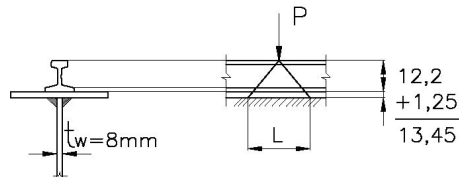
Folha: 21 de 51

6.5.5 – Verificação da alma

1- Relação altura/espessura

$$h/t_w = 72 < 825/\sqrt{f_y} = 825 / \sqrt{25} = 165 \text{ OK}$$

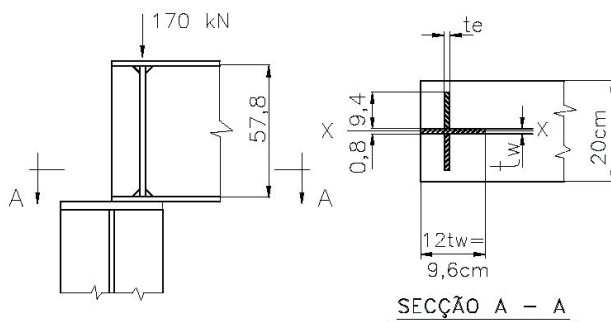
2 – Esmagamento



$$L = 2 \times 13,45 = 26,9 \text{ cm}$$

$$f_{bw} = \frac{\alpha \cdot P}{t_w \cdot L} = \frac{1,25 \times 92}{0,8 \times 26,9} = 5,34 < F_{bw} = 0,9 \cdot f_Y = 22,5 \text{ kN/cm}^2$$

3 – Enrijecedores de apoio



$$t_e \geq t_w$$

$$t_e = 9,5 \text{ mm}$$

$$b/t_e = 9,4/0,95 = 9,89 < 15,8 \text{ OK}$$

$$b_Y = 2 \times 9,4 + 0,95 = 19,75 \text{ cm}$$

$$A_C = 9,6 \times 0,8 + 2 \times 9,4 \times 0,95 = 25,54 \text{ cm}^2$$

$$I_x = (0,95 \times 19,75^3)/12 = 610 \text{ cm}^4$$

$$r_y = \sqrt{610/25,54} = 4,89 \text{ cm} \quad \lambda = 0,75 \times 57,8/4,89 \cong 9 \rightarrow F_a = 14,94 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_R = 25,54 \times 14,94 = 382 \text{ kN} > 170 \text{ OK}$$

Obs. : $k = 0,75$ por estar os enrijecedores soldados em ambas as extremidades

Esmagamento do enrijecedor de apoio

$$N_{Re} = (2 \times 9,4 \times 0,95) \times 0,9 \times f_Y = 17,86 \times 0,9 \times 25 = 402 \text{ kN} > 170 \text{ OK}$$

4 – Enrijecedores intermediário – Verificação

$$h/t_w = 72 < 260 \text{ Sim} \quad k_v = 5,0$$

$$156 \sqrt{\frac{k_v}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 194 \sqrt{\frac{k_v}{f_y}} \quad 70 < 72 < 87 \quad V_R = 0,40 \cdot f_Y \cdot C_V \cdot A_w$$

$$C_V = 156 \sqrt{k_v / f_Y} / (h/t_w) = 156 \sqrt{5/25} / 72 = 0,97$$

$$V_R = 0,4 \times 25 \times 0,97 \times (57,8 \times 0,8) = 448 \text{ kN} > 170 \text{ OK}$$



OS – 2023

Vigas de rolamento
Verificação da alma

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 22 de 51

Não há necessidade de enrijecedores intermediários, mas para combater qualquer excentricidade do trilho, vamos colocá-los a uma distância em torno de 3 vezes "h". (3 x 578 = 1734 mm). Por uma questão de simetria, usaremos 1500 mm

6.5.6 – Verificação de Fadiga (Cap. 16)

No caso limitada à 500.000 ciclos

Tab. 16.2 – item 3.1 – Categoria B , e Tab. 16.1

$$\sigma_{SR} = \left(\frac{327.C_f}{N}\right)^{0,333} = \left(\frac{327 \times 120 \times 10^8}{500000}\right)^{0,333} = 198 \text{ MPa} = 19,8 \text{ kN/cm}^2 < 0,66.f_Y = 16,5 \quad \text{Não}$$

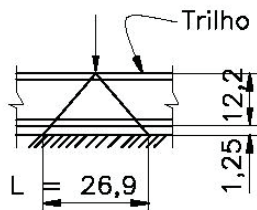
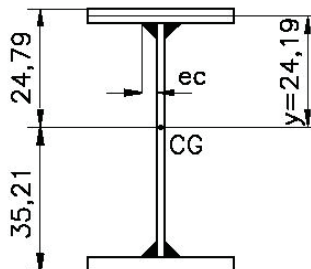
Adotar como faixa de tensão admissível $F_{SR} = 16,5 \text{ kN/cm}^2$

Mesa comprimida $f_{SR} = \frac{17710}{2380} + \frac{1160 \times (50\%)}{187} = 10,5 \text{ kN/cm}^2 < 16,5 \text{ OK}$

Mesa tracionada $f_{SR} = \frac{17710}{1677} = 10,56 < 16,5 \text{ kN/cm}^2 \text{ OK}$

6.5.7 – Ligações da composição do perfil

1 – Solda da mesa superior com alma



$$Q = 170 \text{ kN} \quad A_m^s = 30 \times 1,25 = 37,50 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 59030 \text{ cm}^4 \quad n = 2 \text{ filete}$$

$$M_s = A_m^s \cdot y = 37,5 \times 24,19 = 907,12 \text{ cm}^3$$

$$q_x = Q \cdot M_s / n \cdot I_x = 170 \times 907,12 / 2 \times 59030 = 1,30 \text{ kN/cm}$$

$$q_y = \alpha P / 2L = 1,25 \times 92 / 2 \times 26,9 = 2,14 \text{ kN/cm}$$

$$q = \sqrt{q_x^2 + q_y^2} = 2,50 \text{ kN/cm} \quad R_{FIL} = 10,4 \text{ kN/cm} \quad (\text{Tab. 3.5})$$

$$ec = 2,5 / 10,4 = 0,24 \text{ cm} = 2,4 \text{ mm}$$

Apesar da Tab. 3.3 indicar para $t < 12,5 \text{ mm}$, solda mínima de 5 mm, usaremos $ec = 6 \text{ mm}$ com alta penetração na ligação da alma com Mesa superior para garantir possíveis excentricidades do trilho.



OS – 2023

**Vigas de rolamento
Soldas**

Prep.
Ildony

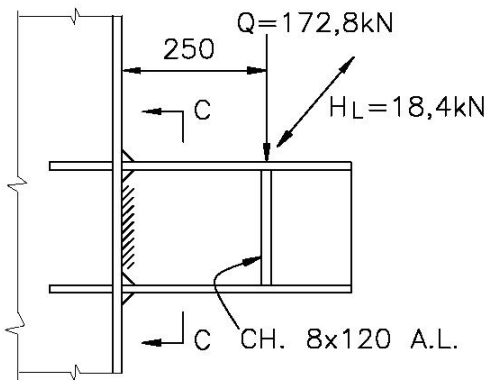
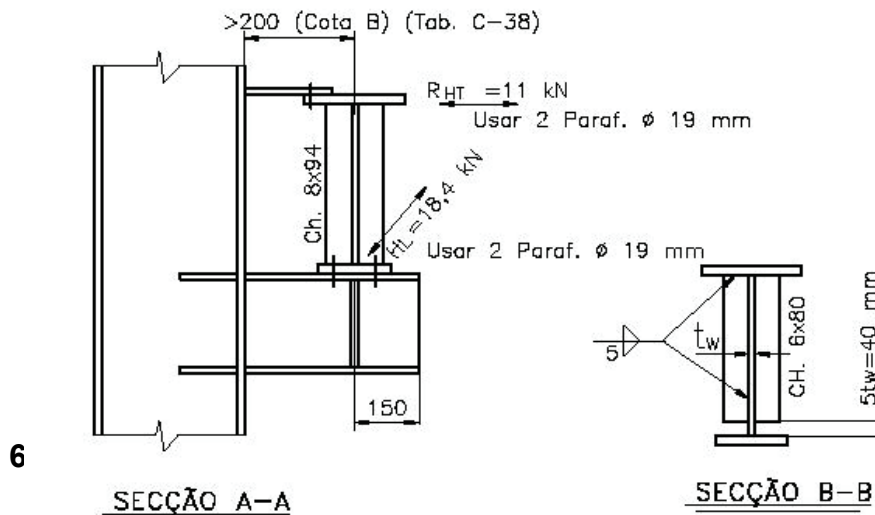
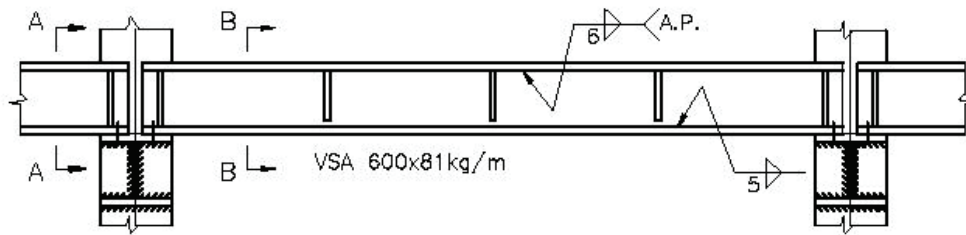
Data
2023

Folha: 23 de 51

2 – Solda dos enrijecedores com alma e mesa

$$F_{vs} = h \sqrt{(f_y/300)^3} = 57,8 \sqrt{(25/300)^3} = 1,40 \text{ kN/cm} / 2 \text{ filetes} = 0,7 \text{ kN/cm}$$

$e_c = 0,7 / 10,4 = 0,067 \text{ cm}$. Adotar solda mínima de 5 mm para a chapa de alma de 8 mm.



$$Q_{SYPR} = 165 \text{ kN} \quad Q_{SYVR} = 6 \times 1,3 = 7,8 \text{ kN} \quad (\text{Fl. 19/51})$$

$$Q_{SY} = 165 + 7,8 = 172,8 \text{ kN} \quad H_L = 18,4 \text{ kN}$$

$$M_{SY} = 172,8 \times 25 = 4320 \text{ kNcm}$$

$$M_{SZ} = 18,4 \times 25 = 460 \text{ kNcm}$$

Seja um CVS 300x66 $t_w = 8 \text{ mm}$

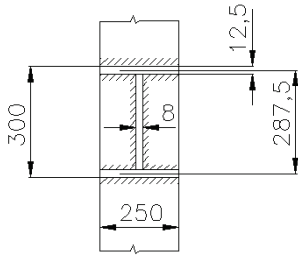
$$W_x = 954 \text{ cm}^3 \quad W_y = 260/2 \text{ (mesas)} = 130 \text{ cm}^3$$

$$\frac{4320}{954 \times 15} + \frac{460}{130 \times 15} = 0,54 < 1,0 \quad F_B = 0,6 \times 25 = 15$$

$$F_V = 0,4 \times 25 = 10$$

$$Q_{RY} = 0,8 \times 27,5 \times 10 = 220 \text{ kN} > 172,8$$

2 - Cálculo da solda necessária



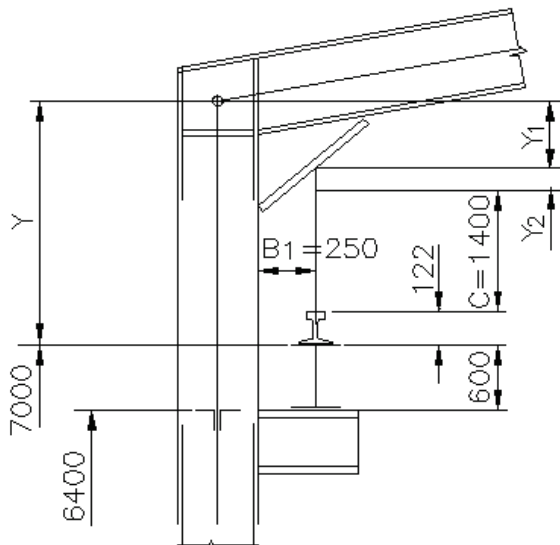
SEÇÃO C-C

Alma → $172,8 / 2 \times 27,5 = 3,14 \text{ kN/cm}$
 $ec = 3,14 / 10,14 = 0,3 \text{ cm}$ (Tab 3.5)
 usar solda mínima **ec = 5 mm**

Mesa → $F_t = 4320 / 28,75 = 150 / 2 \times 25 = 3,0 \text{ kN/cm}$
 $ec = 3,0 / 10,14 = 0,29 \text{ cm}$
 Usar solda mínima **ec = 5 mm**

Recomendável solda de penetração total na mesa superior

6.6 – FOLGAS MÍNIMAS PARA PASSAGEM DA PONTE ROLANTE – Tab. C-38



$Y_1 =$ No caso 400 mm

$Y_2 =$ Folga adicional de 50 a 100 mm

$Y = C + Y_1 + Y_2 +$ altura do trilho

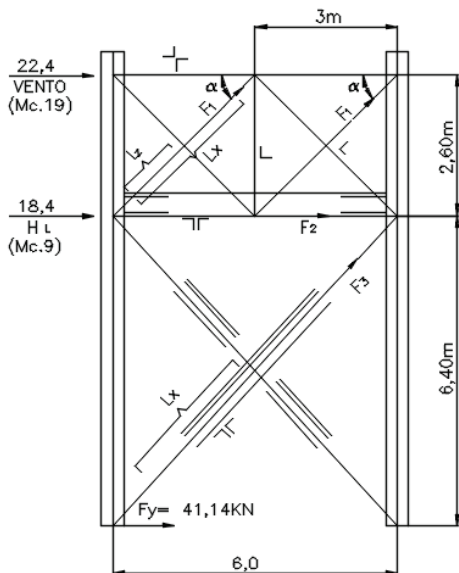
$Y = 1400 + 400 + 80 + 122 = 2002$

$Y = 2000 \text{ mm}$ (valor usado)

$B_1 = 200 + 50$ (folga) = **250 mm**

6.7 -- CONTRAVENTAMENTOS VERTICAIS

1ª Alt.



Parte superior

$$F_1 = 24,6 / \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{\sqrt{3,0^2 + 2,6^2}} = 0,756$$

$$N_{S1} = F_1 = 24,6 / 0,756 = \mathbf{32,54 \text{ kN}}$$

$$\lambda_T \leq 300 \quad L_x = 396 \text{ cm} \quad L_z = 198 \text{ cm}$$

$$r_{x\min} = 396 / 300 = 1,32 \text{ cm}$$

$$r_{z\min} = 198 / 300 = 0,66 \text{ cm}$$

Seja L51x4,8 (L minimo) Tab. C-7

$$A = 4,58 \text{ cm}^2 \quad r_x = r_y = 1,58 > 1,32 \text{ cm}$$

$$r_z = 1,02 > 0,66 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

Ligação parafusada 2 Ø 16 ASTM-A-325F

$$F_1 = 15,00 \times 1,25 = 18,75 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{R1} = 4,58 \times 0,85 \times 18,75 = \mathbf{73,0 \text{ kN} > 32,54 \text{ kN}}$$

- Barra intermediaria -

$$N_{S2} = F_2 = 24,6 + 18,40 = 43,00 \text{ kN}$$

$$L_y = 600 \text{ cm} \quad L_x = 300 \text{ cm} \quad \lambda_c \leq 200 \quad r_{y\min} = 600 / 200 = 3 \text{ cm} \quad r_{x\min} = 300 / 200 = 1,5 \text{ cm}$$

$$2 \text{ L } 76 \times 6,4 \text{ (Tab. C-12)} \quad r_x = 2,36 > 1,5 \quad r_y = 3,5 > 3,0 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

$$A = 18,6 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_y = 600 / 3,5 = 171 \quad \rightarrow \quad F_a = 3,55 \times 1,25 = 4,44 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{R2} = 18,60 \times 4,44 = \mathbf{82,6 \text{ kN} > 43,00 \text{ O.K.}}$$

- Parte inferior -

$$N_{S3} = F_3 = 43,00 / \cos \alpha_1$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{6}{\sqrt{6^2 + 6,4^2}} = 0,684 \quad \therefore N_{S3} = \mathbf{62,86 \text{ kN}}$$

$$l_y = 877 \text{ cm} \quad l_x = 877 / 2 = 438 \text{ cm} \quad \lambda_T \leq 240 \quad r_{y\min} = 3,66 \text{ cm} \quad r_{x\min} = 1,83 \text{ cm}$$

2 L 89x64x6,4 (Tab. C-14)

$$A = 18,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 4,24 > 3,66 \text{ cm} \quad r_x = 1,89 > 1,83 \text{ cm}$$

Ligação parafusada 2 Ø 16

$$N_{R3} = 18,6 \times 0,85 \times 18,75 = \mathbf{296 \text{ kN} > 62,86 \text{ O.K.}}$$



OS – 2023

Pórticos ALT. 1
Contraventamentos Verticais

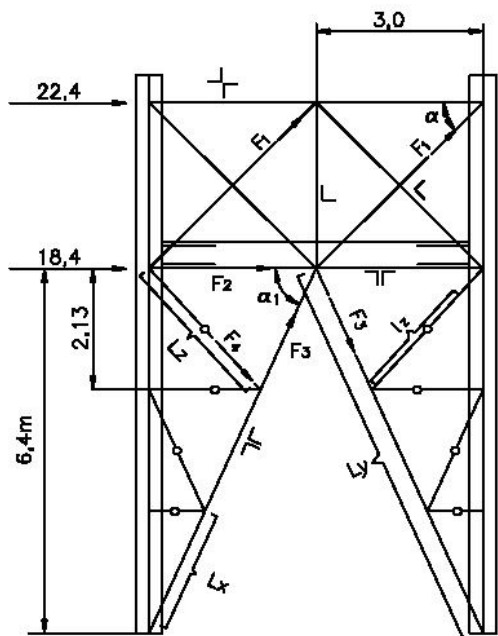
Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 26 de 51

2ª Alt.

Faremos apenas modificação na parte inferior.



Parte superior

$$N_{S1} = F_1 = 32,54 \text{ kN}$$

L 51x4,8 mm

Barra intermediária

$$N_{S2} = F_2 = 43,00 \text{ kN}$$

2 L 76x6,4 mm

Parte inferior

Neste tipo de contraventamento as barras trabalham a tração e compressão.

$$N_{S3} = F_3 = 43,0 / 2 \cos \alpha_1$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{3}{\sqrt{3,0^2 + 6,4^2}} = 0,424$$

$$N_{S3} = F_3 = 43 / 0,424 \times 2 = 50,71 \text{ kN}$$

$$L_x = L_y / 3$$

$$L_y = \sqrt{3^2 + 6,4^2} = 7,07 = 707 \text{ cm}$$

$$L_x = 236 \text{ cm}$$

$\lambda_c < 150$ (Abaixo da Viga de Rolamento)

$$r_{ymin} = 707 / 150 = 4,71 \text{ cm}$$

$$r_{xmin} = 236 / 150 = 1,57 \text{ cm}$$

2 L 102x76x6,4 (Tab. C-14)

$$r_y = 4,88 > 4,71 \text{ cm}$$

$$r_x = 2,26 > 1,57 \text{ cm}$$

OK

$$A = 21,8 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_x = 236 / 2,26 = 104$$

$$\lambda_y = 707 / 4,88 = 145 \rightarrow F_a = 4,94 \text{ (Tab. A-2)} \times 1,25 = 6,18 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{R3} = 21,8 \times 6,18 = 135 \text{ kN} > 50,71 \text{ O.K.}$$

Barras de contraflambagem

$$F = 3\% (50,71) = 1,52 \text{ kN}$$

$$\lambda_c \leq 200$$

$$L_z = \sqrt{2,13^2 + 2,0^2} = 2,92 \text{ cm} = 292 \text{ mm}$$

$$r_{zmin} = 292 / 200 = 1,46 \text{ cm}$$

L76 x 4,8

$$A = 7,03 \text{ cm}^2$$

$$r_z = 1,5 > 1,46 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

$$\lambda = 292 / 1,5 = 195 \rightarrow F_a = 2,73 \text{ (Tab. A-2)} \times 1,25 = 3,41 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{R4} = 7,03 \times 3,41 = 24,0 > 1,52 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

OBS : Para efeito de projeto foi adotada a 1ª Alternativa.



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

Pórticos ALT. 1
Contraventamentos verticais

Folha: 27 de 51

6.8 – PÓRTICOS

6.8.1 - Cargas

1 – Permanentes – CP

-- Carga distribuída na viga

Telha+Terças +Tirantes+instalações – 120 N/m^2

-- Viga do Pórtico VS $400 \times 49 \text{ kgf/m}$ (Estimado)

CP = $120 \times 6 = 720 = 0,72 \text{ kN/m}$

PP da viga incorporado pelo programa

-- Carga concentrada no topo das colunas

Coluna + Tapamento Lateral + Detalhes

Coluna do Pórtico PS $500 \times 98 \text{ kg/m}$ (Estimado)

$9\text{m} \times 850 \text{ N/m} + (50 + 60) \text{ N/m}^2 \times 6\text{m} \times 9\text{m} + 15\% \text{ Det.} = 15630 \text{ N/m} = 15,63 \text{ kN/m}$

CP (Concentrada) = $15,63 \text{ kN} \cong 16 \text{ kN}$

-- Carga concentrada no console

Viga de Rolamento + Trilho e Acessórios

$6\text{m} \times 0,130 \text{ tf/m} = 0,780 \text{ tf/m} = 7,80 \text{ kN}$

2 - Acidental na cobertura – CA

$250 \text{ N/m}^2 \times 6\text{m} = 1500 \text{ N/m} = 0,015 \text{ kN/cm}$

3 - Ponte rolante - PR (Fl. 8/51)

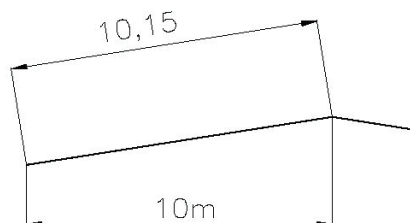
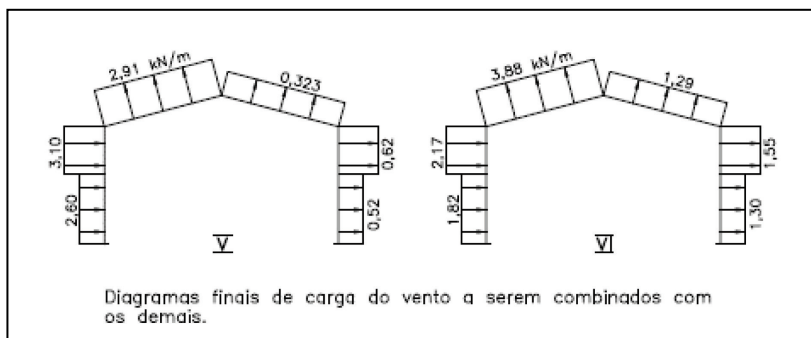
$R_{\max} = 165 \text{ kN}$

$R_{\min} = 66 \text{ kN}$

$H_T = 11 \text{ kN}$

4 - Vento – CV

De acordo com os esquemas V e VI (Fl. 7/51)



OS – 2023

**Pórticos
Cargas**

Prep.
Ildony

Data
2023

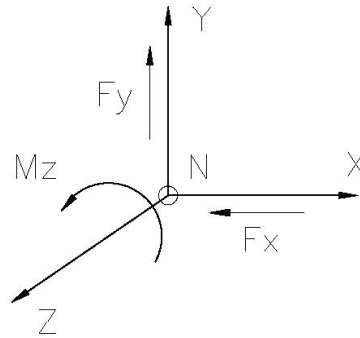
Folha: 28 de 51

6.8.2 – Sinal das cargas para uso em computador

Os vários programas de cálculo estrutural por meio de computador, trabalham da seguinte maneira:

Para cargas concentradas

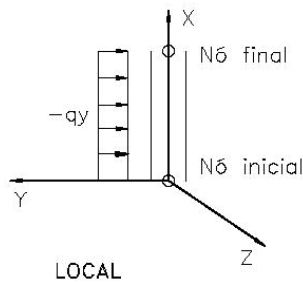
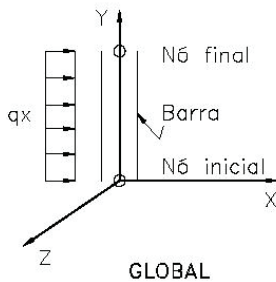
Aplicadas nos Nós
Sistema de Coordenadas Globais
Exemplo da Figura: - F_x , F_y , M_z



Para cargas distribuídas nas barras

Existem dois Sistemas:

Coordenadas Globais como anterior e Coordenadas Locais em que o eixo dos X passa pelo eixo da barra.



6.8.3 - Combinações de cargas a serem usadas no exemplo.(outras combinações podem ser usadas)

CP = Carga Permanente; CA = Carga Acidental; CV = Carga de Vento; P_{RV} = Ponte Rolante Vertical ; P_{RH} = Ponte Rolante Horizontal

- 1 - CP + CA
- 2 - CP + CV
- 3 - CP + CA + P_{RV} + P_{RH}
- 4 - CP + CA + P_{RV} - P_{RH}
- 5 - CP + (CA + P_{RV} + CV) 0,8
- 6 - CP + (CA + P_{RV} + ht + 0.5CV) 0,8

6.8.4 - Unidades adotadas

Cargas em kN e kNcm ; Módulo de Elasticidade $E = 20.000 \text{ kN/cm}^2$
Áreas em cm^2 ; Distâncias em cm ; Inércia em cm^4



OS – 2023

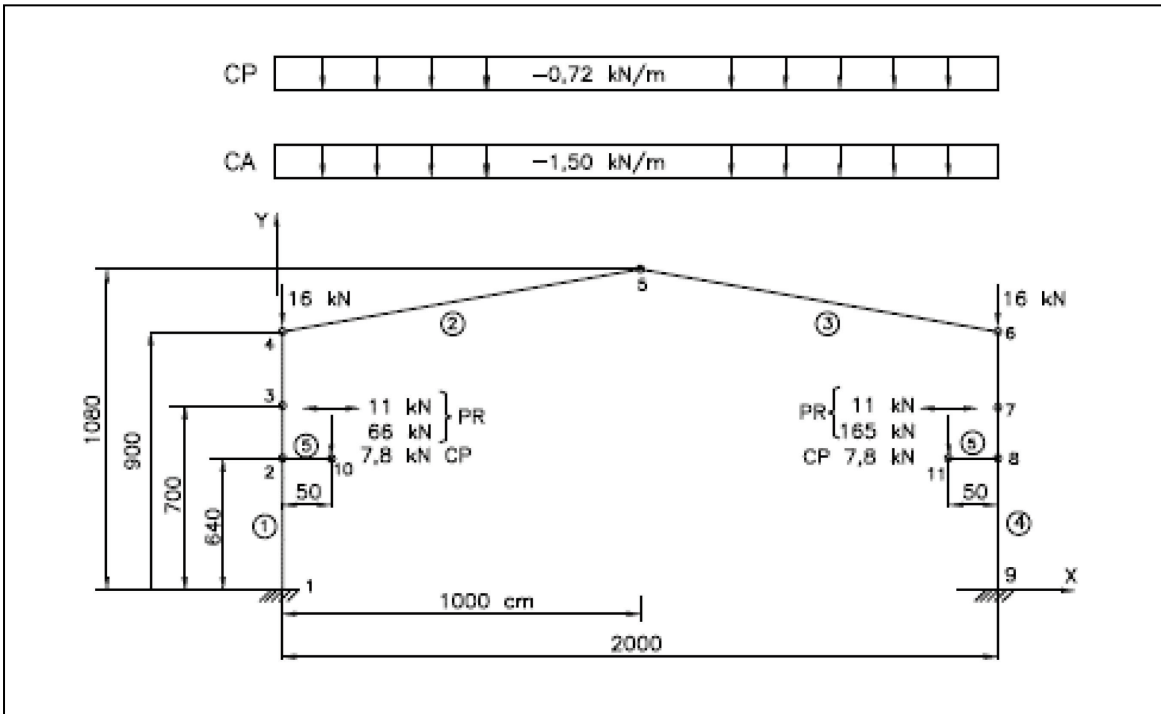
Prep.
Ildony

Data
2023

Pórticos
Preparação para computador

Folha: 29 de 51

6.8.5-- Esquema estrutural para simulação no computador (ALT. 1)



1 – Características das barras

BARRA	ÁREA cm ²	INÉRCIA cm ⁴	PERFIL
1 e 4	107	54983	PS 500x98
2 a 3	62	17.400	VS 400x49
5	85	14.310	CVS 300x66

Condições dos apoios : Nós 1 e 9 – Engastados

Obs: outras combinações podem ser utilizadas e devem ser definidas pelo projetista.



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico - ALT. 1
Preparação para computador

Folha: 30 de 51

6.8.5.1– Resultados das cargas do programa usado em computador

Ns= carga axial(kN) ; Qs= cortante (kN); Msx=(kN.cm)

Combinação	Barras	Ns	Qs	Msx
		kN	kN	KN.cm
CP+CA	PILAR	58,2	14,5	7202
	VIGA	19	23,5	7202
CP+CV1	PILAR	34,5	20	4650
	VIGA	3,2	12,9	2792
CP+CV2	PILAR	25,2	21,5	6618
	VIGA	9,6	21,2	5461
CP+CA+PRV+HT	PILAR	224	32,9	11670
	VIGA	26,4	21,9	7119
CP+CA+PRV-HT	PILAR	127	32,9	14839
	VIGA	26,7	24,5	8900
CP+(CA+PRV+CV1)x0,8	PILAR	180	14,3	5758
	VIGA	16,8	14,3	2286
CP+(CA+PRV+CV2)x0,8	PILAR	172	17,2	5502
	VIGA	8,3	7	1232
CP+(CA+PRV+HT+0,5CV1)x0,8	PILAR	184	25,4	8707
	VIGA	20	16,5	4901
CP+(CA+PRV-HT+0,5CV1)x0,8	PILAR	100	24,7	9523
	VIGA	20,9	12,4	5384
CP+(CA+PRV+HT+0,5CV2)x0,8	PILAR	180	26,8	9073
	VIGA	15,6	14,2	4123
CP+(CA+PRV-HT+0,5CV2)x0,8	PILAR	96,5	21,8	8735
	VIGA	16,6	9,1	4317

Combinação	Barras	Ns	Qs	Msx
		kN	kN	KN.cm
PRV+HT	VIGA 5	0	165	8250



OS – 2023

Prep.
Ildony

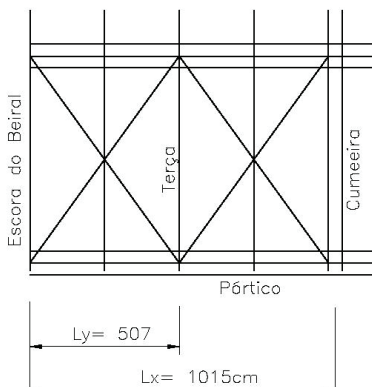
Data
2023

Pórtico - ALT. 1
Resultados do computador

Folha: 31 de 51

6.8.5.2-- Dimensionamento dos pórticos

1- Vigas do pórtico



$$L_b = L_y = 507 \text{ cm} \quad k_x = k_y = 1,0$$

$$N = 26,7 \text{ kN} \quad Q = 24,7 \text{ kN} \quad M_z = 8900 \text{ kNcm}$$

Seja VS 400x49 kg/m (Item 11.1)

$$d = 400 \text{ mm} \quad b_f = 200 \text{ mm} \quad t_f = 9,5 \text{ mm}$$

$$h = 381 \text{ mm} \quad t_w = 6,3 \text{ mm} \quad A = 62 \text{ cm}^2$$

$$r_T = 5,25 \text{ cm} \quad W_x = 870 \text{ cm} \quad r_x = 16,75 \text{ cm}$$

$$d/A_f = 40/20 \times 9,5 = 2,105 \text{ cm} \quad r_y = 4,52 \text{ cm}$$

$$I_T = 13 \text{ cm}^4 \quad h_o = 38,1 \text{ cm} \quad r_t = 5,25 \text{ cm}$$

M_{RX} - Fluxograma Nº 2A

$$\lambda_f = b_f / 2t_f = 20 / 2 \times 9,5 = 10,5 < 54 / \sqrt{f_y} = 10,8 \quad \text{OK Compacto}$$

$$\lambda_a = h / t_w = 381 / 6,3 = 60,4 < 532 / \sqrt{f_y} = 106 \quad \text{OK}$$

$$L_{by} = 507 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{E / f_y} = 249 \cdot r_y / \sqrt{f_y} = 2,49 \times 4,52 / \sqrt{25} = 225 \text{ cm} \quad \text{Não}$$

$$L_r = 78792 \frac{r_{ts}}{f_y} \sqrt{I_T / W_x \cdot h_o} = 78792 \frac{5,25}{25} \sqrt{13 / 870 \times 38,1} = 327 \text{ cm} \quad \text{Não}$$

$$L_b / r_t = 507 / 5,25 = 96,6$$

$$C_b = 1 \text{ (Estrutura Contraventada)} \quad L_b > L_r \quad 507 > 468 \text{ cm}$$

$$M_R = 0,6 \cdot W_x \cdot F_{cr}$$

$$F_{cr} = \frac{1 \cdot \Pi^2 \cdot 20000}{96,6^2} \sqrt{1 + \frac{0,078 \times 13 \times 96,6^2}{870 \times 38,1}} = 24,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_R = 0,6 \times 870 \times 24,0 = 12528 \text{ kNcm} > 8900 \quad \text{OK}$$

Fa – Fluxograma Nº1

$$\lambda_x = 1015 / 16,75 = 61$$

$$\lambda_y = 507 / 4,52 = 112$$

$$F_a = 7,71 \text{ kN/cm}^2 \text{ (tab A-2)}$$

$$N_R = 62 \times 7,71 = 478 \text{ kN}$$

Combinações de cargas – Fluxo. Nº 5

$$N_s / N_R = 26,7 / 478 = 0,05 < 0,20 \quad \frac{0,05}{2} + \frac{8900}{12528} = 0,74 < 1,0 \quad \text{OK}$$



OS – 2023

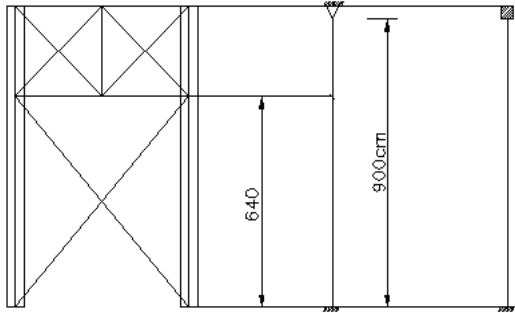
Prep.
Ildony

Data
2023

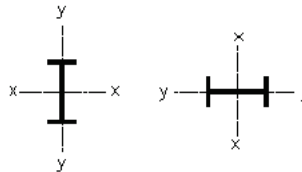
Pórtico – ALT. 1
Dimensionamento das vigas

Folha: 32 de 51

1 – Colunas do pórtico

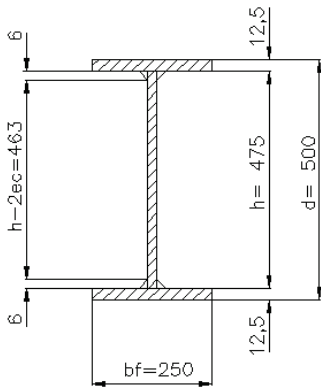


$k_x = 1,75$ (Ex. 12.1)
 $k_y = 1,0$
 $L_x = 900$ cm
 $L_y = 640$ cm
 $L_b = 640$ cm



1ª HIP. $N_s = 224$ kN $Q_s = 32,9$ kN $M_{sx} = M_{sz} = 11670$ kNcm
2ª HIP. $N_s = 127$ kN $Q_s = 32,9$ kN $M_{sx} = M_{sz} = 14839$ kNcm

Como no caso o perfil da coluna está sujeito a uma carga maior de momento do que de compressão, um perfil soldado com maior inércia e menos área será mais econômico, portanto vamos usar um perfil soldado especial fora das tabelas.



PS 500x98 kg/m (especial) - item 12.4.1
 $A = 124,5$ cm² $t_w = 9,5$ mm $r_x = 21,02$ cm
 $d = 500$ mm $t_f = 16,0$ mm $r_y = 5,79$ cm
 $h = 475$ mm $I_x = 54983$ cm⁴ $r_T = 6,63$ cm
 $b_f = 250$ mm $W_x = 2199$ cm³
 $d/A_f = 50/25 \times 1,25 = 1,6$ cm⁻¹ $I_T = 82,9$ cm⁴
 $I_y = 4170$ cm⁴; $C_w = 2442118,8$ cm⁴; $r_{ts} = 6,77$ cm

M_{RX} - Fluxo. N° 2

$$\lambda_f = b_f / 2t_f = 25 / 2 \times 1,60 = 8 < 54 / \sqrt{f_y} = 10,8 \quad \text{OK Compacto}$$

$$\lambda_a = h / t_w = 468 / 9,5 = 49,3 < 532 / \sqrt{f_y} = 106 \quad \text{OK}$$

$$L_{by} = 640$$
 cm

$$L_p = 288$$

$$L_r = 847 > 640 \quad L_p < L_b < L_r$$



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico - ALT. 1
Dimensionamento das colunas

Folha: 33 de 51

$$M_{R_x} = C_b \cdot 0,66 \cdot f_y \cdot W_x \left[1,0 - 0,36 \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

$C_b = 1,0$ (Estrutura contraventada)

$$M_{R_x} = 1,0 \times 0,66 \times 25 \times 2199 \left[1,0 - 0,36 \left(\frac{640 - 288}{846 - 288} \right) \right] = 27.938 \text{ kNcm}$$

Fa - Fluxograma N° 1 e Exemplo 12.1

$$\lambda_x = 1,75 \times 900 / 20,59 = 77$$

$$\lambda_y = 640 / 55 = 116 \rightarrow Fa = 7,35 \text{ kN/cm}^2$$

Combinações de forças - Fluxograma N° 5

1ª HIP.

$$N_s = 224 \text{ kN} \quad M_{s_x} = 11670 \text{ kNcm}$$

$$N_R = 107,6 \times 7,35 = 791 \text{ kN} \quad N_s / N_R = 224 / 791 = 0,28 > 0,20$$

$$0,28 + \frac{8 \times 11670}{9 \times 27938} = 0,65 < 1,0 \quad \text{OK}$$

2ª HIP.

$$N_s = -127 \text{ kN} \quad M_{s_x} = M_{s_z} = 14839 \text{ kNcm}$$

$$N_R = 107,6 \times 7,35 = 791 \text{ kN} \quad N_s / N_R = 127 / 791 = 0,16 < 0,20$$

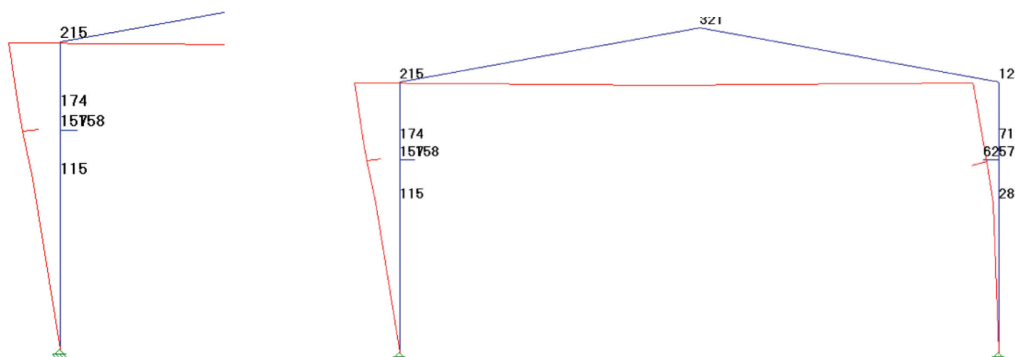
$$\frac{0,16}{2} + \frac{14839}{27938} = 0,61 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Verificação dos deslocamentos horizontais Δ (pegar a pior combinação)

$$\Delta_5 = H_{TT} / 400 = 700 / 400 = 1,75 > 1,74 \text{ cm OK}$$

$$\Delta_7 = H_T / 300 = 900 / 300 = 3,0 > 2,15 \text{ cm OK}$$

$$\text{Diferencial no topo do trilho } 1,74 - 0,71 = 1,03 = 10,3 \text{ mm} < 15 \text{ mm}$$



OS – 2023

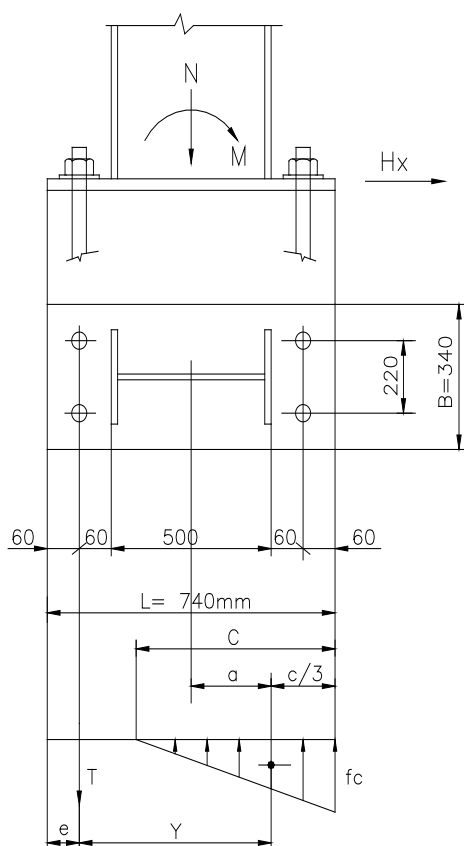
Tapamento frontal – pilares

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 34 de 51

6.5.83 – Placa de base e chumbadores (Item 12.9.2.2)



1º HIP.

$$N_s = -224 \text{ kN}$$

$$H_s = -32,9 \text{ kN}$$

$$M_{sx} = 11670 \text{ kNcm}$$

2º HIP.

$$N_s = -127 \text{ kN}$$

$$H_s = -32,9 \text{ kN}$$

$$M_{sx} = 14839 \text{ kNcm}$$

- Os resultados das duas hipóteses são muito próximos, vamos desenvolver apenas a 2º hip., que no caso é a pior.

- As dimensões indicadas para a placa de base são as mínimas.

Compressão no concreto $f_{ck} = 2,5 \text{ kN/cm}^2$
 $F_c \leq 0,35F_{ck} = 0,35 \times 2,5 = 0,875 \text{ kN/cm}^2$

1 – Cálculo do comprimento da placa

$$L_{nec} = \frac{N}{2B \cdot f_c} + \sqrt{\left(\frac{N}{2B \cdot f_c}\right)^2 + \frac{6M}{B \cdot f_c}}$$

Fazendo $f_c = F_c = 0,875$

$$= \frac{127,0}{2 \times 34 \times 0,875} + \sqrt{\left(\frac{127,0}{2 \times 34 \times 0,875}\right)^2 + \frac{6 \times 14839}{34 \times 0,875}} = 2,13 + 54,75 = 56,88 \text{ cm} < 74 \text{ cm}$$

2 – Cálculo de f_c

$$f_{cmax} = N_s / A_p + M_s / W = N_s / B \cdot L + 6M_s^2 / B \cdot L^2$$

$$= \frac{127}{34 \times 74} + \frac{6 \times 14839}{34 \times 74^2} = 0,0504 + 0,478 = 0,53 \text{ kN/cm}^2 < 0,875 \text{ OK}$$

$$f_{cmin} = 0,0477 - 0,445 = -0,40$$

3 – Cálculo de C

$$C = f_{cmax} \cdot L / (f_{cmax} + f_{cmin})$$

$$C = 0,5 \times 74 / (0,5 + 0,403) = 41,11 \text{ cm}$$



OS – 2023

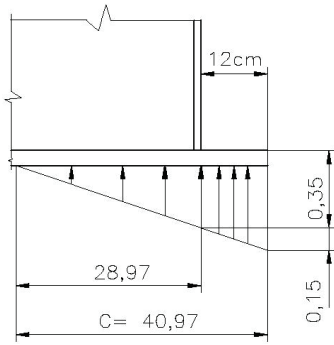
Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico ALT.1
Placa de base e chumbadores

Folha: 35 de 51

4 – Cálculo da espessura da placa



$$f_{\text{cmáx}} = 0,53 \text{ kN/cm}^2 < 0,875 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

$$t^2 = 6M / 0,9 \cdot f_y$$

$$40,97 - 0,53 \therefore x = 0,37 \text{ kN/cm}^2$$

$$28,97 - x \quad x_1 = 0,53 - 0,37 = 0,16 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_1 = 0,37x \frac{12^2}{2} + 0,16 \frac{12}{2} x \frac{2x12}{3} = 34,32 \text{ kNcm/cm}$$

$$t^2 = 6 \times 34,32 / 0,9 \times 25 = 9,14 \text{ cm}^2$$

$$t = 3,02 \text{ cm} \rightarrow 32 \text{ mm}$$

Usar Ch. 32,0 x 340 x 740

5 – Cálculo dos chumbadores

Aço SAE 1020 $F_t = 14,7 \text{ kN/cm}^2$ $F_v = 7,8 \text{ kN/cm}^2$

$$C/3 = 41,11/3 = 13,7 \text{ cm}$$

$$Y = L - C/3 - e = 74 - 13,7 - 6 = 54,3 \text{ cm}$$

$$a = L/2 - C/3 = 74/2 - 13,7 = 23,3 \text{ cm}$$

$$T = (M - N \cdot a) / Y = (14839 - 120 \times 23,4) / 54,4 = 221 \text{ kN}$$

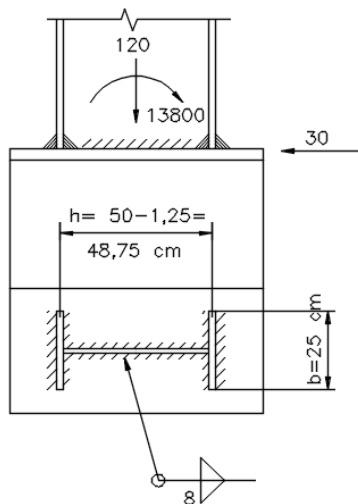
$$\text{Seja } \varnothing 38 \text{ mm} \rightarrow A = 11,34 \text{ cm}^2 \text{ (Tab. 12.5)}$$

Usando 2 chumbadores temos:

$$f_t = \frac{221}{2 \times 11,34} = 9,74 \text{ kN/cm}^2 \quad f_v = \frac{32,9}{2 \times 11,34} = 1,45 \text{ kN/cm}^2$$

$$f = \sqrt{f_t^2 + 3f_v^2} = \sqrt{9,74^2 + 3 \times 1,45^2} = 10,05 < 14,7 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

6 – Cálculo da solda na ligação coluna-placa



$$W = bh + h^2 / 3 \text{ por cm (Tab.3.7)}$$

$$W = 25 \times 48,75 + 48,75^2 / 3 = 2011 \text{ cm}^3$$

$$A = 2 \times 48,75 + 4 \times 25 = 197,5 \text{ cm}^2$$

$$f_b = 14839 / 2011 = 7,4 \text{ kN/cm}^2 / \text{cm}$$

$$f_v = 32,9 / 197,5 = 0,17 \text{ kN/cm}^2 / \text{cm}$$

$$f_t = \sqrt{7,4^2 + 3 \times 0,17^2} = 7,4 \text{ kN/cm/cm}$$

$$\text{Solda mínima 8 mm} \rightarrow R_s = 8,4 \text{ kN/cm (Tab.3.3 e 3.5)}$$



OS – 2023

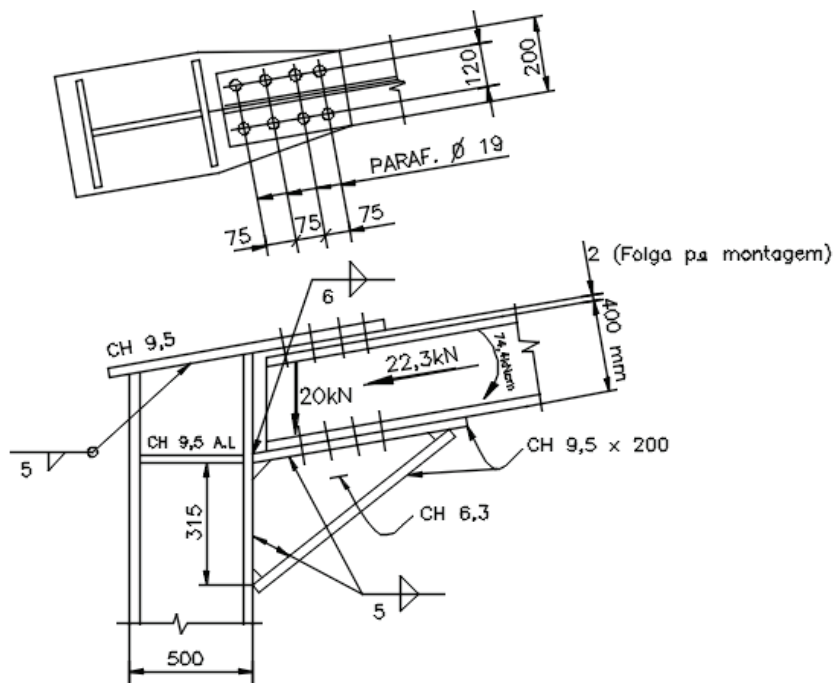
Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico ALT.1
Placa de base e chumbadores

Folha: 36 de 51

6.8.5.4 - Ligação Viga-Coluna



1- Força nas mesas

$$N_{St} = \frac{8900}{40} + \frac{26,7}{2} = 235,85 \text{ kN}$$

Parafuso $\phi 19$ A325F = 33 kN por parafuso (Tab. 4.1)

$n = 235,85/33 = 7,15 \rightarrow$ **Usar 8 parafusos**

2 – Verificação das chapas e mesa

$$A = 1,25 [20 - 2(1,9 + 0,35)] = 19,81 \text{ cm}^2$$

$$N_R = 19,81 \times 15,0 = 297 \text{ kN} > 235,85 \text{ OK}$$

3 – Verificação das soldas nas ligações

Ch. inferior c/ mesa da Coluna

$$f_t = 235,85/2 \times 20 = 5,89 \text{ kN/cm}$$

Solda 6 mm = 6,3 kN/cm > 5,89 O.K.

Ch. Superior da coluna

$$f_v = 235,85/(2 \times 50 + 4 \times 25) = 1,17 \text{ kN/cm}$$

Usar solda mínima de 6 mm



OS – 2023

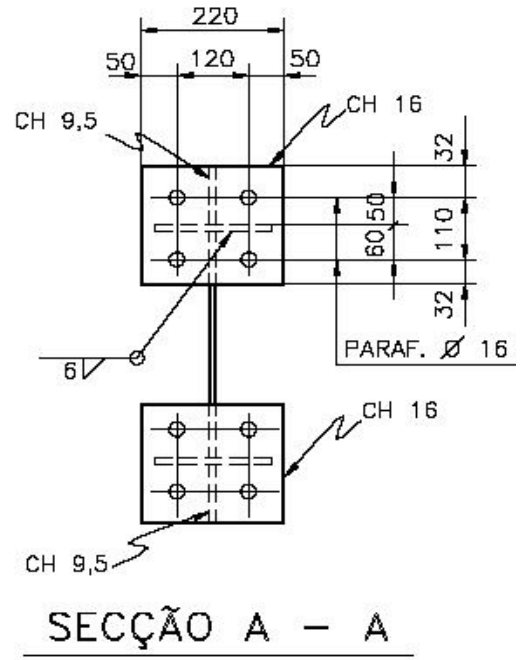
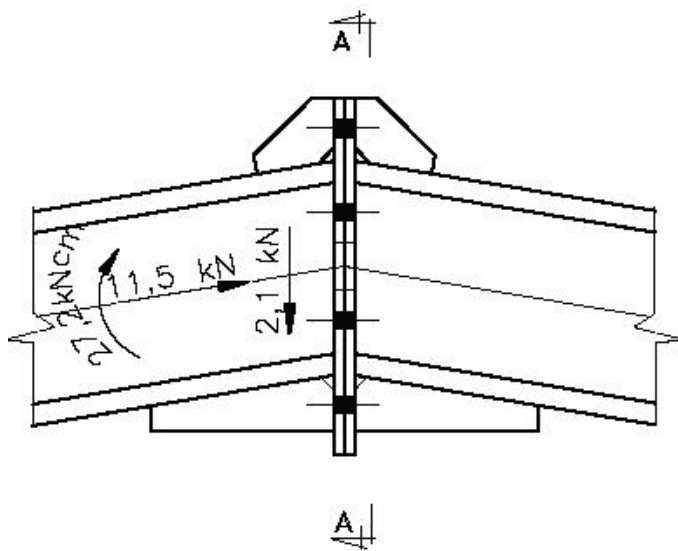
Pórtico ALT.1
Ligação viga-coluna

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 37 de 51

6.8.5.5 – Ligação viga-viga no centro



1-Quantidade de parafusos

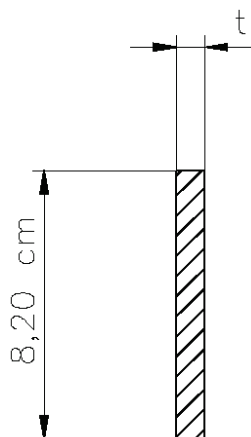
$$N_t = 2720/40 = 68 \text{ kN } \phi 16 (5/8") \text{ A325-F a tração} \rightarrow Ft = 62 \text{ kN (Tab 4.1)}$$

$$n = 68/62 = 1,1$$

Por questões construtivas usaremos 4 Ø 16

As tensões devido a força cortante (2,1 kN) e Força Normal (11,7 kN) foram desprezadas pelos seus baixos valores.

2 – Cálculo das chapas de ligação - (Aproximado)



$$M = P L = 68 \times 5 / 4 \text{ Par.} = 85 \text{ kNcm}$$

$$W = bt^2/6 = 8,2 \times t^2/6 = 1,36 t^2$$

$$F_{bw} = M/W = 85 / 1,36t^2 = 0,9.f_y = 22,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$t^2 = 2,77 \quad t = 1,67 \text{ cm} \cong \text{Usar } 16 \text{ mm.}$$

3 – Cálculo das soldas da ligação

$$f_v = 68/(2 \times 20) = 1,7 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Solda mínima } 6 \text{ mm} = 6,3 \text{ kN/cm} > 1,7 \text{ kN/cm}$$



OS – 2023

Pórtico ALT.1
Ligação viga-viga

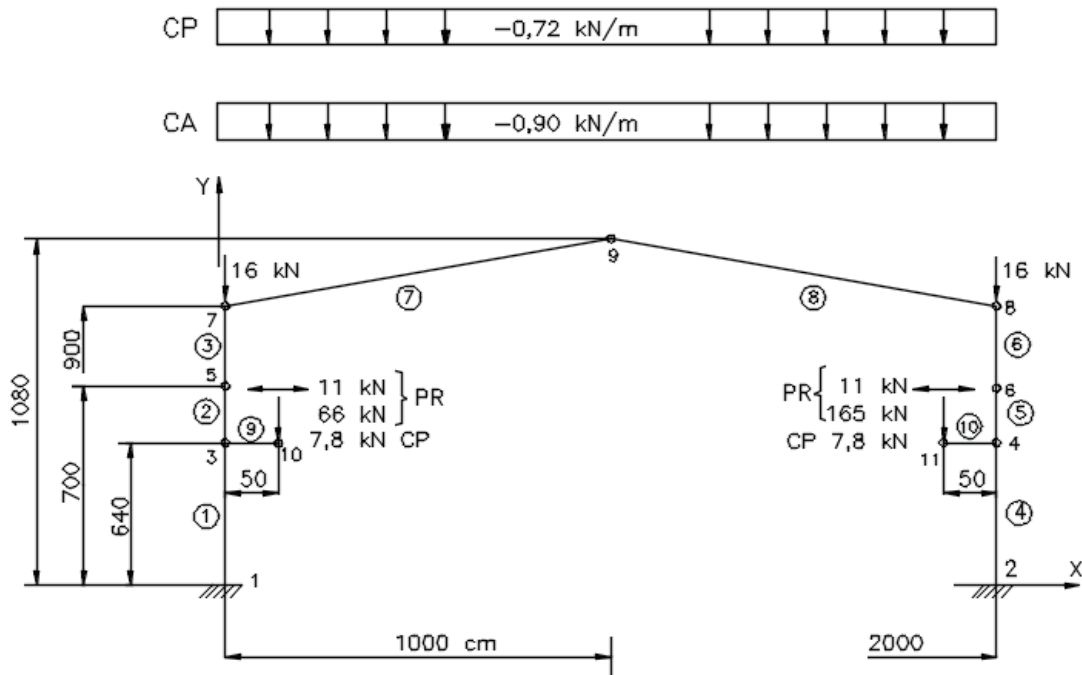
Prep.
Ildony

Data
7/2023

Folha: 38 de 51

6.8.6– Esquema estrutural para uso em computador (ALT. 2)

Obs: no exemplo 2 trata-se de um exercício didático visando demonstrar o uso de uma solução com coluna treliçada.



CP Tap. = $110 \times 6 = 660 \text{ N/m} = 0,0066 \text{ kN/cm}$.
 Peso próprio da estrutura = $0,006 \text{ kN/cm}$ (Estimado)

1 – Características das barras ($E = 20.000 \text{ kN/cm}^2$)

Barra	Área cm^2	Inércia cm^4	Perfil
1 a 4	42	4937	W 250 x 32,7 kg/m
5 e 6	42	4937	W 250 x 32,7
7 e 8	58	12258	W 360 x 44
9	5	-----	ϕ 25 mm
10 e 11	9,2	-----	2 L 50 x 50 x 6,35 mm
12 e 13	62	7410	PS 250 x 49 kg/m

2 – Condições dos apoios

Nós 1, 2 , 3 e 4 Rotulados



OS – 2023

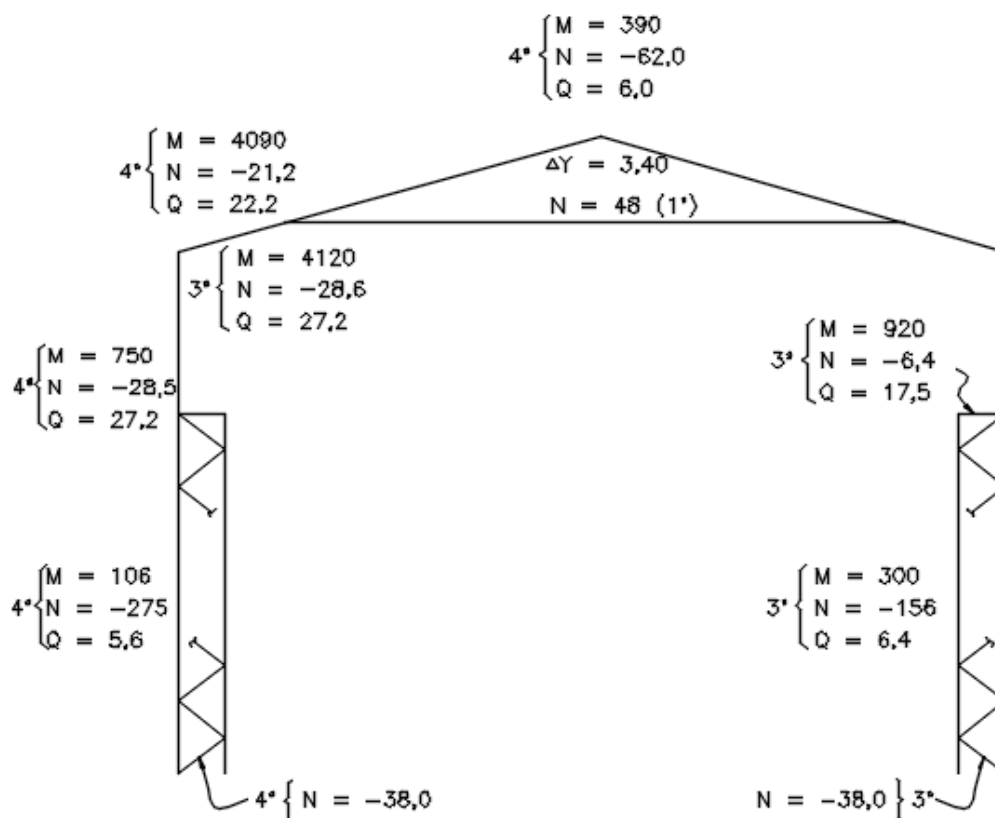
Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico – ALT.2
Preparação para programa

Folha: 39 de 51

6.8.6.1 – Resultados das cargas do programa usado em computador (ALT. 2)



Combinações

1° = CP + CA

2° = CP + CA + PRV

3° = CP + CA + PRV + PRH

4° = CP + CA + PRV - PRH

5° = CP + CV2

N e Q em kN

M em kNcm



OS - 2011

Prep.
Ildony

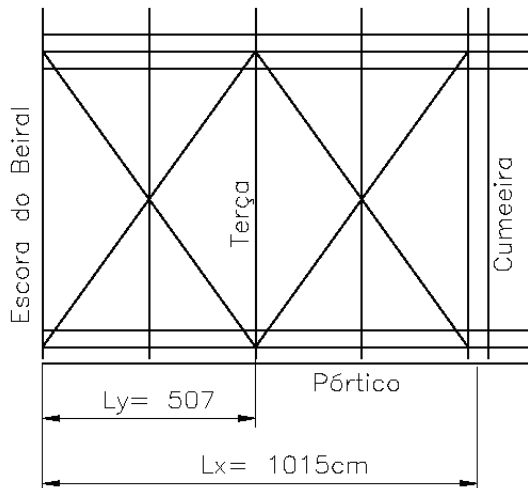
Data
7/2011

Pórtico - ALT. 2
Resultados programa

Folha: 40 de 51

6.8.6.2- Dimensionamento dos pórticos - ALT. 2

1- Viga dos Pórticos



$$L_b = L_y = 507 \text{ cm} \quad K_x = K_y = 1,0$$

$$N_s = 21,2 \text{ kN} \quad Q_s = 22,2 \text{ kN} \quad M_{sz} = 4090 \text{ kNcm}$$

Seja W 360 x 44 Kg/m

$$\begin{aligned} d &= 352 \text{ mm} & b_f &= 171 \text{ mm} & t_f &= 9,8 \text{ mm} \\ h &= 332 \text{ mm} & t_w &= 6,9 \text{ mm} & A &= 57,7 \text{ cm}^2 \\ r_T &= 4,43 \text{ cm} & W_x &= 696 \text{ cm}^3 & r_x &= 14,58 \text{ cm} \\ r_y &= 3,77 \text{ cm} & I_T &= 8,72 \text{ cm}^4 & h_0 &= 35,2 - 0,98 = 34,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_b = 507 \text{ cm}$$

$$L_p = 249 \cdot r_y / \sqrt{f_y} = 249 \times 3,77 / 5 = 188 > 507 \text{ Não}$$

$$L_r = 78792 \frac{4,43}{25} \sqrt{\frac{8,72}{696 \times 34,22}} = 267 > 507 \text{ Não}$$

$$M_R = 0,6 \cdot F_{cr} \cdot W_x \quad F_{cr} = \frac{C_b \cdot \Pi^2 E}{(L_b / r_t)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{I_T}{W_x \cdot h_0} (L_b / r_t)^2} \quad L_b / r_t = 507 / 4,43 = 114,5$$

$$F_{cr} = \frac{1 \times 3,1416^2 \times 20.000}{114,5^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{8,72}{696 \times 34,22} 114,5^2} = 17,62 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_R = 0,6 \times 17,62 \times 696 = 10244 \text{ kNcm}$$

- Fa - Fluxograma N°1

$$\lambda_x = 1015 / 14,58 = 70$$

$$\lambda_y = 507 / 3,77 = 134 \rightarrow Fa = 5,79 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{Tab A-2})$$

$$N_R = 57,7 \times 5,79 = 332 > 21,2 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$N_s / N_R = 21,2 / 332 = 0,06 < 0,20$$

Combinações de tensões – Fluxograma N°5

$$\frac{N_s}{2 \times N_R} + \frac{M_s}{M_R} = \frac{0,06}{2} + \frac{4090}{10244} = 0,43 < 1,0 \quad \text{OK}$$



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico - ALT. 2
Dimensionamento Vigas

Folha: 41 de 51

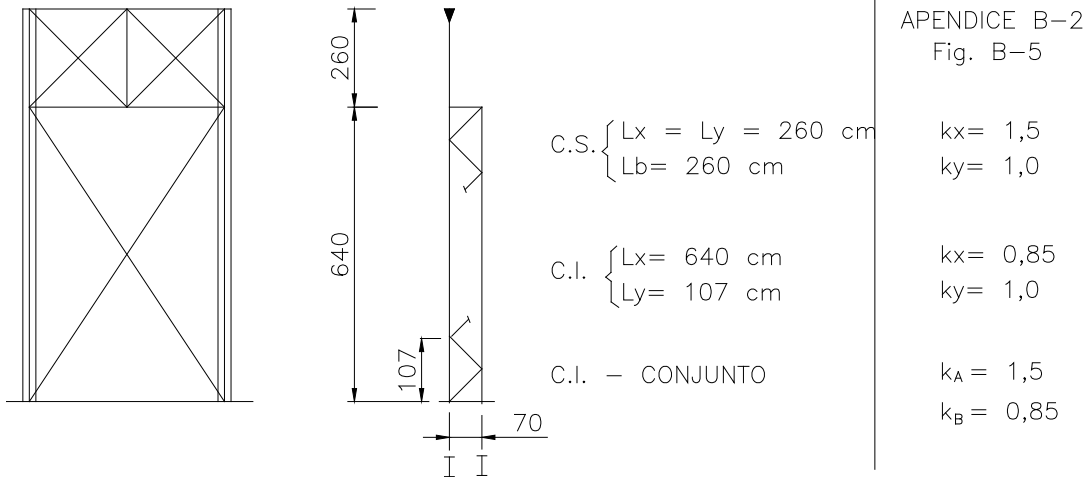
$$\Delta y = -3,40 < L/300 = 2000/300 = 6,67 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

Tirante $D = 25 \text{ mm}$

$A = 4,8 \text{ cm}^2$ SAE 1020

$N_R = 4,9 \times 14 = 69 > 48 \text{ kN} \quad \text{OK}$

1 - Colunas do Pórtico



1.1 - Parte superior

$$N_s = 28,6 \text{ kN} \quad M_{sx} = 4120 \text{ kNcm} \quad L_x = 260 \text{ cm} \quad K_x = 1,5 \quad L_y = 260 \text{ cm} \quad K_y = 1,0$$

W 250x32,7 kg/m

$$A = 42,1 \text{ cm}^2 \quad t_w = 6,1 \text{ mm} \quad h_w = 240 \text{ mm} \quad b_f = 146 \text{ mm} \quad t_f = 9,1 \text{ mm}$$

$$r_x = 10,83 \text{ cm} \quad r_y = 3,35 \text{ cm} \quad W_x = 383 \text{ cm}^3 \quad h_0 = 24 + 0,91 = 24,91 \text{ cm}$$

$$r_T = 3,86 \text{ cm} \quad I_T = 10,44 \text{ cm}^4$$

M_{Rx} - Fluxograma N°2

$$L_b = 260 \text{ cm}$$

$$\lambda_f = 146/9,1 \times 2 = 9,3 < 10,8 \quad \text{Mesa compacta}$$

$$\lambda_a = h/t_w = 240/6,1 = 39 < 106,4 \quad \text{alma compacta}$$

$$C_b = 1,0 \quad (\text{Estrut. Contrav.})$$

$$L_p = 249 \times 3,35/5 = 167 \text{ cm} > 260 \quad \text{Não}$$

$$L_r = 78792 \times \frac{3,86}{25} \sqrt{\frac{10,94}{383 \times 24,91}} = 412 \text{ cm} > 260 \quad \text{SIM}$$

$$L_b < L_p < L_r$$



OS – 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico - ALT. 2
Dimensionamento colunas

Folha: 42 de 51

$$M_R = 0,66 \times 25 \times 383 \left[1 - 0,36 \left(\frac{260 - 167}{412 - 167} \right) \right] = 5456 \text{ kNcm} > 4120$$

- Fa - Fluxograma N°1

$$\lambda_x = 260 \times 1,5 / 10,83 = 36$$

$$\lambda_y = 260 \times 1,0 / 3,35 = 77 \rightarrow Fa = 10,95 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{Tab. A-2})$$

$$N_R = 42,1 \times 10,95 = 461 > 28,50 \text{ kN}$$

Combinações de tensões- Fluxograma N° 5

$$N_s / N_R = 28,5 / 461 = 0,062 < 0,20$$

$$N_s / 2 \cdot N_{R_x} + M_{s_x} / M_{R_x} = 0,031 + 4120 / 5456 = 0,79 < 1,0 \quad \text{O.K.}$$

1.2 – Parte inferior

Para efeito construtivo e um melhor apoio para as vigas de rolamento, vamos adotar ambas as colunas com um perfil de 250mm e fazer-las iguais.

$$K_x = 0,85 \quad K_y = 1,0$$

$$L_x = 640 \times 0,85 = 544 \text{ cm} \quad L_y = 107 \text{ cm}$$

$$N_s = -272 \text{ kN} \quad Q_s = 5,6 \text{ kN} \quad M_{s_y} = 106,2 \text{ kNcm} \quad (\text{Caso mais desfavorável})$$

Seja W 250 x 32,7

$$A = 42,1 \text{ cm}^2 \quad h = 240 \text{ mm} \quad t_w = 6,10 \text{ mm} \quad b_f = 146 \text{ mm} \quad t_f = 9,1 \text{ mm}$$

$$r_T = 3,86 \text{ cm} \quad r_x = 10,83 \text{ cm} \quad r_y = 3,35 \text{ cm} \quad W_y = 64,8 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 99,7 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 4937 \text{ cm}^4 \quad I_y = 473 \text{ cm}^4 \quad h/t_w = 240/6,1 = 39 \quad I_T = 10,44 \text{ cm}^4$$

M_{RY}- Fluxograma N°3

$$b_f / 2t_f = 146 / 9,1 = 8,0 < 10,8 \quad \text{Compacta.}$$

$$M_{RY} = 0,6 \cdot f_y \cdot Z_y = 0,6 \times 25 \times 99,7 = 1495 \text{ kNcm}$$

- Fa - Fluxograma N°1

$$\lambda_x = 640 \times 0,85 / 10,83 = 50 \rightarrow Fa = 13,14 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{Tab. A-2})$$

$$\lambda_y = 107 / 3,35 = 32$$

$$N_R = 42,1 \times 13,14 = 553 > 272 \text{ kN}$$

Combinações de tensões - Fluxograma N°5

$$N_s / N_R = 272 / 553 = 0,49 > 0,20$$

$$N_s / N_R + 8 \cdot M_s / 9 \cdot M_R = 0,49 + \frac{8 \times 106,2}{9 \times 1495} = 0,55 < 1,0$$



OS – 2023

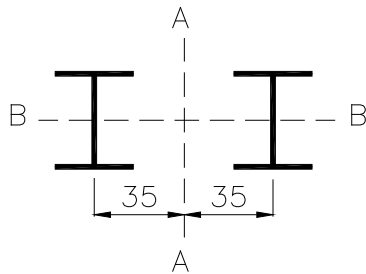
Pórtico – ALT. 2
Dimensionamento colunas

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 43 de 51

Verificação do conjunto de colunas inferiores



$$L_A = 1,5 L = 1,5 \times 640 = 960 \text{ cm}$$

$$L_B = 0,85 L = 0,85 \times 640 = 544 \text{ cm}$$

$$I_B = 2 \times 4937 = 9874 \text{ cm}^4$$

$$r_B = \sqrt{9874 / 2 \times 42,1} = 10,82 \text{ cm}$$

$$\lambda_B = 544 / 10,82 = 53,3$$

$$I_A = 2 I_y + 2 A \times 35^2$$

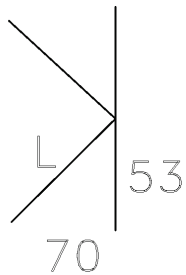
$$I_A = 2 \times 473 + 2 \times 42,1 \times 35^2 = 104091 \text{ cm}^4$$

$$r_A = \sqrt{104091 / 2 \times 42,1} = 35,16 \text{ cm}$$

$$\lambda_A = 960 / 35,16 = 27,3$$

Praticamente iguais aos usados no cálculo não havendo necessidade de mais verificação ou revisão dos mesmos.

Diagonais



$$L_z = \sqrt{70^2 + 53^2} = 88 \text{ cm} \quad N_s = -37,6 \text{ kN}$$

$$L51 \times 51 \times 6,35 \text{ mm} \quad A = 6,06 \text{ cm}^2 \quad r_z = 0,99 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = 88 / 0,99 = 88 \rightarrow F_a = 9,95 \text{ kN/cm (Tab. A-2)}$$

$$N_R = 6,06 \times 2 (\text{cantoneiras}) \times 9,95 = 121 > 37,6 \quad \text{O.K.}$$

Obs.: Embora folgado não se deve usar para travamento entre colunas que suportem vigas de rolamento cantoneiras inferior a 51x51x6,35 mm.

1.3 - Análise dos critérios limites para deformação lateral das colunas

Item 6.9 .

Norma/ Especific.	Critério	ΔT_{VR} cm	Limite Cm	$\Delta Cob.$ cm	Limite cm	Diferencial cm	Limite cm
Canadenses e Experiência	CV	1,00	1,75	1,18	3,0	1,00-0,35=0,65	1,20
	CPR	0,98	1,75	1,13	3,0	0,98-0,69=0,29	1,20
AISC/ NBR 8800	CPR	0,98	1,75	1,19	3,0	0,98-0,69=0,29	1,20
	CV	1,00	1,75	1,18	3,0	1,00-0,35=0,65	1,20
AISC-Guide 7 AISE N° 13	CV	1,00	2,91	1,18	3,75	1,00-0,41=0,59	1,30
	PRH _T	0,65	2,91	0,85	3,75	0	1,30

ΔT_{VR} = deslocamento topo da viga de rolamento.

$\Delta C_{ob.}$ = deslocamento topo da coluna

Pela análise do quadro podemos observar que em todas as situações existe uma folga com relação aos deslocamentos horizontais. Não seria prudente uma redução de material, visto as dimensões estarem bem adequadas ao tipo de obra.



OS – 2023

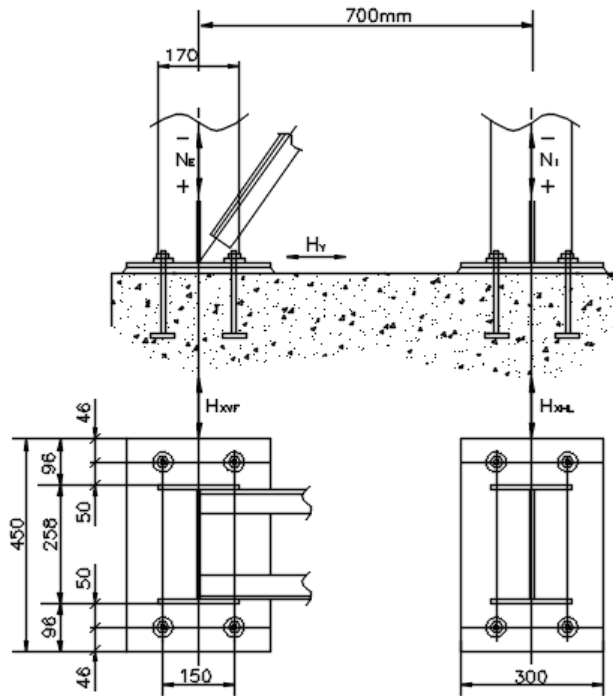
Pórtico - ALT. 2
Dimensionamento colunas

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 44 de 51

1 - Placa de base e chumbadores



CARGA NAS BASES

1ª HIP.

$$N_{SE} = 295 \text{ kN}$$

$$H_{SY} = -29 \text{ kN}$$

$$N_{SI} = -185 \text{ kN}$$

$$H_{SY} = 0$$

2ª HIP.

$$N_{SE} = -81 \text{ kN}$$

$$H_{SY} = 15 \text{ kN}$$

$$N_{SI} = 87 \text{ kN}$$

$$H_{SY} = 0$$

$$H_{XVF} = 22,7 \text{ kN}$$

$$H_{XHL} = 18,4 \text{ kN}$$

(Fl 26/51)

1 - Dimensionamento das placas de base

Por questões construtivas vamos fazê-las iguais.

$$m = (45 - 0,95 \times 25,8) / 2 = 10,2 \text{ cm (gov.)} \quad n' = \sqrt{25,8 \times 14,6} / 4 = 4,85 \text{ cm}$$

$$n = (30 - 0,80 \times 14,6) / 2 = 9,2 \text{ cm}$$

$$f_c = 295 / (45,8 \times 30) = 0,22 \text{ kN/cm}^2$$

$$t = \frac{1,83 \cdot m}{\sqrt{f_y}} \sqrt{f_c} = \frac{1,83 \times 10,2}{5} \sqrt{0,22} = 1,82 \text{ cm} \rightarrow \text{CH } 19,0 \times 300 \times 450 \text{ mm}$$

2 - Chumbadores diâmetro mínimo 25 mm TIPO CAC (Tab. 12.5)

Aço SAE 1020

$$F_t = 14,7 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_v = 7,74 \text{ kN/cm}^2$$

1ª Hip.

$$N_{SI} = -185 \text{ kN} \quad H_Y = 0$$

$$H_{SX} = 18,4 \text{ kN} \quad (\text{Contrav.})$$

$$F_t = -185 / 4 = -46,3 \text{ kN}$$

$$F_{vx} = 18,4 / 4 = 4,6 \text{ kN}$$

$$\varnothing = 25 \text{ mm} \quad A = 5,06 \text{ cm}^2$$

$$f_t = 46,3 / 5,06 = 9,1 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_v = 4,6 / 5,06 = 0,9 \text{ kN/cm}^2$$

$$f = \sqrt{9,1^2 + 3 \times 0,9^2} = 9,3 < 14,7 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$



OS - 2023

Prep.
Ildony

Data
2023

Pórtico - Alt. 2
Placa de base e chumbadores

Folha: 45 de 51

2ª Hip.

$$N_{SE} = -81 \text{ kN} \quad H_{SY} = -15 \text{ kN} \quad H_{SX} = 22,7 \text{ kN} \quad (\text{Contrav.})$$

$$F_t = -81,0/4 = -20,2 \text{ kN} \quad f_{vx} = 15/4 = 3,75 \text{ kN} \quad f_{vy} = 22,7/4 = 5,68 \text{ kN}$$

$$f_t = -20,2/5,06 = 4,0 \text{ kN/cm}^2 \quad f_v = \sqrt{3,75^2 + 5,68^2} / 5,06 = 1,34 \text{ kN/cm}^2$$

$$f = \sqrt{4,0^2 + 3 \times 1,34^2} = 4,62 < 14,7 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

2 - Ligação coluna placa de base

$$\text{Solda: Perímetro } 4 \times 14,6 + 2 \times 25,8 - 2 \times 0,61 = 109 \text{ cm}$$

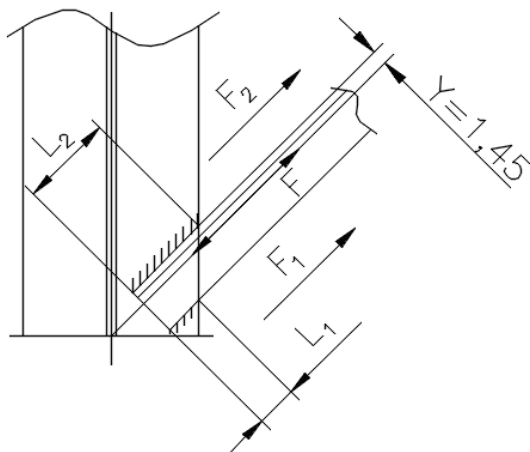
1ª Hip.

$$f_t = 184/109 = 1,69 \text{ kN/cm} \quad f_v = 18,4/109 = 0,17 \text{ kN/cm}$$

$$f = \sqrt{1,69^2 + 3 \times 0,17^2} = 1,72 \text{ kN/cm/cm}$$

$$\text{Solda mínima } 6 \text{ mm (Tab. 3.3)} \quad \mathbf{Rs = 6,3 > 1,72} \quad \text{OK}$$

6.8.6.4 – Ligação diagonal com mesa do perfil



$$F_1 = F \cdot y / L = (38,0/2) \times 1,45/5 = 5,5 \text{ kN}$$

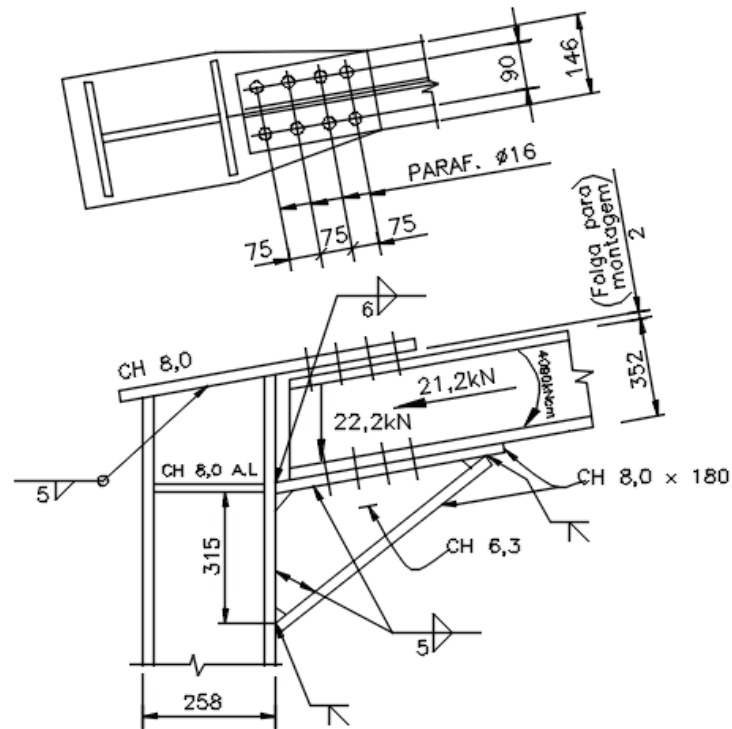
$$F_2 = 19,0 - 5,5 = 13,5 \text{ kN}$$

$$L_1 = 5,5/5,2 = 1,06 \text{ cm} \quad \text{Usar } 4 \text{ cm}$$

$$L_2 = 13,5/5,2 = 2,59 \text{ cm} \quad \text{Usar } 6 \text{ cm}$$

$$\text{Solda mínima } 5 \text{ mm} = 5,2 \text{ kN/cm (Tab. 3.5)}$$

6.8.6.5 -Ligação viga – coluna



1 - Força nas mesas

$$F = \frac{4090}{35,2} + \frac{21,2}{2} = 126,8 \text{ kN}$$

Parafuso $\varnothing 16$ A325F = **24,0 kN** por Parafuso (Tab. 4.1)

$N = 126,8/24 = 5,28 \rightarrow$ Usar 8 parafusos (como medida de segurança)

2 - Verificação das chapas e mesa

$$A = 0,91 (14,6 - 2(1,6 + 0,35)) = 9,74 \text{ cm}$$

$$N_R = 9,74 \times 15 = \mathbf{146 \text{ kN/cm} > 126,8 \text{ O.K.}}$$

3 – Verificação das soldas das ligações

Ch. inferior c/ mesa da Coluna
 $f_t = 126,8/2 \times 14,6 = 4,34 \text{ kN/cm}$
 Solda 5 mm = 5,3 kN/cm > 4,34 O.K.

Ch. superior da Coluna
 $f_v = 126,8/(2 \times 25,8 + 4 \times 14,6) = 1,15 \text{ kN/cm}$
 Solda 2 mm = 2,14 Usar solda mínima de 5 mm



OS – 2023

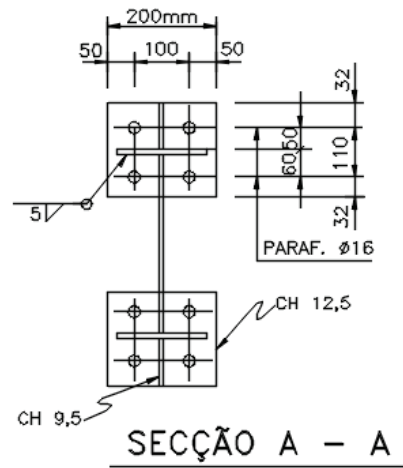
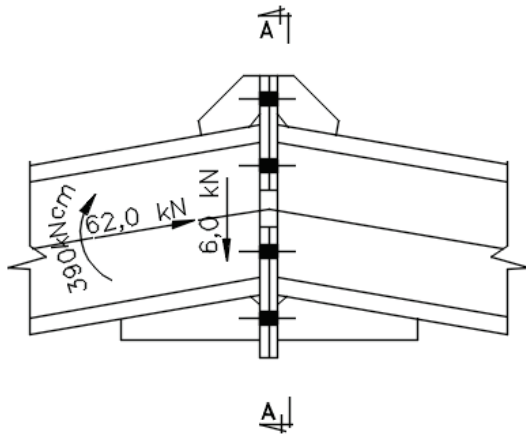
Pórtico - ALT. 2
Ligação viga-coluna

Prep.
 Ildony

Data
 2023

Folha: 47 de 51

• 6.8.6.6 Ligação viga-viga no centro



1 - Quantidade de parafusos

$$F_t = 390/35,2 = 11,1 \text{ kN}$$

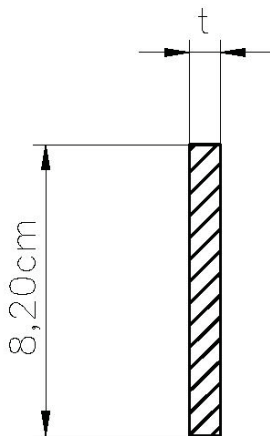
$$n = 11,08/62 = 0,18$$

Ø16 (5/8") A325-F a tração -> $F_t = 62 \text{ kN}$ (Tab 4.1)

Por questões construtivas usaremos 4 Ø16 mm

As tensões devido a força cortante (6,0 kN) foi desprezada pelo seu baixo valor

2 – Cálculo das chapas de ligação - (Aproximado)



$$M = P L = 11,1 \times 5\text{cm}/4 \text{ Par.} = 13,9 \text{ kNcm}$$

$$W = bt^2 / 6 = 8,2 \times t^2 / 6 = 1,36.t^2$$

$$F_{bw} = M / W = 13,9/1,36.t^2 = 0,9.f_y = 22,75 \text{ kN/cm}^2$$

$$t^2 = 0,46 \rightarrow t = 0,68 \text{ cm} \quad \text{Usar } 12,5 \text{ mm (mínima).}$$

3 – Cálculo das soldas das ligações

$$F_y = 11,1/(2 \times 14,6) = 0,38 \text{ kN/cm}$$

Solda mínima 5 mm = 5,2 kN/cm > 0,38 kN/cm



OS – 2023

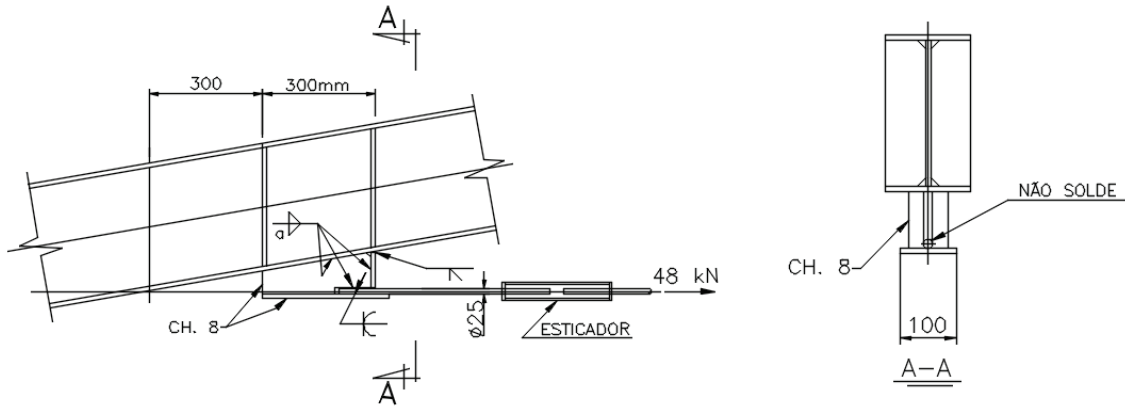
Pórtico – ALT. 2
Ligação viga-viga

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 48 de 51

Ligação tirante com viga do pórtico



$$\text{Solda } a = 48/2 \times 30 = 0,8 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Solda mínima } 5 \text{ mm} = 5,2 \text{ kN/cm} > 0,8 \text{ O.K.}$$

6.8.6.7- Ligação col. superior / col. inferior

1 - Solda a

$$W = bd + d^2/3 \text{ por cm (Tab. 3.7)}$$

$$M_{SX} = 750 \text{ kNcm}$$

$$W = 14,6 \times 24 + 24^2/3 = 542,4 \text{ cm}^3$$

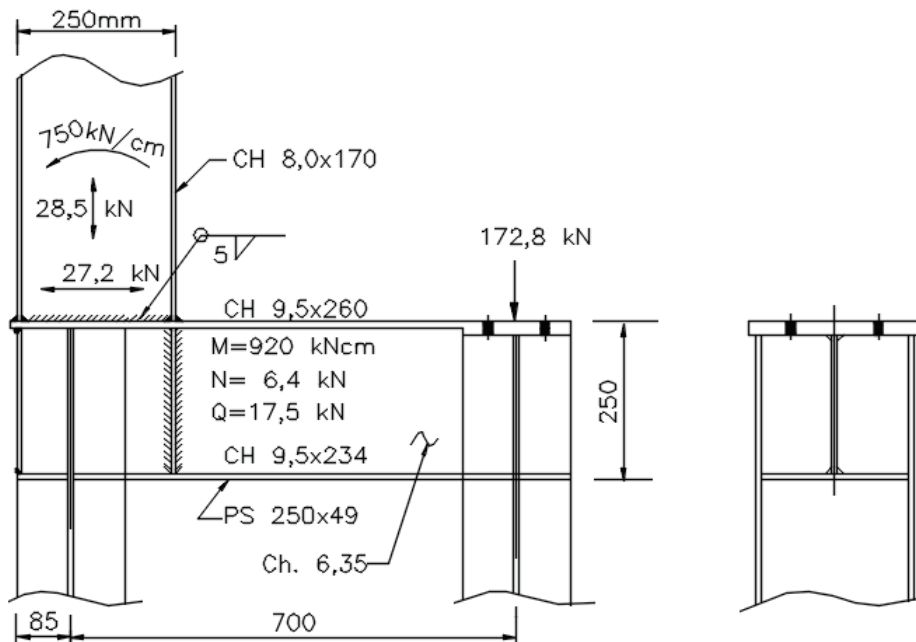
$$A = 2 \times 24 + 4 \times 14,6 = 106,4 \text{ cm}^2$$

$$f_b = 750/542,4 = 1,38 \text{ kN/cm}$$

$$f_v = 27,2/106,4 = 0,26 \text{ kN/cm}$$

$$f = \sqrt{1,38^2 + 3 \times 0,26^2} = 1,45 \text{ kN/cm} < 5,2 \text{ OK}$$

$$\text{Solda mínima } 5 \text{ mm} \rightarrow N_{RS} = 5,2 \text{ kN/cm (Tab. 3.3)}$$



OS - 2023

Pórtico - ALT. 2
Ligação viga-viga e tirante-viga

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 49 de 51

2- Viga entre colunas

$$M = 920 \text{ kNcm} \quad N = - 6,4 \text{ kN} \quad Q = 17,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{PS } 250 \times 49 \text{ kg/m} \quad d=250 \text{ mm} \quad t_w=6,35 \text{ mm} \quad h=231 \text{ mm} \quad t_f=9,5 \text{ mm} \\ b_f(\text{m\u00e9dio}) = (260 + 240)/2 = 250 \text{ mm} \\ L_b = 70 \text{ cm} \quad A = 61,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 4,4 \text{ cm} \\ I_x = 7410 \text{ cm}^4 \quad W_x = 593 \text{ cm}^3 \quad r_x = 10,97 \text{ cm} \end{aligned}$$

Devido ao baixo valor de N, vamos desprez\u00e1-lo

$$N_R = 593 \times 15 = 8895 > 920 \text{ kNcm OK}$$

- M_R - Fluxograma N\u00b02

$$L_b = 70 \text{ cm}$$

$$\lambda_f = b_f / 2t_f = 25,0 / 0,95 \times 2 = 13 < 10,8 \quad \text{N\u00e3o compacto} - \text{Perfil soldado}$$

$$\lambda_a = h_w / t_w = 23,1 / 0,635 = 36 < 106 \quad \text{OK}$$

$$L_p = 249 \times 4,4 / \sqrt{25} = 219 > 70 \quad L_b < L_p \quad k_c = 4 / \sqrt{h / t_w} = 4 / \sqrt{36} = 0,67$$

$$\lambda_{rf} = 160 \sqrt{k_c / f_y} = 160 \sqrt{0,67 / 25} = 26,2 > 13$$

$$M_R = 0,66 \times 25 \times 593 \left[1,0 - 0,36 \left(\frac{13 - 10,8}{26,2 - 10,8} \right) \right] = 9281 > 920 \text{ kNcm OK}$$

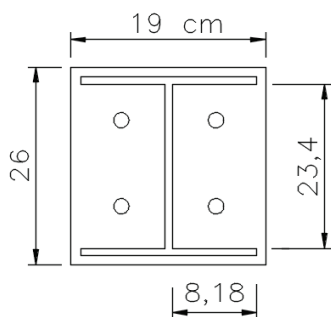
Fv - Fluxograma N\u00b04

$$h / t_w = 36 < 106 \quad \text{O.K.}$$

$$F_v = 0,4 \times f_y = 10 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{RV} = 23,1 \times 0,635 \times 10 = 147 > 27,2 \text{ kN} \quad \text{O.K.}$$

3 - Placa de apoio da viga de rolamento



$$\text{Tab. 12.3} \quad \alpha = a/h = 8,18/23,4 = 0,350$$

$$n' = a \sqrt{1 / (1 + 3,2\alpha^3)} = 8,18 \times 0,935 = 7,65$$

$$f_c = 178 / 25 \times 17 = 0,42 \text{ kN/cm}^2$$

$$t = 1,83 \cdot n' \sqrt{f_c / f_y} = 1,83 \times 7,65 \sqrt{0,42 / 25} = 1,81 \text{ cm}$$

Usar chapa de 19 mm

OBS.: O dimensionamento da viga est\u00e1 folgado, mas por quest\u00e3o construtiva e tamb\u00e9m afim de dar rigidez ao conjunto, as suas dimens\u00f5es n\u00e3o devem ser inferiores as adotadas. A espessura da mesa, n\u00e3o deve ser inferior as das vigas de rolamento.



OS - 2023

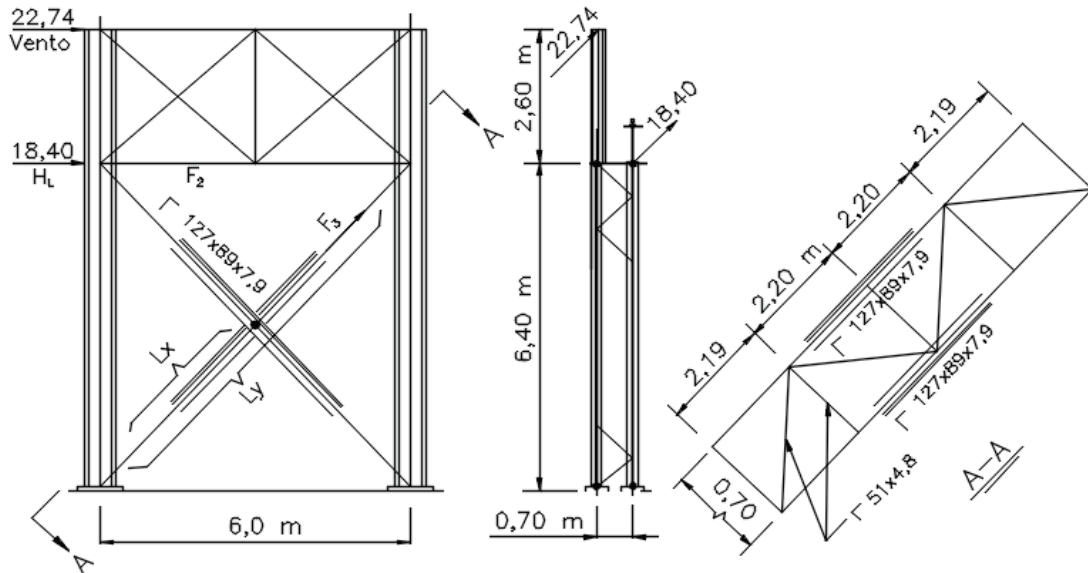
P\u00f3rtico - ALT. 2
Liga\u00e7\u00e3o col.sup./ col. inf.

Prep.
Ildony

Data
2023

Folha: 50 de 51

6.8.6.7- Contraventamentos verticais



Parte superior

L 51x4,8 (Mc. 26/51) $\rightarrow F_2 = 22,4 \text{ kN}$

Barra intermediária

1 – Lado da coluna externa

$L_y = 600 \text{ cm}$ $L_x = 300 \text{ cm}$ $\lambda_c \leq 200$ $r_{ymin} = 600/200 = 3 \text{ cm}$

$r_{xmin} = 300/200 = 1,5 \text{ cm}$

L 76 x 6,4 mm $r_x = 2,36 > 1,5$ $r_y = 3,5 > 3,0$ OK

$A = 18,6 \text{ cm}^2$ $\lambda_y = 600/3,5 = 171 \rightarrow F_a = 3,55 \times 1,25 = 4,43 \text{ kN/cm}^2$ (Tab. A-2)

$N_R = 18,4 \times 4,43 = \mathbf{82,4} > \mathbf{22,74 \text{ kN}}$ OK

1.1 - Parte inferior

Coluna externa

$F_3 = 22,40 / \cos \alpha_1$ $\cos \alpha_1 = 6 / \sqrt{6^2 + 6,4^2} = 0,684$ $F_3 = 33,24 \text{ kN}$

Coluna interna

$F_3 = 18,40 / \cos \alpha_1$ $\cos \alpha_1 = 6 / \sqrt{6^2 + 6,4^2} = 0,684$ $F_3 = 26,90 \text{ kN}$

$L_y = 877 \text{ cm}$ $L_z = 219 \text{ cm}$ $\lambda_c \leq 250$ $r_x = 3,51 \text{ cm}$ $r_y = 1,76 \text{ cm}$ $r_z = 0,88 \text{ cm}$

Tomando o valor maior para ambos, temos: L 127x89x7,9

$r_x = 4,09 \text{ cm} > 3,51 \text{ cm}$ $r_y = 2,62 \text{ cm} > 1,76 \text{ cm}$ $r_z = 1,93 \text{ cm} > 0,88 \text{ cm}$

$A = 16,5 \text{ cm}^2$

Ligação parafusada 2 $\varnothing 16 \text{ mm}$

$N_{RT} = 0,6 \times 25 \times 1,25 \times 0,85 = \mathbf{263} > \mathbf{33,24 \text{ kN}}$ OK

Travamento $\rightarrow L_z = 70 \text{ cm}$ L 51x4,8 $r_z = 1,02 \text{ cm}$ $\lambda = 70/1,02 = 68,6 < 250$ OK



OS – 2023

Pórtico – ALT. 2
Contrav. Verticais

Prep.
Ildony

Data
2023

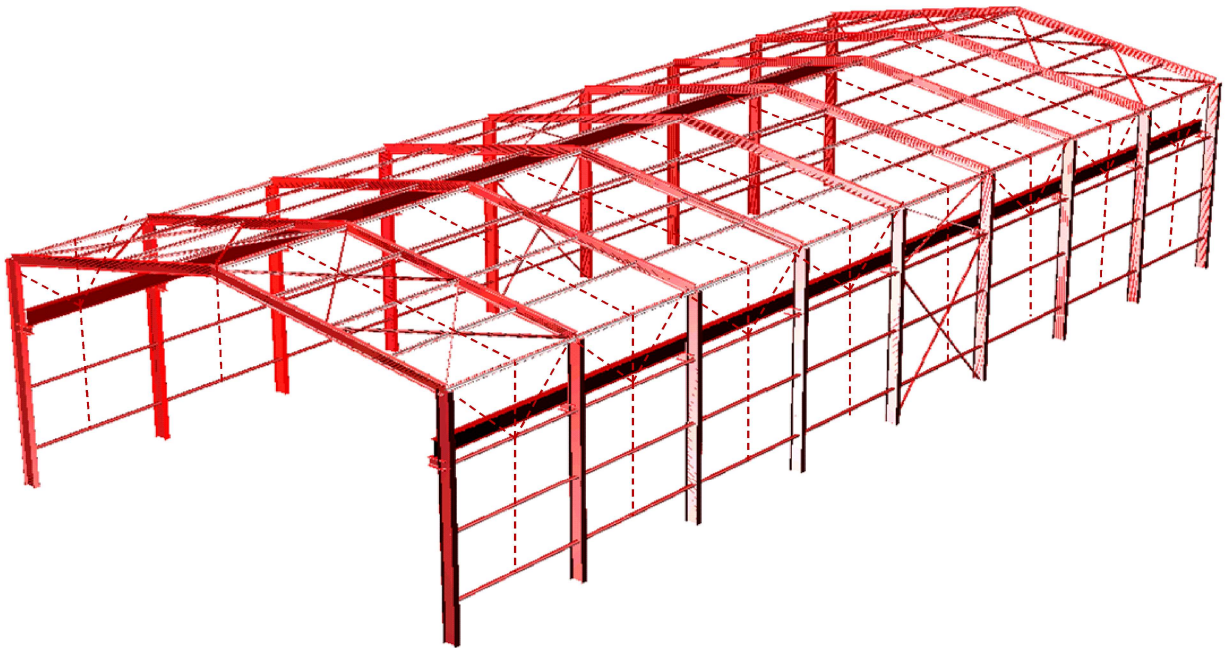
Folha: 51 de 51

Anexo do livro Edifícios Industriais em Aço

PROJETO DE UM EDIFÍCIO INDUSTRIAL

DE ACORDO COM A NBR 8800

Uma alternativa para o projeto do edifício industrial em pórticos rígidos com ponte rolante para oficina e depósito apresentado no Apêndice D, de acordo com a NBR 8800 e empregando perfis laminados.

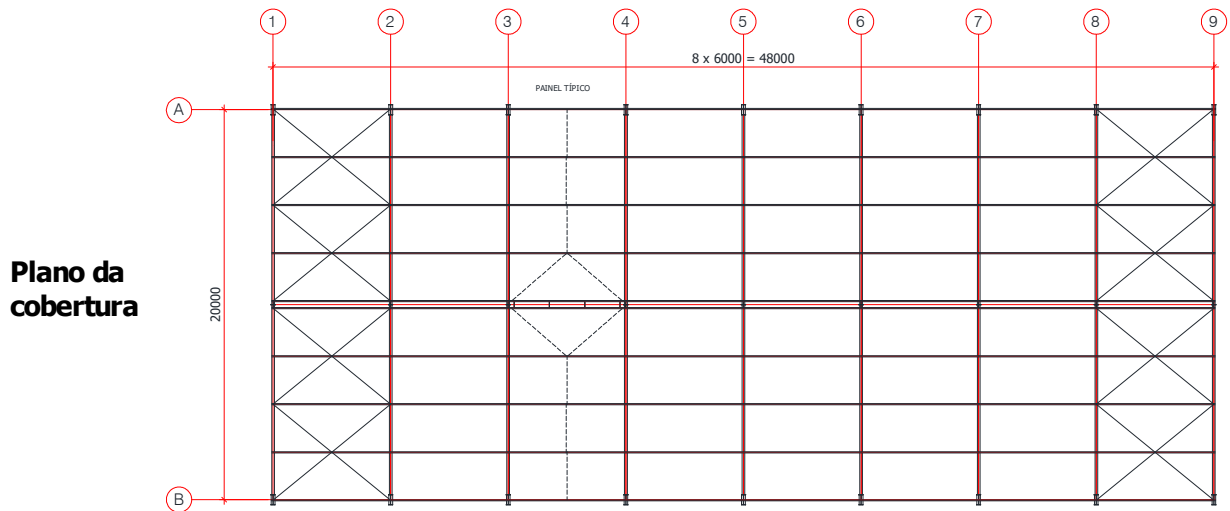
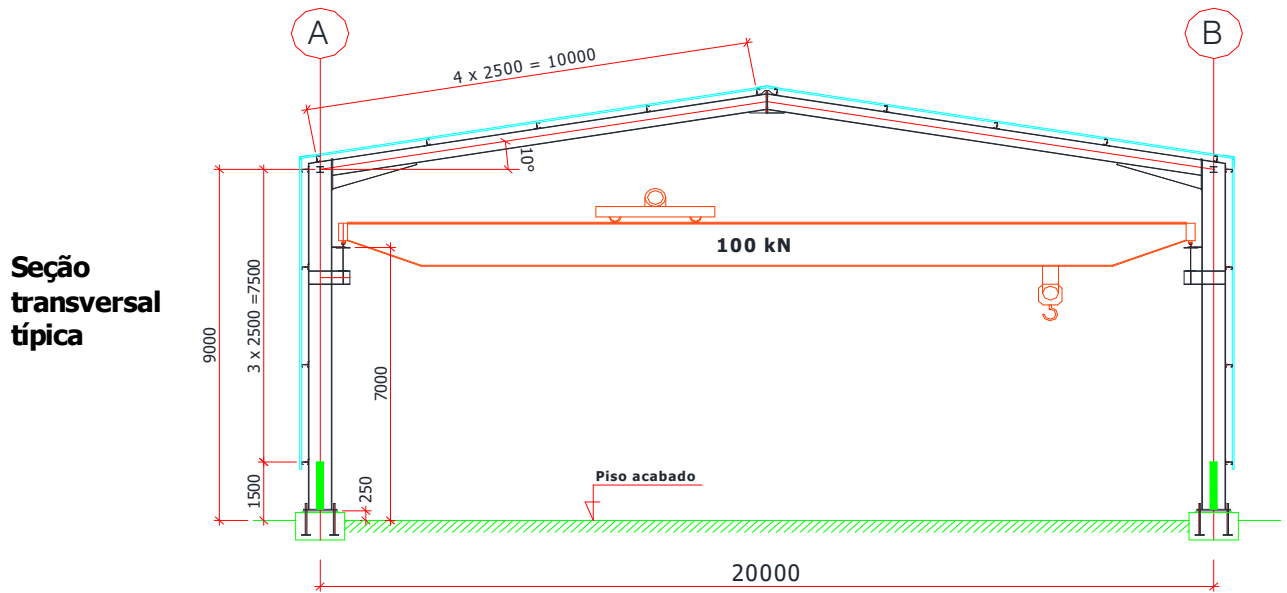


ÍNDICE:

Seção / Página

- 1 Dados do galpão
- 2 Cargas adotadas
- 3 Dimensionamento das telhas da cobertura
- 4 Dimensionamento das terças
- 5 Dimensionamento das vigas de tapamento
- 6 Dimensionamento das vigas de rolamento
- 7 Dimensionamento dos pórticos principais

1- DADOS DO GALPÃO



1.1- Principais dimensões do galpão

Vão entre eixos de pilares do pórtico	$L := 20 \cdot m$	
Comprimento do galpão	$C := 48 \cdot m$	
Altura a nível do beiral	$B := 8.75 \cdot m$	
Inclinação do telhado	$\theta := 10 \cdot deg$	
Altura da cumieira	$D := \frac{L}{2} \cdot \sin(\theta)$	$D = 1.74 m$
Altura total do galpão	$H := B + D$	$H = 10.49 m$
Altura do topo do trilho	$h := 7 \cdot m$	
Espaçamento entre pórticos	$E := 6 \cdot m$	
Distância máxima entre terças	$L_{telha} := 2.5 \cdot m$	

Comentários

Espaço reservado para indicações como:
- normas,
- referências
- escolhas feitas no projeto para favorecer a construtibilidade facilitando aspectos da fabricação, transporte e montagem do galpão.

1.2- Principais normas e especificações adotadas

Normas ABNT

- NBR 5884:2013 - Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico - Requisitos gerais
NBR 6120:2019 - Ações para cálculo de estruturas de edificações
NBR 6123:2023 - Forças devidas ao vento em edificações
NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
NBR 8800:2024 - Projeto de estrut. de aço e estrut. mistas de aço e concreto de edifícios
NBR 14762:2010 - Dimensionamento de estruturas de aço com perfis formados à frio
NBR 15980:2024 - Perfis laminados de aço para uso estrutural - Dimensões e tolerâncias

Especificações Estrangeiras

- ANSI/AISC 360-22 - Specification for Structural Steel Buildings
AWS D1.1/D1.1M - Bridge welding code

Comentários

Referenciadas na memória, como:

- NBR 5884
NBR 6120
NBR 6123
NBR 8681
NBR 8800
NBR 14762
NBR 15980

AISC

AWS

1.3- Características dos materiais empregados no galpão

Resistência ao escoamento do aço - ASTM A36	$f_y := 250 \cdot \text{MPa}$
Resistência à ruptura do aço - ASTM A36	$f_u := 400 \cdot \text{MPa}$
Módulo de elasticidade do aço	$E_a := 200000 \cdot \text{MPa}$
Módulo de elasticidade transversal do aço	$G_t := 7700 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$
Peso específico do aço	$\gamma := 77 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Resistência à compressão do concreto das bases	$f_{ck} := 25 \cdot \text{MPa}$
Peso específico do concreto armado	$\gamma_c := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

1.4- Dados da ponte rolante

Capacidade da ponte rolante	$\text{Cap} := 100 \cdot \text{kN}$
Vida útil de projeto para a fadiga	$\text{VUP} := 50 \cdot \text{ano}$
Número de operações diárias da ponte rolante	$\text{NOD} := \frac{30}{\text{dia}}$
Número de ciclos total para a fadiga	$N_c := 365 \cdot \frac{\text{dia}}{\text{ano}} \text{VUP} \cdot \text{NOD}$

$$N_c = 5.5 \times 10^5$$

2- CARGAS ADOTADAS

Comentários

2.1- Cargas permanentes - CP

Peso das telhas trapezoidais (estimado)	$CP_{telha} := 4.9 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$	$CP_{telha} = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Terças + tirantes (estimado)	$CP_{terça} := 5.0 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$	$CP_{terça} = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Instalações (estimado)	$CP_{inst} := 0 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$	$CP_{inst} = 0.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Peso perfil Viga de rolamento (estimado) ...	$CP_{vrol} := 90 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$CP_{vrol} = 0.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Trilhos e acessórios (TR-37)	$CP_{trilhos} := 40 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$CP_{trilhos} = 0.39 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Tipo MPB-40,
MF-40, BT-40

2.2- Cargas variáveis - CA

$$\tan(\theta) \cdot 100 = 17.6 \quad \%$$

$$\alpha := \text{if}[\tan(\theta) \leq 2 \cdot \%, 1.0, \text{if}[\tan(\theta) < 3 \cdot \%, 2.0 - 0.5 \cdot (\tan(\theta) \cdot 100), 0.5]]$$

$$\alpha = 0.5 \quad CA_{cob} := \left(0.50 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \cdot \alpha$$

NBR 6120
item 6.4

Sobrecarga na cobertura

$$CA_{cob} = 0.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Sobrecarga concentrada nas terças

$$CA_{conc} := 1.0 \cdot \text{kN}$$

NBR 6120
item 6.4

2.3- Cargas da ponte rolante - PR

Capacidade (carga içada)

$$Cap = 100 \text{ kN}$$

Número de ciclos total para a fadiga

$$N_c = 547500$$

Carga máxima por roda

$$R_{max} := 92.0 \cdot \text{kN}$$

Carga mínima por roda

$$R_{min} := 0.4 \cdot R_{max}$$

$$R_{min} = 36.8 \text{ kN}$$

Impacto vertical (NBR 8800- B4.4)

$$I := 25\%$$

NBR 6120
item C.1

Distância entre rodas

$$F := 3.4 \cdot \text{m}$$

Número de rodas

$$N_{rod} := 2$$

Força transversal

$$HT := 15\% \cdot \frac{Cap}{N_{rod}}$$

$$HT = 7.5 \text{ kN}$$

NBR 6120
item C.2

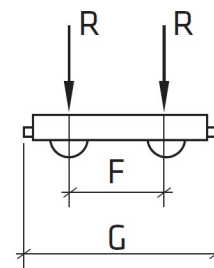


Tabela C-36

2.4- Forças devidas ao vento - CV

Velocidade básica do vento adotada $V_0 := 35 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ $V_0 = 126 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$

Fator Topográfico (Terreno plano) $S_1 := 1.0$

Fator de Rugosidade (Categoria IV, Classe B - item 5.3.3 - Tabela 1)

$bo := 0.85$ $Fr := 0.98$ $p := 0.125$

Fator de Rugosidade p/ altura $z_0 := \frac{B}{2}$ $S_{2_0} := bo \cdot Fr \cdot \left(\frac{z_0}{10 \cdot \text{m}} \right)^p$ $S_{2_0} = 0.75$

Fator de Rugosidade p/ altura $z_1 := B$ $S_{2_1} := bo \cdot Fr \cdot \left(\frac{z_1}{10 \cdot \text{m}} \right)^p$ $S_{2_1} = 0.82$

Fator de Rugosidade p/ altura $z_2 := H$ $S_{2_2} := bo \cdot Fr \cdot \left(\frac{z_2}{10 \cdot \text{m}} \right)^p$ $S_{2_2} = 0.84$

Fator Estatístico para uma vida útil de VUP = 50ano

Probabilidade de V_0 ser excedida durante a vida útil Prob := 75 . %

$$S_3 := 0.54 \cdot \left(\frac{\ln(1 - \text{Prob}) \cdot \text{ano}}{\text{VUP}} \right)^{-0.157}$$

$$S_3 = 0.95$$

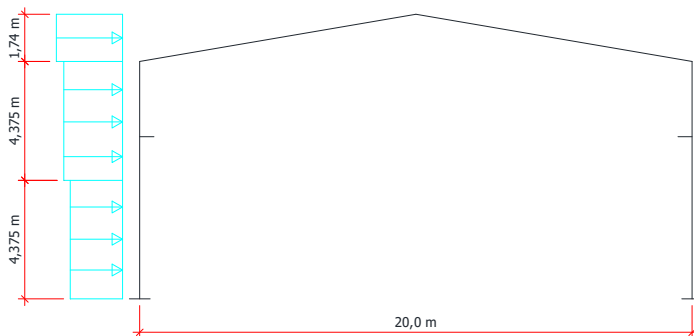
Velocidade característica do vento $V_k := V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$ $V_k = \begin{pmatrix} 24.9 \\ 27.2 \\ 27.8 \end{pmatrix} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

Pressão dinâmica do vento $CV := 0.613 \cdot V_k^2 \text{ newton} \cdot \frac{\text{sec}^2}{\text{m}^4}$ $CV = \begin{pmatrix} 0.38 \\ 0.45 \\ 0.47 \end{pmatrix} \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Pressão dinâmica do vento entre $B = 8.75 \text{ m} @ H = 10.49 \text{ m}$ $CV_2 = 0.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Pressão dinâmica do vento entre $\frac{B}{2} = 4.38 \text{ m} @ B = 8.75 \text{ m}$ $CV_1 = 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Pressão dinâmica do vento entre $0. \text{ m} @ \frac{B}{2} = 4.38 \text{ m}$ $CV_0 = 0.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$



Comentários

NBR 6123
item 5.1

NBR 6123
item 5.2

NBR 6123
item 5.3

NBR 6123
item 5.4
tabela 4

NBR 6123
Anexo B
tabela B.1

NBR 6123
item 4.2

NBR 6123
item 4.2

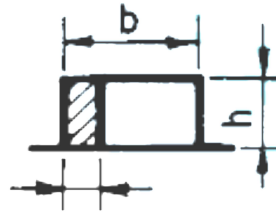
Dimensões básicas da edificação

Comprimento do galpãoa -> C = 48 m
 Largura do galpãob -> L = 20 m
 Altura a nível do beiral h -> B = 8.75 m

Coefficiente de pressão e de forma, externos para as fachadas laterais do galpão - Ce

$h/b \rightarrow \frac{B}{L} = 0.44 < 1/2$

$a/b \rightarrow 2 < \frac{C}{L} = 2.4 < 4$



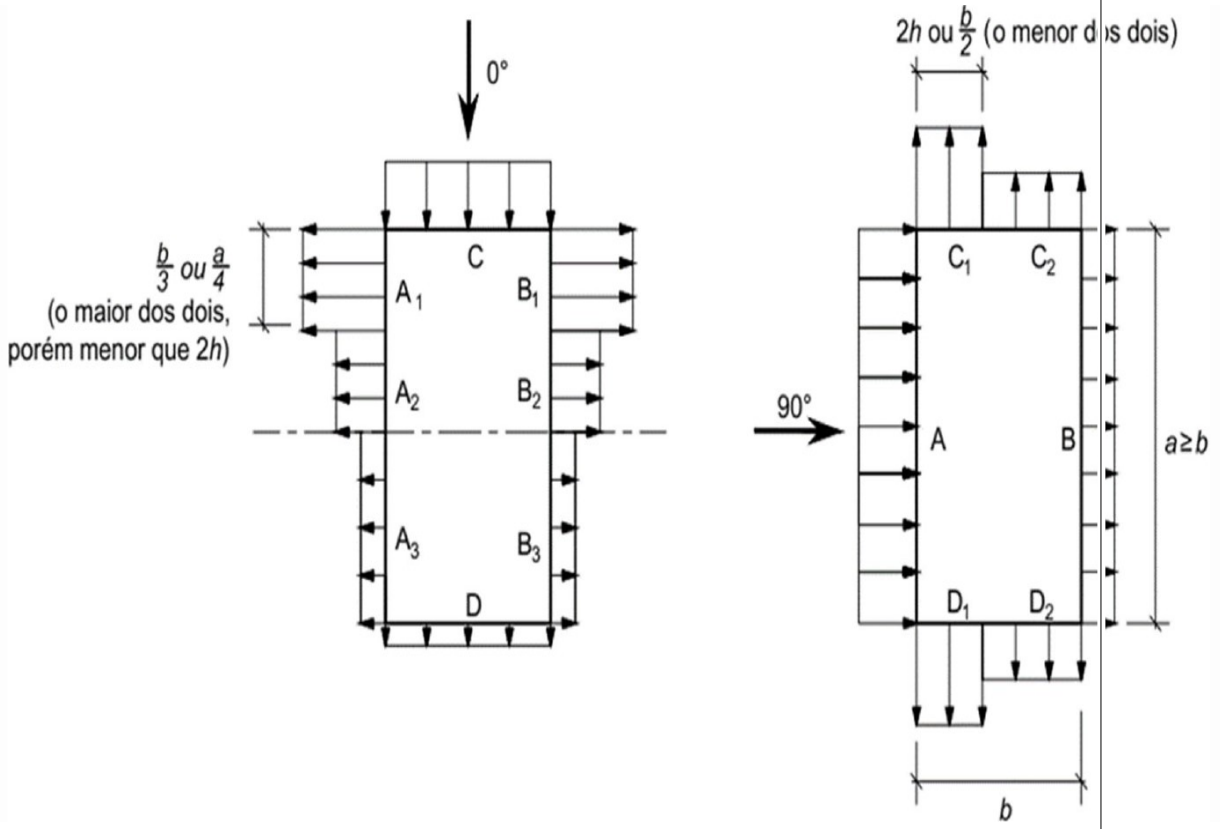
Comentários

NBR 6123
Tabela 6

Para $\alpha = 0$	A1 e B1	A2 e B2	C	D
	$C_{e0A1B1} := -0.8$	$C_{e0A2B2} := -0.4$	$C_{e0C} := 0.7$	$C_{e0D} := -0.3$

Para $\alpha = 90$	A	B	C1 e D1	C2 e D2
	$C_{e90A} := 0.7$	$C_{e90B} := -0.5$	$C_{e90C1D1} := -0.9$	$C_{e90C2D2} := -0.5$

$C_{p\text{medio}} := -1.0$

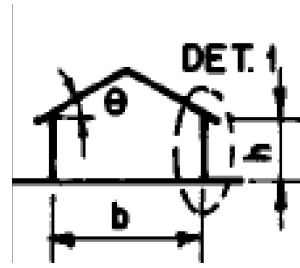


Coeficiente de pressão e de forma, externos para o telhado do galpão - C_e

Comentários

$h/b \rightarrow \frac{B}{L} = 0.44 < 1/2$

Inclinação do telhado $\theta = 10 \text{ deg}$



NBR 6123
Tabela 7

Para $\alpha = 90$

EF

GH

$C_{e90EF} := -1.2$

$C_{e90GH} := -0.4$

Para $\alpha = 0$

EG

FH

$C_{e0EG} := -0.8$

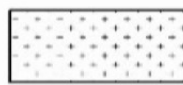
$C_{e0FH} := -0.6$



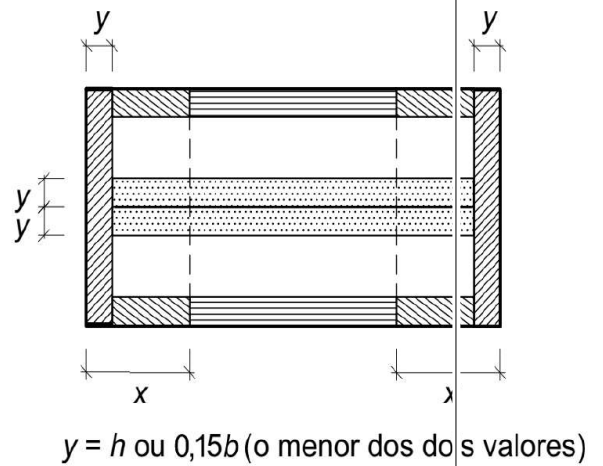
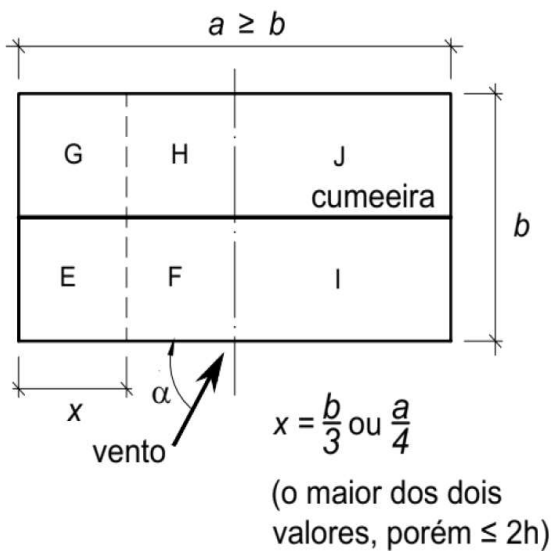
$C_{pe1} := -1.4$



$C_{pe2} := -1.4$



$C_{pe4} := -1.2$



Carga máxima devida aos ventos nas telhas

Comentários

Pressão dinâmica no telhado $CV_2 = 0.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$C_{\text{telha}} := \min(C_{e90EF}, C_{e90GH}, C_{e0EG}, C_{e0FH}, C_{pe1}, C_{pe2}, C_{pe4})$ $C_{\text{telha}} = -1.4$

$CV_{\text{telha}} := CV_2 \cdot C_{\text{telha}}$

$CV_{\text{telha}} = -0.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Carga máxima devida aos ventos nas terças

$C_{\text{terça}} := \min(C_{e90EF}, C_{e90GH}, C_{e0EG}, C_{e0FH})$ $C_{\text{terça}} = -1.2$

$CV_{\text{terça}} := CV_2 \cdot C_{\text{terça}}$

$CV_{\text{terça}} = -0.57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Carga máxima devida aos ventos nas vigas de tapamento

$C_{\text{tapmin}} := \min(C_{e0A1B1}, C_{e0A2B2}, C_{e0C}, C_{e0D}, C_{e90A}, C_{e90B}, C_{e90C1D1}, C_{e90C2D2}, C_{\text{pern}} \text{ medio})$

$C_{\text{tapmin}} = -1.0$

$C_{\text{tapmax}} := \max(C_{e0A1B1}, C_{e0A2B2}, C_{e0C}, C_{e0D}, C_{e90A}, C_{e90B}, C_{e90C1D1}, C_{e90C2D2}, C_{\text{pern}} \text{ medio})$

$C_{\text{tapmax}} = 0.7$

$CV_{\text{tap}} := CV_2 \cdot \max(|C_{\text{tapmin}}|, |C_{\text{tapmax}}|)$

$CV_{\text{tap}} = 0.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Cargas máximas devidas aos ventos nos pórticos

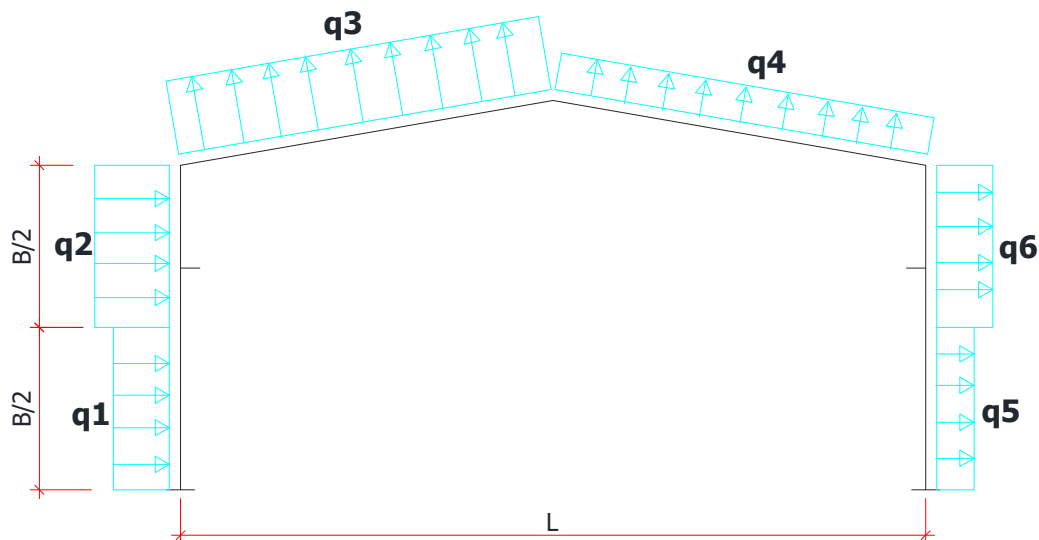
Comentários

Espaçamento entre pórticos	$E = 6 \text{ m}$
Vento na cobertura	$CV_2 = 0.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Vento no tapamento superior	$CV_1 = 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Vento no tapamento inferior	$CV_0 = 0.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Combinação A

$$C_{pi1} := 0.3$$

$q_{1A} := CV_0 \cdot (C_{e90A} + C_{pi1}) \cdot E$	$q_{1A} = 2.29 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$q_{2A} := CV_1 \cdot (C_{e90A} + C_{pi1}) \cdot E$	$q_{2A} = 2.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$q_{3A} := CV_2 \cdot (C_{e90EF} + C_{pi1}) \cdot E$	$q_{3A} = -2.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$q_{4A} := CV_2 \cdot (C_{e90GH} + C_{pi1}) \cdot E$	$q_{4A} = -0.28 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$q_{5A} := CV_0 \cdot (C_{e90B} + C_{pi1}) \cdot E$	$q_{5A} = -0.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$q_{6A} := CV_1 \cdot (C_{e90B} + C_{pi1}) \cdot E$	$q_{6A} = -0.54 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$



Combinação B

$$C_{pi2} := 0.0$$

$$q_{1B} := CV_0 \cdot (C_{e90A} + C_{pi2}) \cdot E$$

$$q_{1B} = 1.60 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{2B} := CV_1 \cdot (C_{e90A} + C_{pi2}) \cdot E$$

$$q_{2B} = 1.90 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{3B} := CV_2 \cdot (C_{e90EF} + C_{pi2}) \cdot E$$

$$q_{3B} = -3.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{4B} := CV_2 \cdot (C_{e90GH} + C_{pi2}) \cdot E$$

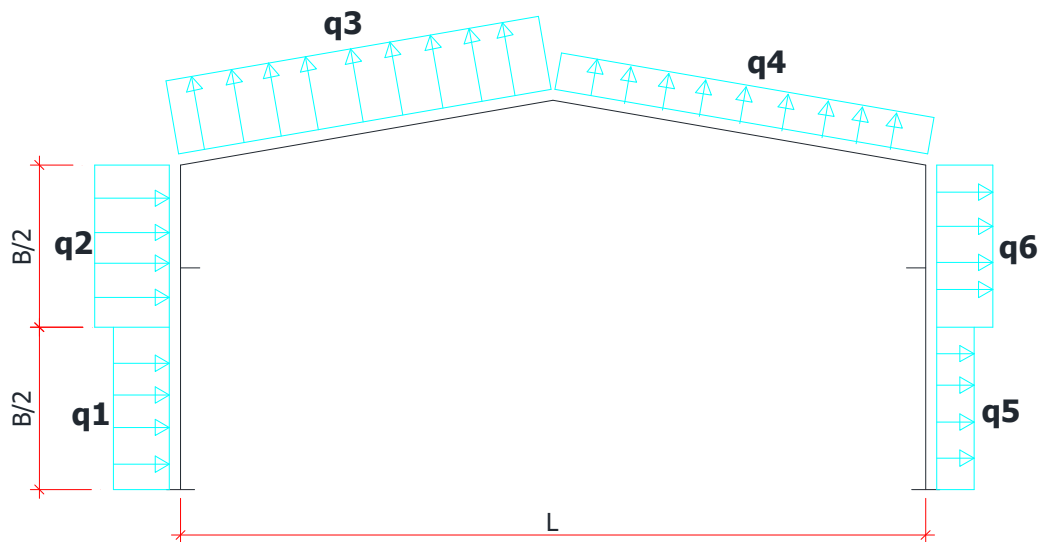
$$q_{4B} = -1.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{5B} := CV_0 \cdot (C_{e90B} + C_{pi2}) \cdot E$$

$$q_{5B} = -1.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{6B} := CV_1 \cdot (C_{e90B} + C_{pi2}) \cdot E$$

$$q_{6B} = -1.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



2.5- Forças nocionais - FN

A denominada "Força nocional" que representa as imperfeições geométricas do galpão e é igual a 0,3% das cargas gravitacionais de cálculo.

Comentários

2.6- Combinações para os estados limites últimos

Resistência I - Telhas	1,25.CP + 1,5.CA 1,0.CP + 1,4.CVsucção
Resistência II - Terças	1,25.CP + 1,5.CA 1,25.CP + 1,5.CAconc 1,0.CP + 1,4.CVsucção
Resistência III - Tirantes das terças	1,25.CP + 1,5.CA
Resistência IV - Vigas de tapamento	1,25.CP + 1,4.CV
Resistência V - Tirantes do tapamento	1,25.CP
Resistência VI - Vigas de rolamento	1,25.CP + 1,5.(PRV+PRH)
Resistência VII - Pórticos	1,25.CP + 1,5.CA + FN 1,00.CP + 1,4.CV + FN 1,25.CP + 1,5.CA + 1,5.(PRV+PRH) + FN 1,00.CP + 1,0.CA + 1,0.PRV + 1,4.0,6.CV + FN 1,00.CP + 1,0.0,7.CA + 1,0.PRV + 1,4.CV + FN

Comentários

NBR 8800
Item 4.8.7.2
Tabela 1
Tabela 2

2.7- Combinações para os estados limites de serviço

Serviço I - Telhas da cobertura	CP + CA < L/180 rara CP + 0,4.CA < L/350 frequente CP + CV < L/120 rara
Serviço II - Terças	CP + CAdist < L/250 rara CP + 0,4.CAdist < L/350 quase permanente CP + CV < L/120 rara
Serviço III - Vigas de tapamento	CP + 0,3.CV < L/120 frequente CP < L/250 rara CV < L/120 rara
Serviço IV - Vigas de rolamento	CP + 0,8.PRV < L/750 frequente CP + 0,8.PRH < L/750 frequente
Serviço V - Pórticos	vertical CP + CA < L/350 rara horizontal CP + CV < H/300 rara horizontal CP + 0,8.(PRV+PRH) < h/400 frequente horizontal CP + 0,5.PRV + 0,3.CV < H/400 frequente

NBR 8800
Item 4.8.7.3
Tabela 2

NBR 8800
Tabela B.1

2.8- Combinações de fadiga

Fadiga I - Viga de rolamento	CM+I
-------------------------------------	------

NBR 8800
Anexo H

3- DIMENSIONAMENTO DA TELHA DA COBERTURA

3.1- Cargas atuantes nas telhas

Vão máximo das telhas	$L_{telha} = 2.5 \text{ m}$
Peso próprio da telha zincada trapezoidal	$CP_{telha} = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Sobrecarga na cobertura	$CA_{cob} = 0.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Vento máximo nas telhas	$CV_{telha} = -0.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Combinações últimas normais de ações:

Resistência IA - telhas (1,25.CP + 1,5.CA)

$$q_a := 1.25 \cdot CP_{telha} + 1.5 \cdot CA_{cob} \qquad q_a = 0.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Resistência IB - telhas (1,0.CP + 1,4.CVsucção)

$$q_b := 1.0 \cdot CP_{telha} + 1.4 \cdot CV_{telha} \qquad q_b = -0.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Carga máxima nas telhas da cobertura:

$$Csd_{telha} := \max(|q_a|, |q_b|) \qquad Csd_{telha} = 0.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.2- Dimensionamento das telhas

Seja: **Telha zincada trapezoidal** (altura de 40 mm e espessura de 0,5 mm):

Limite escoamento aço das telhas	$f_{y_{telha}} := 230 \cdot \text{MPa}$	$f_{y_{telha}} = 23 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$
---------------------------------------	---	--

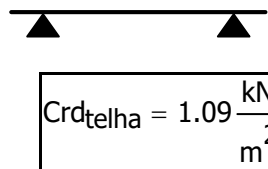
Momento de inércia / m	$I_{telha} := 12.63 \cdot \frac{\text{cm}^4}{\text{m}}$
------------------------------	---

Módulo de seção / m	$W_{telha} := 4.09 \cdot \frac{\text{cm}^3}{\text{m}}$
---------------------------	--

$$Csd_{telha} = 0.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Carga resistente de cálculo para 2 apoios

$$Crd_{telha} := \frac{W_{telha} \cdot f_{y_{telha}} \cdot 8}{L_{telha}^2 \cdot 1.1}$$


$$Crd_{telha} = 1.09 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{Csd_{telha}}{Crd_{telha}} = 0.8 < 1.0$$

Comentários

Serviço IA - telhas (CP + CA < L/180 rara)

$$\Delta Ia := \frac{5 \cdot (CP_{telha} + CA_{cob}) \cdot L_{telha}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_{telha}} \quad \Delta Ia = 0.60 \text{ cm}$$

$$\Delta a := \frac{L_{telha}}{180}$$

$$\Delta a = 1.39 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta Ia}{\Delta a} = 0.43 < 1.0$$

Serviço IB - telhas (CP + CV < L/120 rara)

$$\Delta Ib := \frac{5 \cdot (|CP_{telha} + CV_{telha}|) \cdot L_{telha}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_{telha}} \quad \Delta Ib = 1.24 \text{ cm}$$

$$\Delta b := \frac{L_{telha}}{120}$$

$$\Delta b = 2.08 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta Ib}{\Delta b} = 0.59 < 1.0$$

Serviço IC - telhas (CP + 0,4.CA < L/350 frequente)

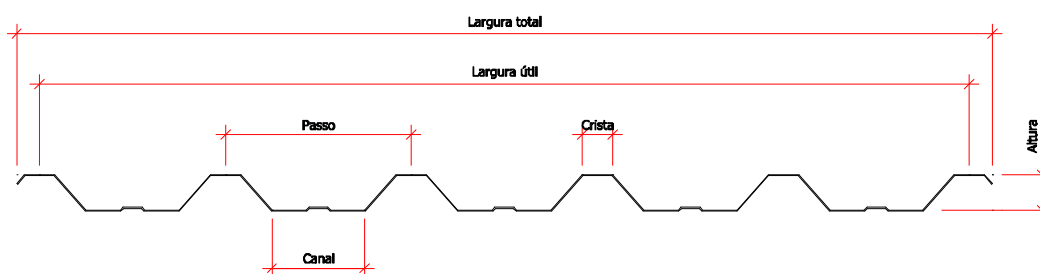
$$\Delta Ic := \frac{5 \cdot (CP_{telha} + 0.4 \cdot CA_{cob}) \cdot L_{telha}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_{telha}} \quad \Delta Ic = 0.30 \text{ cm}$$

$$\Delta a := \frac{L_{telha}}{350}$$

$$\Delta a = 0.71 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta Ia}{\Delta a} = 0.84 < 1.0$$

Usar telha trapezoidal 5 ondas altura **40 x 0,5 mm**



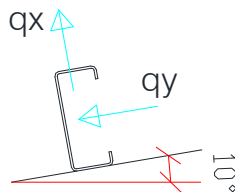
4- DIMENSIONAMENTO DAS TERÇAS (NBR 14762)

4.1- Cargas atuantes nas terças

Vão das terças.... $L_{\text{terça}} := E$ $L_{\text{terça}} = 6 \text{ m}$

Distância máxima entre terças .. $L_{\text{telha}} = 2.5 \text{ m}$

Inclinação do telhado $\theta = 10 \text{ deg}$



Carga Permanente nas telhas: $CP_{\text{cob}} := CP_{\text{telha}} + CP_{\text{terça}} + CP_{\text{inst}}$ $CP_{\text{cob}} = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Sobrecarga na cobertura $CA_{\text{cob}} = 0.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Sobrecarga concentrada nas terças $CA_{\text{conc}} = 1.0 \text{ kN}$

Vento máximo nas terças $CV_{\text{terça}} = -0.57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Combinações últimas normais de ações:

Resistência IIA (1,25.CP + 1,5.CAdist)

$qx1 := (1.25 \cdot CP_{\text{cob}} + 1.5 \cdot CA_{\text{cob}}) \cdot \cos(\theta) \cdot L_{\text{telha}}$ $qx1 = 1.22 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$qy1 := (1.25 \cdot CP_{\text{cob}} + 1.5 \cdot CA_{\text{cob}}) \cdot \sin(\theta) \cdot L_{\text{telha}}$ $qy1 = 0.22 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Resistência IIB (1,25.CP + 1,5.CAconc)

$qx2 := (1.25 \cdot CP_{\text{cob}}) \cdot \cos(\theta) \cdot L_{\text{telha}}$ $qx2 = 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$qy2 := (1.25 \cdot CP_{\text{cob}}) \cdot \sin(\theta) \cdot L_{\text{telha}}$ $qy2 = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Resistência IIC (1,00.CP + 1,4.CVsucção)

$qx3 := [(1.0 \cdot CP_{\text{cob}}) \cdot \cos(\theta) + 1.4 \cdot CV_{\text{terça}}] \cdot L_{\text{telha}}$ $qx3 = -1.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$qy3 := (1.25 \cdot CP_{\text{cob}}) \cdot \sin(\theta) \cdot L_{\text{telha}}$ $qy3 = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Cargas distribuídas máximas nas terças:

$qx := \max(qx1, qx2, |qx3|)$ $qx = 1.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$qy := \max(qy1, qy2, qy3)$ $qy = 0.22 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Esforços solicitantes de cálculoNúmero de tirantes **Ntir := 1**Momento fletor X $M_{xsd} := \frac{q_x \cdot L_{terça}^2}{8}$ **Mxsd = 788 kN · cm**

Momento fletor X ..concentrada.....

Momento fletor Y $M_{ysd} := \frac{q_y \cdot \left[\frac{L_{terça}}{(Ntir + 1)} \right]^2}{8}$ **Mysd = 24 kN · cm**Esforço cortante $V_{sd} := \frac{|q_x| \cdot L_{terça}}{2}$ **Vsd = 5.3 kN****Cálculo das propriedades mínimas p/ escolha do perfil (Wx min e Ix min)**Módulo de elasticidade do aço (NBR 14762) $E_a = 20000 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ Módulo de elasticidade transversal do aço $G := 0.385 \cdot E_a$ $G = 7700 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ Coeficiente de Poisson **$\nu := 0.3$** Aço CF-26 NBR 6649 **$f_{yterça} := 260 \cdot \text{MPa}$** **Cálculo do módulo de seção elástico mínimo (supondo Wx.fy):** $W_{xmin} := \frac{M_{xsd} \cdot 1.10}{f_{yterça}}$ **Wxmin = 33 cm³**

Cálculo do momento de inércia mínimo necessário:

Comentários

Combinação rara de serviço

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação A (CP + CA_{dist}).

$$q_{xA} := (C_{Pcob} \cdot \cos(\theta) + C_{Acob}) \cdot \cos(\theta) \cdot L_{telha} \quad q_{xA} = 0.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim1} := \frac{L_{terça}}{250} \quad \Delta_{lim1} = 2.4 \text{ cm} \quad I_{xminA} := \frac{5q_{xA} \cdot L_{terça}^4}{384 \cdot E_a \cdot \Delta_{lim1}} \quad I_{xminA} = 299 \text{ cm}^4$$

Combinação quase permanente de serviço

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação C (CP+ ψ_{2a} .CA_{dist})

Fator de combinação para acidental $\psi_{2a} := 0.4$

$$q_{xB} := |(C_{Pcob} \cdot \cos(\theta) + \psi_{2a} \cdot C_{Acob})| \cdot L_{telha} \quad q_{xB} = 0.49 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim2} := \frac{L_{terça}}{350} \quad \Delta_{lim2} = 1.71 \text{ cm} \quad I_{xminB} := \frac{5q_{xB} \cdot L_{terça}^4}{384 \cdot E_a \cdot \Delta_{lim2}} \quad I_{xminB} = 241 \text{ cm}^4$$

Combinação rara de serviço

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação B (CP + CVs)

$$q_{xC} := |(C_{Pcob} \cdot \cos(\theta) + C_{Vterça})| \cdot L_{telha} \quad q_{xC} = 1.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim3} := \frac{L_{terça}}{120} \quad \Delta_{lim3} = 5 \text{ cm} \quad I_{xminC} := \frac{5q_{xC} \cdot L_{terça}^4}{384 \cdot E_a \cdot \Delta_{lim3}} \quad I_{xminC} = 200 \text{ cm}^4$$

$$I_{xmin} := \max(I_{xminA}, I_{xminB}, I_{xminC})$$

$$I_{xmin} = 299 \text{ cm}^4$$

4.2- Dimensionamento das terças

Comentários

Seja **Ue 150x60x20x3,35**

$$b_w := 150 \cdot \text{mm}$$

$$b_f := 60 \cdot \text{mm}$$

$$b_d := 20 \cdot \text{mm}$$

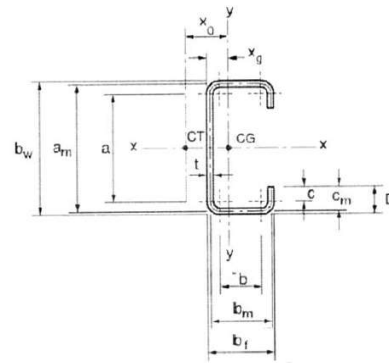
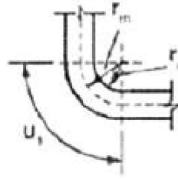
$$t := 3.35 \cdot \text{mm} > 3.0$$

$$r_i := t \quad r_m := r_i + 0.5 \cdot t$$

$$a := b_w - 2 \cdot (r_m + 0.5 \cdot t) \quad a_m := b_w - t$$

$$b := b_f - 2 \cdot (r_m + 0.5 \cdot t) \quad b_m := b_f - t$$

$$c := b_d - (r_m + 0.5 \cdot t) \quad c_n := b_d - 0.5 \cdot t$$



$$u_1 := \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot r_m$$

$$\text{Area} := t \cdot (a + 2 \cdot b + 2 \cdot c + 4 \cdot u_1)$$

$$\text{Peso}_{\text{terça}} := \text{Area} \cdot \gamma$$

$$x_g := \frac{2 \cdot t}{\text{Area}} \cdot [b \cdot (0.5 \cdot b + r_m) + (u_1 + c) \cdot (b + 2 \cdot r_m)] + 0.5 \cdot t$$

$$x_o := b_m \cdot \left[\frac{3 \cdot a_m^2 \cdot b_m + c_n \cdot (6 \cdot a_m^2 - 8 \cdot c_n^2)}{a_m^3 + 6 \cdot a_m^2 \cdot b_m + c_n \cdot (8 \cdot c_n^2 - 12 \cdot a_m \cdot c_n + 6 \cdot a_m^2)} \right] + x_g - 0.5 \cdot t$$

$$I_x := 2 \cdot t \cdot \left[0.042 \cdot a^3 + b \cdot (0.5 \cdot a + r_m)^2 + 2 \cdot u_1 \cdot (0.5 \cdot a + 0.637 \cdot r_m)^2 \dots \right. \\ \left. + 0.298 \cdot r_m^3 + 0.083 \cdot c^3 + 0.25 \cdot c \cdot (a - c)^2 \right]$$

$$W_x := \frac{2 \cdot I_x}{b_w} \quad r_x := \sqrt{\frac{I_x}{\text{Area}}}$$

$$I_y := 2 \cdot t \cdot \left[b \cdot (0.5 \cdot b + r_m)^2 + 0.083 \cdot b^3 + 0.505 \cdot r_m^3 + c \cdot (b + 2 \cdot r_m)^2 \dots \right. \\ \left. + u_1 \cdot (b + 1.637 \cdot r_m)^2 \right] - \text{Area} \cdot (x_g - 0.5 \cdot t)^2$$

$$W_y := \frac{I_y}{b_f - x_g} \quad r_y := \sqrt{\frac{I_y}{\text{Area}}} \quad I_t := 0.333 \cdot t^3 \cdot (a + 2 \cdot b + 2 \cdot c + 4 \cdot u_1)$$

$$C_w := \frac{a_m^2 \cdot b_m^2 \cdot t}{12} \cdot \left[\frac{2 \cdot a_m^3 \cdot b_m + 3 \cdot a_m^2 \cdot b_m^2 + 48 \cdot c_n^4 + 112 \cdot b_m \cdot c_n^3 + 8 \cdot a_m \cdot c_n^3 \dots}{6 \cdot a_m^2 \cdot b_m + (a_m + 2 \cdot c_n)^3 - 24 \cdot a_m \cdot c_n^2} \right]$$

$$r_o := \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2}$$

$$\text{Area} = 9.65 \text{ cm}^2$$

$$\text{Peso}_{\text{terça}} = 7.57 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$x_g = 1.92 \text{ cm}$$

$$x_o = 4.50 \text{ cm}$$

$$I_y = 45.65 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 11.18 \text{ cm}^3$$

$$r_y = 2.18 \text{ cm}$$

$$I_t = 0.361 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 328 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 43.7 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 5.83 \text{ cm}$$

$$C_w = 2275.9 \text{ cm}^6$$

$$> I_{x\text{min}} = 299 \text{ cm}^4$$

$$> W_{x\text{min}} = 33.3 \text{ cm}^3$$

$$r_o = 7.68 \text{ cm}$$

4.3- Cálculo do momento resistente - Mrd (Mre, Mrl e Medist)

Pelo Método da Resistência Direta (MRD)

4.3.1- Verificação do ELU de flambagem lateral com torção - Mre

$$C_b := 1.3$$

$$L_y := \frac{L_{terça}}{N_{tir} + 1}$$

$$N_{ey} := \frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot I_y}{L_y^2}$$

$$N_{ey} = 100.12 \text{ kN}$$

$$L_z := \frac{L_{terça}}{N_{tir} + 1}$$

$$N_{ez} := \frac{1}{r_o^2} \cdot \left(\frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot C_w}{L_z^2} + G \cdot I_t \right)$$

$$N_{ez} = 131.70 \text{ kN}$$

$$M_e := C_b \cdot r_o \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot N_{ez}}$$

$$M_e = 1146 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$\lambda_o := \sqrt{\frac{W_x \cdot f_{yterça}}{M_e}}$$

$$\lambda_o = 0.995$$

$$M_{re} := \begin{cases} W_x \cdot f_{yterça} & \text{if } \lambda_o \leq 0.6 \end{cases}$$

$$M_{re} = 914 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$\begin{cases} 1.11 \cdot (1 - 0.278 \cdot \lambda_o^2) \cdot W_x \cdot f_{yterça} & \text{if } 0.6 < \lambda_o \leq 1.336 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{W_x \cdot f_{yterça}}{(\lambda_o)^2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

4.3.2- Verificação do ELU de flambagem local - Mrl

$$\mu := \frac{bd}{bw}$$

$$\mu = 0.133 \quad (0.1 < \mu < 0.2)$$

$$\eta := \frac{bf}{bw}$$

$$\eta = 0.400$$

$$(0.2 < \eta < 1.0)$$

$$a_1 := 81 - 730 \cdot \eta + 4261 \cdot \eta^2 - 12304 \cdot \eta^3 + 17919 \cdot \eta^4 - 12796 \cdot \eta^5 + 3574 \cdot \eta^6$$

$$a_1 = 25.64$$

$$b_1 := \begin{cases} 0 & \text{if } 0.1 < \mu \leq 0.2 \wedge 0.2 < \eta \leq 1.0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 & \text{if } 0.2 < \mu \leq 0.3 \wedge 0.6 < \eta \leq 1.0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (320 - 2788 \cdot \eta + 13458 \cdot \eta^2 - 27667 \cdot \eta^3 + 19167 \cdot \eta^4) & \text{if } 0.2 < \mu \leq 0.3 \wedge 0.2 < \eta \leq 0.6 \end{cases}$$

$$k_l := a_1 - b_1 \cdot (\mu - 0.2)$$

$$k_l = 25.64$$

$$b_1 = 0.00$$

$$M_l := k_l \cdot \frac{\pi^2 \cdot E_a}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left(\frac{bw}{t}\right)^2} \cdot W_x$$

$$M_l = 10100 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$\lambda_l := \sqrt{\frac{M_{re}}{M_l}}$$

$$\lambda_l = 0.301$$

$$M_{rl} := \begin{cases} M_{re} & \text{if } \lambda_l \leq 0.776 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left(1 - \frac{0.15}{\lambda_l^{0.8}}\right) \cdot \frac{M_{re}}{\lambda_l^{0.8}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{rl} = 914 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

4.3.3- Verificação do ELU de flambagem distorcional - Mrdist

Momento fletor de flambagem distorcional elástica (Procedimento simplificado-Grossi, Malite-2013)

$$\xi := 0.001 \cdot \left(\frac{bf}{t}\right)^{1.1} \cdot \left(\frac{bw}{bd}\right)^{0.8} \cdot \frac{f_{yterça}}{300 \cdot \text{MPa}} \quad \xi = 0.1$$

$$\chi_{\text{dist}} := \min\left[\left(-0.098 \cdot \xi^3 + 0.536 \cdot \xi^2 - 1.056 \cdot \xi + 1.1\right), 1\right] \quad \chi_{\text{dist}} = 1.00$$

$$M_{\text{rdist}} := \chi_{\text{dist}} \cdot W_x \cdot f_{yterça} \quad \boxed{M_{\text{rdist}} = 1131 \text{ kN} \cdot \text{cm}}$$

$$M_{\text{xrd}} := \frac{\min(M_{\text{re}}, M_{\text{rl}}, M_{\text{rdist}})}{1.1} \quad \boxed{M_{\text{xrd}} = 831 \text{ kN} \cdot \text{cm}} \quad \frac{M_{\text{xsd}}}{M_{\text{xrd}}} = 0.95 < 1.0 \text{ ok}$$

$$M_{\text{xsd}} = 788 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

4.3.4- Cálculo do momento fletor resistente de cálculo - Myrd:

$$M_{\text{ry}} := f_{yterça} \cdot W_y \quad M_{\text{ry}} = 291 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{\text{yrd}} := \frac{M_{\text{ry}}}{1.1} \quad \boxed{M_{\text{yrd}} = 264 \text{ kN} \cdot \text{cm}} \quad \frac{M_{\text{ysd}}}{M_{\text{yrd}}} = 0.09 < 1.0 \text{ ok}$$

$$M_{\text{ysd}} = 24 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

4.3.5- Verificação da ação combinada - Mx e My:

$$\frac{M_{\text{xsd}}}{M_{\text{xrd}}} + \frac{M_{\text{ysd}}}{M_{\text{yrd}}} = 1.04 \sim 1.0 \text{ ok}$$

4.4- Força cortante resistente - VrdViga sem enrijecedores --> $k_v := 5$

$$\frac{a}{t} = 40.78 \quad 1.08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} = 66.98 \quad 1.40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} = 86.82$$

$$A_w := a \cdot t \quad A_w = 4.58 \text{ cm}^2$$

$$V_{\text{rd}} := \begin{cases} \frac{(0.6 \cdot f_{yterça} \cdot A_w)}{1.10} & \text{if } \frac{a}{t} \leq 1.08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} \\ \frac{0.65 \cdot t^2 \cdot \sqrt{k_v \cdot f_{yterça} \cdot E_a}}{1.10} & \text{if } 1.08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} < \frac{a}{t} \leq 1.40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} \\ \left[\frac{(0.905 \cdot E_a \cdot k_v \cdot t^3)}{a} \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{V_{\text{rd}} = 65 \text{ kN}} > V_{\text{sd}} = 5 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{\text{sd}}}{V_{\text{rd}}} = 0.08 < 1.0 \text{ ok}$$

5- Verificação da deformação - $\Delta_{max} < \Delta_{limite}$ **Combinação rara de serviço**

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação A (CP+ CAdist)

$$q_{xA} = 0.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim1} = 2.4 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max1} := \frac{5(q_{xA}) \cdot L_{terça}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_x}$$

$$\Delta_{max1} = 2.19 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_{max1}}{\Delta_{lim1}} = 0.91 < 1.0 \text{ ok}$$

Combinação quase permanente de serviço

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação C (CP+ ψ_{2a} .CAdist).

$$q_{xB} = 0.49 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim2} = 1.71 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max2} := \frac{5(q_{xB}) \cdot L_{terça}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_x}$$

$$\Delta_{max2} = 1.26 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_{max2}}{\Delta_{lim2}} = 0.73 < 1.0 \text{ ok}$$

Combinação rara de serviço

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação B (CP + CV)

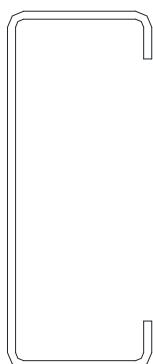
$$q_{xC} = 1.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim3} = 5 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max3} := \frac{5(q_{xC}) \cdot L_{terça}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_x}$$

$$\Delta_{max3} = 3.05 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_{max3}}{\Delta_{lim3}} = 0.61 < 1.0 \text{ ok}$$

Usar perfil **Ue 150x60x20x3,35**

5- DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS DE TAPAMENTO

(NBR 14762)

5.1- Cargas atuantes nas vigas de tapamento

Vão das vigas de tapamento $L_{\text{tap}} := E$ $L_{\text{tap}} = 6 \text{ m}$

Distância máxima entre vigas de tapamento $L_{\text{telha}} = 2.5 \text{ m}$

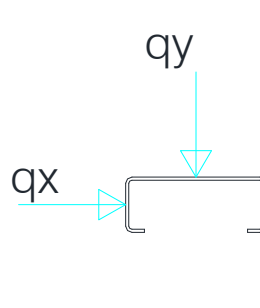
Carga Permanente nas nas vigas de tapamento $CP_{\text{tap}} := CP_{\text{telha}} + CP_{\text{terça}}$

$$CP_{\text{tap}} = 0.10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vento máximo nas terças $CV_{\text{tap}} = 0.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Combinações últimas normais de ações:

Resistência IV (1,25.CP + 1,4.CV)



Cargas distribuídas máximas nas vigas de tapamento:

$$q_x := (1.4 \cdot CV_{\text{tap}}) \cdot L_{\text{telha}}$$

$$q_x = 1.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_y := (1.25 \cdot CP_{\text{tap}}) \cdot L_{\text{telha}}$$

$$q_y = 0.30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Esforços solicitantes de cálculo

Número de tirantes $N_{\text{tir}} := 1$

Momento fletor X $M_{\text{xsd}} := \frac{q_x \cdot L_{\text{tap}}^2}{8}$ $M_{\text{xsd}} = 747 \text{ kN} \cdot \text{cm}$

Momento fletor Y $M_{\text{ysd}} := \frac{q_y \cdot \left[\frac{L_{\text{tap}}}{(N_{\text{tir}} + 1)} \right]^2}{8}$ $M_{\text{ysd}} = 34 \text{ kN} \cdot \text{cm}$

Esforço cortante $V_{\text{sd}} := \frac{|q_x| \cdot L_{\text{tap}}}{2}$ $V_{\text{sd}} = 5.0 \text{ kN}$

Cálculo das propriedades mínimas p/ escolha do perfil (W_x min e I_x min)

Aço CF-26 NBR 6649 $f_{ytap} := 260 \cdot \text{MPa}$

Cálculo do módulo de seção elástico mínimo (supondo $W_x.f_y$):

$$W_{xmin} := \frac{M_{xsd} \cdot 1.10}{f_{ytap}} \quad W_{xmin} = 32 \text{ cm}^3$$

Cálculo do momento de inércia mínimo necessário:

Combinação rara de serviço $S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$

Combinação A (CP).

$$q_y = 0.30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim1} := \frac{L_{tap}}{250} \quad \Delta_{lim1} = 2.4 \text{ cm} \quad I_{ymin} := \frac{5q_y \cdot L_{tap}^4}{384 \cdot E_a \cdot \Delta_{lim1}} \quad I_{ymin} = 107 \text{ cm}^4$$

Combinação rara de serviço $S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$

Combinação B (CV)

$$q_x = 1.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim2} := \frac{L_{terça}}{120} \quad \Delta_{lim2} = 5 \text{ cm} \quad I_{xmin} := \frac{5q_x \cdot L_{tap}^4}{384 \cdot E_a \cdot \Delta_{lim2}} \quad I_{xmin} = 280 \text{ cm}^4$$

5.2- Dimensionamento das vigas de tapamento

Comentários

Seja **Ue 150x60x20x3,35**

$$bw := 150 \cdot \text{mm}$$

$$bf := 60 \cdot \text{mm}$$

$$bd := 20 \cdot \text{mm}$$

$$t := 3.35 \cdot \text{mm} > 3.0$$

$$ri := t \quad rm := ri + 0.5 \cdot t$$

$$a := bw - 2 \cdot (rm + 0.5 \cdot t) \quad am := bw - t$$

$$b := bf - 2 \cdot (rm + 0.5 \cdot t) \quad bm := bf - t$$

$$c := bd - (rm + 0.5 \cdot t) \quad cn := bd - 0.5 \cdot t$$

$$u1 := \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot rm$$

$$\text{Area} := t \cdot (a + 2 \cdot b + 2 \cdot c + 4 \cdot u1) \quad \text{Peso}_{\text{terça}} := \text{Area} \cdot \gamma$$

$$xg := \frac{2 \cdot t}{\text{Area}} \cdot [b \cdot (0.5 \cdot b + rm) + (u1 + c) \cdot (b + 2 \cdot rm)] + 0.5 \cdot t$$

$$xo := bm \cdot \left[\frac{3 \cdot am^2 \cdot bm + cn \cdot (6 \cdot am^2 - 8 \cdot cn^2)}{am^3 + 6 \cdot am^2 \cdot bm + cn \cdot (8 \cdot cn^2 - 12 \cdot am \cdot cn + 6 \cdot am^2)} \right] + xg - 0.5 \cdot t$$

$$Ix := 2 \cdot t \cdot \left[0.042 \cdot a^3 + b \cdot (0.5 \cdot a + rm)^2 + 2 \cdot u1 \cdot (0.5 \cdot a + 0.637 \cdot rm)^2 \dots \right. \\ \left. + 0.298 \cdot rm^3 + 0.083 \cdot c^3 + 0.25 \cdot c \cdot (a - c)^2 \right]$$

$$Wx := \frac{2 \cdot Ix}{bw} \quad rx := \sqrt{\frac{Ix}{\text{Area}}}$$

$$Iy := 2 \cdot t \cdot \left[b \cdot (0.5 \cdot b + rm)^2 + 0.083 \cdot b^3 + 0.505 \cdot rm^3 + c \cdot (b + 2 \cdot rm)^2 \dots \right. \\ \left. + u1 \cdot (b + 1.637 \cdot rm)^2 \right] - \text{Area} \cdot (xg - 0.5 \cdot t)^2$$

$$Wy := \frac{Iy}{bf - xg} \quad ry := \sqrt{\frac{Iy}{\text{Area}}} \quad It := 0.333 \cdot t^3 \cdot (a + 2 \cdot b + 2 \cdot c + 4 \cdot u1)$$

$$Cw := \frac{am^2 \cdot bm^2 \cdot t}{12} \cdot \left[\frac{2 \cdot am^3 \cdot bm + 3 \cdot am^2 \cdot bm^2 + 48 \cdot cn^4 + 112 \cdot bm \cdot cn^3 + 8 \cdot am \cdot cn^2 \dots}{6 \cdot am^2 \cdot bm + (am + 2 \cdot cn)^3 - 24 \cdot am \cdot cn^2} \right]$$

$$ro := \sqrt{rx^2 + ry^2 + xo^2}$$

Area = 9.65 cm ²	Iy = 45.65 cm ⁴	Ix = 328 cm ⁴	> Ixmin = 280 cm ⁴
Peso _{terça} = 7.57 $\frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	Wy = 11.18 cm ³	Wx = 43.7 cm ³	> Wxmin = 31.6 cm ³
xg = 1.92 cm	ry = 2.18 cm	rx = 5.83 cm	
xo = 4.50 cm	It = 0.361 cm ⁴	Cw = 2275.9 cm ⁶	ro = 7.68 cm

5.3- Cálculo do momento resistente - Mrd (Mre, Mrl e Medist)

Pelo Método da Resistência Direta (MRD)

5.3.1- Verificação do ELU de flambagem lateral com torção - Mre

$$C_b := 1.3$$

$$L_y := \frac{L_{tap}}{N_{tir} + 1}$$

$$N_{ey} := \frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot I_y}{L_y^2}$$

$$N_{ey} = 100.12 \text{ kN}$$

$$L_z := \frac{L_{tap}}{N_{tir} + 1}$$

$$N_{ez} := \frac{1}{r_o^2} \cdot \left(\frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot C_w}{L_z^2} + G \cdot I_t \right)$$

$$N_{ez} = 131.70 \text{ kN}$$

$$M_e := C_b \cdot r_o \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot N_{ez}}$$

$$M_e = 1146 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$\lambda_o := \sqrt{\frac{W_x \cdot f_{yterça}}{M_e}}$$

$$\lambda_o = 0.995$$

$$M_{re} := \begin{cases} W_x \cdot f_{ytap} & \text{if } \lambda_o \leq 0.6 \\ 1.11 \cdot (1 - 0.278 \cdot \lambda_o^2) \cdot W_x \cdot f_{ytap} & \text{if } 0.6 < \lambda_o \leq 1.336 \\ \frac{W_x \cdot f_{ytap}}{(\lambda_o)^2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{re} = 914 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

5.3.2- Verificação do ELU de flambagem local - Mrl

$$\mu := \frac{bd}{bw} \quad \mu = 0.133 \quad (0.1 < \mu < 0.2) \quad \eta := \frac{bf}{bw} \quad \eta = 0.400 \quad (0.2 < \eta < 1.0)$$

$$a_1 := 81 - 730 \cdot \eta + 4261 \cdot \eta^2 - 12304 \cdot \eta^3 + 17919 \cdot \eta^4 - 12796 \cdot \eta^5 + 3574 \cdot \eta^6$$

$$a_1 = 25.64$$

$$b_1 := \begin{cases} 0 & \text{if } 0.1 < \mu \leq 0.2 \wedge 0.2 < \eta \leq 1.0 \\ 0 & \text{if } 0.2 < \mu \leq 0.3 \wedge 0.6 < \eta \leq 1.0 \\ (320 - 2788 \cdot \eta + 13458 \cdot \eta^2 - 27667 \cdot \eta^3 + 19167 \cdot \eta^4) & \text{if } 0.2 < \mu \leq 0.3 \wedge 0.2 < \eta \leq 0.6 \end{cases}$$

$$k_l := a_1 - b_1 \cdot (\mu - 0.2)$$

$$k_l = 25.64$$

$$b_1 = 0.00$$

$$M_l := k_l \cdot \frac{\pi^2 \cdot E_a}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left(\frac{bw}{t}\right)^2} \cdot W_x$$

$$M_l = 10100 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$\lambda_l := \sqrt{\frac{M_{re}}{M_l}}$$

$$\lambda_l = 0.301$$

$$M_{rl} := \begin{cases} M_{re} & \text{if } \lambda_l \leq 0.776 \\ \left(1 - \frac{0.15}{\lambda_l^{0.8}}\right) \cdot \frac{M_{re}}{\lambda_l^{0.8}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{rl} = 914 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

5.3.3- Verificação do ELU de flambagem distorcional - Mrdist

Momento fletor de flambagem distorcional elástica (Procedimento simplificado-Grossi, Malite-2013)

$$\xi := 0.001 \cdot \left(\frac{bf}{t}\right)^{1.1} \cdot \left(\frac{bw}{bd}\right)^{0.8} \cdot \frac{f_{yterça}}{300 \cdot \text{MPa}} \quad \xi = 0.1$$

$$\chi_{\text{dist}} := \min\left[\left(-0.098 \cdot \xi^3 + 0.536 \cdot \xi^2 - 1.056 \cdot \xi + 1.1\right), 1\right] \quad \chi_{\text{dist}} = 1.00$$

$$M_{\text{rdist}} := \chi_{\text{dist}} \cdot W_x \cdot f_{y\text{tap}} \quad \boxed{M_{\text{rdist}} = 1131 \text{ kN} \cdot \text{cm}}$$

$$M_{\text{xrd}} := \frac{\min(M_{\text{re}}, M_{\text{rl}}, M_{\text{rdist}})}{1.1} \quad \boxed{M_{\text{xrd}} = 831 \text{ kN} \cdot \text{cm}} \quad \frac{M_{\text{xsd}}}{M_{\text{xrd}}} = 0.90 < 1.0 \text{ ok}$$

$$M_{\text{xsd}} = 747 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

4.3.4- Cálculo do momento fletor resistente de cálculo - Myrd:

$$M_{\text{ry}} := f_{y\text{tap}} \cdot W_y \quad M_{\text{ry}} = 291 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{\text{yrd}} := \frac{M_{\text{ry}}}{1.1} \quad \boxed{M_{\text{yrd}} = 264 \text{ kN} \cdot \text{cm}} \quad \frac{M_{\text{ysd}}}{M_{\text{yrd}}} = 0.13 < 1.0 \text{ ok}$$

$$M_{\text{ysd}} = 34 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

4.3.5- Verificação da ação combinada - Mx e My:

$$\frac{M_{\text{xsd}}}{M_{\text{xrd}}} + \frac{M_{\text{ysd}}}{M_{\text{yrd}}} = 1.03 \sim 1.0 \text{ ok}$$

4.4- Força cortante resistente - VrdViga sem enrijecedores --> $k_v := 5$

$$\frac{a}{t} = 40.78 \quad 1.08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} = 66.98 \quad 1.40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} = 86.82$$

$$A_w := a \cdot t \quad A_w = 4.58 \text{ cm}^2$$

$$V_{\text{rd}} := \begin{cases} \frac{(0.6 \cdot f_{yterça} \cdot A_w)}{1.10} & \text{if } \frac{a}{t} \leq 1.08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} \\ \frac{0.65 \cdot t^2 \cdot \sqrt{k_v \cdot f_{yterça} \cdot E_a}}{1.10} & \text{if } 1.08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} < \frac{a}{t} \leq 1.40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E_a}{f_{yterça}}} \\ \left[\frac{(0.905 \cdot E_a \cdot k_v \cdot t^3)}{a} \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{V_{\text{rd}} = 65 \text{ kN}} > V_{\text{sd}} = 5 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{\text{sd}}}{V_{\text{rd}}} = 0.08 < 1.0 \text{ ok}$$

5- Verificação da deformação - $\Delta_{max} < \Delta_{limite}$ **Combinação rara de serviço**

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação A (CP)

$$q_y = 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim1} = 2.4 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max1} := \frac{5(q_y) \cdot L_{tap}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_x}$$

$$\Delta_{max1} = 0.78 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_{max1}}{\Delta_{lim1}} = 0.33 < 1.0 \text{ ok}$$

Combinação rara de serviço

$$S_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + F_{Q1} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} \cdot F_{Qj})$$

Combinação B (CV)

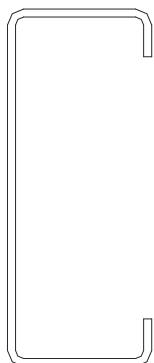
$$q_x = 1.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta_{lim2} = 5 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max2} := \frac{5(q_x) \cdot L_{tap}^4}{384 \cdot E_a \cdot I_x}$$

$$\Delta_{max2} = 4.27 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_{max2}}{\Delta_{lim2}} = 0.85 < 1.0 \text{ ok}$$

Usar perfil **Ue 150x60x20x3,35**

6- DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS DE ROLAMENTO

(NBR 8800)

Comentários

6.1- Cargas atuantes nas vigas de rolamento

Peso perfil - Viga de rolamento (estimado) $CP_{vrol} = 0.88 \frac{kN}{m}$

Trilhos e acessórios (TR-37) $CP_{trilhos} = 0.39 \frac{kN}{m}$

Carga Permanente na viga de rolamento:

$$CP_{vrolam} := CP_{vrol} + CP_{trilhos} \quad CP_{vrolam} = 1.27 \frac{kN}{m}$$

Vão da viga de rolamento $L_{vrol} := E$ $L_{vrol} = 6 m$

Capacidade $Cap = 100 kN$

Trem-tipo $R_{max} = 92 kN$

Impacto vertical $I = 25 \%$

Distância entre rodas $F = 3.4 m$

Número de rodas $N_{rod} = 2$

Força transversal $HT = 7.5 kN$

Flecha vertical máxima (trem-tipo s/ impacto) $\Delta := 750$

Número de ciclos..... $N_c = 547500$

Aço ASTM A36 $f_y = 25 \frac{kN}{cm^2}$ $f_u = 40 \frac{kN}{cm^2}$

NBR 8800
Tabela B.1

Esforços máximos:

Devido ao peso próprio $M_{CP} := \frac{CP_{vrolam} \cdot L_{vrol}^2}{8}$ $M_{CP} = 574 kN \cdot cm$

Devido ao trem-tipo ($F < 0,586 \cdot L$) $R_a := \frac{R_{max}}{L_{vrol}} \cdot \left[\left(\frac{L_{vrol}}{2} + \frac{F}{4} \right) + \left(\frac{L_{vrol}}{2} - \frac{3 \cdot F}{4} \right) \right]$

$F = 3.4 m < 0.586 \cdot L_{vrol} = 3.52 m$ $R_a = 65.93 kN$

$M_{PR} := R_a \cdot \left(\frac{L_{vrol}}{2} - \frac{F}{4} \right) \cdot (1 + I)$ $M_{PR} = 17720 kN \cdot cm$

Momento vertical máx.

$$M_V := 1.5 \cdot M_{PR} + 1.25 \cdot M_{CP}$$

$$M_V = 27296 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Momento horizontal máx.

$$M_H := 1.5 \cdot \left[\frac{M_{PR}}{(1+I)} \cdot \frac{HT}{R_{max}} \right]$$

$$M_H = 1733 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$Q_V := \left[1.5 \cdot R_{max} \cdot \left[1 + \left(\frac{L_{vrol} - F}{L_{vrol}} \right) \right] \cdot (1+I) + (1.25 \cdot CP_{vrolam}) \cdot \frac{L_{vrol}}{2} \right]$$

Cortante

$$Q_H := 1.5 \cdot R_{max} \cdot \left[1 + \left(\frac{L_{vrol} - F}{L_{vrol}} \right) \right] \cdot \frac{HT}{1.5 \cdot R_{max}}$$

$$Q_V = 252 \text{ kN}$$

$$Q_H = 10.8 \text{ kN}$$

6.2- Dimensionamento das vigas de rolamento

- Cálculo momento de inércia necessário p/ flecha máxima (combinação rara de serviço)

$$\Delta_{adm} := \frac{L_{vrol}}{\Delta} \quad \Delta_{adm} = 0.80 \text{ cm} \quad I_{xmin} := \frac{5 \cdot \frac{M_{PR}}{(1+I)} \cdot L_{vrol}^2}{48 \cdot E_a \cdot \Delta_{adm}} \quad I_{xmin} = 33224 \text{ cm}^4$$

- Cálculo do módulo de seção plástico necessário (supondo a seção compacta)

$$Z_{xmin} := \frac{M_V \cdot 1.1}{f_y} \quad Z_{xmin} = 1201 \text{ cm}^3 \quad W_{xmin} := \frac{M_V \cdot 1.1}{1.5 \cdot f_y} \quad W_{xmin} = 801 \text{ cm}^3$$

- Escolha preliminar da chapa da alma do perfil soldado:

Seja altura do perfil entre $L/14 < d < L/10$

$$\frac{L_{vrol}}{10} = 60 \text{ cm} \quad \text{Adotado uma altura de chapa de alma de} \quad h1 := 57.5 \cdot \text{cm}$$

$$\text{Para alma esbelta } tw < t := \frac{h1}{5.7 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}} \quad t = 0.36 \text{ cm} \quad \text{Adotado} \quad tw1 := 0.8 \cdot \text{cm}$$

$$\frac{h1}{tw1} = 72 < \frac{0.43 \cdot E_a}{f_y} = 344 < 260 \quad \text{ok}$$

- Escolha preliminar das mesas do perfil soldado:

$$\text{Área estimada para uma mesa} \quad A_{est} := \frac{M_V \cdot 1.67}{f_y \cdot h1} \quad A_{est} = 32 \text{ cm}^2$$

$$\text{Adotado: } bf1 := 30 \cdot \text{cm} \quad tf1 := 1.25 \cdot \text{cm} \quad Af11 := bf1 \cdot tf1 \quad Af11 = 38 \text{ cm}^2$$

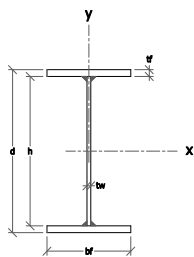
$$\frac{bf1}{2 \cdot tf1} = 12.0 > 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} = 10.7 \quad \text{mesa não compacta}$$

$$ar := \frac{h1 \cdot tw1}{bf1 \cdot tf1} \quad ar = 1.2 < 10 \quad \text{ok}$$

Comentários

Sem treliça lateral

$$\gamma = 77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$



$$h := d - ts - ti$$

$$d := 60 \cdot \text{cm}$$

$$tw := 0.8 \cdot \text{cm}$$

$$bs := 30 \cdot \text{cm}$$

$$ts := 1.25 \cdot \text{cm}$$

$$bi := 20 \cdot \text{cm}$$

$$ti := 1.25 \cdot \text{cm}$$

$$h = 0.58 \text{m}$$

PSM 600 x 85

Comentários

NBR 5884
Item 5.2.2

$$A := bs \cdot ts + bi \cdot ti + h \cdot tw$$

$$\text{Peso} := A \cdot \gamma$$

$$CG := \frac{\left[bs \cdot ts \cdot \left(d - \frac{ts}{2} \right) + h \cdot tw \cdot \left(\frac{h}{2} + ti \right) + bi \cdot ti \cdot \left(\frac{ti}{2} \right) \right]}{A}$$

$$I_{xvr} := \frac{\left[bs \cdot (ts)^3 + bi \cdot (ti)^3 + tw \cdot (h)^3 \right]}{12} + \left(d - CG - \frac{ts}{2} \right)^2 \cdot ts \cdot bs \dots$$

$$+ \left(CG - \frac{ti}{2} \right)^2 \cdot ti \cdot bi + \left(\frac{h}{2} + ti - CG \right)^2 \cdot h \cdot tw$$

$$Ws := \frac{I_{xvr}}{(d - CG)}$$

$$Wi := \frac{I_{xvr}}{CG}$$

$$Rx := \sqrt{\frac{I_{xvr}}{A}}$$

$$I_y := \frac{\left[ts \cdot (bs)^3 + ti \cdot (bi)^3 + h \cdot (tw)^3 \right]}{12}$$

$$Wy := \frac{I_y}{\left(\frac{bi}{2} \right)}$$

$$Ry := \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$IT := \frac{\left[bs \cdot (ts)^3 + bi \cdot (ti)^3 + h \cdot (tw)^3 \right]}{3}$$

$$rT := \sqrt{\frac{\frac{\left[ts(bs)^3 + \frac{(d - CG - ts)}{3} \cdot (tw)^3 \right]}{12}}{\left[bs \cdot ts + \frac{(d - CG - ts)}{3} \cdot tw \right]}}$$

$$Cw := \frac{\left(d - \frac{ts}{2} - \frac{ti}{2} \right)^2 \cdot bs^3 \cdot ts \cdot ti}{12 \cdot (ts + ti)}$$

$$A = 109 \text{cm}^2$$

$$I_{xvr} = 65370 \text{cm}^4$$

$$I_y = 3648 \text{cm}^4$$

$$IT = 42.37 \text{cm}^4$$

$$\text{Peso} = 85 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$Ws = 2456 \text{cm}^3$$

$$Wy = 365 \text{cm}^3$$

$$rT = 7.97 \text{cm}$$

$$h = 57.5 \text{cm}$$

$$Wi = 1958 \text{cm}^3$$

$$Ry = 5.8 \text{cm}$$

$$Cw = 4853760 \text{cm}^6$$

$$CG = 33.4 \text{cm}$$

$$Rx = 25 \text{cm}$$

Verificação da flecha (trem-tipo s/ impacto):

$$\Delta = 750$$

Comentários

$$\Delta x := \frac{5 \cdot \frac{M_{PR}}{(1+I)} \cdot L_{vrol}^2}{48 \cdot E_a \cdot I_{xvr}} \quad \Delta x = 0.41 \text{ cm} < \Delta_{adm} := \frac{L_{vrol}}{\Delta} \quad \Delta_{adm} = 0.80 \text{ cm}$$

Verificação da Resistência ao Momento Fletor:

- Escoamento da mesa inferior tracionada (item H.2.1):

$$Mrd1 := \frac{W_i \cdot f_y}{1.1} \quad Mrd1 = 44503 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad \frac{M_V}{Mrd1} = 0.61 < 1.0 \text{ ok}$$

- Flambagem lateral por torção - FLT (item H.2.2):

$$C_b := 1.0$$

$$L_b := \frac{L_{vrol}}{1} \quad L_b = 600 \text{ cm} \quad \lambda := \frac{L_b}{r_T} \quad \lambda = 75.3$$

$$\lambda_p := 1.10 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \quad \lambda_p = 31.1 \quad ar := \frac{h \cdot t_w}{b_s \cdot t_s} \quad ar = 1.2 < 10 \text{ ok}$$

$$\lambda_r := \pi \cdot \sqrt{\frac{E_a}{0.7 \cdot f_y}} \quad \lambda_r = 106.2$$

$$k_{pg} := \min \left[1 - \frac{ar}{1200 + 300 \cdot ar} \cdot \left(\frac{h}{t_w} - 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \right), 1.0 \right] \quad k_{pg} = 1.0$$

$$Mcr2 := \begin{cases} (W_i \cdot f_y) & \text{if } \lambda \leq \lambda_p \\ \left[C_b \cdot \left[1 - 0.3 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \cdot W_i \cdot f_y \right] & \text{if } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \\ \frac{C_b \pi^2 \cdot E_a \cdot W_i}{\lambda^2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad Mcr2 = 40318 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$Mrd2 := \frac{k_{pg} \cdot Mcr2}{1.1} \quad Mrd2 = 36652 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

- Flambagem local da mesa superior comprimida - FLM (item H.2.3):

$$k_c := \begin{cases} 0.35 & \text{if } \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} < 0.35 \\ 0.763 & \text{if } \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} > 0.763 \\ \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad k_c = 0.47$$

$$\lambda := \frac{bs}{2 \cdot ts} \quad \lambda = 12 \quad \lambda_p := 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \quad \lambda_p = 10.7 \quad \lambda_r := 0.95 \cdot \sqrt{\frac{kc \cdot E_a}{0.7 \cdot f_y}} \quad \lambda_r = 22.1$$

$$M_{cr3} := \begin{cases} (W_s \cdot f_y) & \text{if } \lambda \leq \lambda_p \\ \left[\left[1 - 0.3 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \cdot W_s \cdot f_y \right] & \text{if } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \\ \frac{0.9 \cdot E_a \cdot kc \cdot W_s}{\lambda^2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad M_{cr3} = 59363 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{rd3} := \frac{kpg \cdot M_{cr3}}{1.1} \quad M_{rd3} = 53966 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{rd} := \min(M_{rd2}, M_{rd3}) \quad M_{rd} = 36652 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad \frac{M_V}{M_{rd}} = 0.74 < 1.0 \text{ ok}$$

- Combinação na mesa superior devido ao momento horizontal e vertical:

$$M_H = 1733 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad W_y = 365 \text{ cm}^3$$

$$M_{rdy} := \frac{W_y \cdot f_y}{1.1} \quad M_{rdy} = 8292 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad \frac{M_H}{M_{rdy}} + \frac{M_V}{M_{rd}} = 0.95 < 1.0 \text{ ok}$$

Cálculo da força cortante resistente de cálculo (com enrijecedor transversal intermediário)

$$\text{Viga com enrijecedores @ } a := \frac{L_{vrol}}{4} \quad kv := \begin{cases} 5 & \text{if } \frac{a}{h} \geq \min \left[\left[\frac{3}{\left(\frac{260}{\frac{h}{tw}} \right)^2} \right] \right] \\ \left[5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h} \right)^2} \right] & \text{otherwise} \end{cases} \quad kv = 5.73$$

$$\frac{h}{tw} = 71.88$$

$$a = 150 \text{ cm}$$

$$A_w := d \cdot tw \quad A_w = 48 \text{ cm}^2$$

$$Q_{rd} := \begin{cases} \frac{(0.6 \cdot f_y \cdot A_w)}{1.1} & \text{if } \frac{h}{tw} \leq 1.10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E_a}{f_y}} \\ \left(\frac{1.10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E_a}{f_y}}}{\frac{h}{tw}} \right) \cdot \frac{(0.6 \cdot f_y \cdot A_w)}{1.1} & \text{if } 1.10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E_a}{f_y}} < \frac{h}{tw} \leq 1.37 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E_a}{f_y}} \\ 1.24 \cdot \left[\left(\frac{1.10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E_a}{f_y}}}{\frac{h}{tw}} \right)^2 \cdot \frac{(0.6 \cdot f_y \cdot A_w)}{1.1} \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Q_{rd} = 655 \text{ kN}$$

$$\frac{Q_V}{Q_{rd}} = 0.39 < 1.0 \text{ ok}$$

Enrijecedores transversais intermediários

Seja enrijecedor de um lado:

$$bst := 8 \cdot \text{cm} \quad tst := 0.63 \cdot \text{cm} \quad Ist := \frac{tst \cdot bst^3}{3} \quad Ist = 108 \text{ cm}^4$$

$$\frac{bst}{tst} = 12.7 < 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} = 15.8$$

$$j := \max \left[\frac{2.5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} - 2, 0.5 \right] \quad j = 0.5 \quad Inec := a \cdot tw^3 \cdot j \quad Inec = 38 \text{ cm}^4 < Ist$$

Verificação à fadiga (solda de composição do perfil):

$$N_c = 547500$$

$$\text{Detalhe 3.1 - Categoria B} \quad C_f := 120 \cdot 10^8$$

$$\sigma_{sr} := \left(\frac{327 \cdot C_f}{N_c} \right)^{0.333} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{sr} = 19.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \sigma_{th} := 110 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{th} = 11.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{mesa superior:} \quad \sigma_s := \frac{M_{PR}}{W_s} + \frac{M_H}{\left(\frac{ts \cdot bs^2}{6}\right)} \quad \sigma_s = 16.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \frac{\sigma_s}{\sigma_{sr}} = 0.86 < 1.0 \text{ ok}$$

$$\text{mesa inferior:} \quad \sigma_i := \frac{M_{PR}}{W_i} \quad \sigma_i = 9.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \frac{\sigma_i}{\sigma_{sr}} = 0.47 < 1.0 \text{ ok}$$

Esmagamento da alma devido a carga máxima/roda:

$$\text{Trilho TR-37 htr} := 122 \cdot \text{mm}$$

$$fbw := \frac{R_{max} \cdot (1 + I)}{(htr + ts) \cdot 2 \cdot tw} \quad fbw = 5.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 0.9 \cdot f_y = 22.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \text{ok}$$

$$\frac{fbw}{0.9 \cdot f_y} = 0.24 < 1.0 \text{ ok}$$

Enrijecedor de apoio

Comentários

Reação máxima no apoio:

$$R_{sd} := Q_V$$

$$R_{sd} = 252 \text{ kN}$$

Escolha da chapa do enrijecedor (de cada lado da alma), seja:

$$\text{Largura do enrijecedor} \dots \quad b_{sa} := 9 \cdot \text{cm} < \left(\frac{b_i}{2} - \frac{tw}{2} \right) - 0.5 \cdot \text{cm} = 9.1 \text{ cm}$$

$$\text{Espessura do enrijecedor..} \quad t_{sa} := 0.8 \cdot \text{cm} > \frac{b_{sa}}{0.48 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}} = 0.66 \text{ cm}$$

$$Asa := b_{sa} \cdot t_{sa} \cdot 2 + (12 \cdot tw) \cdot tw$$

$$Asa = 22 \text{ cm}^2$$

$$I_{sa} := \frac{(12 \cdot tw) \cdot (tw)^3 + t_{sa} \cdot (2 \cdot b_{sa})^3}{12}$$

$$I_{sa} = 389 \text{ cm}^4$$

$$rsa := \sqrt{\frac{I_{sa}}{Asa}} \quad rsa = 4.2 \text{ cm}$$

Verificação do esmagamento:

$$R_{eRd} := \frac{1.8 \cdot t_{sa} \cdot 2 \cdot (b_{sa} - 3 \cdot tw) \cdot f_y}{1.35}$$

$$R_{eRd} = 352 \text{ kN}$$

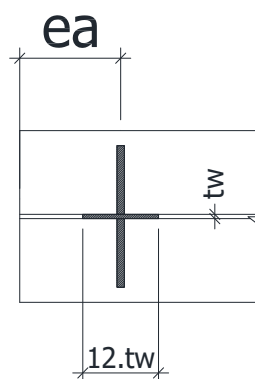
$$> R_{sd} = 252 \text{ kN}$$

Verificação das resistências à compressão:

$$\lambda_o := \frac{0.75 \cdot d}{rsa \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E_a}} \quad \lambda_o = 0.12$$

$$\chi := \begin{cases} 0.658^{\lambda_o^2} & \text{if } \lambda_o \leq 1.5 \\ \frac{0.877}{\lambda_o^2} & \text{if } \lambda_o > 1.5 \end{cases} \quad \chi = 0.99$$

$$R_{CRd} := \frac{\chi \cdot Asa \cdot f_y}{1.1} \quad R_{CRd} = 499 \text{ kN}$$



$$\frac{R_{sd}}{R_{CRd}} = 0.51$$

$$< 1,0$$

ok

---> Usar 2 Chapas de 8 x 90 cm

NBR 8800
item 5.7.9.4

O enrijecedor de apoio deve ser feito de chapas em ambos os lados da alma e calculado como coluna. A seção da coluna será composta pelas duas chapas mais uma parte centrada da alma não maior que 12 vezes a espessura da alma "tw".

NBR 8800
item 5.7.9.3

NBR 8800
item 5.3
item 5.7.9.4

Ligações da composição do perfil soldado

Solda da mesa superior com a alma (2 filetes)

$$q_{sx} := \frac{Q_V \cdot \left[bs \cdot ts \cdot \left(d - CG - \frac{ts}{2} \right) \right]}{2 \cdot I_{xvr}}$$

$$q_{sy} := \frac{1.5 \cdot R_{\max} \cdot (1 + I)}{(htr + ts) \cdot 2 \cdot 2}$$

$$q_s := \sqrt{q_{sx}^2 + q_{sy}^2}$$

Tensão admissível na solda :

$$f_{vs} := \frac{0.6 \cdot f_w}{1.35}$$

Resistência de 1 cm de filete de 1mm:

$$R_{\text{filete}} := \frac{f_{vs} \cdot 0.707 \cdot 1 \cdot \text{cm}}{10 \cdot \text{mm}}$$

Filete de solda necessário: Filete := $\frac{q_s}{R_{\text{filete}}}$

Filetes de solda mínimos: (t = menor espessura de chapa na ligação)

t <= 6,3 mm ----- filete mínimo de 3,0 mm
 6,3 < t < 12,5 mm ----- filete mínimo de 5,0 mm
 12,5 < t < 19,0 mm ----- filete mínimo de 6,0 mm
 19,0 < t ----- filete mínimo de 8,0 mm

Espessura da alma tw = 8.0 mm

Espessura das mesas ts = 12.5 mm

$$f_w := 485 \cdot \text{MPa}$$

$$q_{sx} = 1.88 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

$$q_{sy} = 3.21 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

$$q_s = 3.72 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

$$f_{vs} = 21.6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$R_{\text{filete}} = 1.52 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$\text{Filete} = 2.4 \text{ mm}$$

--> Usar filete mínimo de 5,0 mmUsar perfil soldado **PSM 600 x 85**

7- DIMENSIONAMENTO DO PÓRTICO PRINCIPAL

Comentários

7.1- Cargas atuantes nos pórticos principais

7.1.1- Carga permanente - CP

Peso das telhas trapezoidais (estimado) $CP_{telha} = 0.05 \frac{kN}{m^2}$

Terças + tirantes (estimado) $CP_{terça} = 0.05 \frac{kN}{m^2}$

Instalações (estimado) $CP_{inst} = 0.00 \frac{kN}{m^2}$

Peso perfil Viga de rolamento (estimado) ... $CP_{vrol} = 0.88 \frac{kN}{m}$

Trilhos e acessórios (TR-37) $CP_{trilhos} = 0.39 \frac{kN}{m}$

->Peso próprio da viga e dos pilares do pórtico será incorporado pelo programa

CP - Carga permanente distribuída no pórtico

$$CP_{portico} := (CP_{telha} + CP_{terça} + CP_{inst}) \cdot E$$

$$CP_{portico} = 0.58 \frac{kN}{m}$$

CP - Carga concentrada nos pilares do pórtico

Tapamento lateral + detalhes (beiral)

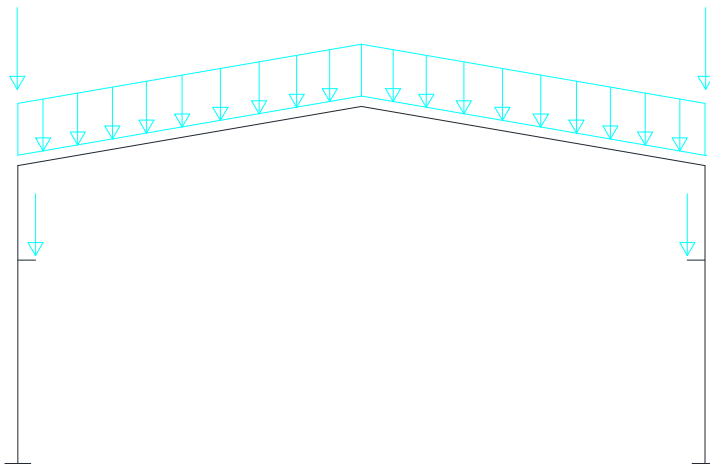
$$CP_{concportico} := (CP_{telha} + CP_{terça}) \cdot 1.30 \cdot E \cdot B$$

$$CP_{concportico} = 6.63 \text{ kN}$$

CP - Carga concentrada nos consoles do pórtico

$$CP_{console} := (CP_{vrol} + CP_{trilhos}) \cdot E$$

$$CP_{console} = 7.65 \text{ kN}$$

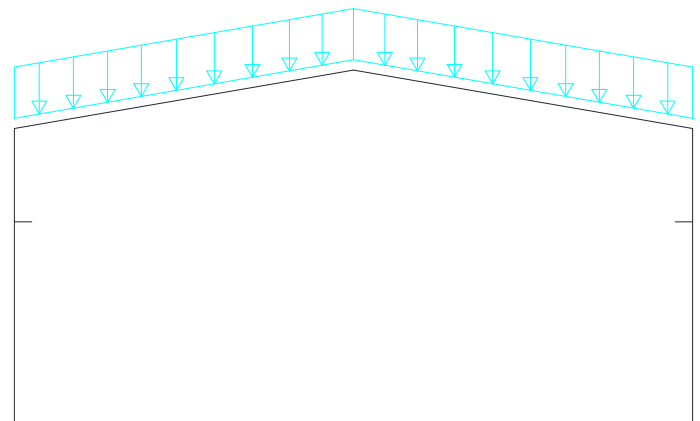


7.1.2- Carga variável - CA

Sobrecarga na cobertura $CA_{cob} = 0.25 \frac{kN}{m^2}$

$CA_{portico} := CA_{cob} \cdot E$

$$CA_{portico} = 1.50 \frac{kN}{m}$$



7.1.3- Cargas da ponte rolante - PR

Carga máxima por roda $R_{max} = 92 kN$

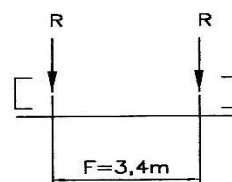
Carga mínima por roda $R_{min} = 36.8 kN$

Impacto vertical (NBR 8800- B4.4) $I = 25\%$

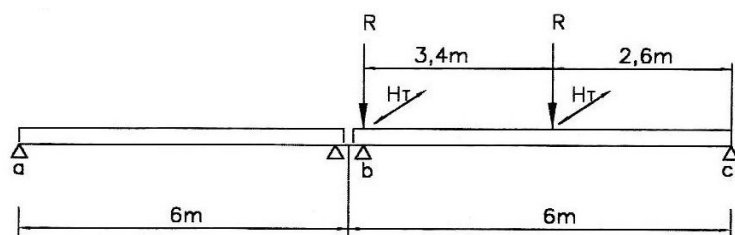
Distância entre rodas $F = 3.4 m$

Número de rodas $N_{rod} = 2$

Força transversal $HT = 7.5 kN$



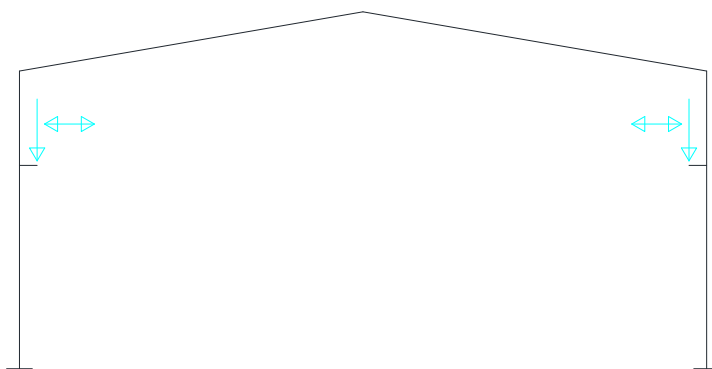
Reações nos consoles:



$$R_{bmax} := R_{max} \cdot (I + 1) \cdot \left[1 + \frac{(E - F)}{E} \right] \quad R_{bmax} = 165 kN$$

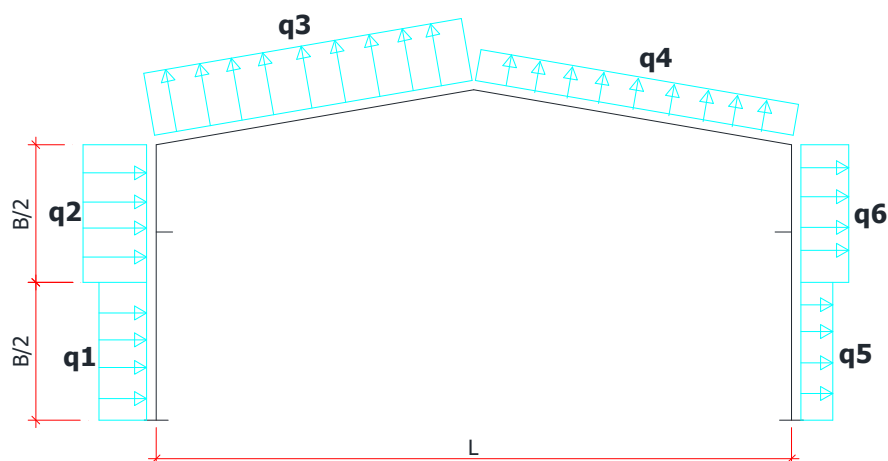
$$R_{bmin} := R_{min} \cdot (I + 1) \cdot \left[1 + \frac{(E - F)}{E} \right] \quad R_{bmin} = 66 kN$$

$$R_{bHT} := HT \cdot \left[1 + \frac{(E - F)}{E} \right] \quad R_{bHT} = 11 kN$$



7.1.4- Forças devidas aos ventos - CV

De acordo com as combinações e cargas definidas no item 2.4.



Combinação A

$$q1A = 2.29 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q2A = 2.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q3A = -2.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q4A = -0.28 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q5A = -0.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q6A = -0.54 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Combinação B

$$q1B = 1.60 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q2B = 1.90 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q3B = -3.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q4B = -1.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q5B = -1.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q6B = -1.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

7.1.5- Forças nocionais - FN

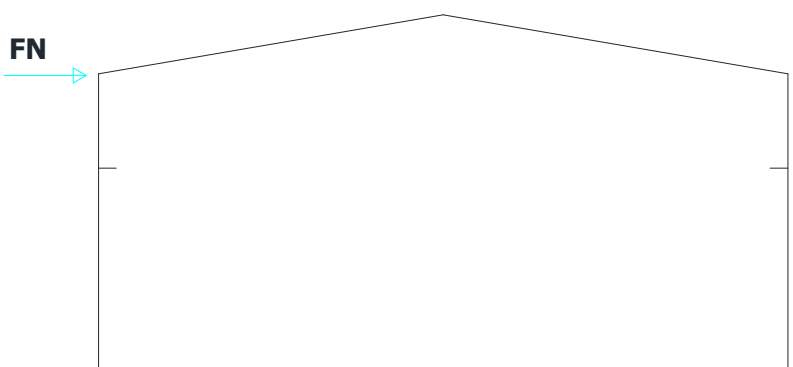
Deve ser aplicada em todas as combinações uma força fictícia, denominada "Força nocional" que representa as imperfeições geométricas igual a 0,3% das cargas gravitacionais de cálculo ($1,25 \cdot CP + 1,5 \cdot CA$).

$$CP_{FN} := CP_{portico} \cdot L + CP_{concportico} \cdot 2 + CP_{console} \cdot 2 + R_{bmax} + R_{bmin}$$

$$CP_{FN} = 271 \text{ kN}$$

$$CA_{FN} := CA_{portico} \cdot L \quad CA_{FN} = 30 \text{ kN}$$

$$FN := 0.003 \cdot (1.25 \cdot CP_{FN} + 1.5 \cdot CA_{FN}) \quad FN = 1.15 \text{ kN}$$



7.1.6- Combinações para os pórticos

De acordo com as combinações e cargas definidas nos itens 2.6 e 2.7.

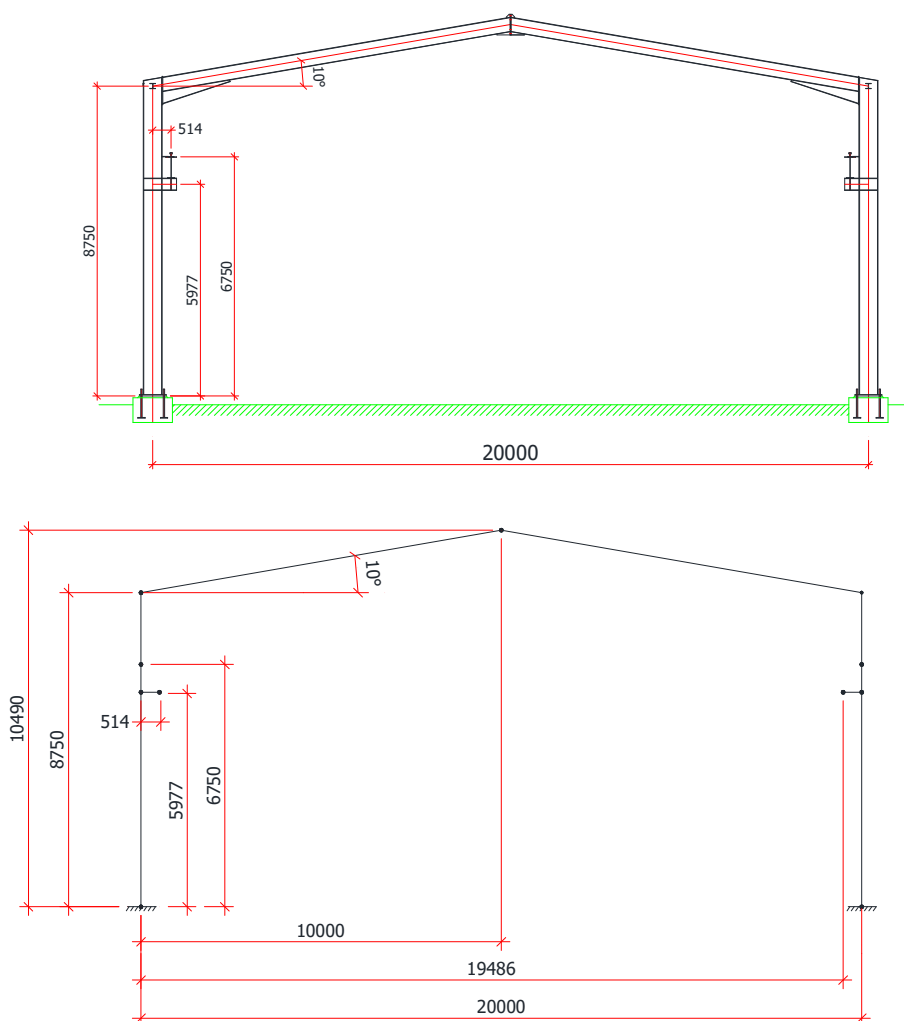
Resistência VII - Pórticos

$$\begin{aligned} &1,25 \cdot CP + 1,5 \cdot CA + FN \\ &1,0 \cdot CP + 1,4 \cdot CV + FN \\ &1,25 \cdot CP + 1,5 \cdot CA + 1,5 \cdot (PRV + PRH) + FN \\ &1,0 \cdot CP + 1,0 \cdot CA + 1,0 \cdot PRV + 1,4 \cdot 0,6 \cdot CV + FN \\ &1,0 \cdot CP + 1,0 \cdot 0,7 \cdot CA + 1,0 \cdot PRV + 1,4 \cdot CV + FN \end{aligned}$$

Serviço V - Pórticos

vertical	$CP + CA$	$< L/350$ rara
horizontal	$CP + CV$	$< H/300$ rara
horizontal	$CP + 0,8 \cdot (PRV + PRH)$	$< h/400$ frequente
horizontal	$CP + 0,5 \cdot PRV + 0,3 \cdot CV$	$< H/400$ frequente

7.1.7- Modelo para processamento em computador



7.1.8- Resultados do computador

NOTA: Os resultados dos esforços no pórtico, dependem do software utilizado.

Vigas do pórtico - Esforços solicitantes de cálculo:

$$N_{sdv} := 38.8 \cdot \text{kN}$$

$$M_{sdv} := 10161 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}$$

$$Q_{sdv} := 32.9 \cdot \text{kN}$$

Pilares do pórtico - Esforços solicitantes de cálculo:

$$N_{sdp} := 313 \cdot \text{kN}$$

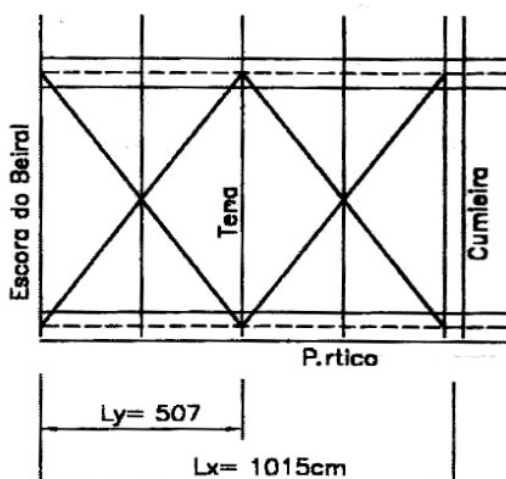
$$M_{sdp} := 16597 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}$$

$$Q_{sdp} := 49.3 \cdot \text{kN}$$

7.2- Dimensionamento da viga do pórtico

$$N_{sdv} = 38.8 \text{ kN}$$

$$M_{sdv} = 10161 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$



Comp. destravado XX

$$L_x := \frac{L}{2 \cdot \cos(\theta)}$$

$$L_x = 1015 \text{ cm}$$

Comp. destravado YY

$$L_y := \frac{L_x}{2}$$

$$L_y = 508 \text{ cm}$$

Comp. destravado á torção..

$$L_z := \frac{L_x}{2}$$

$$L_z = 508 \text{ cm}$$

Propriedades do Aço:

ASTM A572 Grau 50

$$f_{yL} := 34.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y := f_{yL}$$

Propriedades Geométricas:

Seja W 410x53,0

$$d := 40.3 \cdot \text{cm}$$

$$b_f := 17.7 \cdot \text{cm}$$

$$t_f := 1.09 \cdot \text{cm}$$

$$t_w := 0.75 \cdot \text{cm}$$

$$h := 35.7 \cdot \text{cm}$$

$$A_g := 68.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$I_{xv} := 18734 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_x := 929.7 \cdot \text{cm}^3$$

$$Z_x := 1052.2 \cdot \text{cm}^3$$

$$r_x := 16.55 \cdot \text{cm}$$

$$I_t := 23.38 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_y := 1009 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_y := 114 \cdot \text{cm}^3$$

$$Z_y := 176.9 \cdot \text{cm}^3$$

$$r_y := 3.84 \cdot \text{cm}$$

$$C_w := 387194 \cdot \text{cm}^6$$

$$I_t := 23.38 \cdot \text{cm}^4$$

$$r_0 := \sqrt{r_x^2 + r_y^2} \quad r_0 = 16.99 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{t_w} = 47.60 < 5.7 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} = 137$$

$$\text{alma} := \begin{cases} \text{"alma esbelta-Anexo E"} & \text{if } \frac{h}{t_w} > 5.7 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \text{"alma não-esbelta-Anexo D"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

alma = "alma não-esbelta-Anexo D"

Momento Fletor resistente de cálculo

Comentários

Verificação do ELU de flambagem local da alma- FLA

$$M_{pl} := Z_x \cdot f_y \quad M_r := (0.7 \cdot f_y) \cdot W_x$$

$$FLA := \begin{cases} \min(M_{pl}, 1.5 \cdot W_x \cdot f_y) & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \left[M_{pl} - [(Z_x \cdot f_y) - M_r] \cdot \left(\frac{\frac{h}{t_w} - 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}}{5.70 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} - 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}} \right) \right] & \text{if } 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ 0 & \text{if } \frac{h}{t_w} > 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \end{cases}$$

$$FLA = 36301 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Verificação do ELU de flambagem local da mesa comprimida - FLM

$$FLM := \begin{cases} \min(M_{pl}, 1.5 \cdot W_x \cdot f_y) & \text{if } \frac{b_f}{2 \cdot t_f} \leq 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \left(\frac{\frac{b_f}{2 \cdot t_f} - 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}}{1.00 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} - 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}} \right) \right] & \text{if } 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} < \frac{b_f}{2 \cdot t_f} \leq 1.00 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \frac{0.69 \cdot E_a \cdot W_x}{\left(\frac{b_f}{2 \cdot t_f} \right)^2} & \text{if } \frac{b_f}{2 \cdot t_f} > 1.00 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \end{cases}$$

$$FLM = 36301 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Verificação do ELU de flambagem lateral por torção - FLT

$$C_b := 1.0$$

$$L_b := L_y$$

$$L_b = 508 \text{ cm}$$

$$L_p := 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}$$

$$L_p = 163 \text{ cm}$$

$$\beta_1 := \frac{M_r}{E_a \cdot I_t} \quad L_r := \left(\frac{1.38 \cdot \sqrt{I_y \cdot I_t}}{I_t \cdot \beta_1} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{27 \cdot C_w \cdot \beta_1^2}{I_y} \right)}} \quad L_r = 462 \text{ cm}$$

$$FLT := \begin{cases} \min(M_{pl}, 1.5 \cdot W_x \cdot f_y) & \text{if } L_b \leq L_p \\ C_b \cdot \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] & \text{if } L_p < L_b \leq L_r \\ \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E_a \cdot I_y}{L_b^2} \cdot \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \cdot \left(1 + 0.039 \cdot \frac{I_t \cdot L_b^2}{C_w} \right)} & \text{if } L_b > L_r \end{cases}$$

Comentários

$$FLT = 19187 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{rd} := \frac{\min(FLA, FLM, FLT)}{1.1}$$

$$M_{rd} = 17443 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$\frac{M_{sdv}}{M_{rd}} = 0.58 < 1.0 \quad \text{ok}$$

Força axial resistente de cálculo

Limite recomendado da esbeltez $\lambda := \max\left(\frac{L_x}{r_x}, \frac{L_y}{r_y}\right) \quad \lambda = 132 < 200 \quad \text{ok}$

NBR 8800
item 5.3.7

$$N_{ex} := \frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot I_{xv}}{L_x^2} \quad N_{ey} := \frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot I_y}{L_y^2} \quad N_{ez} := \frac{1}{r_0^2} \cdot \left(\frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot C_w}{L_z^2} + G_t \cdot I_t \right)$$

Força axial de flambagem $N_e := \min(N_{ex}, N_{ey}, N_{ez}) \quad N_e = 773 \text{ kN}$

Índice de esbeltez reduzido $\lambda_0 := \sqrt{\frac{A_g \cdot f_y}{N_e}} \quad \lambda_0 = 1.75$

Fator de redução $\chi := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda_0^2} \right) & \text{if } \lambda_0 \leq 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda_0^2} \right) & \text{if } \lambda_0 > 1.5 \end{cases} \quad \chi = 0.29$

NBR 8800
item 5.3.2

Área efetiva da seção transversal da barra

Mesas elemento AL $\frac{b_f}{2 \cdot t_f} = 8.12 < \frac{\left(0.56 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \right)}{\sqrt{\chi}} = 25.16$

NBR 8800
tabela 4

Alma elemento AA $\frac{h}{t_w} = 47.6 < \frac{\left(1.49 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \right)}{\sqrt{\chi}} = 66.95$

$$A_{ef} := A_g$$

NBR 8800
item 5.3.4.1

Força axial resistente de cálculo

$$N_{rd} := \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1.10}$$

$$N_{rd} = 616 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{sdv}}{N_{rd}} = 0.06 < 1.00 \quad \text{ok}$$

Ação combinada de força axial e momento fletor

Comentários

É conservativo amplificar a soma dos momentos e da força pelo coeficiente amplificador B_2 que leva em conta os efeitos globais de segunda ordem ($P-\Delta$).
Para $\Delta = h/400$ e $N/H = 20$, temos:

$$B_2 := 1.1$$

$$M_{rd} = 17443 \text{ kN} \cdot \text{cm} > B_2 \cdot M_{sdv} = 11177 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad \text{ok}$$

- Verificação da ação combinada de força axial com momento:

$$\frac{N_{sdv}}{N_{rd}} = 0.06 < 0.2$$

NBR 8800
item 5.5.1.2

$$\frac{B_2 \cdot N_{sdv}}{N_{rd}} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{B_2 \cdot M_{sdv}}{M_{rd}} \right) \text{ if } \frac{N_{sdv}}{N_{rd}} \geq 0.2 = 0.68$$
$$\frac{B_2 \cdot N_{sdv}}{2N_{rd}} + \left(\frac{B_2 \cdot M_{sdv}}{M_{rd}} \right) \text{ if } \frac{N_{sdv}}{N_{rd}} < 0.2$$

$$< 1.0 \quad \text{ok}$$

Aparentemente folgado, mas comandado pelo limite de deformação.

Usar perfil **W 410x53,0**

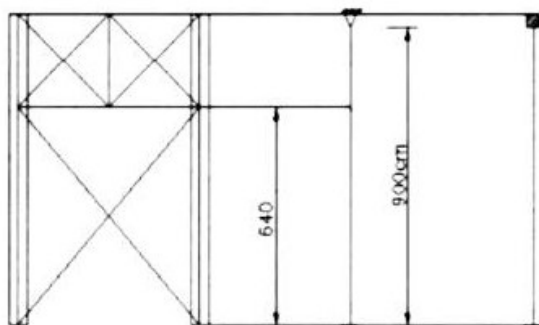
7.3- Dimensionamento dos pilares do pórtico

Comentários

$$N_{sdp} = 313 \text{ kN}$$

$$M_{sdp} = 16597 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$Q_{sdp} = 49.3 \text{ kN}$$



Comp. destravado XX $L_x := B$

$$L_x = 875 \text{ cm}$$

Comp. destravado YY $L_y := 640 \cdot \text{cm}$

$$L_y = 640 \text{ cm}$$

Comp. destravado á torção.. $L_z := 640 \cdot \text{cm}$

$$L_z = 640 \text{ cm}$$

Propriedades do Aço:
ASTM A572 Grau 50

$$f_{yL} := 34.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y := f_{yL}$$

Propriedades Geométricas:

Seja W 530x82,0

$$d := 52.8 \cdot \text{cm}$$

$$A_g := 104.5 \cdot \text{cm}^2$$

$$I_t := 51.23 \cdot \text{cm}^4$$

$$C_w := 1340255 \cdot \text{cm}^6$$

$$b_f := 20.9 \cdot \text{cm}$$

$$I_{xc} := 47569 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_y := 2028 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_t := 51.23 \cdot \text{cm}^4$$

$$t_f := 1.33 \cdot \text{cm}$$

$$W_x := 1801.8 \cdot \text{cm}^3$$

$$W_y := 194.1 \cdot \text{cm}^3$$

$$u := 1.85 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

$$t_w := 0.95 \cdot \text{cm}$$

$$Z_x := 2058.5 \cdot \text{cm}^3$$

$$Z_y := 302.7 \cdot \text{cm}^3$$

$$h := 47.7 \cdot \text{cm}$$

$$r_x := 21.34 \cdot \text{cm}$$

$$r_y := 4.41 \cdot \text{cm}$$

$$r_0 := \sqrt{r_x^2 + r_y^2} \quad r_0 = 21.79 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{t_w} = 50.21 < 5.7 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} = 137$$

alma := $\left\{ \begin{array}{l} \text{"alma esbelta-Anexo E"} \text{ if } \frac{h}{t_w} > 5.7 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \text{"alma não-esbelta-Anexo D"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$

alma = "alma não-esbelta-Anexo D"

Momento Fletor resistente de cálculo

Comentários

Verificação do ELU de flambagem local da alma- FLA

$$M_{pl} := Z_x \cdot f_y \quad M_r := (0.7 \cdot f_y) \cdot W_x$$

$$FLA := \begin{cases} \min(M_{pl}, 1.5 \cdot W_x \cdot f_y) & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \left[M_{pl} - [(Z_x \cdot f_y) - M_r] \cdot \left(\frac{\frac{h}{t_w} - 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}}{5.70 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} - 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}} \right) \right] & \text{if } 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ 0 & \text{if } \frac{h}{t_w} > 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \end{cases}$$

$$FLA = 71018 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Verificação do ELU de flambagem local da mesa comprimida - FLM

$$FLM := \begin{cases} \min(M_{pl}, 1.5 \cdot W_x \cdot f_y) & \text{if } \frac{b_f}{2 \cdot t_f} \leq 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \left(\frac{\frac{b_f}{2 \cdot t_f} - 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}}{1.00 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} - 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}} \right) \right] & \text{if } 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} < \frac{b_f}{2 \cdot t_f} \leq 1.00 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \\ \frac{0.69 \cdot E_a \cdot W_x}{\left(\frac{b_f}{2 \cdot t_f} \right)^2} & \text{if } \frac{b_f}{2 \cdot t_f} > 1.00 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}} \end{cases}$$

$$FLM = 71018 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Verificação do ELU de flambagem lateral por torção - FLT

$$C_b := 1.0$$

$$L_b := L_y$$

$$L_b = 640 \text{ cm}$$

$$L_p := 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}$$

$$L_p = 187 \text{ cm}$$

$$\beta_1 := \frac{M_r}{E_a \cdot I_t} \quad L_r := \left(\frac{1.38 \cdot \sqrt{I_y \cdot I_t}}{I_t \cdot \beta_1} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{27 \cdot C_w \cdot \beta_1^2}{I_y} \right)}} \quad L_r = 532 \text{ cm}$$

$$FLT := \begin{cases} \min(M_{pl}, 1.5 \cdot W_x \cdot f_y) & \text{if } L_b \leq L_p \\ C_b \cdot \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] & \text{if } L_p < L_b \leq L_r \\ \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E_a \cdot I_y}{L_b^2} \cdot \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \cdot \left(1 + 0.039 \cdot \frac{I_t \cdot L_b^2}{C_w} \right)} & \text{if } L_b > L_r \end{cases}$$

FLT = 31885 kN · cm

Comentários

$$M_{rd} := \frac{\min(FLA, FLM, FLT)}{1.1} \quad \boxed{M_{rd} = 28987 \text{ kN} \cdot \text{cm}} \quad \frac{M_{sdp}}{M_{rd}} = 0.57 < 1.0 \quad \text{ok}$$

Força axial resistente de cálculo

Considerando $L_c = k \cdot L$

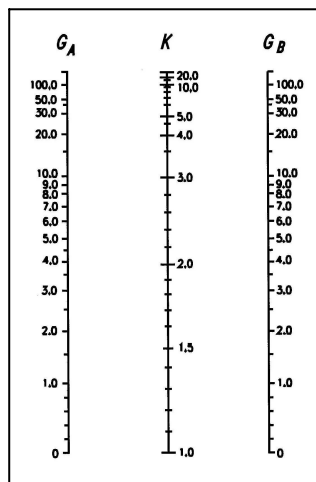
$$G_A := \frac{\frac{I_{xc}}{B}}{\frac{I_{xv}}{L}} \quad G_A = 5.8$$

Base engastada $G_B := 1.0$

$k_y := 1.0$

$k_z := 1.0$

Ábaco ->



---> $k_x := 1.75$

AISC E2

Limite recomendado da esbeltez $\lambda := \max\left(\frac{k_x \cdot L_x}{r_x}, \frac{k_y \cdot L_y}{r_y}\right) \quad \lambda = 145 < 200$

$$N_{ex} := \frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot I_{xc}}{(k_x \cdot L_x)^2} \quad N_{ey} := \frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot I_y}{(k_y \cdot L_y)^2} \quad N_{ez} := \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot C_w}{(k_z \cdot L_z)^2} + G_t \cdot I_t \right]$$

Força axial de flambagem $N_e := \min(N_{ex}, N_{ey}, N_{ez}) \quad N_e = 977 \text{ kN}$

Índice de esbeltez reduzido $\lambda_o := \sqrt{\frac{A_g \cdot f_y}{N_e}} \quad \lambda_o = 1.92$

Fator de redução $\chi := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda_o^2} \right) & \text{if } \lambda_o \leq 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda_o^2} \right) & \text{if } \lambda_o > 1.5 \end{cases} \quad \chi = 0.24$

NBR 8800 item 5.3.7

NBR 8800 item 5.3.2

Área efetiva da seção transversal da barra

Mesas elemento AL $\frac{b_f}{2 \cdot t_f} = 7.86 < \frac{\left(0.56 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}\right)}{\sqrt{\chi}} = 27.65$

Alma elemento AA $\frac{h}{t_w} = 50.21 < \frac{\left(1.49 \cdot \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}\right)}{\sqrt{\chi}} = 73.58$ **A_{ef} := A_g**

Força axial resistente de cálculo

$N_{rd} := \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1.10}$ **N_{rd} = 779 kN** $\frac{N_{sdp}}{N_{rd}} = 0.40 < 1.00$ **ok**

NBR 8800
tabela 4

NBR 8800
item 5.3.4.1

Ação combinada de força axial e momento fletor

É conservativo amplificar a soma dos momentos e da força pelo coeficiente amplificador B₂ que leva em conta os efeitos globais de segunda ordem (P-Δ).
Para Δ = h/400 e N/H = 20, temos:

B₂ := 1.1

$M_{rd} = 28987 \text{ kN} \cdot \text{cm} > B_2 \cdot M_{sdp} = 18257 \text{ kN} \cdot \text{cm}$ **ok**

- Verificação da ação combinada de força axial com momento:

$\frac{N_{sdp}}{N_{rd}} = 0.40 > 0.2$

NBR 8800
item 5.5.1.2

$\frac{B_2 \cdot N_{sdp}}{N_{rd}} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{B_2 \cdot M_{sdp}}{M_{rd}}\right)$ if $\frac{N_{sdp}}{N_{rd}} \geq 0.2 = 1.0$ **~ 1.0 ok**

$\frac{B_2 \cdot N_{sdp}}{2N_{rd}} + \left(\frac{B_2 \cdot M_{sdp}}{M_{rd}}\right)$ if $\frac{N_{sdp}}{N_{rd}} < 0.2$

Usar perfil **W 530x82,0**

7.4- Dimensionamento das bases do pórtico

7.4.1- Cargas atuantes nas bases dos pórticos

$$N_{sd} = 313 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 16597 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$Q_{sd} = 49.3 \text{ kN}$$

7.4.2- Calculo da placa de base

Seja: $B_{pl} := 35 \cdot \text{cm}$ $N_{sd} := N_{sd}$ $M_{sd} := M_{sd}$ $H_{sd} := Q_{sd}$

$$f_{ck} = 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c := 0.85 \cdot 0.65 \cdot f_{ck}$$

$$f_c = 1.38 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$L_{nec} := \frac{N_{sd}}{2 \cdot B_{pl} \cdot f_c} + \sqrt{\left[\frac{N_{sd}}{(2 \cdot B_{pl} \cdot f_c)} \right]^2 + \frac{6 \cdot M_{sd}}{B_{pl} \cdot f_c}} \quad L_{nec} = 48.74 \text{ cm}$$

Adotado $L_{pl} := 75 \cdot \text{cm}$

Tensão do concreto sob a placa:

$$A_1 := B_{pl} \cdot L_{pl} \quad A_2 := 70 \cdot \text{cm} \cdot 110 \cdot \text{cm}$$

$$f_{cmax} := \frac{N_{sd}}{B_{pl} \cdot L_{pl}} + \frac{6 \cdot M_{sd}}{B_{pl} \cdot L_{pl}^2} \quad f_{cmax} = 0.63 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 0.35 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{cmin} := \frac{N_{sd}}{B_{pl} \cdot L_{pl}} - \frac{6 \cdot M_{sd}}{B_{pl} \cdot L_{pl}^2} \quad f_{cmin} = -0.39 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo do C: $C_1 := \frac{f_{cmax} \cdot L_{pl}}{(f_{cmax} + |f_{cmin}|)} \quad C_1 = 46.34 \text{ cm}$

Cálculo da espessura da placa:

$$f_y = 34.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad d = 0.53 \text{ m}$$

$$M_{pu} := \frac{\left[f_{cmax} - \frac{f_{cmax} \cdot \left(\frac{L_{pl} - d}{2} \right)}{C_1} \right] \cdot \left(\frac{L_{pl} - d}{2} \right)^2}{2} + \frac{\left[f_{cmax} \cdot \left(\frac{L_{pl} - d}{2} \right) \right] \cdot \left(\frac{L_{pl} - d}{2} \right)^2}{3}$$

$$M_{pu} = 35.43 \text{ kN} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{cm}}$$

$$t_{min} := \sqrt{\frac{6 \cdot M_{pu}}{f_y}}$$

$$t_{min} = 2.48 \text{ cm}$$

Adotado $t_{pl} := 3.2 \cdot \text{cm}$

Como é uma região de difícil reparo é recomendável adicionar um mínimo de 5 mm na espessura para uma maior sobrevida.

7.4.3- Calculo dos chumbadores

Limite de escoamento A36: $f_{yc} := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$l_c := 6 \cdot \text{cm}$

$$Y := L_{pl} - \frac{C_1}{3} - l_c$$

$Y = 53.55 \text{ cm}$

$$a_1 := \frac{L_{pl}}{2} - \frac{C_1}{3}$$

$a_1 = 22.05 \text{ cm}$

$$T_{sd} := \frac{M_{sd} - N_{sd} \cdot a_1}{Y}$$

$T_{sd} = 181 \text{ kN}$

Seja chumbadores: $\text{diam} := 3.8 \cdot \text{cm}$

número de chumbadores $\text{nc} := 2$

$$f_{tu} := \frac{T_{sd}}{\text{nc} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \text{diam}^2}{4} \right)}$$

$$f_{tu} = 7.98 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \frac{f_{yc}}{1.1} = 22.73 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{vu} := \frac{H_{sd}}{\text{nc} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \text{diam}^2}{4} \right)}$$

$$f_{vu} = 2.17 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \frac{0.6f_{yc}}{1.1} = 13.64 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{tvu} := \sqrt{f_{tu}^2 + 3 \cdot f_{vu}^2}$$

$$f_{tvu} = 8.82 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \frac{f_{yc}}{1.1} = 22.73 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Comprimento mínimo dos chumbadores:

distância entre chumbadores $X := 16 \cdot \text{cm}$

$$T_{csd} := \frac{T_{sd}}{\text{nc}} \quad T_{csd} = 91 \text{ kN}$$

$$A_{cone} := \frac{T_{csd}}{0.055 \cdot f_{ck}} \quad A_{cone} = 658 \text{ cm}^2$$

$$L_{ch} := \max \left(12 \cdot \text{diam}, \sqrt{\frac{A_{cone}}{\pi}} \right)$$

$L_{ch} = 46 \text{ cm}$

Como é uma região de difícil reparo é recomendável adicionar um mínimo de 3 mm ao diâmetro para uma maior sobrevida.

7.4.4- Solda da ligação pilar-placa

$$W_x = 1801.8 \text{ cm}^3$$

perímetro da solda $u = 1.85 \text{ m}$

$$f_{bs} := \frac{M_{sd}}{W_x} \quad f_{bs} = 9.21 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{vs} := \frac{H_{sd}}{u \cdot 1 \cdot \text{cm}} \quad f_{vs} = 0.27 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{bvs} := \left(\sqrt{f_{bs}^2 + 3 \cdot f_{vs}^2} \right) \cdot 1 \cdot \text{cm}$$

$$f_{bvs} = 9.22 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Resistência da solda E70:

$$f_w = 48.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{vs} := \frac{0.6 \cdot f_w}{1.35}$$

$$F_{vs} = 21.6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Resistência de 1 cm de filete de 1mm:

$$R_{\text{filete}} := F_{vs} \cdot 0.707$$

$$R_{\text{filete}} = 1.52 \frac{\frac{\text{kN}}{\text{cm}}}{\text{mm}}$$

Filete de solda necessário:

$$\text{Filete} := \frac{f_{bvs}}{R_{\text{filete}}}$$

$$\boxed{\text{Filete} = 6 \text{ mm}}$$

Solda mínima **8 mm**