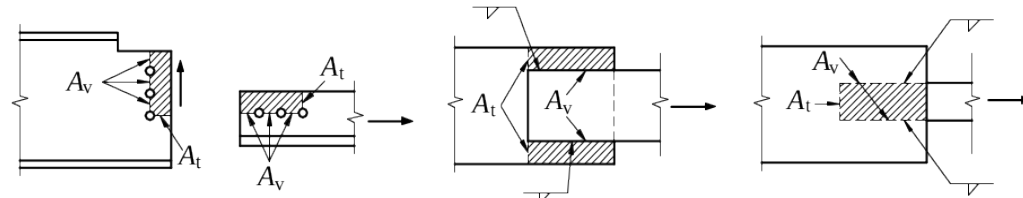
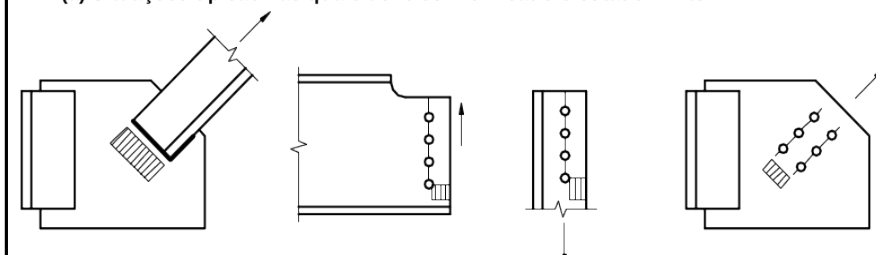


$t_w = \frac{\sqrt{2}}{2}w$	$l_w = 1,2L_w - 0,002 \left(\frac{L_w^2}{w} \right) \begin{cases} \geq 0,6 \\ \leq 1,0 \end{cases}$	$A_w = t_w l_w$	$A_{MB} = l_w t$	$t \leq 6,35 \rightarrow w_{min} = 3,0; \quad 6,35 < t \leq 12,5 \rightarrow w_{min} = 5,0$	$t < 6,35 \rightarrow w_{max} < t$	$12,5 < t \leq 19,0 \rightarrow w_{min} = 6,0; \quad t > 19 \rightarrow w_{min} = 8,0$	$t \geq 6,35 \rightarrow w_{max} \leq t - 1,5$			
$l_w > \begin{cases} 4w \\ 40 \text{ mm} \end{cases}$	$l_w > b$	$l_{so} > \begin{cases} 8t_{min} \\ 25 \text{ mm} \end{cases}$	$N_{t,sd} \leq N_{t,MB,Rd}$	$V_{sd} \leq V_{w,Rd}$	$V_{sd} \leq V_{MB,Rd}$	$V_{w,Rd} = 0,6 \frac{A_w f_w}{\gamma_{w2}}$	$\gamma_{w2} = \begin{cases} 1,35 \text{ nor.} \\ 1,15 \text{ exc.} \end{cases}$	$N_{t,MB,Rd} = \begin{cases} A_{t,MB} f_y \gamma_{a1}^{-1} & \text{ELUE} \\ C_t A_{t,MB} f_u \gamma_{a2}^{-1} & \text{ELUR} \end{cases}$		
$V_{MB,Rd} = \frac{0,6 A_{v,MB} f_y}{\gamma_{a1}}$	$A_{t,MB} = t l_w$	$A_{v,MB} = t_v l_w$	$f_{P,x}^w = \frac{P_x}{l_w t_w}$	$f_{P,y}^w = \frac{P_y}{l_w t_w}$	$f_{M,x}^w = \frac{M d_y}{I_p^w}$	$f_{M,y}^w = \frac{M d_x}{I_p^w}$	$[(f_{P,x}^w + f_{M,x}^w)^2 + (f_{P,y}^w + f_{M,y}^w)^2]^{\frac{1}{2}} \leq \frac{0,6 t_w f_w}{\gamma_{w2}}$			
$I_p^w = I_x^w + I_y^w$	$f_{P,x}^{MB} = \frac{P_x}{l_w t_{MB}}$	$f_{P,y}^{MB} = \frac{P_y}{l_w t_{MB}}$	$f_{M,x}^{MB} = \frac{M}{W_x^{MB}}$	$f_{M,y}^{MB} = \frac{M}{W_y^{MB}}$	$W_x^{MB} = \frac{I_x^{MB}}{y_{max}}$	$W_y^{MB} = \frac{I_y^{MB}}{x_{max}}$	$\left[\left(\frac{f_{P,x}^{MB}}{f_{rd}^{MB}} + \frac{f_{M,x}^{MB}}{f_{rd}^{MB}} \right)^2 + \left(\frac{f_{P,y}^{MB}}{f_{rd}^{MB}} + \frac{f_{M,y}^{MB}}{f_{rd}^{MB}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \leq 1,0$			
$f_{rd}^{MB} = \begin{cases} f_y \gamma_{a1}^{-1}(t) \text{ ou } t_{MB} f_y \gamma_{a1}^{-1}(t, I_{unit}^{MB}) \\ 0,6 f_y \gamma_{a1}^{-1}(v) \text{ ou } 0,6 t_{MB} f_y \gamma_{a1}^{-1}(v, I_{unit}^{MB}) \end{cases}$	$M_{area,t} = M_{area,c}$	$A_t d_{cg,t,LN} = A_c d_{cg,c,LN}$	$F_{r,Rd} = \frac{1}{\gamma_{a2}} (0,6 f_y A_v + C_{ts} f_u A_t) \geq F_{sd}$							
$\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ d \\ \downarrow \end{array} \right] \bar{y} = \frac{d}{2}; W_x = \frac{d^2}{6}; I_p = \frac{d^3}{12}$	$\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ b \\ \downarrow \end{array} \right] \bar{x} = \frac{b}{2} = \bar{y}; W_x = \frac{d^2}{3}; I_p = \frac{d(2b^2 + d^2)}{6}$	$\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ b \\ \downarrow \end{array} \right] \bar{x} = \frac{b}{2}; \bar{y} = \frac{d}{2}; W_x = bd; I_p = \frac{b(3d^2 + b)}{6}$	$\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ b \\ \downarrow \end{array} \right] \bar{x} = \frac{b}{2}; \bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}; W_x = \frac{2bd + d^2}{3}$							
$\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ b \\ \downarrow \end{array} \right] \bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)} = \bar{y}; W_x = \frac{4bd + d^2}{6}; I_p = \frac{(b+d)^4 - 6b^2 d^2}{12(b+d)}$	$\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ b \\ \downarrow \end{array} \right] \bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}; \bar{y} = \frac{d}{2}; W_x = bd + \frac{d^2}{2}; I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$	$I_p = \frac{b^3 + 6b^2 d + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{2d+b}$								
d_b	Furo padrão	Furo alargado	Furo pouco alongado	Furo muito alongado	$e_{cg,furos,min} \geq 3,0 d_b$	$e_{cg,furos,max} \leq 24 t_{min}$ ou 300mm (sem corrosão)				
≤ 24	$d_b + 1,5$	$d_b + 5,0$	$d_b + 1,5 \times d_b + 6,0$	$d_b + 1,5 \times 2,5 d_b$	$e_{bordas,furos} \geq d_b$	$e_{cg,furos,max} \leq 14 t_{min}$ ou 180mm (com corrosão)				
27	28,5	33	28,5 x 35	28,5 x 67,5	$\beta = 0,0$ (padrão e alongados direção paralela); $\beta = 0,12$ (alargados);					
≥ 30	$d_b + 1,5$	$d_b + 8,0$	$d_b + 1,5 \times d_b + 9,5$	$d_b + 1,5 \times 2,5 d_b$	Alongados direção perpendicular: $\beta = 0,2$ (pouco) ou $\beta = 0,75$ (muito);					
Cortadas: $d_b \rightarrow e_{cg,furo-borda}^{min}: 16 \rightarrow 29 + \beta d_b \mid 20 \rightarrow 35 + \beta d_b \mid 22 \rightarrow 38 + \beta d_b \mid 24 \rightarrow 42 + \beta d_b$					$27 \rightarrow 50 + \beta d_b$	$30 \rightarrow 53 + \beta d_b$	$36 \rightarrow 64 + \beta d_b \mid \geq 36 \rightarrow \geq 1,75 d_b + \beta d_b$			
Laminadas: $d_b \rightarrow e_{cg,furo-borda}^{min}: 16 \rightarrow 22 + \beta d_b \mid 20 \rightarrow 27 + \beta d_b \mid 22 \rightarrow 29 + \beta d_b \mid 24 \rightarrow 31 + \beta d_b$					$27 \rightarrow 38 + \beta d_b$	$30 \rightarrow 39 + \beta d_b$	$36 \rightarrow 46 + \beta d_b \mid \geq 36 \rightarrow \geq 1,25 d_b + \beta d_b$			
$e_{cg,furo-borda}^{max} \leq \begin{cases} 12t \\ 150mm \end{cases}$	$F_{t,rd} \geq F_{t,sd}$	$F_{v,rd} \geq F_{v,sd}$	$F_{p,rd} \geq F_{p,sd}$	$F_{f,rd} \geq F_{f,sd}$	$\sqrt{\left(\frac{F_{t,sd}}{F_{t,rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,sd}}{F_{v,rd}} \right)^2} \leq 1,0$	Exceto par. protendido: ($l_{pega} = \sum t_i$, t_i esp. ligadas) $l_{pega} \geq 5 d_b \rightarrow F_{rd,corr} = (l_{pega} - 5 d_b) F_{rd} / 150$				
Ligações por contato, barras tracionadas: $l_{lig.} \geq 1270mm \rightarrow F_{sd,corr} = 1,25 \times F_{sd}$		$F_{v,rd} = \frac{C_{pc} A_b f_{ub}}{\gamma_{a2}}, C_{pc} = \begin{cases} 0,4 \text{ corte rosca} \\ 0,5 \text{ corte não rosca} \end{cases}$		$F_{t,rd} = \frac{0,75 A_b f_{ub}}{\gamma_{a2}} \left(\leq \frac{A_b f_y}{\gamma_{a1}} \text{ bar. red. rosc.} \right)$	$F_{p,rd} = \frac{C_{pl} l_f t f_u}{\gamma_{a2}} \leq \frac{C_{fp} d_b t f_u}{\gamma_{a2}}$					
$C_{pl} = 1,2$ e $C_{fp} = 2,4 \rightarrow ELS_{limitante}$	Muitos alongados perp. à força			$F_{f,rd} = \frac{1,13 \mu C_h F_{Tb} n_s}{\gamma_e} \left(1 - \frac{F_{t,sd}}{1,13 F_{Tb}} \right)$	$F_{f,rk} = 0,8 \mu C_h F_{Tb} n_s \left(1 - \frac{F_{t,sk}}{1,13 F_{Tb}} \right)$	n_s - número de planos de corte				
$C_{pl} = 1,5$ e $C_{fp} = 3,0 \rightarrow ELS_{\bar{n},limitante}$	$C_{pl} = 1,0$ e $C_{fp} = 2,0$	$\gamma_e = \begin{cases} 1,2 - \text{normais, especiais} \\ 1,0 - \text{excepcionais} \end{cases}$	Superfície μ	Classe A e B 0,35	Classe C 0,50	Galv. a quente 0,20	Furo padrão 1,0	alarg. e pouco along. 0,85	muito along. 0,70	$F_{t,sk} \rightarrow \text{comb. raras ou } F_{t,sk} \cong 0,7 F_{t,sd}$
A325 $d_b \rightarrow F_{Tb}: 16 \rightarrow 91$	20 $\rightarrow 142$	22 $\rightarrow 176$	24 $\rightarrow 205$	27 $\rightarrow 267$	30 $\rightarrow 326$	36 $\rightarrow 475$	$F_{t,sd} = \frac{N_{t,sd}}{n_p} \left[1 + \frac{\alpha \delta}{(1 + \alpha \delta) a} \frac{b}{a} \right]$	$\alpha = \frac{M_2}{M_1} = \begin{cases} 1,0 \text{ rótulas (conserv.)} \\ 0,0 \text{ s/ efeito. alavanca} \end{cases}$		
A490 $d_b \rightarrow F_{Tb}: 16 \rightarrow 114$	20 $\rightarrow 179$	22 $\rightarrow 221$	24 $\rightarrow 257$	27 $\rightarrow 334$	30 $\rightarrow 408$	36 $\rightarrow 595$	a - dist. do cg furo à borda $+ 1/2 d_b$;	$R_x^i = \frac{P_x}{n} + \frac{M y_i}{\sum_{i=1}^n d_i^2}$	$R_y^i = \frac{P_y}{n} + \frac{M x_i}{\sum_{i=1}^n d_i^2}$	b - dist. do cg furo ao eixo alma $- 1/2 d_b$.
Se (p/ esp.): $M_{sd} \leq M_{pl} = Z f_y \rightarrow F_{t,rd,corr} = 0,333 F_{t,rd}$	$\delta = \frac{A_e}{A_g} = \frac{A_g - A_{furos}}{A_g}$									
Se (p/ esp.): $M_{sd} \leq M_e = W f_y \rightarrow F_{t,rd,corr} = 0,25 F_{t,rd}$										
$\sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (x_i^2 + y_i^2)$	$F_{v,sd} = \sqrt{(R_x^i)^2 + (R_y^i)^2} \leq F_{v,rd}$	$\sqrt{\left(\frac{R_x^i}{F_{p,rd,x}} \right)^2 + \left(\frac{R_y^i}{F_{p,rd,y}} \right)^2} \leq 1,0$	$M_{area,t} = M_{area,c}$	Largura área tração: $l_{At} = m A_p p^{-1}$		m - núm. parafusos por linha		p - espaço vertical dos parafusos		
$F_{t,sd}^{exc,f} = \frac{M A_p}{W_x}$	$F_{v,sd}^{exc,f} = \frac{P}{n}$	$\sqrt{\left(\frac{F_{t,sd}^{exc,f}}{F_{t,rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,sd}^{exc,f}}{F_{v,rd}} \right)^2} \leq 1,0$	$F_{v,sd}^{exc,f} \leq F_{p,rd}$	$F_{r,rd} = \frac{1}{\gamma_{a2}} (0,6 F_u A_{nv} + C_{ts} f_u A_{nt}) \leq \frac{1}{\gamma_{a2}} (0,6 f_y A_{gv} + C_{ts} f_u A_{nt}) \leq F_{sd}$	$C_{ts} = \begin{cases} 1,0 \text{ uniforme} \\ 0,5 \text{ não unif.} \end{cases}$					

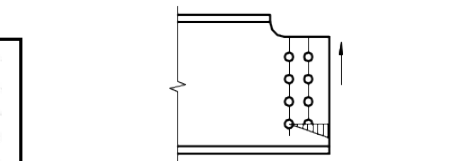
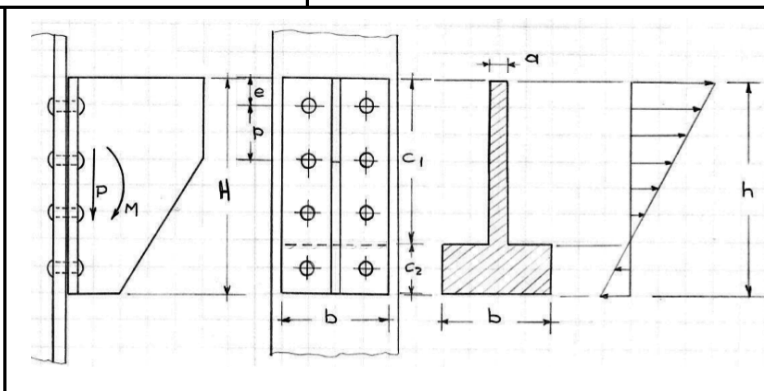
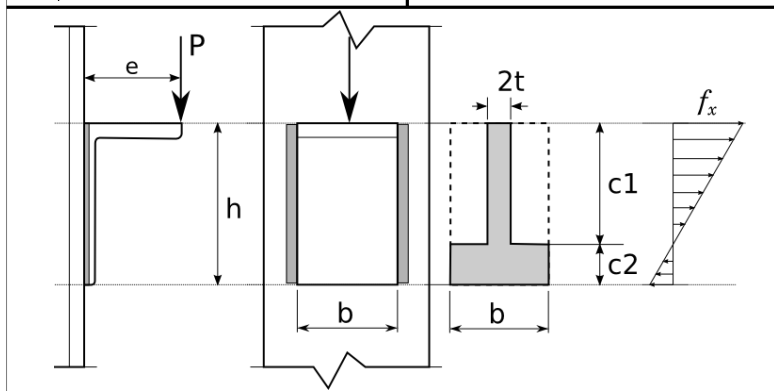
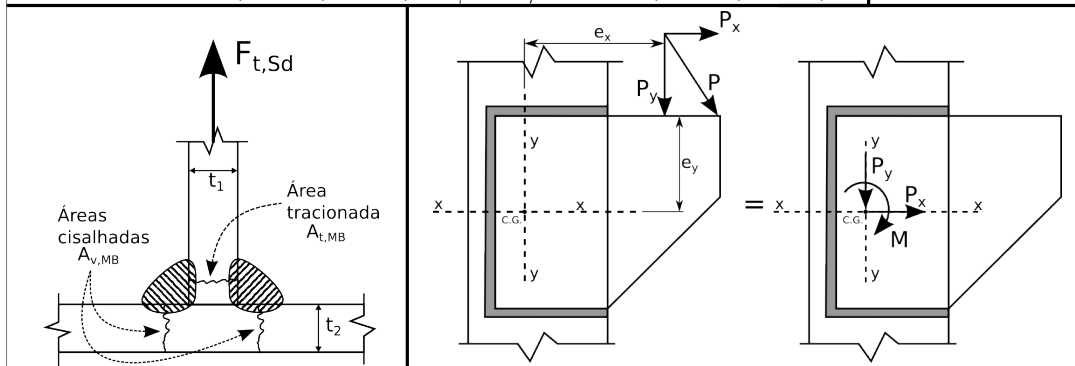
$A_{nv} = A_{gv} - A_{furos,v}$ $A_{nt} = A_{gt} - A_{furos,t}$	$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} \cdot F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{0j} \cdot \gamma_{qj} \cdot F_{Qj,k})$	$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{Gi,k}) + F_{Q,exec} + \sum_{j=2}^n (\psi_{0j} \cdot \gamma_{qj} \cdot F_{Qj,k})$	$F_{ser}^R = \sum F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum \psi_{1j} \cdot F_{Qj,k}$																																																								
$F_{ser}^F = \sum F_{Gi,k} + \psi_1 \cdot F_{Q1,k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k}$	$F_{ser}^{QP} = \sum F_{Gi,k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{Qj,k}$	<table border="1"> <tr> <td>ψ</td> <td>ψ_0</td> <td>ψ_1</td> <td>ψ_2</td> </tr> <tr> <td>Uso e ocupação - Residenciais</td> <td>0,5</td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>Uso e ocupação - Comerciais</td> <td>0,7</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>Biblioteca, depósito, oficina arquivo, garagem, sobr. telhado</td> <td>0,8</td> <td>0,7</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>ψ - móveis</td> <td>ψ_0</td> <td>ψ_1</td> <td>ψ_2</td> </tr> <tr> <td>Passarela Pedestres</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>Viga Ponte Rolante</td> <td>1,00</td> <td>0,8</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Pilares Ponte Rolante</td> <td>0,7</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> </tr> </table>	ψ	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Uso e ocupação - Residenciais	0,5	0,4	0,3	Uso e ocupação - Comerciais	0,7	0,6	0,4	Biblioteca, depósito, oficina arquivo, garagem, sobr. telhado	0,8	0,7	0,6	ψ - móveis	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Passarela Pedestres	0,6	0,4	0,3	Viga Ponte Rolante	1,00	0,8	0,5	Pilares Ponte Rolante	0,7	0,6	0,4	<table border="1"> <tr> <td>ψ</td> <td>ψ_0</td> <td>ψ_1</td> <td>ψ_2</td> </tr> <tr> <td>Vento</td> <td>0,6</td> <td>0,3</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>γ_a</td> <td>Norm.</td> <td>Esp.</td> <td>Exc.</td> </tr> <tr> <td>Escoamento</td> <td>1,10</td> <td>1,10</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Ruptura</td> <td>1,35</td> <td>1,35</td> <td>1,15</td> </tr> </table>	ψ	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Vento	0,6	0,3	0,0	Temperatura	0,6	0,4	0,3	γ_a	Norm.	Esp.	Exc.	Escoamento	1,10	1,10	1,00	Ruptura	1,35	1,35	1,15
ψ	ψ_0	ψ_1	ψ_2																																																								
Uso e ocupação - Residenciais	0,5	0,4	0,3																																																								
Uso e ocupação - Comerciais	0,7	0,6	0,4																																																								
Biblioteca, depósito, oficina arquivo, garagem, sobr. telhado	0,8	0,7	0,6																																																								
ψ - móveis	ψ_0	ψ_1	ψ_2																																																								
Passarela Pedestres	0,6	0,4	0,3																																																								
Viga Ponte Rolante	1,00	0,8	0,5																																																								
Pilares Ponte Rolante	0,7	0,6	0,4																																																								
ψ	ψ_0	ψ_1	ψ_2																																																								
Vento	0,6	0,3	0,0																																																								
Temperatura	0,6	0,4	0,3																																																								
γ_a	Norm.	Esp.	Exc.																																																								
Escoamento	1,10	1,10	1,00																																																								
Ruptura	1,35	1,35	1,15																																																								
<table border="1"> <tr> <td>γ_g</td> <td>Norm.</td> <td>Esp.</td> <td>Exc.</td> </tr> <tr> <td>Peso Próprio de Estruturas Metálicas</td> <td>1,25</td> <td>1,15</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>Peso Próprio de Estruturas Pré-Moldadas</td> <td>1,30</td> <td>1,20</td> <td>1,15</td> </tr> <tr> <td>Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes</td> <td>1,35</td> <td>1,25</td> <td>1,15</td> </tr> <tr> <td>Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições in loco</td> <td>1,40</td> <td>1,30</td> <td>1,20</td> </tr> <tr> <td>Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos</td> <td>1,50</td> <td>1,40</td> <td>1,20</td> </tr> </table>	γ_g	Norm.	Esp.	Exc.	Peso Próprio de Estruturas Metálicas	1,25	1,15	1,10	Peso Próprio de Estruturas Pré-Moldadas	1,30	1,20	1,15	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	1,35	1,25	1,15	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições in loco	1,40	1,30	1,20	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	1,50	1,40	1,20	<table border="1"> <tr> <td>γ_q</td> <td>Norm.</td> <td>Esp.</td> <td>Exc.</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>1,20</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Vento</td> <td>1,40</td> <td>1,20</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>γ_q</td> <td>Norm.</td> <td>Esp.</td> <td>Exc.</td> </tr> <tr> <td>Truncada</td> <td>1,20</td> <td>1,10</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Uso/Demais</td> <td>1,50</td> <td>1,30</td> <td>1,00</td> </tr> </table>	γ_q	Norm.	Esp.	Exc.	Temperatura	1,20	1,00	1,00	Vento	1,40	1,20	1,00	γ_q	Norm.	Esp.	Exc.	Truncada	1,20	1,10	1,00	Uso/Demais	1,50	1,30	1,00										
γ_g	Norm.	Esp.	Exc.																																																								
Peso Próprio de Estruturas Metálicas	1,25	1,15	1,10																																																								
Peso Próprio de Estruturas Pré-Moldadas	1,30	1,20	1,15																																																								
Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	1,35	1,25	1,15																																																								
Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições in loco	1,40	1,30	1,20																																																								
Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	1,50	1,40	1,20																																																								
γ_q	Norm.	Esp.	Exc.																																																								
Temperatura	1,20	1,00	1,00																																																								
Vento	1,40	1,20	1,00																																																								
γ_q	Norm.	Esp.	Exc.																																																								
Truncada	1,20	1,10	1,00																																																								
Uso/Demais	1,50	1,30	1,00																																																								



(a) Situações típicas nas quais deve ser verificado o estado-limite



(b) Situações típicas nas quais $C_{ts} = 1,0$



(c) Situação típica na qual $C_{ts} = 0,5$

