Formulário de Sistemas Estruturais II

Propriedades do Aço

Propriedades Gerais do Aço	Valor
Módulo de Elasticidade	E = 200.000 MPa
Módulo de Elasticidade Transversal	G = 70.000 MPa
Coeficiente de Poisson	ν = 0,3
Coeficiente de Dilatação Térmica	β = 12 x 10^{-6} °C
Massa específica	ρ = 7.850 Kg/m³

Classe	Aço	fy (escoam.)	fu (ruptura)
Média resistência	MR 250	250 MPa	400 MPa
Alta resistência	AR 350	350 MPa	450 MPa
	AR 415	415 MPa	520 MPa
Alta resistência mecânica / resistência à corrosão	AR 350 COR	350 MPa	485 MPa

Ligações Soldadas

Elementos Geométricos de Soldas de Filetes

$t_W = 0{,}70.d_W \qquad A_W = L_{We}.t_W \qquad A_{MB} = L_{We}.d_W$

$L_{We} = \beta.L_W \qquad \beta = 1{,}2 - 0{,}002\frac{Lw}{d_w}$ sendo $0{,}6 \leq \beta \leq 1{,}0$

$L_{W_mín}$ = máximo entre $4.d_w$ e $40\ mm$

Forças Resistentes Cisalhantes:

$F_{Rd} = \frac{0{,}60A_wf_w}{\gamma_{w2}} \qquad F_{Rd} = \frac{0{,}60A_{MB}f_y}{\gamma_{a1}} \qquad F_{Rd} = \frac{0{,}60A_{MB}f_u}{\gamma_{a2}}$

ESB: $R_{dt} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$ RSL: $R_{dt} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}}$

Filetes de Soldas Longitudinais :

$C_t = 1{,}00$ para $l_w \geq 2b$

$C_t = 0{,}87$ para $1{,}5b \leq l_w < 2b$

$C_t = 0{,}75$ para $b \leq l_w < 1{,}5b$

Cisalhamento de Bloco:

$R_{dt} = \frac{1}{\gamma_{a2}}(0{,}60.\ f_uA_{nv} + C_{ts}.\ f_uA_{nt}) \leq \frac{1}{\gamma_{a2}}(0{,}60.\ f_yA_{gv} + C_{ts}.\ f_uA_{nt})$

Garganta efetiva da solda (t_{we}) é a própria **garganta da solda (t_w)** exceto para soldas de filete com pernas ortogonais executadas pelo processo de arco submerso:

$t_{we} = d_w$ se $d_w <= 10mm$

$t_{we} = d_w + 3mm$ se $d_w > 10mm$

Ligações com Corte Excêntico:

$$f_Q = \frac{F}{\sum L_W}$$

$$f_{MX} = \frac{M}{I_P(d_w = 1)}y$$

$$f_{MY} = \frac{M}{I_P(d_w = 1)}x$$

Material	γ_m	Comb. Normais	Comb. Especiais / Construção	Comb. Excepcionais
Aço em escoamento	γ_{a1}	1,10	1,10	1,00
Aço em ruptura	γ_{a2}	1,35	1,35	1,15
Metal de Solda em Ruptura	γ_{w2}	1,35	1,35	1,15

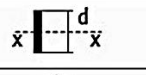
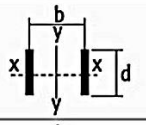
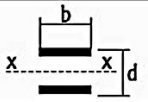
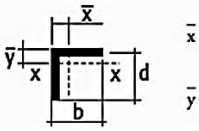
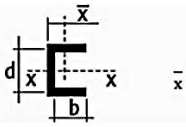
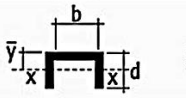
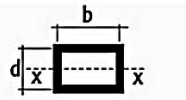
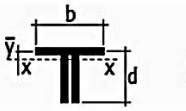
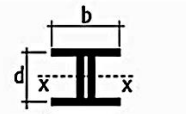
Dimensão Mínima de Perna de Solda de Filete		Dimensão Máxima de Perna de Solda de Filete	
Menor espessura do metal na base da junta t (mm)	dw (mm)	Espessura o material da borda t (mm)	dw (mm)
t <= 6,35	3	t < 6,35	t
6,35 < t <= 12,5	5	t >= 6,35	t - 1,5
12,5 < t <=19	6		
t > 19	8		

Eletrodos:

E60 – fw = 415 MPa

E70 – fw = 485 MPa

E80 – fw = 550 MPa

Seção b = largura d = altura	Seção modular Ix/ȳ (cm²)	Momento de inércia polar em relação ao centro de gravidade
	$W = \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{d^3}{12}$
	$W = \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{d(3b^2+d^2)}{6}$
	$W = bd$	$I_p = \frac{b(3d^2+b^2)}{6}$
	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$ $W = \frac{4bd+d^2}{6}$	$I_p = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $W = bd + \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{(2b+d)^3}{12} - \frac{b^2(b+d)^2}{2b+d}$
	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$ $W = \frac{2bd+d^2}{3}$	$I_p = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{2d+b}$
	$W = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$ $W = \frac{2bd+d^2}{3}$	$I_p = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b+2d)}$
	$W = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3+3bd^2+d^3}{6}$
 r (médio)	$W = \pi r^2$	$I_p = 2\pi r^3$

Propriedades da Madeira

Correlações entre as propriedades características				Coníferas	Dicotiledôneas	
fc0k / ft0k	fc90k / fc0k	fe0k / fc0k	fe90k / fc0k	fv0k / fc0k	fv0k / fc0k	$f_{ck,12} = 0{,}7 \cdot f_{c,média,12\%}$ $f_{tk,12} = 0{,}7 \cdot f_{t,média,12\%}$ $f_{vk,12} = 0{,}54 \cdot f_{v,média,12\%}$
0,77	0,25	1,0	0,25	0,15	0,12	

Combinações de Ações ELU em Estruturas de Madeira

ELU – Combinações Normais e de Construção: $S_d = \sum \gamma_{gi} G_i + \gamma_{q1} Q_1 + \sum \gamma_{qj} Q_j \Psi_{0j}$

ELU - Combinações Excepcionais: $S_d = \sum \gamma_{gi} G_i + E + \sum \gamma_{qj} Q_j \Psi_{2j}$

Solicitação	γw
Compressão paralela às fibras	1,4
Tração paralela às fibras	1,8
Cisalhamento paralelo às fibras	1,8
Nota: adota-se γ_w =1,0 para ELS (ELUti)	

Classe de Umidade	Umidade Relativa do Ambiente (U_{amb})	Umidade de Equilíbrio da Madeira(U_{mad})
1	≤65%	12%
2	65% < Uamb ≤75%	15%
3	75% < Uamb ≤85%	18%
4	Uamb > 85%	≥ 25%

Coeficientes Parciais γ_f

Combinações		Combinações		
		Normais	Especiais / Construção	Excepcionais
Permanentes	Grande Variabilidade (adotado quando o peso próprio da estrutura não supera 75% da totalidade das cargas permanentes)	1,4 (0,9)	1,3 (0,9)	1,2 (0,9)
	Pequena Variabilidade (peso da madeira classificada estruturalmente, cuja densidade tenha coeficiente de variação não superior a 10%)	1,3 (1,0)	1,2 (1,0)	1,1 (1,0)
	Ações Indiretas (efeitos de recalques de apoio e de retração dos materiais)	1,2 (0)	1,2 (0)	0 (0)
Variáveis	Ações variáveis em geral, incluídas as cargas acidentais móveis	1,4	1,2	1,0
	Efeitos de temperatura	1,2	1,1	0

Fatores de Combinação Ψ0 e Redução Ψ1 e Ψ2 para ações variáveis:

Ações em estruturas correntes	ψ0	ψ1	ψ2
- Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
- Pressão dinâmica do vento	0,5	0,2	0
Cargas acidentais dos edifícios	**ψ0**	**ψ1**	**ψ2**
- Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos fixos, nem de elevadas concentrações de pessoas	0,4	0,3	0,2
- Locais onde há predominância de pesos de equipamentos fixos, ou de elevadas concentrações de pessoas	0,7	0,6	0,4
- Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	**ψ0**	**ψ1**	**ψ2**
- Pontes de pedestres	0,4	0,3	0,2*
- Pontes rodoviárias	0,6	0,4	0,2*
- Pontes ferroviárias (ferrovias não especializadas)	0,8	0,6	0,4*

Kmod1		
Classes de Carreg.	Madeira Serrada, laminada colada ou compensada	Madeira Recomposta
Permanente	0,60	0,30
Longa Duração	0,70	0,45
Média Duração	0,80	0,65
Curta Duração	0,90	0,90
Instantânea	1,10	1,10

Kmod2		
Classes de Umidade	Madeira Serrada, laminada colada ou compensada	Madeira Recomposta
(1) e (2)	1,0	1,0
(3) e (4)	0,8	0,9

$f_{xx,d} = K_{mod} \frac{f_{xx,k}}{\gamma_w}$

$E_{c0,ef} = K_{mod} \cdot E_{c0,m}$

Kmod3	
Tipo	K mod3
Coníferas	0,8
Dicotiledôneas de 1a. categoria	1,0
Peças de 2a. categoria	0,8

CONÍFERAS: (valores na condição padrão de referência U = 12%)					
Classe	f_{c0k} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$E_{c0,m}$ (MPa)	$\rho_{bas,m}$ (kg/m³)	ρ_{ap} (kg/m³)
C20	20	4	3500	400	500
C25	25	5	8500	450	550
C30	30	6	14500	500	600

DICOTILEDÔNEAS: (valores na condição padrão de referência U = 12%)					
Classe	f_{c0k} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$E_{c0,m}$ (MPa)	$\rho_{bas,m}$ (kg/m³)	ρ_{ap} (kg/m³)
C20	20	4	9500	500	650
C30	30	5	14500	650	800
C40	40	6	19500	750	950
C60	60	8	24500	800	1000

$f_{média,12\%} = f_{média,U\%}\left[1 + \frac{3}{100}(U\% - 12\%)\right]$ $\quad E_{médio,12\%} = E_{médio,U\%}\left[1 + \frac{2}{100}(U\% - 12\%)\right]$ $\quad f_{c\alpha} = \frac{f_{c0} \cdot f_{c90}}{f_{c0} \cdot sen^2\alpha + f_{c90} \cdot cos^2\alpha}$

		Seção Mínima (cm²)	Dimensão Mínima (cm)
Peças Simples	vigas e barras principais	50	5.0
	peças secundárias	18	2.5
Peças Isoladas de Seções Compostas	peças principais	35	2.5
	peças secundárias	18	1.8

Peças de Madeira em Tração Paralela às Fibras

$\sigma_{t0d} = \frac{T_{Sd}}{A_{útil}} \leq f_{t0d}$ $\quad A_{útil} = A_g$ caso $\frac{A_{furos}}{A_g} \leq 0{,}10$ ou $A_{útil} = A_g - A_{furos}$ caso $\frac{A_{furos}}{A_g} > 0{,}10$

Peças de Madeira em Compressão Simples / Composta Paralela às Fibras

$\lambda = \frac{L_0}{r}$ L_0 = 2L para uma extremidade engastada e a outra livre / L_0 = L para os demais casos

Peças Curtas ($\lambda \leq 40$): $\sigma_{c0sd} = \frac{N_{Sd}}{A_g} \leq f_{c0d}$

Peças Medianamente Esbeltas ($40 < \lambda \leq 80$):

$$e_a = \frac{L_0}{300} \geq \frac{h}{30} \qquad e_i = \frac{M_{1d}}{N_{Sd}} \geq \frac{h}{30}$$

$$e_1 = e_i + e_a$$

$$F_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0,ef} \cdot I}{L_0^2}$$

$$M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_1 \cdot \left(\frac{F_E}{F_E - N_{Sd}}\right)$$

$$\sigma_{Nsd} = \frac{N_{Sd}}{A}$$

$$\sigma_{Msd} = \frac{M_{Sd}}{I} \cdot y = \frac{M_{Sd}}{W}$$

$$\frac{\sigma_{Nsd}}{f_{c0d}} + \frac{\sigma_{Msd}}{f_{c0d}} \leq 1$$

Peças Esbeltas ($80 < \lambda \leq 140$):

$$e_a = \frac{L_0}{300} \geq \frac{h}{30} \qquad e_i = \frac{M_{1d}}{N_{Sd}} \geq \frac{h}{30} \qquad e_{ig} = \frac{M_{1gd}}{N_{gd}}$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}\right] - 1 \right\}$$

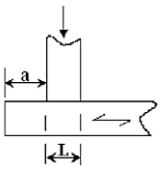
Coeficientes de Fluência φ

Classes de Carregamento	Classes de Umidade			
	1	2	3	4
Permanente	0,8	0,8	2,0	2,0
Longa Duração	0,8	0,8	2,0	2,0
Média Duração	0,3	0,3	1,0	1,0
Curta Duração	0,1	0,1	0,5	0,5

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c \qquad F_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0,ef} \cdot I}{L_0^2} \qquad M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{F_E}{F_E - N_{Sd}}\right)$$

$$\sigma_{Nsd} = \frac{N_{Sd}}{A} \qquad \sigma_{Msd} = \frac{M_{Sd}}{I} \cdot y = \frac{M_{Sd}}{W} \qquad \frac{\sigma_{Nsd}}{f_{c0d}} + \frac{\sigma_{Msd}}{f_{c0d}} \leq 1$$

Coeficiente αn para compressão normal às fibras:



Para L > 15 cm ou a < 7,5 cm : αn = 1,00
Para L ≤ 15 cm e a ≥ 7,5 cm : vide tabela abaixo

L (cm)	1	2	3	4	5	7,5	10	15
αn	2,00	1,70	1,55	1,40	1,30	1,15	1,10	1,00

Flechas Elásticas ($\alpha = x / L$ -deslocamentos para baixo com sinal negativo)

Vinculação e Carregamento	Flecha δ_{max}	Posição x	Equação da Elástica
p	$\frac{1}{8}\frac{pL^4}{EI}$	0	$\frac{pL^4}{24EI}(-\alpha^4 + 4\alpha - 3)$
P	$\frac{1}{3}\frac{PL^3}{EI}$	0	$\frac{PL^3}{6EI}(-\alpha^3 + 3\alpha - 2)$
M	$\frac{1}{2}\frac{ML^2}{EI}$	0	$\frac{ML^2}{2EI}(-1 + \alpha)^2$
p	$\frac{5}{384}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L	$\frac{pL^4}{24EI}(-\alpha^4 + 2\alpha^3 - \alpha)$
P	$\frac{1}{48}\frac{PL^3}{EI}$	0,5 L	$\frac{PL^3}{48EI}(+4\alpha^3 - 3\alpha)$
M	$\frac{1}{9\sqrt{3}}\frac{ML^2}{EI}$	0,423 L	$\frac{ML^2}{6EI}(-\alpha^3 + 3\alpha^2 - 2\alpha)$
M M	$\frac{1}{8}\frac{ML^2}{EI}$	0,5 L	$\frac{ML^2}{2EI}(\alpha^2 - \alpha)$
p	$\frac{3}{554}\frac{pL^4}{EI}$	0,422 L	$\frac{pL^4}{48EI}(-2\alpha^4 + 3\alpha^3 - \alpha)$

Vinculação e Carregamento	Flecha δ_{max}	Posição x	Equação da Elástica
p	$\frac{1}{384}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L	$\frac{pL^4}{24EI}(-\alpha^4 + 2\alpha^3 - \alpha^2)$
P	$\frac{1}{192}\frac{pL^3}{EI}$	0,5 L	$\frac{PL^3}{48EI}(4\alpha^3 - 3\alpha^2)$
M	$\frac{1}{27}\frac{ML^2}{EI}$	$\frac{1}{3}$ L	$\frac{ML^2}{4EI}(-\alpha^3 + 2\alpha^2 - \alpha)$
p	$\frac{3}{1258}\frac{pL^4}{EI}$	0,447 L	$\frac{pL^4}{120EI}(-\alpha^5 + 2\alpha^3 - \alpha)$
p	$\frac{1}{328}\frac{pL^4}{EI}$	0,402 L	$\frac{pL^4}{240EI}(2\alpha^5 - 10\alpha^4 + 11\alpha^3 - 3\alpha)$
p	$\frac{1}{764}\frac{pL^4}{EI}$	0,525 L	$\frac{pL^4}{120EI}(-\alpha^5 + 3\alpha^3 - 2\alpha^2)$
p	$\frac{7}{3840}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L	$\frac{pL^4}{960EI}(-16\alpha^5 + 40\alpha^3 - 25\alpha^2)$
p	$\frac{3}{460}\frac{pL^4}{EI}$	0,519 L	$\frac{pL^4}{360EI}(-3\alpha^5 + 10\alpha^3 - 7\alpha)$

Combinações de Ações ELS (Verificação de Flecha Limite)

Combinações de Longa Duração:
$$S = \sum G_i + \sum Q_j \Psi_{2j}$$

Combinações de Duração Curta, Média e Instantânea:
$$S = \sum G_i + \Psi_n Q_1 + \sum \Psi_k Q_j$$

Fatores de Combinação Ψ_n e Ψ_k		
Tipo de Combinação	Ψ_n	Ψ_k
Média Duração	Ψ_1	Ψ_2
Curta Duração	1	Ψ_1
Instantânea (ação especial)	1	Ψ_2

Flechas Limite

	Ações a considerar	Deslocamentos calculados	Deslocamentos limites
Construções Correntes	Permanentes + variáveis em combinação de longa duração	Em um vão L entre apoios	L/200
		Em balanço de vão Lb	Lb/100
Construções com materiais frágeis não-estruturais	Permanentes + variáveis em combinação de longa duração	Em um vão L entre apoios	L/350
		Em balanço de vão Lb	Lb/175
	Variáveis em combinação de longa duração	Em um vão L entre apoios	L/300<=15mm
		Em balanço de vão Lb	L/150<=15mm

Peças de Madeira Flexão Simples Reta

$\sigma_{c1,d} = \frac{M_d}{W_c} \leq f_{c0d}$ $\quad \sigma_{t2,d} = \frac{M_d}{W_t} \leq f_{t0d}$ $\quad W_t = I / y_t$ $\quad W_c = I / y_c$

Seção Retangular: $\sigma_{c1,d} = \frac{6M_d}{bh^2} \leq f_{c0d}$

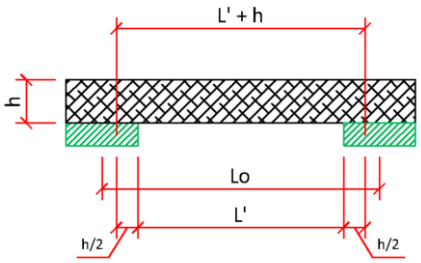
Flambagem Lateral em Vigas de Madeira

$\frac{L_1}{b} \leq \frac{E_{c0,ef}}{\beta_M \cdot f_{c0,d}}$ $\quad \beta_M = \frac{1}{0{,}26 \cdot \pi \gamma_f} \frac{\beta_E}{\left(\frac{h}{b}-0{,}63\right)^{1/2}} \left(\frac{h}{b}\right)^{3/2}$ com $\beta_E = 4{,}0$ e $\gamma_f = 1{,}4$ $\quad \rightarrow caso$ $\frac{L_1}{b} > \frac{E_{c0,ef}}{\beta_M \cdot f_{c0,d}}$ $também\ é\ dispensada\ a\ verificação\ se$: $\sigma_{c1,d} \leq \frac{E_{c0,ef}}{\left(\frac{L_1}{b}\right)\beta_M}$

Peças de Madeira Flexão Simples Oblíqua

Borda Comprimida	$\frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + k_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1$	$k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1$	$k_M = 0{,}5$: para seção retangular
Borda Tracionada	$\frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{t0,d}} + k_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{t0,d}} \leq 1$	$k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{t0,d}} \leq 1$	$k_M = 1{,}0$: para outras seções transversais

Vão Teórico de Vigas em Madeira

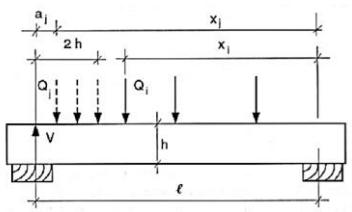


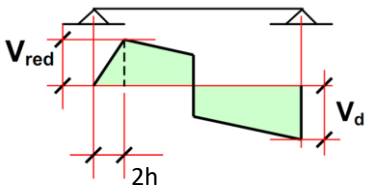
$$L = mínimo\left\{\begin{matrix} L_0 \\ L' + h \leq L' + 10cm \end{matrix}\right\}$$

Cisalhamento em Vigas de Madeira

$$\tau_d = \frac{V_d . S}{b\ .\ I} = \frac{3}{2}\frac{V_d}{b\ .\ h}$$

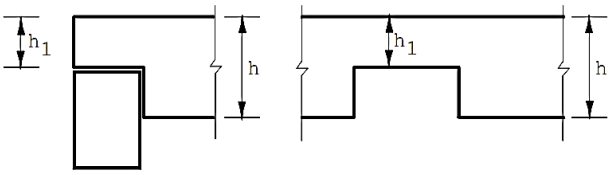
Redução para cargas junto aos apoios: $V_{red.} = V . \frac{a}{2h}$



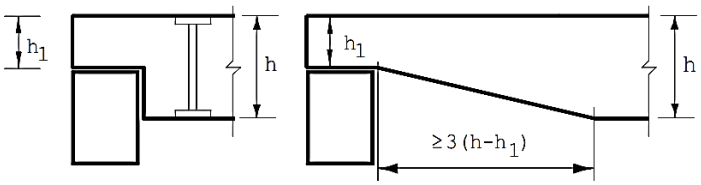


Vigas Entalhadas

$\tau_d = \frac{3}{2}\frac{V_d}{b\ .\ h} . \left(\frac{h}{h_1}\right)$ com h1 > 0,75h



Para h1 >= 0,5h



Peças de Madeira Flexocompressão Reta (Verificação de Resistência)

$$\left(\frac{\sigma_{Nc,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$$

***** Após verificar a resistência com a expressão ao lado é necessário verificar a estabilidade da peça (flambagem) em relação a cada um dos eixos principais de inércia.**

Peças de Madeira Flexocompressão Oblíqua (Verificação de Resistência)

$\left(\frac{\sigma_{Nc,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + k_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1$	$k_M = 0{,}5$: para seção retangular
$\left(\frac{\sigma_{Nc,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{c0,d}} \leq 1$	$k_M = 1{,}0$: para outras seções transversais

***** Após verificar a resistência com a expressão ao lado é necessário verificar a estabilidade da peça (flambagem) em relação a cada um dos eixos principais de inércia.**

Peças de Madeira Flexotração Oblíqua (Verificação de Resistência)

$\frac{\sigma_{Nt,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{t0,d}} + k_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{t0,d}} \leq 1$	$k_M = 0{,}5$: para seção retangular
$\frac{\sigma_{Nt,d}}{f_{t0,d}} + k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{t0,d}} \leq 1$	$k_M = 1{,}0$: para outras seções transversais

Ligações em Peças de Madeira

Tensão de Embutimento da Madeira: $f_{e0d} = f_{c0d}$ $\quad f_{e90d} = 0{,}25 \,.\, f_{c0d} \,.\, \alpha_E$

d(cm)	≤0,62	0,95	1,25	1,6	1,9	2,2	2,5	3,1	3,8	4,4	5,0	≥7,5
α_E	2,5	1,95	1,68	1,52	1,41	1,33	1,27	1,19	1,14	1,1	1,07	1,0

Fórmula de Hankinson: $f_{c\alpha} = \frac{f_{e0d} \cdot f_{e90d}}{f_{e0d} \cdot sen^2\alpha + f_{e90d} \cdot cos^2\alpha}$

Diâmetros de Pré-furação para ligações rígidas:

d_o – diâmetro da pré-furação / d_{ef} – diâmetro efetivo do prego

Pregos	**Coníferas:**	$d_o = 0.85 d_{ef}$
	Dicotiledôneas:	$d_o = 0.90 d_{ef}$
Parafuros	$d_o \leq d_{ef} + 0{,}5\ mm$	
Cavilhas de Aço e de Madeira	$d_o = d_{ef}$	

Número efetivo de pinos metálicos em uma ligação:

$n_0 = 8 + \frac{2}{3} \,.\, (n - 8)$ * para n > 8

Resistência mínima ao escoamento (valor característico):

Pregos: f_{yk} = 600MPa

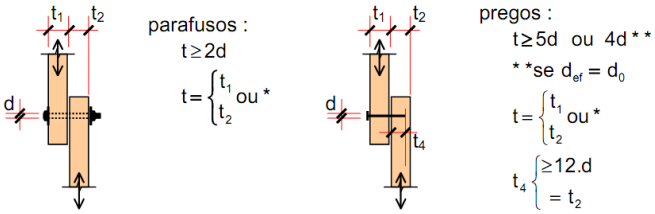
Parafusos: f_{yk} = 240 MPa

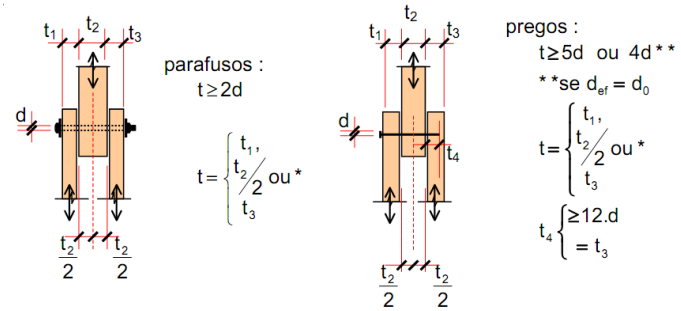
Diâmetros mínimos:

Pregos: 3 mm

Parafusos: 10 mm (aceitável 3/8 de polegada)

Espessura Convencional





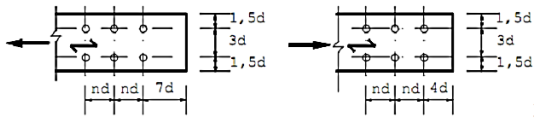
Critério de Dimensionamento

$\beta = \frac{t}{d}$ $\quad \beta_{lim} = 1{,}25\sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}}$ $\quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1{,}1}$

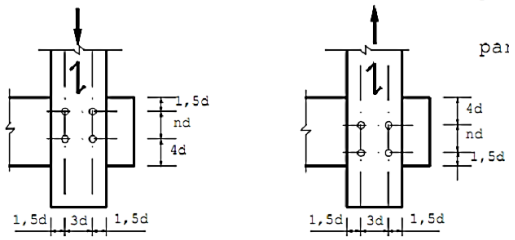
Embutimento da Madeira se β ≤ β_{lim} : $R_{Vd1} = 0{,}40 . \frac{t^2}{\beta} . f_{ed}$

Flexão do Pino se β > β_{lim} : $R_{Vd1} = 0{,}625 . \frac{d^2}{\beta_{lim}} . f_{yd}$

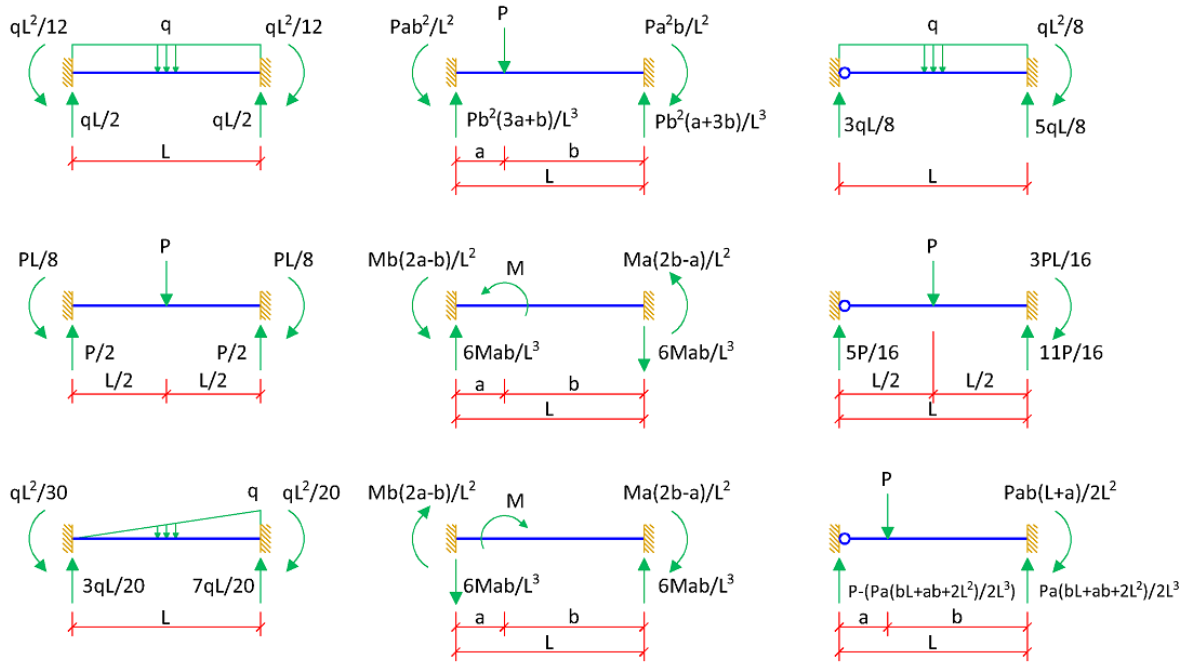
Espaçamentos Mínimos entre Pinos

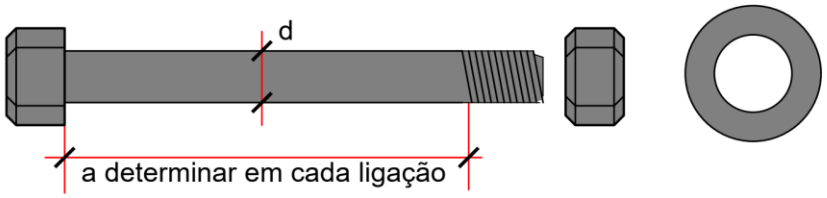


Pregos, cavilhas e parafusos ajustados: n = 6
pregos, cavilhas e parafusos não-ajustados: n = 4



Reações de Apoio de Vigas Hiperestáticas:



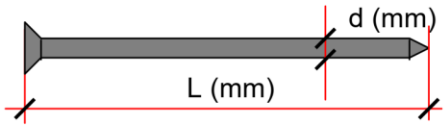


Diâmetros “d” (polegadas)	3/8”	1/2”	5/8”	3/4"	7/8”	1/1”
Diâmetros “d” (cm)	0,95*	1,27	1,60	1,90	2,20	2,54

Tabela 22 – Diâmetros de parafusos lisos

* utiliza-se este parafuso, embora d_{min} = 10 mm, pela **NBR-7190**.

b) pregos :



prego	d	L	pr/kg
17 X21	**3,0**	48	291
17 X 24		56	260
17 X 27		62	240
17 X 30		69	208

prego	d	L	pr/kg
18 X 24	**3,4**	55	224
18 X 27		62	198
18 X 30		69	187
18 X 33		76	171
18 X 36		83	153

prego	d	L	pr/kg
19 X 27	**3,9**	62	150
19 X 30		69	140
19 X 33		76	136
19 X 36		83	125
19 X 39		90	108

prego	d	L	pr/kg
20 X 30	**4,4**	69	106
20 X 33		76	98
20 X 39		90	85
20 X 42		97	77
20 X 48		110	67

prego	d	L	pr/kg
21 X 45	**4,9**	104	59
21 X 48		110	53
21 X 54		124	49

prego	d	L	pr/kg
22 X 42	**5,4**	97	49
22 X 45		104	47
22 X 48		110	46
22 X 51		117	43
22 X 54		124	38

prego	d	L	pr/kg
23 X 54	**5,9**	124	32
23 X 60		138	29
23 X 66		152	26

prego	d	L	pr/kg
24 X 60	**6,4**	138	25
24 X 66		152	22
25 X 72	**7,0**	166	18

prego	d	L	pr/kg
26 X 72	**7,6**	166	18
26 X 78		179	16
26 X 84		193	14