

Exame ep. Normal 2015

Ex. 10

Dados:

dimensoes do pilar em y

$b_y := 0.80\text{ m}$

$N_{c1} := 200\text{ kN}$

$M_{c1} := 180\text{ kN m}$

$N_{c2} := 60\text{ kN}$

$M_{c2} := 150\text{ kN m}$

dimensoes do pilar em Z

$h_z := 0.10\text{ m}$

Secção do pilar

$A := b_y \cdot h_z = 0.08\text{ m}^2$

$w_y := \frac{h_z \cdot b_y^2}{6}$

$w_z := \frac{b_y \cdot h_z^2}{6}$

$w_y = 0.0107\text{ m}^3$

$w_z = 0.0013\text{ m}^3$

Madeira lamelada colada (classe GL28h)

Valores Carateristicos de resistencia e rigidez

Valores característicos da resistência e rigidez (em N/mm2) da massa volúmica (em kg/m3) da Madeira Lamelada Colada

Designação	Simbologia	GL24h	GL24c	GL28h	GL28c	GL32h	GL32c
Resist. flexão	$f_{m,g,k}$	24	24	28	28	32	32
Resist. tracção paralela à fibra	$f_{t,0,g,k}$	16,5	14	19,5	16,5	22,5	19,5
Resist. tracção perpendicular a fibra	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,35	0,45	0,4	0,5	0,45
Resist. compressão paralela à fibra	$f_{c,0,g,k}$	24	21	26,5	24	29	26,5
Resist. compressão perpendicular a fibra	$f_{c,90,g,k}$	2,7	2,4	3	2,7	3,3	3
Resist. Corte	$f_{v,g,k}$	2,7	2,2	3,2	2,7	3,8	3,2

Módulo elasticidade paralelo à fibra	$E_{0,g,medio}$	11.600	11.600	12.600	12.600	13.700	13.700
	$E_{0,g,0,05}$	9.400	9.400	10.200	10.200	11.100	11.100
Módulo elasticidade perpendicular a fibra	$E_{90,g,medio}$	390	320	420	390	460	420
Módulo distorção	$G_{g,medio}$	720	590	780	720	850	780
Massa volúmica	$\rho_{g,k}$	380	350	410	380	430	410

$f_{mk} := 28\text{ MPa}$

$f_{tk} := 19.5\text{ MPa}$

$f_{ck} := 26.5\text{ MPa}$

$f_{vk} := 3.2\text{ MPa}$

$E_{s,g} := 10.2\text{ GPa} = 1.02 \cdot 10^7\text{ kPa}$

Resistencias de Calculo

tabelas e formulas

1. Propriedades físicas e mecânicas

- Coefficiente de modificação K_{mod}

Table 3.1 – Values of k_{mod}								
Material	Standard	Service class	Load-duration class					
			Permanent action	Long term action	Medium term action	Short term action	Instantaneous action	
Solid timber	EN 14081-1	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10	
		2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10	
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90	
Glued laminated timber	EN 14080	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10	
		2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10	
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90	
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10	
		2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10	
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90	
Plywood	EN 636	Part 1, Part 2, Part 3	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		Part 2, Part 3	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		Part 3	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
OSB	EN 300	OSB/2	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
		OSB/3, OSB/4	1	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10
		OSB/3, OSB/4	2	0.30	0.40	0.55	0.70	0.90
Particle-board	EN 312	Part 4, Part 5	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
		Part 5	2	0.20	0.30	0.45	0.60	0.80
		Part 6, Part 7	1	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10
Fibreboard, hard	EN 622-2	HB LA, HB HLA 1 or 2	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
		HB HLA1 or 2	2	0.20	0.30	0.45	0.60	0.80
		MBH LA1 or 2	1	0.20	0.40	0.60	0.80	1.10
Fibreboard, medium	EN 622-3	MBH HLS1 or 2	1	0.20	0.40	0.60	0.80	1.10
		MBH HLS1 or 2	2				0.45	0.60
		MBH HLS1 or 2	2				0.45	0.60
Fibreboard, MDF	EN 622-5	MDF LA, MDF HLS	1	0.20	0.40	0.60	0.80	1.10
		MDF HLS	2				0.45	0.60
		MDF HLS	2				0.45	0.60

EC1

EC1

$K_{mod} := 0.90$

$\gamma_m := 1.25$

$f_{md} := f_{mk} \cdot \frac{K_{mod}}{\gamma_m}$

$f_{td} := f_{tk} \cdot \frac{K_{mod}}{\gamma_m}$

$f_{cd} := f_{ck} \cdot \frac{K_{mod}}{\gamma_m}$

$f_{vd} := f_{vk} \cdot \frac{K_{mod}}{\gamma_m}$

$f_{md} = 20.16\text{ MPa}$

$f_{td} = 14.04\text{ MPa}$

$f_{cd} = 19.08\text{ MPa}$

$f_{vd} = 2.304\text{ MPa}$

$f_{vd} = 2304\text{ kPa}$

1. Propriedades físicas e mecânicas

- Coefficiente parcial de segurança γ_m

Table 2.3 – Recommended partial factors γ_m for material properties and resistances

Fundamental combinations:	
Solid timber	1,3
Glued laminated timber	1,25
LVL, plywood, OSB,	1,2
Particleboards	1,3
Fibreboards, hard	1,3
Fibreboards, medium	1,3
Fibreboards, MDF	1,3
Fibreboards, soft	1,3
Connections	1,3
Punched metal plate fasteners	1,25
Accidental combinations	1,0

1) Verificação da segurança (Flexão composta/desviada com N de tração (6.2.3) e Flexão composta/desviada com N de compressão (6.2.4)(esforços de 1ªOrdem)

☐—Tabelas de ELU para verificação da segurança

2. ELU_Verificação da segurança

- o Flexão composta/desviada com N de tração (6.2.3)
- verificar a flexão-torção (6.3.3)

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
- o Flexão composta/desviada com N de compressão (6.2.4)
- verificar a encurvadura em pilares (6.3.2) ou a flexão-torção em vigas (6.3.3)

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$C_1 := \left(\frac{\frac{N_{c1}}{A}}{f_{cd}} \right)^2 + \left(\frac{\frac{M_{c1}}{W_y}}{f_{md}} \right) = 0.8542$$

$$C_2 := \left(\frac{\frac{N_{c2}}{A}}{f_{td}} \right) + \left(\frac{\frac{M_{c2}}{W_y}}{f_{md}} \right) = 0.751$$

N à compressão: Combinação C₁

N à tração: Combinação C₂

C₁ = 0.8542

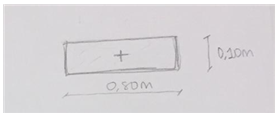
C₂ = 0.751

Verificação OK

2) Verificação da segurança (compressao ou flexao composta em pilares (6.3.2)

☐—Tabelas de ELU para verificação da segurança

- o Compressão ou flexão composta em pilares (6.3.2)



$I_y := \frac{h \cdot b^3}{12} = 0.0043 \text{ m}^4$
 $I_z := \frac{b \cdot h^3}{12} = 6.6667 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$
$$k_y = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right)$$
$$k_z = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right)$$

(1) The relative slenderness ratios should be taken as:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$
$$\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{\sqrt{I_y/A}}$$

and

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$
$$\lambda_z = \frac{L_{e,z}}{\sqrt{I_z/A}}$$

β_c is a factor for members within the straightness limits defined in Section 10:
 $\beta_c = \begin{cases} 0.2 & \text{for solid timber} \\ 0.1 & \text{for glued laminated timber and LVL} \end{cases}$
 $k_{c,y}$ as given in 6.1.6.

L_{e,y} := 12 m

L_{e,z} := 3 m

$\lambda_y := \frac{L_{e,y}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = 51.96$

$\lambda_z := \frac{L_{e,z}}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = 103.92$

$\lambda_{rel,y} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{E_{5\%}}} = 0.8431$

$\lambda_{rel,z} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{E_{5\%}}} = 1.6861$

DADOS:

Norma (section 6.1.6)

Norma (section 6.3.2)

k_m := 0.7

β₀ := 0.1

λ_y = 51.9615

λ_z = 103.923

λ_{rel,y} = 0.8431

λ_{rel,z} = 1.6861

$K_y := 0.5 \cdot \left(1 + \beta_0 \cdot \left(\lambda_{rel.y} - 0.3 \right) + \lambda_{rel.y}^2 \right) = 0.7475$

$K_z := 0.5 \cdot \left(1 + \beta_0 \cdot \left(\lambda_{rel.z} - 0.3 \right) + \lambda_{rel.z}^2 \right) = 1.8558$

$K_{cy} := \frac{1}{K_y + \sqrt{\left(K_y^2 - \lambda_{rel.y}^2 \right) \cdot (-1)}} = 0.8793$

$K_{cz} := \frac{1}{K_z + \sqrt{\left(K_z^2 - \lambda_{rel.z}^2 \right)}} = 0.3801$

?????

porque deu negativo ?

VERIFICAÇÃO

☐ — σ.m.y.d —

$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{c1}}{W_y} = 16.875 \text{ MPa}$ $\sigma_{cd} := \frac{N_{c1}}{A}$

$Instabilidade_a_curvatura_1 := \left(\left(\frac{\sigma_{cd}}{K_{cy} \cdot f_{cd}} \right) + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{md}} \right) = 0.9861$

$Instabilidade_a_curvatura_2 := \left(\left(\frac{\sigma_{cd}}{K_{cz} \cdot f_{cd}} \right) + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{md}} \right) = 0.9307$

$Instabilidade_a_curvatura_1 = 0.9861$


$Instabilidade_a_curvatura_2 = 0.9307$

$ELU_1 := 0.9861$ $ELU_2 := 0.9307$

Verificação OK

COMENTARIOS:

A solução esta otimizada, esta no limite do criterio de estabilidade, caso o valor excedesse a unidade teriamos de aumentar "h" para aumentar a rigidez

 $\uparrow h \rightarrow$ ao aumentar, K_{cz} aumenta e, consequentemente, o valor total desce.

2) Verificação da segurança (ao esforço transverso)

$V_{ed} := 35 \text{ kN}$

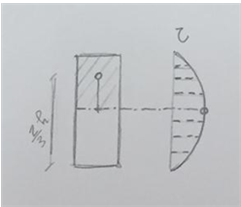
☐ —

$s_{momento_estatico} := (0.1 \text{ m} \cdot 0.4 \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m}) = 0.008 \text{ m}^3$

$I_y = 0.0043 \text{ m}^4$

$h_z = 0.1 \text{ m}$

$\delta_{ed} := \frac{V_{ed} \cdot s_{momento_estatico}}{I_y \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot h_z \right)} = 984.375 \text{ kPa}$



$f_{vd} = 2304 \text{ kPa}$

$verificacao_ao_esforço_transverso := \frac{\delta_{ed}}{f_{vd}} = 0.4272$

$verificacao_ao_esforço_transverso = 0.4272$

Verificação OK