

Peças comprimidas

PROF. MSC PATRÍCIA ANDRADE

Peças comprimidas

Peças sujeitas à compressão simples e à flexocompressão por ação de carga aplicada com excentricidade ou de um momento fletor oriundo de cargas transversais, em combinação com a carga axial de compressão

Peças comprimidas

Treliças



Peças comprimidas

Treliças

Sistemas de contraventamento



Peças comprimidas

Treliças

Sistemas de contraventamento

Colunas isoladas



Peças comprimidas

Treliças

Sistemas de contraventamento

Colunas isoladas

Colunas pertencentes a pórticos



Peças comprimidas

Treliças

Sistemas de contraventamento

Colunas isoladas

Colunas pertencentes a pórticos

escoras



Seções transversais de peças comprimidas

Seções em:

madeira roliça

maciças de madeira lavrada, em geral com seção retangular, com lados variando de 20 a 40 cm

maciças de madeira serrada, de seção retangular, em geral de dimensões padronizadas

maciças de madeira laminada colada, com seções retangulares, em I ou T

compostas de madeiras roliças, ligadas com talas de madeira pregada

compostas de madeira serrada ou laminada, com ligação contínua nas interfaces

compostas de madeira serrada ou laminada, cm ligações descontínuas entre peças

Dimensionamento de peças sob compressão

os estados limites últimos se configuram:

Peças Curtas: esmagamento das fibras

peças esbeltas e semiesbeltas: instabilidades associadas a efeitos de segunda ordem provocados por flambagem típica de Euler, também conhecida como flambagem por flexão

Índice de esbeltez

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}}$$

onde λ é o índice de esbeltez

l_0 é o comprimento de flambagem

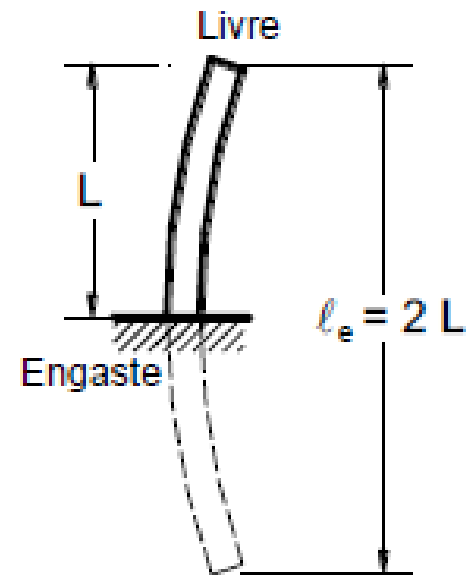
i_{min} é o raio de giração mínimo

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$$

I_{min} é o momento de inércia

O comprimento de flambagem l_0 é igual ao comprimento efetivo da barra, não se permitindo reduções em peças com extremidades indeslocáveis

no caso de peças engastadas em uma extremidade e livres na outra $l_0 = 2L$



Índice de esbeltez

$$\lambda \begin{cases} \leq 40 \rightarrow \textit{peças curtas} \\ 40 < \lambda \leq 80 \rightarrow \textit{peças semiesbeltas} \\ > 80 \rightarrow \textit{peças esbeltas} \end{cases}$$

Peças curtas ($\lambda \leq 40$)

Ruptura: por esmagamento da madeira

Condição de segurança expressa por:

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A_w} \leq f_{cd}$$

onde σ_{cd} é a tensão de cálculo devida à solicitação dos esforços de compressão

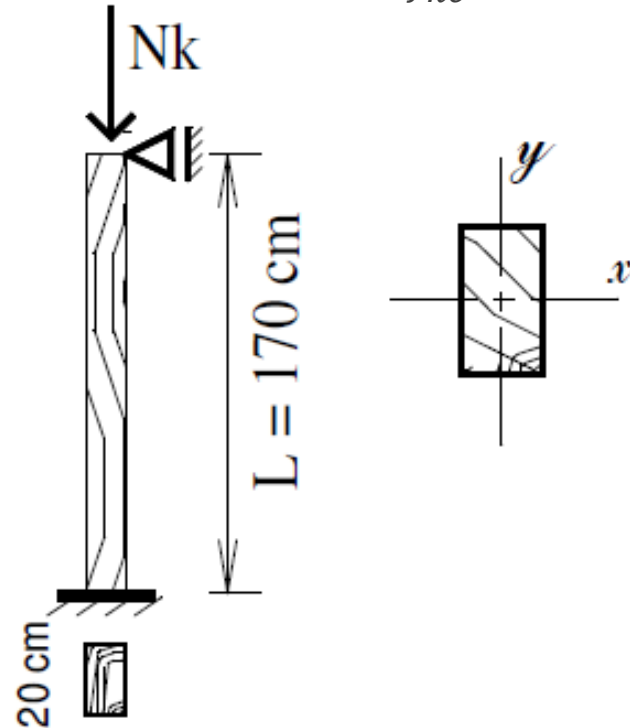
A_w é a área bruta da seção transversal

N_d o esforço normal solicitante de cálculo

f_{cd} é a resistência de cálculo aos esforços de compressão paralela às fibras

Exemplo 1

Qual a força máxima acidental que pode ser aplicada no pilar de peroba rosa da Figura, sabendo que a força permanente vale $N_{gk} = 16.000$ daN? Considere que o carregamento é de longa duração, a madeira é usual, a classe de umidade do local da construção é 2 e as cargas permanentes são de grande variabilidade. $f_{kc} = 295$ daN/cm² (peroba rosa)



Resolução

1. combinação de forças no ELU

$$F_{sd} = \sum \gamma_{gi} * G_i + \gamma_{q1} * Q_1 + \sum \gamma_{qj} * \psi_{0j} * Q_j$$

$$N_{sd} = \gamma_g * N_{gk} + \gamma_q * N_{qk}$$

$$N_{sd} = 1,4 * 16000 + 1,4 * N_{qk}$$

TABELA 3.6 Coeficientes de majoração γ_f das ações no estado limite de projeto

Combinação	Ações permanentes			Ações variáveis	
	Cargas permanentes		Recalques diferenciais γ_ϵ	Ações variáveis em geral, incluídas as cargas acidentais móveis γ_q	Variação de temperatura ambiental γ_q
	Grande variabilidade γ_g	Pequena variabilidade (*) γ_g			
Normal	1,4 (0,9)	1,3 (1,0)	1,2 (0)	1,4	1,2
Especial ou de construção	1,3 (0,9)	1,2 (1,0)	1,2 (0)	1,2	1,0
Excepcional	1,2 (0,9)	1,1 (1,0)	0 (0)	1,0	0

Resolução

2. índice de esbeltez

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{\sqrt{\frac{I_x}{A}}}$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_x = \frac{15 \cdot 20^3}{12}$$

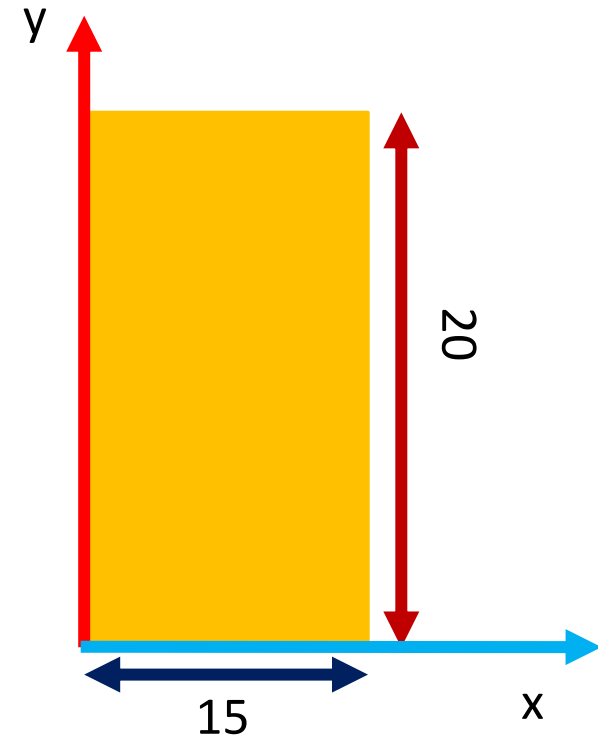
$$I_x = 10000 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_x = \frac{170}{\sqrt{\frac{10000}{(15 \cdot 20)}}}$$

$$\lambda_x = 29,44$$

$$\rightarrow \lambda_x = 29,44 < 40$$

→ Peça curta!!!!

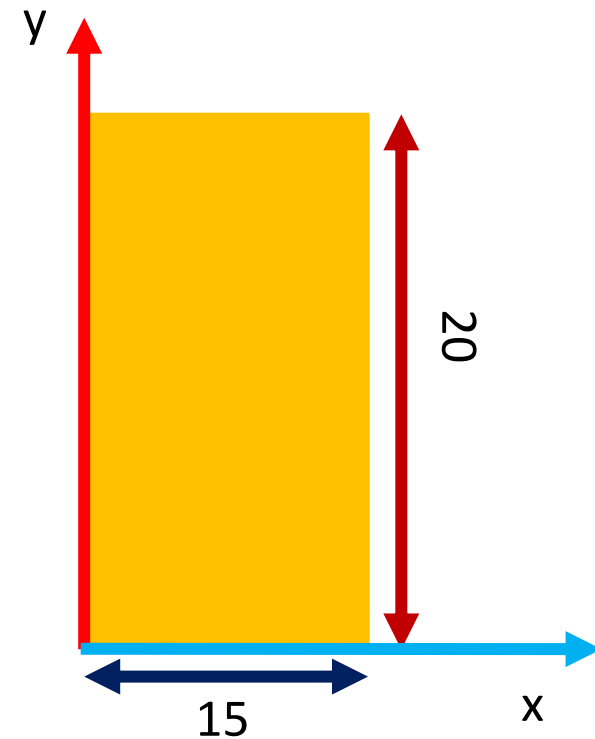


Resolução

2. índice de esbeltez

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}}$$
$$I_y = \frac{b * h^3}{12}$$
$$I_y = \frac{20 * 15^3}{12}$$
$$I_y = 5625 \text{ cm}^4$$
$$\lambda_y = \frac{170}{\sqrt{\frac{5625}{(20 * 15)}}}$$
$$\lambda_y = 39,26$$

→ $\lambda_y = 39,26 < 40$
→ Peça curta!!!!



Resolução

3. determinação das propriedades mecânicas da madeira

- madeira serrada e cargas de longa duração

$$\rightarrow K_{mod\ 1} = 0,7$$

- madeira serrada e classe de umidade 2

$$\rightarrow K_{mod\ 2} = 1$$

- madeira serrada e dicotiledônea de categoria não informada

$$\rightarrow K_{mod\ 3} = 0,8$$

$$K_{mod} = K_{mod\ 1} * K_{mod\ 2} * K_{mod\ 3}$$

$$K_{mod} = 0,7 * 1 * 0,8$$

$$K_{mod} = 0,56$$

Resolução

3. determinação das propriedades mecânicas da madeira

$$\gamma_w = 1,4$$

$$f_{cd} = k_{mod} * \frac{f_k}{\gamma_w}$$

$$f_{cd} = 0,56 * \frac{295}{1,4}$$

$$f_{cd} = 118 \text{ daN/cm}^2$$

Resolução

4. aplicação do critério de segurança

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_w} \leq f_{cd}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_w} = f_{cd}$$

$$\frac{N_{sd}}{A_w} = f_{cd}$$

Resolução

4. aplicação do critério de segurança

$$\frac{N_{sd}}{A_w} = f_{cd}$$

$$\frac{1,4 * 16000 + 1,4 * N_{qk}}{15 * 20} = 118$$

$$1,4 * 16000 + 1,4 * N_{qk} = 118 * 15 * 20$$

$$N_{qk} = \frac{118 * 15 * 20 - 1,4 * 16000}{1,4}$$

$$N_{qk} = 9285,71 \text{ daN}$$

Peças semi-esbeltas ($40 < \lambda \leq 80$)

Ruptura: por esmagamento da madeira ou por flexão decorrente da perda de estabilidade

A NBR 7190:1997 não considera a verificação de compressão simples

Exige a verificação de flexo-compressão no elemento mesmo para carga de projeto centrada

possíveis excentricidades na estrutura, não previstas no projeto

A verificação deve ser feita isoladamente nos planos de rigidez mínima e de rigidez máxima do elemento estrutural

A condição de segurança relativa ao estado limite último de instabilidade impõe a relação para o ponto mais comprimido da seção transversal, aplicada isoladamente nos planos de rigidez mínima e de rigidez máxima do elemento estrutural

Peças semiesbeltas ($40 < \lambda \leq 80$)

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} \leq 1$$

σ_{Nd} é o valor de cálculo da tensão de compressão devida à força normal de compressão

σ_{Md} é o valor de cálculo da tensão de compressão devida ao momento fletor M_d , calculado pela excentricidade e_d prescrita pela norma

Peças semiesbeltas ($40 < \lambda \leq 80$)

$$\sigma_{Nd} = \frac{N_d}{A_w}$$

$$\sigma_{Md} = \frac{M_d}{W}$$

$$M_d = N_d * e_d$$

e_d excentricidade de projeto

σ_{Nd} é o valor de cálculo da tensão de compressão devida à força normal de compressão

σ_{Md} é o valor de cálculo da tensão de compressão devida ao momento fletor M_d , calculado pela excentricidade e_d prescrita pela norma

Excentricidades

e_i uma excentricidade decorrente dos valores de cálculo M_{d1} e N_d

$$e_i = \frac{M_{d1}}{N_d} \geq \frac{h}{30}$$

h é a altura seção transversal na direção referente ao plano de verificação, ou seja, a altura da peça em relação ao eixo analisado

Excentricidades

Excentricidade de projeto

$$e_d = e_1 * \left(\frac{N_E}{N_E - N_d} \right)$$

e_1 é a **excentricidade de primeira ordem**, expressa por

$$e_1 = e_i + e_a$$

e_a **uma excentricidade acidental** em virtude das imperfeições geométricas da barra, com valor máximo dado por

$$e_a = \frac{l_0}{300} \geq \frac{h}{30}$$

Sendo h a altura da peça em relação ao eixo analisado

Força crítica de Euler

$$N_E = \frac{\pi^2 * E_{cef} * I}{l_0^2}$$

N_E é a força crítica de Euler

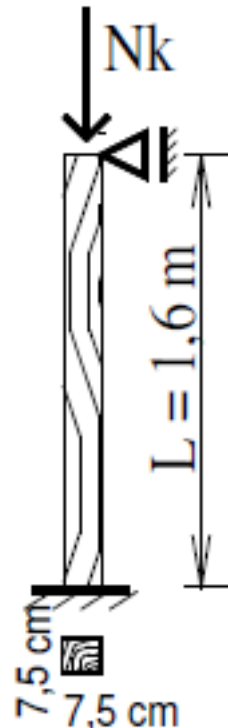
sendo I o momento de inércia da seção transversal da peça relativo ao plano de flexão em que se está verificando a condição de segurança

E_{cef} módulo de elasticidade da madeira

Exemplo 2

Verificar pilar de peroba rosa da Figura, sabendo que a ação permanente vale $N_{gk} = 2080$ daN e a ação variável causada pelo efeito do vento vale $N_{qk} = 520$ daN. Considere que carregamento é de longa duração, a madeira é usual, a classe de umidade do local da construção é 2 e as cargas permanentes são de grande variabilidade. A resistência e a rigidez da madeira são: $f_{kc} = 295$ daN/cm²;

$$E_{cm} = 146.740 \text{ daN/cm}^2.$$



Resolução

1. combinação de forças no ELU

$$F_{sd} = \sum \gamma_{gi} * G_i + \gamma_{q1} * Q_1 + \sum \gamma_{qj} * \psi_{0j} * Q_j$$

$$N_{sd} = \gamma_g * N_{gk} + 0,75 * \gamma_v * N_{vk}$$

$$N_{sd} = 1,4 * 2080 + 1,4 * 0,75 * 520$$

TABELA 3.6 Coeficientes de majoração γ_f das ações no estado limite de projeto

Combinação	Ações permanentes			Ações variáveis	
	Cargas permanentes		Recalques diferenciais γ_ϵ	Ações variáveis em geral, incluídas as cargas acidentais móveis γ_q	Variação de temperatura ambiental γ_q
	Grande variabilidade γ_g	Pequena variabilidade (*) γ_g			
Normal	1,4 (0,9)	1,3 (1,0)	1,2 (0)	1,4	1,2
Especial ou de construção	1,3 (0,9)	1,2 (1,0)	1,2 (0)	1,2	1,0
Excepcional	1,2 (0,9)	1,1 (1,0)	0 (0)	1,0	0

Resolução

1. combinação de forças no ELU

$$F_{sd} = \sum \gamma_{gi} * G_i + \gamma_{q1} * Q_1 + \sum \gamma_{qj} * \psi_{0j} * Q_j$$

$$N_{sd} = \gamma_g * N_{gk} + 0,75 * \gamma_v * N_{vk}$$

$$N_{sd} = 1,4 * 2080 + 1,4 * 0,75 * 520$$

$$N_{sd} = 3458 \text{ daN}$$

Resolução

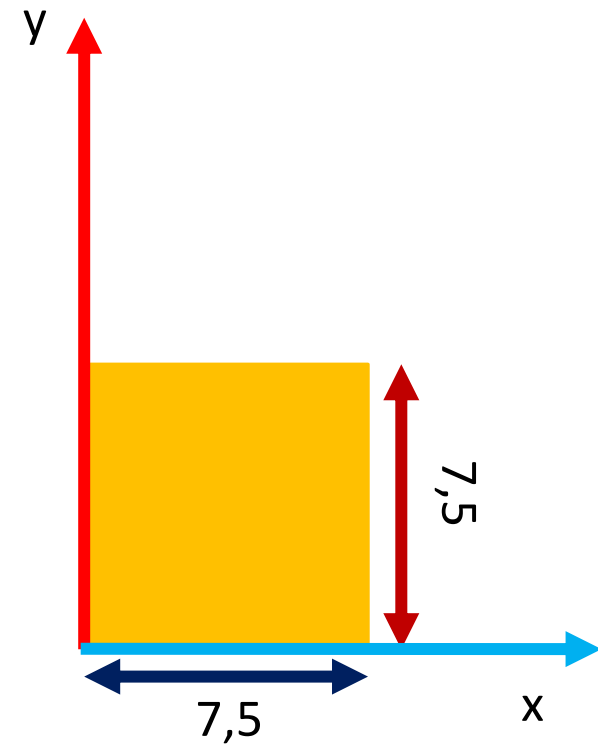
2. índice de esbeltez

$$\lambda_x = \lambda_y$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = \frac{7,5 \cdot 7,5^3}{12}$$

$$I = 263,67 \text{ cm}^4$$



Resolução

2. índice de esbeltez

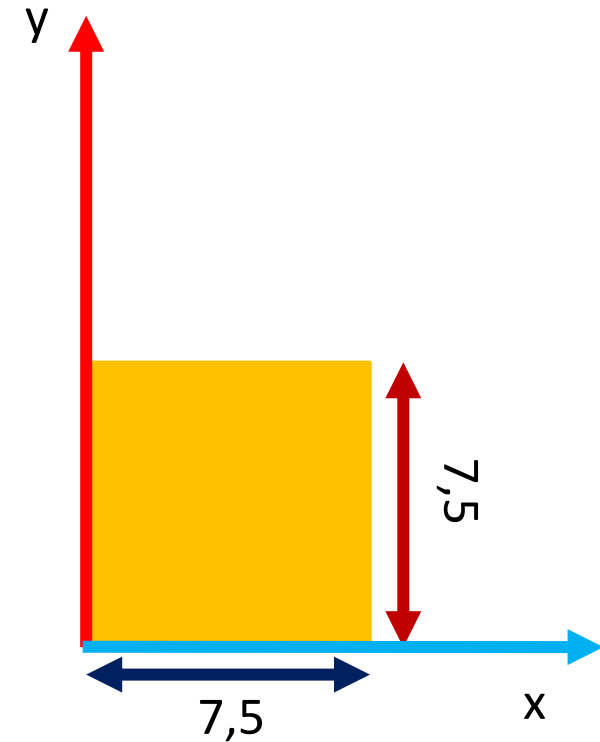
$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A}}}$$

$$\lambda = \frac{160}{\sqrt{\frac{263,67}{(7,5*7,5)}}}$$

$$\lambda = 73,9$$

$$\rightarrow 40 < \lambda = 73,9 < 80$$

\rightarrow Peça semiesbelta!!!!



Resolução

3. determinação das propriedades mecânicas da madeira

- madeira serrada e cargas de longa duração

$$\rightarrow K_{mod\ 1} = 0,7$$

- madeira serrada e classe de umidade 2

$$\rightarrow K_{mod\ 2} = 1$$

- madeira serrada e dicotiledônea de categoria não informada

$$\rightarrow K_{mod\ 3} = 0,8$$

$$K_{mod} = K_{mod\ 1} * K_{mod\ 2} * K_{mod\ 3}$$

$$K_{mod} = 0,7 * 1 * 0,8$$

$$K_{mod} = 0,56$$

Resolução

3. determinação das propriedades mecânicas da madeira

$$\gamma_w = 1,4$$

$$f_{cd} = k_{mod} * \frac{f_k}{\gamma_w}$$

$$f_{cd} = 0,56 * \frac{295}{1,4}$$

$$f_{cd} = 118 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_{cm} = 146740 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_{c\ ef} = k_{mod} * E_{cm}$$

$$E_{c\ ef} = 0,56 * 146740$$

$$E_{c\ ef} = 82174 \text{ daN/cm}^2$$

Resolução

4. excentricidade inicial (e_i)

M_{d1} é nulo pois a força de compressão está centrada na seção do pilar

$$e_i = \frac{M_{d1}}{N_d} \geq \frac{h}{30}$$

$$\rightarrow e_i = \frac{7,5}{30}$$

$$e_i = 0,25 \text{ cm}$$

Resolução

5. carga crítica de Euler (unidades em daN e em cm)

$$N_E = \frac{\pi^2 * E_{cef} * I}{l_0^2}$$

$$N_E = \frac{\pi^2 * 82174 * 263,67}{160^2}$$

$$N_E = 8353,24 \text{ daN}$$

Resolução

6. excentricidade acidental (e_a)

$$e_a = \frac{l_0}{300} \geq \frac{h}{30}$$

$$\frac{l_0}{300} = \frac{160}{300}$$

$$\frac{l_0}{300} = 0,53 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{7,5}{30}$$

$$\frac{h}{30} = 0,25 \text{ cm}$$

$$e_a = 0,53 \text{ cm} \geq 0,25 \text{ cm}$$

$$\rightarrow e_a = 0,53 \text{ cm}$$

Resolução

7. excentricidade de projeto

$$e_1 = e_i + e_a$$

$$e_1 = 0,25 + 0,53$$

$$e_1 = 0,78 \text{ cm}$$

$$e_d = e_1 * \left(\frac{N_E}{N_E - N_d} \right)$$

$$e_d = 0,78 * \left(\frac{8353,24}{8353,24 - 3458} \right)$$

$$e_d = 1,33 \text{ cm}$$

Resolução

8. tensão devido ao momento

$$M_d = N_d * e_d$$

$$M_d = 3458 * 1,33$$

$$M_d = 4599,14 \text{ daN.cm}$$

$$\sigma_{Md} = \frac{4599,14 * (\frac{7,5}{2})}{(263,67)}$$

$$\sigma_{Md} = 65,4 \text{ daN/cm}^2$$

Resolução

9. tensão normal

$$\sigma_{Nd} = \frac{N_d}{A_w}$$

$$\sigma_{Nd} = \frac{3458}{7,5^2}$$

$$\sigma_{Nd} = 61,47 \text{ daN/cm}^2$$

Resolução

10. verificação do critério de segurança

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} \leq 1$$

$$\frac{61,47}{118} + \frac{65,4}{118} = 1,08 > 1$$

Não Atende ao critério de segurança!!!!

Peças esbeltas ($\lambda > 80$)

Ruptura: por flexão causada pela perda de estabilidade lateral

a condição de segurança relativa ao estado limite último de instabilidade impõe a relação

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} \leq 1$$

Sendo,

$$\sigma_{Nd} = \frac{N_d}{A_w}$$

$$\sigma_{Md} = \frac{M_d}{W}$$

$$M_d = N_d * e_{1,ef} * \left(\frac{N_E}{N_E - N_d} \right)$$

Excentricidade efetiva de 1ª ordem

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c$$

e_i excentricidade inicial

$$e_i = \frac{M_{d1}}{N_d} \geq \frac{h}{30}$$

e_a é a excentricidade acidental mínima com valor

$$e_a = \frac{l_0}{300} \geq \frac{h}{30}$$

e_c é a excentricidade suplementar de primeira ordem que representa a fluência da madeira

Excentricidade suplementar

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

$$e_{ig} \leq \frac{M_{1g,d}}{N_{gd}}$$

N_{gk} e N_{qk} são valores **característicos da força normal devidos às cargas permanentes e variáveis**, respectivamente

$M_{1g,d}$ é o valor de projeto do momento fletor devido apenas às ações permanentes

ϕ é o coeficiente de fluência relacionado às classes de carregamento e de umidade

Coeficientes de fluência Φ

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

Excentricidade suplementar

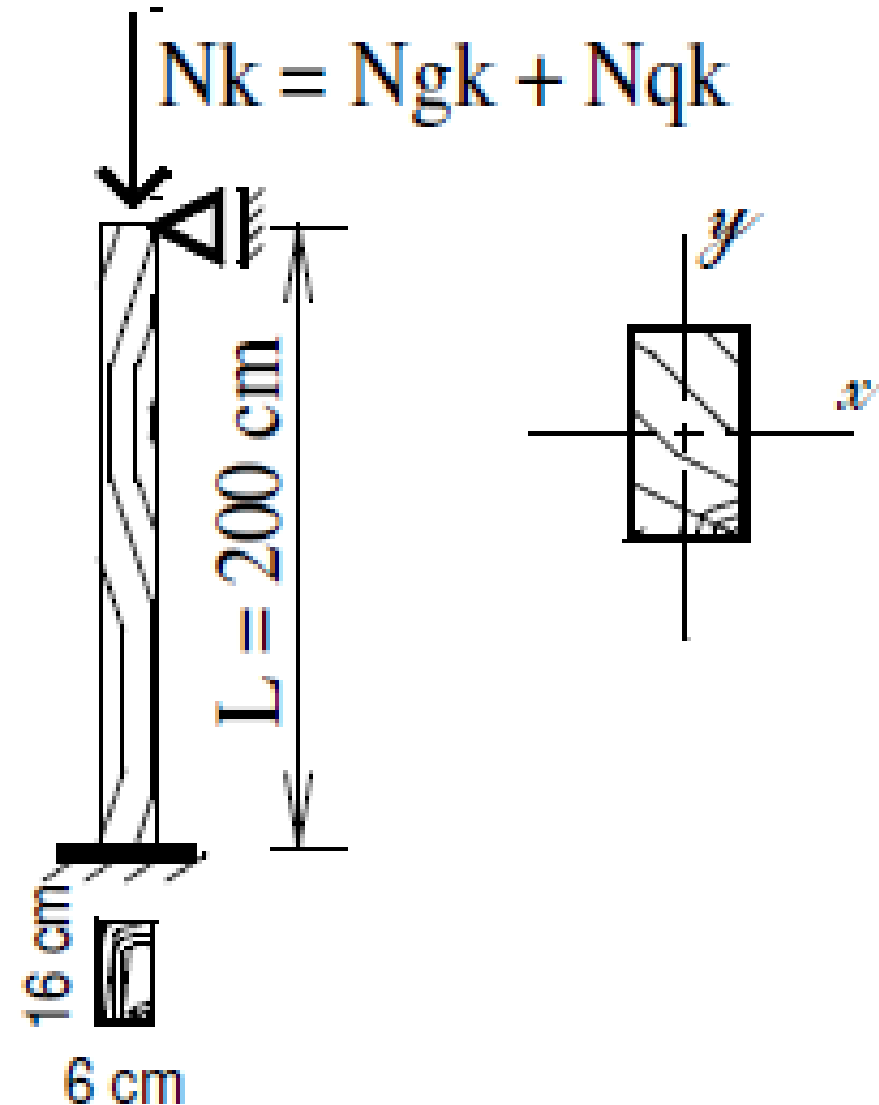
$$(\psi_1 + \psi_2) \leq 1$$

Fatores de combinação

Ações em estruturas correntes	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
- 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	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
- 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	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
- 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*
* Admite-se $\Psi_2=0$ quando a ação variável principal corresponde a um efeito sísmico			

Exemplo 3

Verificar o pilar de peroba rosa submetida às cargas conforme ilustra a Figura. Considerar o carregamento de longa duração, a madeira usual, a classe de umidade do local da construção é 2 e as cargas permanentes são de grande variabilidade. A resistência e a rigidez da madeira são: $f_{kc} = 295 \text{ daN/cm}^2$; $E_{cm} = 146740 \text{ daN/cm}^2$; $N_{gk} = 1300 \text{ daN}$ (ação permanente); $N_{qk} = 340 \text{ daN}$ (ação variável)



Resolução

1. Combinação de ações externas

$$F_{sd} = \sum \gamma_{gi} * G_i + \gamma_{q1} * Q_1 + \sum \gamma_{qj} * \psi_{0j} * Q_j$$

$$N_{sd} = \gamma_g * N_{gk} + \gamma_q * N_{qk}$$

$$N_{sd} = 1,4 * 1300 + 1,4 * 340$$

$$N_{sd} = 2296 \text{ daN}$$

Resolução

2. índice de esbeltez

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{\sqrt{\frac{I_x}{A}}}$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_x = \frac{6 \cdot 16^3}{12}$$

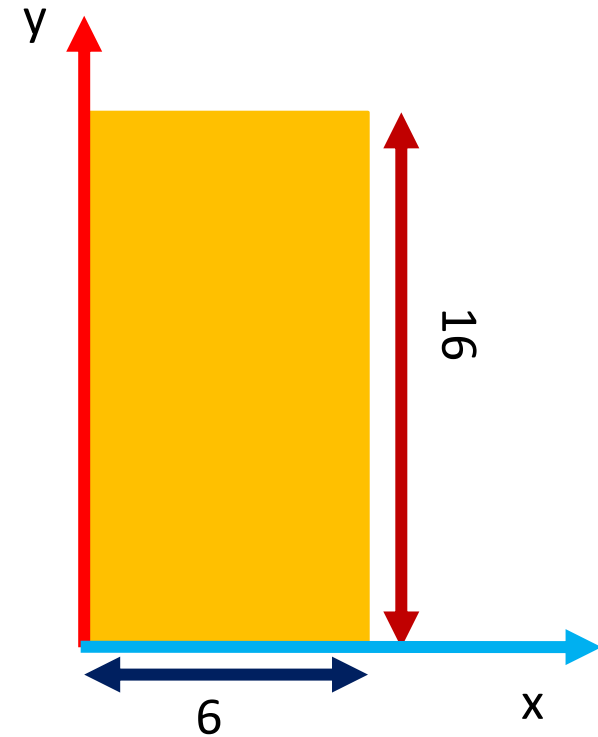
$$I_x = 2048 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_x = \frac{200}{\sqrt{\frac{2048}{(6 \cdot 16)}}}$$

$$\lambda_x = 43,30$$

$$\rightarrow 40 < \lambda_x = 43,30 < 80$$

→ Peça semiesbelta!!!!



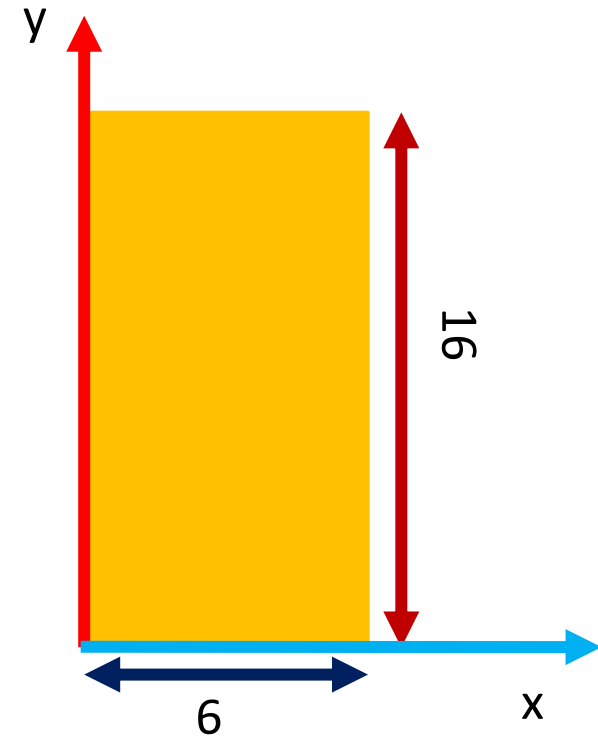
Resolução

2. índice de esbeltez

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}}$$
$$I_y = \frac{b * h^3}{12}$$
$$I_y = \frac{16 * 6^3}{12}$$
$$I_y = 288 \text{ cm}^4$$
$$\lambda_y = \frac{200}{\sqrt{\frac{288}{(6 * 16)}}}$$
$$\lambda_y = 115,47 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \lambda_x = 115,47 > 80$$

\rightarrow Peça esbelta!!!!



Resolução

3. determinação das propriedades mecânicas da madeira

- madeira serrada e cargas de longa duração

$$\rightarrow K_{mod\ 1} = 0,7$$

- madeira serrada e classe de umidade 2

$$\rightarrow K_{mod\ 2} = 1$$

- madeira serrada e dicotiledônea de categoria não informada

$$\rightarrow K_{mod\ 3} = 0,8$$

$$K_{mod} = K_{mod\ 1} * K_{mod\ 2} * K_{mod\ 3}$$

$$K_{mod} = 0,7 * 1 * 0,8$$

$$K_{mod} = 0,56$$

Resolução

3. determinação das propriedades mecânicas da madeira

$$\gamma_w = 1,4$$

$$f_{cd} = k_{mod} * \frac{f_k}{\gamma_w}$$

$$f_{cd} = 0,56 * \frac{295}{1,4}$$

$$f_{cd} = 118 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_{cm} = 146740 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_{c\ ef} = k_{mod} * E_{cm}$$

$$E_{c\ ef} = 0,56 * 146740$$

$$E_{c\ ef} = 82174 \text{ daN/cm}^2$$

Resolução

4. carga crítica de Euler (unidades em daN e em cm)

$$N_E = \frac{\pi^2 * E_{cef} * I}{l_0^2}$$

$$N_E = \frac{\pi^2 * 82174 * 288}{200^2}$$

$$N_E = 5839,38 \text{ daN}$$

Resolução

5. excentricidade inicial (e_i)

M_{d1} é nulo pois a força de compressão está centrada na seção do pilar

$$e_i = \frac{M_{d1}}{N_d} \geq \frac{h}{30}$$

$$\rightarrow e_i = \frac{6}{30}$$

$$e_i = 0,2 \text{ cm}$$



Resolução

6. excentricidade acidental (e_a)

$$e_a = \frac{l_0}{300} \geq \frac{h}{30}$$

$$\frac{l_0}{300} = \frac{200}{300}$$

$$\frac{l_0}{300} = 0,67 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{30} = \frac{6}{30}$$

$$\frac{h}{30} = 0,2 \text{ cm}$$

$$e_a = 0,67 \text{ cm} \geq 0,2 \text{ cm}$$

$$\rightarrow e_a = 0,67 \text{ cm}$$

Resolução

7.excentricidade suplementar

$$e_{ig} \leq \frac{M_{1g,d}}{N_{gd}}$$

$$e_{ig} = 0$$

Resolução

	Coeficientes de fluência Φ	
	Classes de Umidade	
Classes de Carregamento	1 e 2	3 e 4
Permanente ou de Longa Duração	0,8	2,0
Média Duração	0,3	1,0
Curta Duração	0,1	0,5

sig - u

Pela tabela de fluência da madeira:

Para a carregamento de longa duração e Classe de umidade 2

$$\rightarrow \phi = 0,8$$

Resolução

7.excentricidade suplementar

$$e_{ig} \leq \frac{M_{1g,d}}{N_{gd}}$$

$$e_{ig} = 0$$

Pela tabela de fluência da madeira:

Para a carregamento de longa duração e Classe de umidade 2

$$\rightarrow \phi = 0,8$$

Resolução

7.excentricidade supler

$$e_{ig} \leq \frac{M_{1g,d}}{N_{gd}}$$

$$e_{ig} = 0$$

Pela tabela de fluência (

Para a carregamento de

$$\rightarrow \phi = 0,8$$

Vamos adotar que a edificação não há predominância de pesos de equipamentos fixos e nem elevadas concentrações de pessoas

$$\rightarrow \psi_1 = 0,3$$

$$\rightarrow \psi_2 = 0,2$$

Fatores de combinação

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Ações em estruturas correntes			
- 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	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
- 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	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
- 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*
* Admite-se $\Psi_2=0$ quando a ação variável principal corresponde a um efeito sísmico			

Resolução

7.excentricidade suplementar

$$e_{ig} \leq \frac{M_{1g,d}}{N_{gd}}$$

$$e_{ig} = 0$$

Pela tabela de fluência da madeira:

Para a carregamento de longa duração e Classe de umidade 2

$$\rightarrow \phi = 0,8$$

Vamos adotar que a edificação não há predominância de pesos de equipamentos fixos e nem elevadas concentrações de pessoas

$$\rightarrow \psi_1 = 0,3$$

$$\rightarrow \psi_2 = 0,2$$

Resolução

7.excentricidade suplementar

$$\frac{\phi*(N_{gk}+(\psi_1+\psi_2)*N_{qk})}{N_E-[N_{gk}+(\psi_1+\psi_2)*N_{qk}]} = \frac{0,8*(1300+(0,3+0,2)*340)}{5839,38 - [(1300+(0,3+0,2)*340]}$$

$$\frac{\phi*(N_{gk}+(\psi_1+\psi_2)*N_{qk})}{N_E-[N_{gk}+(\psi_1+\psi_2)*N_{qk}]} = 0,27$$

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

$$e_c = (0 + 0,67) \{ \exp[0,27] - 1 \}$$

$$e_c = 0,21 \text{ cm}$$

Resolução

8. tensão devido ao momento de projeto devido a excentricidade efetiva de 1ª ordem

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c$$

$$e_{1,ef} = 0,2 + 0,67 + 0,21$$

$$e_{1,ef} = 1,08 \text{ cm}$$

$$M_d = N_d * e_{1,ef} * \left(\frac{N_E}{N_E - N_d} \right)$$

$$M_d = 2296 * 1,08 * \left(\frac{5389,38}{5389,38 - 2296} \right)$$

$$M_d = 4320 \text{ daN.cm}$$

Resolução

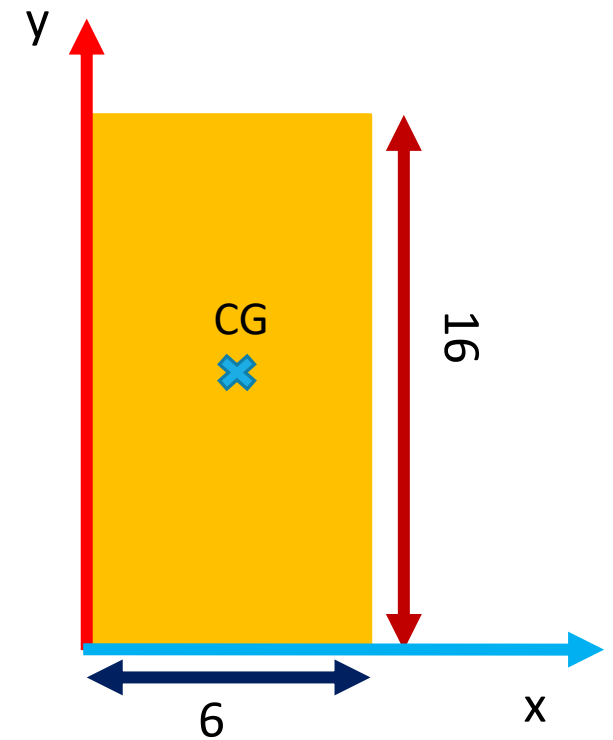
8. tensão devido ao momento de projeto devido a excentricidade efetiva de 1ª ordem

$$\sigma_{Md} = \frac{M_d}{W}$$

$$\sigma_{Md} = \frac{M_d * (x/2)}{I_y}$$

$$\sigma_{Md} = \frac{4320 * (6/2)}{288}$$

$$\sigma_{Md} = 45 \text{ daN/cm}^2$$



Resolução

9. tensão de projeto

$$\sigma_{Nd} = \frac{N_d}{A_w}$$

$$\sigma_{Nd} = \frac{2296}{(6*16)}$$

$$\sigma_{Nd} = 23,91 \text{ daN/cm}^2$$

Resolução

10. verificação de segurança

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} = \frac{23,91}{118} + \frac{45}{118}$$

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} = 0,58 \leq 1$$

Atende ao critério de segurança!!!!