Universidade POSITIVO

Engenharia Civil
Prova Substitutiva 2º Semestre de 2020
Disciplina: Estruturas de Aço e Madeira II

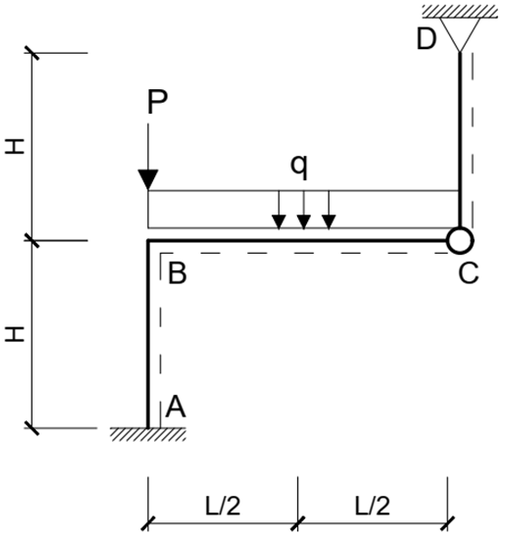
Código da Prova:
AM202-SB-5MA

Procedimento e Orientações:

1. Leia atentamente todas as instruções da prova.
2. Os dados **D1, D2, D3, D4 e D5** devem ser obtidos no site **www.jjscremin.com/provas** onde o aluno deve entrar com o código da prova (indicado no cabeçalho desta) e seu respectivo número de matrícula clicando no botão **"Buscar Dados"**.
3. Após obter as respostas para as 16 questões da prova o aluno deverá fotografar as páginas com o desenvolvimento dos cálculos e postar no AVA via item **"Postagem de AM202-SB-5MA"**;
4. Em seguida o aluno deverá postar as respostas finais para as 16 questões (inserindo somente números e utilizando "ponto" como separador de decimais) no site **www.jjscremin.com/provas.** Para tanto, o aluno deverá fazer/refazer a busca de dados com seu número de matrícula e código de prova, certificando-se de que seu nome apareça em vermelho no campo "Nome do Aluno" para em seguida preencher os 16 campos destinados às respostas, e por fim, clicar no botão **"Enviar Respostas"**.
5. **Para todos os cálculos nas questões utilize 5 algarismos significativos.**
6. Na correção dos valores numéricos das questões abertas será utilizada uma margem de erro de 5 por cento (para mais ou para menos).

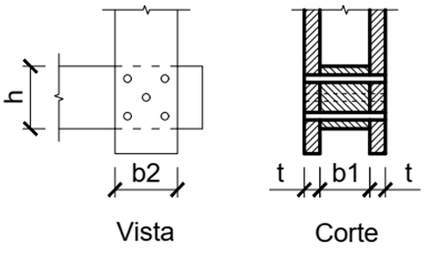
Problema A (0,625 ponto cada) :

Para o modelo estrutural de pórtico ao lado, proceder as verificações de:
(1) Momentos fletores, esforços cortantes e flecha para a viga BC.
(2) Tração para as peças que compõe o tirante CD.
(3) Resistência e estabilidade do pilar AB.
(4) Ligação parafusada no ponto C.



• Madeira Dicotiledônea e peças de primeira categoria (kmod3 = 1.0);
• Ambiente de umidade Classe 2;
• Combinações normais em ELU e de longa duração em ELS;
• A edificação é uma biblioteca e a furação para instalação de parafusos tem diâmetro igual ao diâmetro dos mesmos;
• Não considerar reduções de esforço cortante nas proximidades de apoios;
• Construção corrente sem materiais frágeis;
• A viga BC é contida lateralmente ao longo de todo seu comprimento;
• Ligação composta de parafusos com resistência fyk = 240 MPa;
• Para efeito de cálculo de esforços considerar que as barras verticais do pórtico são infinitamente rígidas ;
• Não é necessário verificar os espaçamentos na ligação;
• O pilar AB tem seção transversal quadrada de lado "1,40 . b1";
• Todas as cargas envolvidas são permanentes (kmod1 = 0.6);
• As vinculações indicadas são válidas para ambos eixos principais de inércia na verificação do pilar AB;

Detalhe da Ligação no Ponto C



- Classe da Madeira D1 sendo:
1 para C20 2 para C30 3 para C40 4 para C60

- Diâmetro dos Parafusos D2 sendo:
1 para 1,25 cm 2 para 1,60 cm 3 para 1,90 cm 4 para 2,20 cm

- Demais dados Geométricos:
L = D3 . 500 cm ; H = 270 cm;
h = D4 . 25,0 cm; b1 = D5 . 16,0 cm; b2 = 18,0 cm;
t = Dobro do diâmetro do parafuso instalado;

Cargas em valores característicos:
q = 2,00 kN/m P = 40,0 kN

Q01 – O máximo esforço axial solicitante que ocorre nas peças da barra CD é [em kN e com positivo para tração]?
Q02 – O máximo momento fletor solicitante, em módulo, que ocorre na viga BC é [em kN.cm]?
Q03 – O máximo esforço cortante solicitante, em módulo, que ocorre na viga BC é [em kN]?
Q04 – O máximo esforço axial de compressão que incide no pilar AB é [em kN]?
Q05 – O momento fletor resistente de cálculo da viga BC é [em kN.cm]?
Q06 – O esforço cortante resistente de cálculo da viga BC é [em kN]?
Q07 – O esforço resistente de cálculo por plano de corte na ligação no ponto C é [em kN]?
Q08 – A área útil da dupla de peças que compõe o tirante CD é [em cm^2]?
Q09 – O esforço de tração resistente de cálculo do conjunto de peças que compõe o tirante CD é [em kN]?
Q10 – A resultado da aplicação da expressão de verificação de resistência no pilar AB é [adimensional]?
Q11 – A relação "Esforço Solicitante" / "Esforço Resistente" na verificação da ligação no ponto C é [adimensional]?
Q12 – A carga crítica de flambagem do pilar AB é [em kN]?
Q13 – Em termos do eixo principal de inércia mais defavorável, a barra "ab" pode ser classificada como uma peça:
1 - curta 2 - medianamente esbelta 3 - esbelta 4 - esbeltez acima de 140
OBS: para os eixos principais de inércia com esbeltez acima de 140 considerar relação "Tensão Solicitante" / "Tensão Resistente" como igual à 10000.
Q14 – O valor da relação "Tensão Solicitante" / "Tensão Resistente" na verificação de estabilidade do pilar "AB" [adimensional] ?
Q15 – A relação "Flecha Calculada" / "Flecha Limite" na verificação de deformações excessivas na viga BC é [adimensional]?
Q16 – O módulo elástico da viga BC em relação ao eixo principal de inércia que sofre giro devido ao carregamento transversal aplicado é [em cm^3]?

$D1 = 2$ $D2 = 2$ $D3 = 1$ $D4 = 1,4$ $D5 = 0,8$

$$tipomad := \begin{bmatrix} 20\ MPa & 4\ MPa & 9,5\ GPa \\ 30\ MPa & 5\ MPa & 14,5\ GPa \\ 40\ MPa & 6\ MPa & 19,5\ GPa \\ 60\ MPa & 8\ MPa & 24,5\ GPa \end{bmatrix}$$

$$tipoparaf := \begin{bmatrix} 1,25\ cm & 1,68 \\ 1,6\ cm & 1,52 \\ 1,9\ cm & 1,41 \\ 2,2\ cm & 1,33 \end{bmatrix}$$

$mad := \text{submatrix}(tipomad; D1; D1; 1; 3)$

$paraf := \text{submatrix}(tipoparaf; D2; D2; 1; 2)$

$fc0k := mad_1 = 30\ MPa$

$d := paraf_1 = 1,6\ cm$

$fv0k := mad_2 = 5\ MPa$

$\alpha_E := paraf_2 = 1,52$

$n_paraf := 5$

$Ec0m := mad_3 = 14500\ MPa$

$L := D3 \cdot 500\ cm = 500\ cm$

$b1 := D5 \cdot 16\ cm = 12,8\ cm$

$t := 2 \cdot d = 3,2\ cm$

$H := 270\ cm$

$b2 := 18\ cm = 18\ cm$

$\gamma a1 := 1,1$

$h := D4 \cdot 25\ cm = 35\ cm$

$qsk := 2\ \frac{kN}{m}$

$Psk := 40\ kN$

$b_pilar := 1,4 \cdot b1 = 17,92\ cm$

Propriedades da Madeira:

$kmod1 := 0,6$ Somente cargas permentes
$kmod2 := 1,0$ Ambiente classe 2 de umidade
$kmod3 := 1,0$ Dicotiledôena de 1ª categoria

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,6$

$$fc0d := \frac{kmod \cdot fc0k}{1,4} = 1,2857\ \frac{kN}{cm^2} \qquad ft0k := \frac{fc0k}{0,77} = 3,8961\ \frac{kN}{cm^2}$$

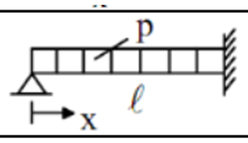
$$fv0d := \frac{kmod \cdot fv0k}{1,8} = 0,1667\ \frac{kN}{cm^2} \qquad ft0d := \frac{kmod \cdot ft0k}{1,8} = 1,2987\ \frac{kN}{cm^2}$$

$Ec0ef := kmod \cdot Ec0m = 8700\ MPa$

Proprieades Geométricas da Viga e Máximas Solicitações:

$Ix := \frac{b1 \cdot h^3}{12} = 45733,3333\ cm^4$ $Wx := \frac{b1 \cdot h^2}{6} = 2613,3333\ cm^3$ $Ag := b1 \cdot h = 448\ cm^2$

$G16 := \frac{Wx}{cm^3} = 2613,3333$

	$\frac{3}{554}\frac{pL^4}{EI}$	0,422 L	$\frac{pL^4}{48EI}(-2\alpha^4 + 3\alpha^3 - \alpha)$

$Msd_max := \frac{1,4 \cdot qsk \cdot L^2}{8} = 875\ kN\ cm$ $G02 := \frac{Msd_max}{kN\ cm} = 875$

$Vsd_max := \frac{5}{8} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L = 8,75\ kN$ $G03 := \frac{Vsd_max}{kN} = 8,75$

$Tsd_max := \frac{3}{8} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L = 5,25\ kN$ $G01 := \frac{Tsd_max}{kN} = 5,25$

$Ncsd_max := Vsd_max + 1,4 \cdot Psk = 64,75\ kN$ $G04 := \frac{Ncsd_max}{kN} = 64,75$

$\delta calc := \frac{3}{554} \cdot \frac{qsk}{Ec0ef \cdot Ix} \cdot L^4 = 0,1701\ cm$

Verificação de Momentos:

$Mrd := Wx \cdot fc0d = 3360\ kN\ cm$ $G05 := \frac{Mrd}{kN\ cm} = 3360$

Verificação de Cortantes:

$Vrd := \frac{2}{3} \cdot Ag \cdot fv0d = 49,7778\ kN$ $G06 := \frac{Vrd}{kN} = 49,7778$

Verificação de Flecha:

$\delta limite := \frac{L}{200} = 2,5\ cm$ $G15 := \frac{\delta calc}{\delta limite} = 0,0681$

Verificações da Ligação no Ponto C:

Verificação da peça central (horizontal):

$fed_horiz := 0,25 \cdot fc0d \cdot \alpha_E = 0,4886\ \frac{kN}{cm^2}$ $fyd := \frac{240\ MPa}{1,1} = 21,8182\ \frac{kN}{cm^2}$ $t_horiz := \frac{b1}{2} = 6,4\ cm$

$\beta_horiz := \frac{t_horiz}{d} = 4$ $\beta lim_horiz := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_horiz}} = 8,3532$

$Rvd1_horiz_emb := 0,4 \cdot \frac{t_horiz^2}{\beta_horiz} \cdot fed_horiz = 2,0012\ kN$

$Rvd1_horiz_flex := 0,625 \cdot \frac{d^2}{\beta lim_horiz} \cdot fyd = 4,1791\ kN$

$$Rvd1_horiz := \text{if } \beta_horiz \le \beta lim_horiz = 2{,}0012\ \text{kN}$$
$$\quad Rvd1_horiz_emb$$
$$\text{else}$$
$$\quad Rvd1_horiz_flex$$

Verificação e peças laterais (verticais)

$$fed_vert := fc0d = 1{,}2857\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \qquad t_vert := t = 3{,}2\ \text{cm}$$

$$\beta_vert := \frac{t_vert}{d} = 2 \qquad \beta lim_vert := 1{,}25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_vert}} = 5{,}1493$$

$$Rvd1_vert_emb := 0{,}4 \cdot \frac{t_vert^2}{\beta_vert} \cdot fed_vert = 2{,}6331\ \text{kN}$$

$$Rvd1_vert_flex := 0{,}625 \cdot \frac{d^2}{\beta lim_vert} \cdot fyd = 6{,}7794\ \text{kN}$$

$$Rvd1_vert := \text{if } \beta_vert \le \beta lim_vert = 2{,}6331\ \text{kN} \qquad G07 := \frac{Rvd1_vert}{\text{kN}} = 2{,}6331$$
$$\quad Rvd1_vert_emb$$
$$\text{else}$$
$$\quad Rvd1_vert_flex$$

$$Rvd1 := \min\left(\left[\ Rvd1_horiz\ \ Rvd1_vert\ \right]\right) = 2{,}0012\ \text{kN} \qquad n_planos := 2$$

$$RVd_paraf := n_planos \cdot Rvd1 = 4{,}0024\ \text{kN}$$

$$TRd := n_paraf \cdot RVd_paraf = 20{,}0119\ \text{kN}$$

$$G07 := \frac{Rvd1}{\text{kN}} = 2{,}0012 \qquad G11 := \frac{Tsd_max}{TRd} = 0{,}26234$$

Verificação de Tração nas peças da barra "CD":

$$Ag := 2 \cdot b2 \cdot t = 115{,}2\ \text{cm}^2 \qquad Afuros := 2 \cdot d \cdot 2 \cdot t = 20{,}48\ \text{cm}^2$$

$$Autil := \text{if } \frac{Afuros}{Ag} \le 0{,}1 = 94{,}72\ \text{cm}^2$$
$$\quad Ag$$
$$\text{else}$$
$$\quad Ag - Afuros$$

$$G08 := \frac{Autil}{\text{cm}^2} = 94{,}72$$

$$Ntrd := Autil \cdot ft0d = 123{,}01\ \text{kN} \qquad G09 := \frac{Ntrd}{\text{kN}} = 123{,}013$$

Propriedades Geométricas do Pilar Ab :

$$Ag_pilar := b_pilar^2 = 321{,}1264\ \text{cm}^2 \qquad Ipilar := \frac{b_pilar^4}{12} = 8593{,}5137\ \text{cm}^4$$

$$Wpilar := \frac{b_pilar^3}{6} = 959{,}0975\ \text{cm}^3 \qquad rpilar := \sqrt{\frac{Ipilar}{Ag_pilar}} = 5{,}1731\ \text{cm}$$

$$Lo := H = 2{,}7\ \text{m}$$

$$\lambda := \frac{Lo}{rpilar} = 52{,}1935$$

$$tipo_peca := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda \le 40 \\ 2 & \text{else if } \lambda \le 80 \\ 3 & \text{else if } \lambda \le 140 \\ 4 & \text{else} \end{cases} = 2$$

$G13 := tipo_peca = 2$

Verificação de Resistência :

$$\sigma Ncsd := \frac{Ncsd_max}{Ag_pilar} = 0,2016 \ \frac{kN}{cm^2} \qquad \sigma Msd := \frac{Msd_max}{Wpilar} = 0,9123 \ \frac{kN}{cm^2}$$

$$res := \left(\frac{\sigma Ncsd}{fc0d}\right)^2 + \frac{\sigma Msd}{fc0d} = 0,7342 \qquad G10 := res = 0,7342$$

Verificação de Estabilidade do Pilar:

$$FE := \frac{\pi^2 \cdot Ec0ef \cdot Ipilar}{Lo^2} = 1012,2 \ kN \qquad G12 := \frac{FE}{kN} = 1012,2$$

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

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

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

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

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

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

$M1gd := Msd_max = 875 \ kN \ cm$

$Ngd := Ncsd_max = 64,75 \ kN$

$eig := \frac{M1gd}{Ngd} = 13,5135 \ cm$

$hpilar := b_pilar = 17,92 \ cm$

$\frac{hpilar}{30} = 0,5973 \ cm$

$\frac{Lo}{300} = 0,9 \ cm \qquad \frac{Msd_max}{Ncsd_max} = 13,5135 \ cm$

$$ea := \begin{cases} \frac{Lo}{300} & \text{if } \frac{Lo}{300} \ge \frac{hpilar}{30} = 0,9 \ cm \\ \frac{hpilar}{30} & \text{else} \end{cases}$$

$$ei := \begin{cases} \frac{Msd_max}{Ncsd_max} & \text{if } \frac{Msd_max}{Ncsd_max} \ge \frac{hpilar}{30} = 13,5135 \ cm \\ \frac{hpilar}{30} & \text{else} \end{cases}$$

Classe 2 de umidade e cargas permanentes:

$\phi := 0,8$

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

$Nsk := \frac{Ncsd_max}{1,4} = 46,25 \ kN$

$Nx := \frac{\phi \cdot (Nsk)}{FE - (Nsk)} = 0,0383$

$ec := (eig + ea) \cdot (\exp(Nx) - 1) = 0,5628 \text{ cm}$

$e1_ef := \text{if } \lambda \le 40 \quad 0 \quad \text{else if } \lambda \le 80 \quad ea + ei \quad \text{else if } \lambda \le 140 \quad ea + ei + ec \quad \text{else} \quad 9999 = 14,4135 \text{ cm}$

$Ncsd_max \cdot e1_ef = 933,275 \text{ kN cm} \qquad \frac{FE}{FE - Ncsd_max} = 1,0683$

$Msd_final := Ncsd_max \cdot e1_ef \cdot \left(\frac{FE}{FE - Ncsd_max} \right) = 997,06 \text{ kN cm}$

$\sigma_{Nsd} := \frac{Ncsd_max}{Ag_pilar} = 0,2016 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \qquad \sigma_{Msdx} := \frac{Msd_final}{Wpilar} = 1,0396 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$\text{if } \lambda \le 140 \quad SporRx := \frac{\sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdx}}{fc0d} \quad \text{else} \quad SporRx := 10000$

$G14 := SporRx = 0,9654$

Resultados:

$D1 = 2$ $D2 = 2$ $D3 = 1$ $D4 = 1,4$ $D5 = 0,8$

$G01 = 5,25$	$R01 := V_1 = 63$	$N01 := gab(R01; G01) = 0$
$G02 = 875$	$R02 := V_2 = 31500$	$N02 := gab(R02; G02) = 0$
$G03 = 8,75$	$R03 := V_3 = 63$	$N03 := gab(R03; G03) = 0$
$G04 = 64,75$	$R04 := V_4 = 63$	$N04 := gab(R04; G04) = 1$
$G05 = 3360,0$	$R05 := V_5 = 64000$	$N05 := gab(R05; G05) = 0$
$G06 = 49,778$	$R06 := V_6 = 83,335$	$N06 := gab(R06; G06) = 0$
$G07 = 2,0012$	$R07 := V_7 = 1,016$	$N07 := gab(R07; G07) = 0$
$G08 = 94,720$	$R08 := V_8 = 630$	$N08 := gab(R08; G08) = 0$
$G09 = 123,01$	$R09 := V_9 = 4,17$	$N09 := gab(R09; G09) = 0$
$G10 = 0,73417$	$R10 := V_{10} = 1,15$	$N10 := gab(R10; G10) = 0$
$G11 = 0,26234$	$R11 := V_{11} = 0,856$	$N11 := gab(R11; G11) = 0$
$G12 = 1012,2$	$R12 := V_{12} = 263,48$	$N12 := gab(R12; G12) = 0$
$G13 = 2,0000$	$R13 := V_{13} = 2$	$N13 := gab(R13; G13) = 1$
$G14 = 0,96539$	$R14 := V_{14} = 0,5459$	$N14 := gab(R14; G14) = 0$
$G15 = 0,068050$	$R15 := V_{15} = 0,4012$	$N15 := gab(R15; G15) = 0$
$G16 = 2613,3$	$R16 := V_{16} = 349,525$	$N16 := gab(R16; G16) = 0$

$Acertos := N01 + N02 + N03 + N04 + N05 + N06 + N07 + N08 + N09 + N10 + N11 + N12 + N13 + N14 + N15 + N16$

$Nota := Acertos \cdot peso = 1,25$