UNIVERSIDADE POSITIVO

**Engenharia Civil**
Avaliação Bimestral: 2 / 2014 **SE14-AB-B2a**
Disciplina: Sistemas Estruturais

Nota:

Turma:

Aluno: GABARITO

Matrícula:

**Orientações:**

- Leia atentamente todas as instruções da prova;
- Não é permitida a comunicação entre os alunos durante a realização da prova;
- Não serão aceitas questões sem justificativa;
- Respostas devem ser destacadas e escritas com caneta azul ou preta;
- Aparelhos de comunicação deverão ser desligados e mantidos dentro das malas, que deverão ser deixadas na frente do salão de provas. Caso algum aluno seja flagrado portando um celular em salão de provas, mesmo que este esteja desligado, isto será considerado como tentativa de cola e o aluno terá sua prova recolhida e será atribuída nota zero na avaliação.
- É permitida a consulta a 3 folhas A4 manuscritas a serem entregues junto com a prova. A não entrega destas folhas bem como a entrega fora dos padrões (fotocopiada, impressa ou com qualquer elemento não manuscrito) implicará na perda de 1,5 pontos na nota bimestral;
- Utilize as convenções definidas em sala de aula;
- Durante a realização das provas não é permitido ao aluno ausentar-se do salão para ida a sanitários ou por qualquer outro motivo. A saída do salão de provas implica na entrega da prova para correção.
- **Para todos os cálculos nas questões abaixo utilize 5 algarismos significativos**.

**Questão 01: [ Valor 1,5 pontos – 0,25 pontos cada ]**

- Assinale **Verdadeiro "V"** ou **Falso "F"** quanto às afirmações abaixo e em caso falso justifique indicando o motivo da afirmação não ser procedente. Respostas assinaladas com "F" e sem justificativa serão anuladas.

01) ( F ) Em termos de verificação de peças fletidas, caso haja contenção lateral, a verificação FLM (Flambagem Local da Mesa) pode ser desprezada.

FLT (FLAMBAGEM LATERAL COM TORÇÃO) PODE SER DESPREZADA

02) ( F ) Adotar uma Alma Esbelta é sempre a primeira opção em termos de dimensionamento de peças fletidas.

É SEMPRE A ÚLTIMA OPÇÃO

03) ( F ) Em vigas como a esboçada na Questão 02 quanto maior for o vão L mais significativos serão os efeitos dos esforços cortantes em comparação com os momentos fletores .

O MOMENTO FLETOR AUMENTA COM O QUADRADO DO VÃO ENQUANTO O CORTANTE SE MANTÉM O MESMO

04) ( F ) Enrijecedores são dispositivos que visam principalmente melhorar o desempenho das vigas metálicas no que diz respeito a resistência à momentos fletores.

ENRIJECEDORES SÃO DISPOSITIVOS DESTINADOS A COMBATER CISALHAMENTO E FORÇAS LOCALIZADAS

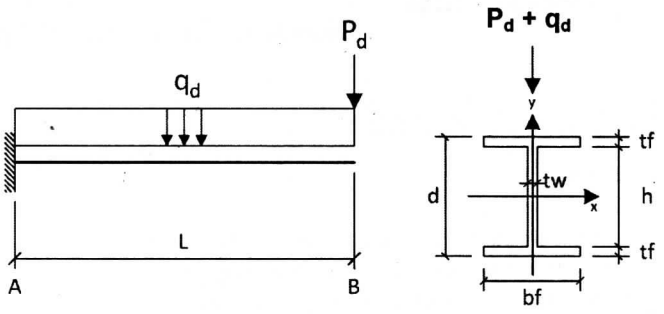
05) ( V ) A adoção de perfis em formato de I ou H na composição de vigas justifica-se pelo fato destes apresentarem maiores relações Inércia / Área, o que implica nos benefícios de redução de peso próprio e ganho de resistência momentos fletores.

06) ( F ) Na determinação da resistência à esforço cortante as mesas cumprem um papel muito mais importante do que a alma.

A ALMA É MUITO MAIS DETERMINANTE

**Questão 02: [ Valor 3,5 pontos ]**

A viga ao lado será construída em um **perfil ~~W~~ I SOLDADO ~~(laminado)~~** com as características abaixo:




| | | | |
|---|---|---|---|
| tw | = | 10 | mm |
| h | = | 450 | mm |
| tf | = | 12 | mm |
| bf | = | 180 | mm |
| J | = | ~~38.04~~ | $cm^4$ 35,74 |

Considerando os seguintes dados: PONTOS
- **vão L = 6,0 m;**
- **carga concentrada em valor de cálculo $P_d$ = 0 kN;**
- **travamentos laterais somente nos apoios A e B;**
- **aço AR350** sendo que o perfil laminado indicado tem **seção compacta para FLA e FLM;**

Determine qual é o máximo valor da **carga distribuída $q_d$ (já em valor de cálculo)** que pode ser aplicada de modo que a **viga passe na verificação FLT**.

$\lambda_{FLT} = Lb/r_y$ $\quad r_y = \sqrt{I_y/A}$

$I_y = 45cm \times (1cm)^3/12 + 2(1,2cm \times (18cm)^3/12) = 1170\ cm^4$

$A = 2 \times 1,2cm \times 18cm + 45cm \times 1cm = 88,2\ cm^2$ 0,7

$r_y = \sqrt{1170/88,2} = 3,642\ cm$ $\quad \lambda_{FLT} = 600cm/3,642cm = 164,7$

$\lambda_{PFLT} = 1,76\sqrt{20000kN/cm^2/35kN/cm^2} = 1,76 \times 23,90 = 42,06$

$I_x = 1cm \times (45cm)^3/12 + 2\left(18cm \times (1,2cm)^3/12 + 18cm \times 1,2cm \times \left(\frac{45cm+1,2cm}{2}\right)^2\right)$

$I_x = 30651\ cm^4$ $\quad W_x = I_x/d/2 = 30651/0,5(45+2\times1,2)$

$W_x = 1293\ cm^3$

$\beta_1 = 0,7\ f_y W_x/EJ = 0,7 \times 35kN/cm^2 \times 1293cm^3/20000\ kN/cm^2 \times 35,74\ cm^4$

$\beta_1 = 0,04432/cm$ 0,7

$C_w = I_y(d-t_f)^2/4 = 1170cm^4(45cm+1,2cm)^2/4 = 624324\ cm^2$

$$\lambda_{rFLT} = \frac{1,38\sqrt{1170 \cdot 35,74}}{3,642 \cdot 35,74 \cdot 0,04432}\sqrt{1+\sqrt{1+\frac{27 \times 624324 \times 0,04432^2}{1170}}}$$

$\lambda_{rFLT} = 123,9$ VIGA LONGA 0,7

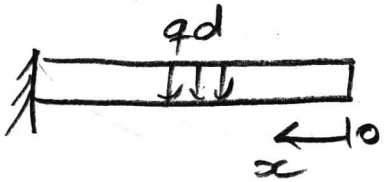
$Z_x = 2\left[18cm \times 1,2cm \times \left(\frac{45cm+1,2cm}{2}\right) + \frac{45cm}{2} \times 1cm \times \frac{45cm}{4}\right]$

$Z_x = 1504\ cm^3$ //

$M_{pl} = Z_x \cdot f_y = 1504 \times 35 = 52640\ kN.cm = 526,4\ kN.m$ //

$M_r = 0,7 \cdot f_y \cdot W_x = 0,7 \times 35 \times 1293 = 31679\ kN.cm = 316,8\ kN.m$ //

$C_b = ?$




$M(x) = -qd \cdot x^2/2$

$M_A = M(L/4) = -qd\,L^2/32 = -qd \cdot 6^2/32 = -1,125\,qd$

$M_B = M(L/2) = -qd\,L^2/8 = -qd \cdot 6^2/8 = -4,5\,qd$

$M_C = M(3/4) = -qd\,9L^2/32 = -qd\,9 \cdot 6^2/32 = -10,13\,qd$

$M_{MÁX} = M(L) = -qd\,L^2/2 = -qd \cdot 6^2/2 = -18\,qd$ 0,7

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 18qd}{2,5 \cdot 18qd + 3 \cdot 1,125qd + 4 \cdot 4,5qd + 3 \cdot 10,13qd} = 2,325$$

$$M_{cr} = \frac{2,325\,\pi^2 \times 2 \times 10^4 \times 1170}{600^2}\sqrt{\frac{624324}{1170}\left(1 + 0,039 \times \frac{35,74 \times 600^2}{624324}\right)}$$

$M_{cr} = 46274\ kN.cm = 462,7\ kN.m$ //

$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{462,7\ kN.m}{1,1} \leq \frac{526,4\ kN.m}{1,1}$

$M_{Rd} = 420,6\ kN.m$ IGUALANDO $M_{Sd} = M_{Rd}$

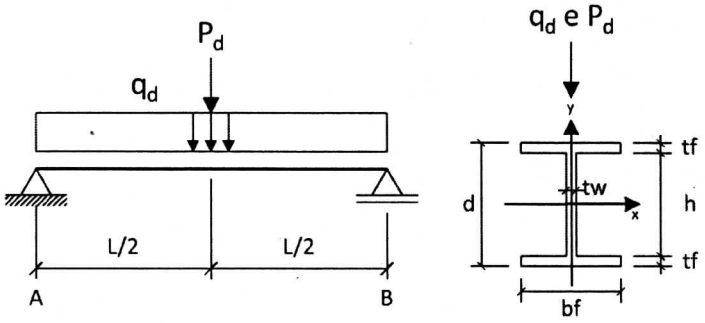
$18qd = 420,6\ kN.m$

$qd = 420,6/18 = 23,37\ kN/m$ 0,7 //

**Questão 03: [ Valor 3,0 pontos ]**

DE PISO

A viga ao lado será construída em um **perfil soldado** cujas **chapas são todas de 10 mm de espessura**.




Os carregamentos aplicados são :
- **carga concentrada variável em valor característico Pk = 50kN;**
- **carga distribuída permanente em valor característico $q_k$ = 40kN/m;**

Dado que:
**bf = 200 mm** Aço MR 250
**L = 750 cm**

Determine:
a) Qual deve ser a **altura h** (indicada na figura) para que a viga passe na **verificação ELU de esforços cortantes?**
b) Qual deve ser a **altura h** (diferente da já calculada no item "a") para que a viga passe na **verificação ELS de deformações excessivas?**

**OBS:** Para **ELU considerar ações agrupadas com coeficientes Yg = Yq = 1,4** . Para **ELS adotar combinação quase-permanente com $\Psi_2$=0,6.**

(a) $P_d = 1,4 \times 50kN = 70kN$ $\quad q_d = 1,4 \times 40kN/m = 56kN/m$ 0,8

$V_{sd} = q_d \times L/2 + P_d/2 = 56kN/m \times 7,5m/2 + 70kN/2 = \boxed{245kN}$

Assumindo $\lambda = h/t_w$ COMPACTO p/ CISALHAMENTO:

$V_{Rd} = V_{sd} \Rightarrow \dfrac{0,60 \times (h + 2 \times 1cm) \times 1cm \times 25kN/cm^2}{1,1} = 245kN$

$h + 2 = \dfrac{245 \times 1,1}{0,60 \times 25}$ $\quad h = 17,97 - 2 = \underline{15,97cm}$

$\lambda = 15,97cm/1cm = 15,97$

$\lambda_p = 1,10\sqrt{kv \cdot E/f_y} = 1,10\sqrt{5}\ 28,28 = 69,55$ } SEÇÃO COMPACTA

R: $\boxed{h = 15,97cm}$ 0,7

(b) Carregamento ELS: $q_{ELS} = 40kN/m + 0,6 \times 50kN$ 0,3

$q_{ELS} = 40kN/m + 30kN$ $\quad \delta_{LIM} = L/350 = \dfrac{750cm}{350} = \boxed{2,143cm}$

$\delta_{calc} = \delta_{LIM}$ : CONDIÇÃO LIMITE

$$\frac{5qL^4}{384EI_x} + \frac{PL^3}{48.EI_x} = 2{,}143\,cm$$

$q = 40\,kN/m = 0{,}40\,kN/cm$

$P = 30\,kN$

$$\frac{5\times0{,}40\times750^4}{384\times2\times10^4\,I_x} + \frac{30\times750^3}{48.2\times10^4\,I_x} = 2{,}143$$

$$\frac{82397}{I_x} + \frac{13184}{I_x} = 2{,}143 \rightarrow \frac{82397+13184}{2{,}143} = I_x$$

$I_x = 44585\,cm^4$ (INÉRCIA NECESSÁRIA) 0,5

$$I_x = \frac{tw\times h^3}{12} + 2\left(bf\times\frac{tf^3}{12} + (bf\times tf)\left(\frac{h+tf}{2}\right)^2\right) = 44585$$

$$\frac{1\times h^3}{12} + 2\left(20\times\frac{1^3}{12} + (20\times1)\left(\frac{h+1}{2}\right)^2\right) = 44585$$

$$0{,}08333\,h^3 + 10\,h^2 + 20h - 44572 = 0$$

$h' = +54{,}66\,cm$

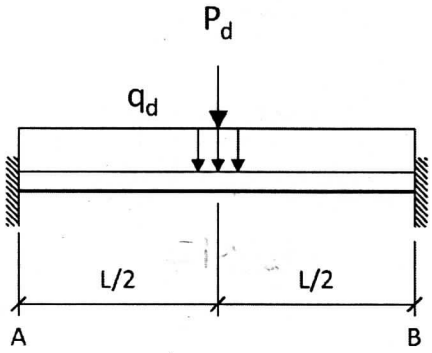
$h'' = -87{,}33\,cm$

$h''' = -87{,}33\,cm$

$h = 54{,}66\,cm$ 0,7

**Questão 04: [ Valor 2,0 pontos ]**

O modelo estrutural de **viga biengastada** indicado ao lado é **contido lateralmente ao longo de todo o seu comprimento** e será executado utilizando um dos perfis **CVS (viga coluna soldada)** que constam na tabela abaixo em **aço MR-250 e com L = 620 cm**.

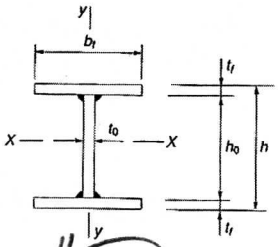



**Desprezando a verificação de deslocamentos máximos,** defina **qual o perfil de menor peso por metro linear ( dentre os que figuram na tabela ) é capaz de suportar simultaneamente:**

- **Carga concentrada em valor de cálculo $P_d$ = 300 kN;**
- **Carga distribuída em valor de cálculo $q_d$ = 50kN/m;**

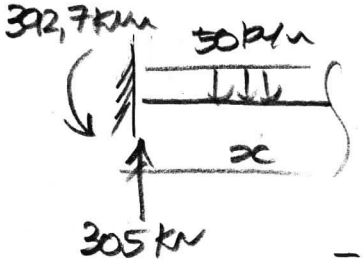
**OBS - Reações de apoio:**
**$V_A = ( P_d + q_d * L ) / 2$**
**$M_A = - P_d * L / 8 - q_d * L^2 / 12$**

| Perfil | Massa | Alt. | Área | Alma | | Mesa | | Eixo X–X | | | | Eixo Y–Y | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CVS | $m$ | $h$ | $A$ | $t_0$ | $h_0$ | $t_f$ | $b_f$ | $I_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $Z_x$ | $I_y$ | $W_y$ | $i_y$ |
| | kg/m | mm | cm² | mm | mm | mm | mm | cm⁴ | cm³ | cm | cm³ | cm⁴ | cm³ | cm |
| 350 × 73 | 73,3 | 350 | 93,4 | 9,5 | 325 | 12,5 | 250 | 20 524 | 1 173 | 14,83 | 1 306 | 3 258 | 261 | 5,91 |
| 350 × 87 | 86,5 | 350 | 110,2 | 9,5 | 318 | 16,0 | 250 | 24 874 | 1 421 | 15,02 | 1 576 | 4 169 | 334 | 6,15 |
| 350 × 98 | 97,8 | 350 | 124,6 | 9,5 | 312 | 19,0 | 250 | 28 454 | 1 626 | 15,11 | 1 803 | 4 950 | 396 | 6,30 |
| 350 × 105 | 105,2 | 350 | 134,0 | 12,5 | 312 | 19,0 | 250 | 29 213 | 1 669 | 14,77 | 1 876 | 4 953 | 396 | 6,08 |
| 350 × 118 | 117,9 | 350 | 150,2 | 12,5 | 305 | 22,4 | 250 | 33 058 | 1 889 | 14,84 | 2 126 | 5 838 | 467 | 6,24 |
| 350 × 128 | 127,6 | 350 | 162,5 | 12,5 | 300 | 25,0 | 250 | 35 885 | 2 051 | 14,86 | 2 313 | 6 515 | 521 | 6,33 |
| 350 × 136 | 135,8 | 350 | 173,0 | 16,0 | 300 | 25,0 | 250 | 36 673 | 2 096 | 14,56 | 2 391 | 6 521 | 522 | 6,14 |



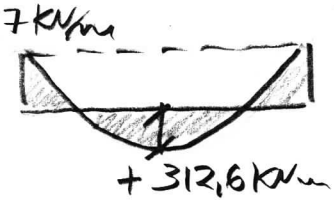

$V_A = (300\,kN + 50\,kN/m \times 6{,}2\,m)/2 = 305\,kN = V_{sd}$ // 0,5 //

$M_A = -300\,kN \times 6{,}2\,m/8 - 50\,kN/m \times (6{,}2\,m)^2/12 = -392{,}7\,kN\,m$




$N(x) = -392{,}7 + 305x - 50x^2/2$ $\quad 6/2 = 6{,}2/2 = 3{,}1\,m$

$M(x=3{,}1) = -392{,}7 + 305 \cdot 3{,}1 - \frac{50}{2} \cdot 3{,}1^2 = +312{,}6\,kNm$




$M_{sd} = 392{,}7\,kN\,m$ // 0,5 //

- Condição Limite $M_{Rd} = M_{sd}$
- Assumindo ALMA e MESAS COMPACTAS $M_{Rd} = M_{pl}/\gamma_{a1}$

$Z_x \cdot f_y/\gamma_{a1} = M_{sd}$ $\quad Z_x = M_{sd} \times \gamma_{a1}/f_y$

$Z_x = 39270\,kNcm \times 1{,}1/25\,kN/cm^2 = 1728\,cm^3$ //

PERFIL ADOTADO $350 \times 98$ $Z_x = 1803\,cm^3$ // 1,0 //

VERIFICAÇÃO FLA:

$\lambda = h/t_w = 350mm / 9,5mm = 36,84$

$\lambda_p = 3,76\sqrt{E/f_y} = 3,76 \times 28,28 = 106,3$

} ALMA COMPACTA

VERIFICAÇÃO FLM:

$\lambda = 0,5b_f/t_f = 0,5 \times 250/19 = 6,579$

$\lambda_p = 0,38\sqrt{E/f_y} = 9,38 \times 28,28 = 10,75$

} MESA COMPACTA

VERIFICAÇÃO DE CORTANTES:

$\lambda = h/t_w = 36,84$

$\lambda_p = 1,10\sqrt{k_v E/f_y} = 1,10\sqrt{5} \cdot 28,28 = 69,55$

} ALMA COMPACTA P/ CISALHAMENTO

$V_{Rd} = V_{pl}/\gamma_{a1} = 0,60 \times d \times t_w \times f_y/\gamma_{a1}$

$V_{Rd} = 0,60 \times 35cm \times 0,95cm \times 25 kN/cm^2 / 1,1 = 453,4 kN$

COMO $V_{sd} = 305kN < V_{Rd} = 453,4kN$

OK VERIFICA!

PERFIL ADOTADO: **CVS 350×98**