



1ª Prova de EDI-49 Concreto Estrutural II

Prof. Flávio Mendes Neto

Abril de 2012

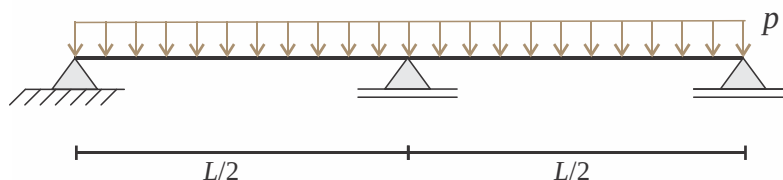
Consulta permitida somente ao Formulário Básico. A interpretação das questões faz parte da prova. Justifique cientificamente suas afirmações e comente, criticamente, todos os resultados obtidos. Esta prova tem 2 folhas e 3 questões.

(duração máxima: 3 h 0 min)

1ª Questão Considere a viga contínua esquematizada a seguir com um cabo de protensão cuja trajetória seja dada por

$$e(x) = \frac{1}{1875}x(10-x)(28x^2 - 280x + 625),$$

onde $0 \leq x \leq L = 10$.



Determine o diagrama de momentos fletores totais (carregamento e protensão) quando $F = p = 1$ (faça um esboço).

Observação: considere que todos os parâmetros estejam expressos em unidades consistentes.

2ª Questão Considere uma viga constante de concreto protendido submetida a carregamentos uniformemente distribuídos. Utilize os seguintes dados:

- Seção transversal retangular constante, com base $b = 30$ cm e altura h .
- Viga isostática bi-apoiada sem balanços ($L = 2000$ cm).
- Peso específico do concreto: $\gamma_{\text{con}} = 2,5 \times 10^{-8}$ MN/cm³.
- Distância mínima do CG da armadura à borda mais próxima: $d'_{p,\text{min}} = 10$ cm.
- Armadura pré-tracionada (calcule a área com $A_p = F_i/0,1463$ com F_i em MN e A_p em cm²).
- Custo do concreto: R\$ 450,00 por m³. Custo da armadura: R\$ 47 100,00 por m³.
- Fases de carregamento (considere, **também**, o peso próprio):

Fase	Limites de tensão		Perdas de protensão (%)	Carregamento de utilização (MN/cm)
	Mínimo (MN/cm ²)	Máximo (MN/cm ²)		
(i) Inicial	-0,0002	0,0035	0	0
(f) Final	-0,0004	0,0045	15	$3,04 \times 10^{-4}$

Pede-se:

a) Considerando $h = 100$ cm e a seção do meio do vão, calcule a mínima força de protensão inicial F_i (e respectiva excentricidade e) e o custo total da viga.

b) Esboce, para a força do item anterior, uma trajetória viável para esta armadura de protensão.

c) Considerando a seção do meio do vão, calcule a altura h (inteira entre 100 cm e 150 cm) e a força de protensão inicial F_i (e respectiva excentricidade e) que tornam **mínimo** o custo total da viga.

3ª Questão Considere uma laje de concreto armado (borda A engastada e as demais simplesmente apoiadas) e os seguintes dados:

- Coeficiente de ponderação das ações: $\gamma_F = 1,40$.
- Aço CA-60 ($f_{yk} = 600$ MPa; $\gamma_s = 1,15$; $E_s = 210$ GPa). Diâmetros possíveis (mm): 4,2 5,0 6,0 7,0 8,0 e 9,5.
- Concreto C30 ($f_{ck} = 30$ MPa, $\sigma_{cd} = 0,85 f_{ck}/\gamma_c$ e $\gamma_c = 1,40$).
- Peso específico do concreto: $\gamma_{con} = 2,5 \times 10^{-8}$ MN/cm³.
- Carregamentos uniformemente distribuídos (em kN/m²): permanente, independente do peso próprio $g_r = 2,0$; acidental $q = 1,5$ (não se esqueça do peso próprio g_o).
- Espessura da laje $h = 12$ cm, $d'_v = 3$ cm (para barras na direção dos lados B e D), $d'_h = 2$ cm (para barras na direção dos lados A e C).

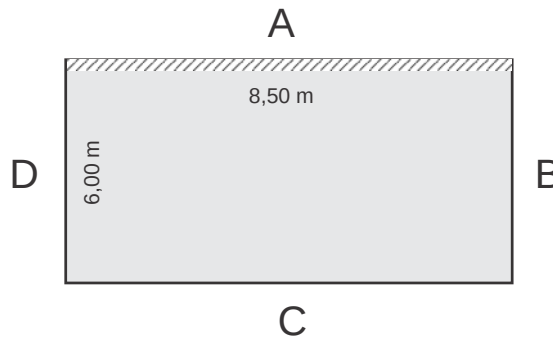
Sabendo que a área de armadura simples tracionada pode ser calculada, simplificada, com

$$\bar{\omega}_t = 1 - \sqrt{1 - 2\bar{\mu}},$$

desde que $\bar{\mu} \leq \bar{\mu}_{lim} = 0,3584$ (para o CA-60), pede-se:

- Lembrando que se utiliza $p^* = 2,4g + 0,7q$ para avaliar flechas totais (limitadas a $\ell_x/250$) e $p^* = 0,7q$ para avaliar flechas da vibração (limitadas a $\ell_x/350$), esta espessura h está adequada?
- Dimensione, escolha as barras e faça um esboço de todas as armaduras de flexão.
- Calcule as reações de apoio da laje nas vigas A, B, C e D (use ângulos do “telhado” de 45° entre apoios iguais e 60° para o engaste).

Observação: desconsidere, se for necessário e didaticamente, alguns itens práticos de detalhamento tais como ancoragem, áreas mínima e máxima, espaçamentos mínimo e máximo etc.



Algumas definições

$$\bar{\mu} = \frac{M_d}{\sigma_{cd} b d^2} \quad \bar{\omega}_i = \frac{A_{si} f_{yd}}{b d \sigma_{cd}} \quad i = c, t \quad \alpha_i = \frac{\sigma_{si}}{f_{yd}} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$\bar{\eta} = \frac{R_{cc}}{\sigma_{cd} b d} \quad \bar{\eta}_a = \frac{R_{cc} a}{\sigma_{cd} b d^2} \quad \kappa_x = \frac{x}{d} \quad \kappa_{x,\text{lim}} = \frac{3,5}{3,5 + \varepsilon_{yd}} \quad \delta_c = \frac{d_c}{d}$$

$$\text{Observação: } d = h - d_t$$

Equações de equilíbrio (FNS, Armadura dupla)

$$\bar{\eta} + \bar{\omega}_c \alpha_c = \bar{\omega}_t \alpha_t$$

$$\bar{\mu} = \bar{\eta} - \bar{\eta}_a + \bar{\omega}_c \alpha_c (1 - \delta_c)$$

Questão	1	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Valor	3,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0

Observação: a nota máxima da prova é 10,0 (dez).

Alguns resultados e comentários

1ª Questão Tanto a equação do momento total (a trajetória não é concordante) quanto seu esboço eram esperados. Utilizando a simetria (a simetria da trajetória deveria ser verificada) obtem-se

$$M(x) = \frac{1}{15\,000}x(19\,900x - 4480x^2 + 224x^3 - 21\,425)$$

para $0 \leq x \leq 5$.

2ª Questão a) $F_i = 4,5574$ MN e $e = 27,0894$ cm. O custo desta solução é de R\$ 5.606,36.

b) Além de, eventualmente, um esboço da Região Limite [RL] (ver notas de aula), esperava-se uma trajetória em particular (ou seja, a [RL] não é considerada resposta suficiente).

c) Numericamente pode-se obter a solução que minimiza o custo com $h = 129$ cm ($F_i = 3,0596$ MN e $e = 42,7496$ cm com um custo de R\$ 5.434,22).

Ainda que não fizesse parte da questão, é interessante notar que se a base da seção pudesse ser alterada, uma solução ainda melhor seria obtida com $b = 29$ cm e $h = 140$ cm, contrariando, mais uma vez, a ideia de que a menor altura levaria a uma viga mais barata ($F_i = 2,3831$ MN e $e = 53,3743$ cm com um custo de R\$ 5.173,79).

3ª Questão a) As flechas devido às cargas total e acidental são 1,7625 cm e 0,1418 cm, respectivamente. Atendem aos limites impostos (2,4000 cm e 1,7143 cm, respectivamente).

b) Era esperado um esboço, em planta, das armaduras positivas e negativas. A armadura positiva horizontal poderia ser de $10\phi 5$ e a vertical de $19\phi 5$, enquanto a negativa, vertical, poderia ser de $43\phi 5$ (combatendo, respectivamente, os seguintes momentos fletores em kN·m/m: 5,8065; 11,9795 e 25,34). As armaduras, por metro, são “grosseiras” e servem apenas como indicadores, sendo possíveis várias outras respostas igualmente corretas.

c) As reações, em kN/m, são: $R_A = 18,34$; $R_B = R_D = 6,6$ e $R_C = 13,8$. Um esboço com as áreas de influência das reações seria bem-vindo.

Observação: para a resolução desta questão foi fornecida uma tabela do tipo Czerny aos alunos.