



## 1ª Prova de EDI-38 Concreto Estrutural I

Prof. Flávio Mendes Neto

Setembro de 2011

*Absolutamente sem consulta.*

*A interpretação das questões faz parte da prova.*

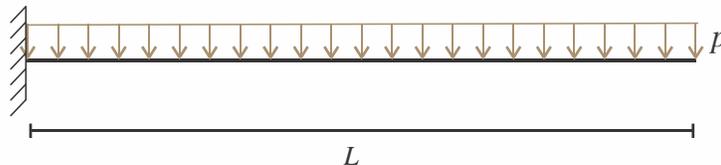
*Não é permitido o uso de programas previamente armazenados (calculadoras etc.), próprios ou alheios, que se refiram ao conteúdo da matéria.*

*Justifique cientificamente suas afirmações e comente, criticamente, todos os resultados obtidos.*

**(duração máxima: 2 h)**

Considere os seguintes dados para as duas primeiras questões:

- Coeficiente de ponderação das ações:  $\gamma_F = 1,40$ .
- Aço CA-50 ( $f_{yk} = 500$  MPa;  $\gamma_s = 1,15$ ;  $E_s = 210$  GPa).
- Concreto C25, diagrama parabólico-retangular ( $f_{ck} = 25$  MPa,  $\sigma_{cd} = 0,85 f_{ck}/\gamma_c$  e  $\gamma_c = 1,40$ ).
- Considere  $d_c = d_t = d' = 0,035$  m.
- Seção retangular com base  $b = 0,16$  m e altura total  $h = 0,32$  m. Custo da forma: R\$ 12,10 por  $m^2$ .
- Diâmetro (em mm) das barras a serem consideradas:  $\phi 10$ .
- Peso específico do aço  $\gamma_{aço} = 78,5$  kN/ $m^3$ . Custo do aço: R\$ 3,07 por kg.
- Peso específico do concreto armado  $\gamma_{con} = 25,0$  kN/ $m^3$ . Custo do concreto: R\$ 239,54 por  $m^3$ .
- Carregamento (característico) devido ao peso próprio  $p = \gamma_{con} A_c$  onde  $A_c = bh$ .
- Se precisar transformar unidades de força, utilize a equivalência  $1 \text{ kgf} = 10 \text{ N}$ .



**1ª Questão** Considerando  $L = 4,5$  m, dimensione, escolha as barras e calcule o custo (aço, concreto e formas) da viga (suposta constante). Faça um esboço claro da disposição da armadura. Há maneiras de diminuir, na prática, o custo apresentado?

**2ª Questão** Admitindo que a armadura superior tenha quatro barras ( $4\phi 10$ ) e a inferior tenha duas ( $2\phi 10$ ), qual o maior comprimento  $L$ , em metros, que a viga (suposta constante) poderia ter?

**3ª Questão** Considerando, apenas nesta questão, o diagrama retangular simplificado para o concreto comprimido (que fornece a tensão  $\sigma_{cd} = 0,80 f_{cd}$  para uma profundidade de até  $0,8x$ ), deduza as funções  $\bar{\eta}$  e  $\bar{\eta}_a$  para uma seção triangular de base  $b$  e altura total  $h$ .

Questão	1	2	3
Valor	5,0	4,0	3,0

A nota máxima da prova é dez (10,0).

### Algumas definições

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

$$\bar{\eta} = \frac{R_{cc}}{\sigma_{cd} b d} \quad \bar{\eta}_a = \frac{R_{cc} a}{\sigma_{cd} b d^2} \quad \kappa_x = \frac{x}{d} \quad \delta_c = \frac{d_c}{d}$$

*Observação:*  $d = h - d_t$

### Equações de equilíbrio (FNS, Armadura dupla)

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

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

Funções  $\bar{\eta}$  e  $\bar{\eta}_a$  para seção retangular (Diagrama parabólico-retangular)  
Base de referência  $\equiv b$

$$\bar{\eta} = \begin{cases} \frac{5\kappa_x^2(3 - 8\kappa_x)}{3(1 - \kappa_x)^2} & \text{Domínio 2a} \\ \frac{16\kappa_x - 1}{15} & \text{Domínio 2b} \\ \frac{17\kappa_x}{21} & \text{Domínios 3 e 4} \end{cases}$$

$$\bar{\eta}_a = \begin{cases} \frac{5\kappa_x^3(4 - 9\kappa_x)}{12(1 - \kappa_x)^2} & \text{Domínio 2a} \\ \frac{171\kappa_x^2 - 22\kappa_x + 1}{300} & \text{Domínio 2b} \\ \frac{33\kappa_x^2}{98} & \text{Domínios 3 e 4} \end{cases}$$

Alguns resultados numéricos e comentários

**1ª Questão** Problema clássico de dimensionamento (a solução com verificações sucessivas é desencorajada!).

O carregamento uniformemente distribuído era  $p_k = 1,28$  kN/m levando a um momento máximo no engaste  $M_k = -12,96$  kN·m (negativo por tracionar as fibras superiores, mas será considerado em módulo). Efetuando o dimensionamento para armadura simples e  $\bar{\mu} = 0,09198$  conclui-se por Domínio 2a e  $\kappa_x = 0,1539$ . A equação de forças fornece  $\bar{\omega}_t = 0,09753$  que resulta em  $A_{st} = 1,5526$  cm<sup>2</sup>. São necessárias, portanto, 2 $\phi$ 10 (fornecendo  $A_{st} = 1,5708$  cm<sup>2</sup>).

Esperava-se um esboço (longitudinal e transversal) com a armadura na parte **superior** da viga. Erro grave seria colocar a armadura na parte inferior da viga.

Supondo a armadura constante o custo total foi de R\$ 116,23 assim detalhado: formas R\$ 44,18 (3,6512 m<sup>2</sup>), aço R\$ 17,03 e concreto R\$ 55,02 (descontado o volume da armadura). Alguns comentários sobre a participação das parcelas enriqueceriam a resolução.

Ainda eram esperados comentários de como diminuir o custo da viga, por exemplo: colocar a armadura estritamente necessária, utilizar outra bitola, mudar as dimensões da seção etc.

**2ª Questão** Problema clássico de verificação. O cálculo das taxas de armadura leva a  $\bar{\omega}_t = 0,1973$  (tração, superior) e  $\bar{\omega}_c = 0,09867$  (compressão, inferior). Há várias considerações que podem ser feitas e a solução do sistema se dá para  $\kappa_x = 0,2027$  (Domínio 2b) com a armadura de compressão antes do escoamento ( $\varepsilon_{sc} = 1,0024$  e  $\alpha_c = 0,4842$ ). O momento é  $\bar{\mu} = 0,1796$  que fornece  $M_k = -25,3038$  kN·m (negativo como na questão anterior). Supondo apenas a atuação do peso próprio calcula-se  $L = 6,2878$  m.

**3ª Questão** Ver exercício 25 da lista.