FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PEF2602 - ESTRUTURAS NA ARQUITETURA II

EXERCÍCIO INDIVIDUAL 3

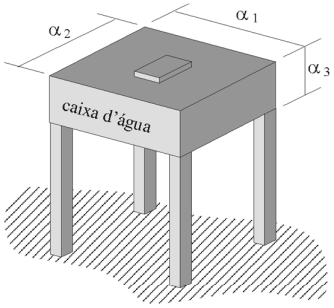
Nome **Nº USP**

Ex. 3.1: A estrutura da figura abaixo consiste de uma caixa d'água sustentada por quatro pilares de 12m, cujo material possui módulo de elasticidade E = 21 GPa e tensão de ruptura σ_R = 40 MPa. Para obter o valor da carga sobre os pilares, considere que o peso próprio da caixa d'água corresponde a 30% do peso do líquido (peso específico: $\gamma_{líquido}$ = 10 kN/m^3) contido na mesma, ou seja, $P_{projeto} = 1,3 x P_{líquido}$.

Três tipos distintos de condições das extremidades dos pilares devem ser analisadas (esquemas I, II e III na figura). Determinar a dimensão ***a*** da seção transversal dos pilares para cada uma das três situações (***a₁***, ***a₂*** e ***a₃***), adotando um coeficiente de segurança s = 3.

Para obter as dimensões(m) da caixa d'água considere:

α_1 = último algarismo não-nulo de seu número USP;
α_2 = penúltimo algarismo não-nulo de seu número USP;
α_3 = antepenúltimo algarismo não-nulo de seu número USP.



Resp.	a_1	a_2	a_3
(cm)			

Seção tranversal dos pilares



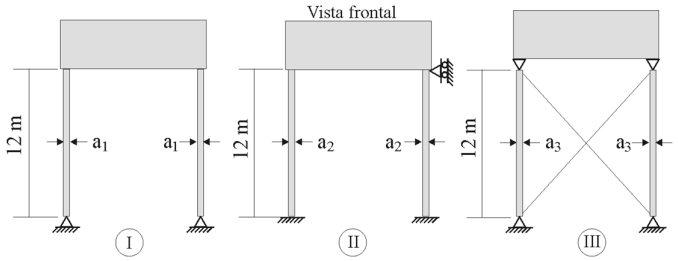
material

E = 21 GPa

σ_R = 40 MPa

Coef. seg.

s = 3



Resolução:

a) Levantamento das cargas atuantes

$$P_{líquido} = V_{caixa} \times \gamma_{líquido}$$

$$P_{líquido} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \times 10 \frac{kN}{m^3}$$

$$P_{projeto} = 1,3 \cdot P_{líquido}$$

A carga em cada um dos pilares é dada por:

$$P_{pilar} = \frac{P_{projeto}}{4}$$

b) Dimensionamento do pilar

b.1) 1º critério: tensão normal

$$\sigma = \frac{|P_{pilar}|}{A} \le \frac{\sigma_R}{s}$$

$$\frac{|P_{pilar}|}{a^2} \le \frac{40 \cdot 10^6}{3}$$

$$a \ge \sqrt{\frac{3 \cdot P_{pilar}}{40 \cdot 10^6}}$$

b.2) 2º critério: flambagem

Situação 1: $l_f = 2l = 2 \times 12$

Situação 2: $l_f = 0,5l = 0,5 \times 12$

Situação 3: $l_f = l = 12$

$$P_{pilar} \le \frac{1}{s} P_{crit}$$

$$P_{pilar} \le \frac{1}{s} \frac{\pi^2 E \, \mathrm{I}}{{l_f}^2}$$

$$I \ge \frac{s \cdot P_{pilar} \cdot {l_f}^2}{\pi^2 E}$$

$$\frac{a^4}{12} \ge \frac{s \cdot P_{pilar} \cdot {l_f}^2}{\pi^2 E}$$

$$a \ge \sqrt[4]{\frac{12 \cdot s \cdot P_{pilar} \cdot {l_f}^2}{\pi^2 E}}$$

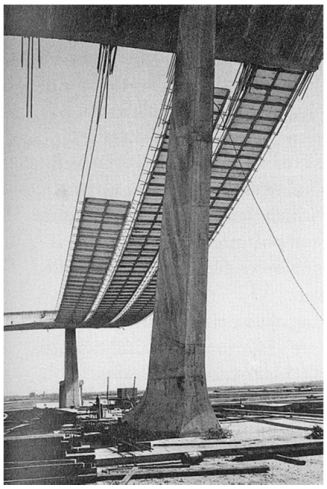
Nome **Nº USP**

Ex. 3.2: A Figura 1 mostra a cobertura do Aeroporto Dulles, em Washington (Arq. Eero Saarinen, 1958), a qual consiste de uma casca de concreto protendido, obtida por meio de um engenhoso sistema construtivo, ilustrado na Figura 2. A cobertura tem geometria cilíndrica, com uma geratriz catenária, razoavelmente aproximada por uma parábola, funicular, portanto, a um carregamento vertical uniformemente distribuído. O peso próprio da estrutura é da ordem de $w_{pp} = 6kN/m^2$. As cargas adicionais (neve e outros carregamentos) atingem $w_{ad} = \left(4 + \frac{2 \cdot n}{10}\right) kN/m^2$, sendo n o penúltimo algarismo não nulo do seu número USP. Os cabos de protensão estão espaçados de 3m, e ancoram-se a vigas de borda que transferem as cargas para os topos de colunas inclinadas, engastadas nas bases, afastadas entre si de 12m. A cobertura tem um vão transversal de 50m, medindo 192m na direção transversal.

Considerando o esquema estrutural da Figura 3, determine a altura y_C que define a menor cota da cobertura (ponto C). Determine as reações de ancoragem dos cabos de protensão nas vigas de borda (pontos A e B). Determine as cargas resultantes nos topos das colunas, e o momento fletor nas ancoragens das colunas maiores (ponto D), quando atuar a carga $w_{pp}+w_{ad}$. Desconsidere o peso da coluna. Compare o momento fletor na base das colunas inclinadas com o momento que resultaria do uso de colunas verticais (ou seja, dispostas segundo o eixo BE, e engastadas em E).



Figura 1



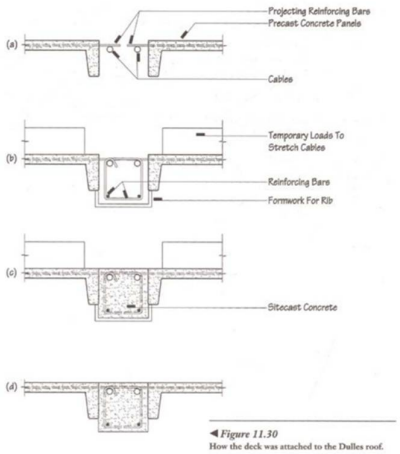
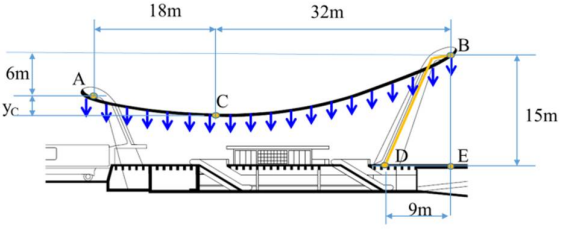


Figura 2



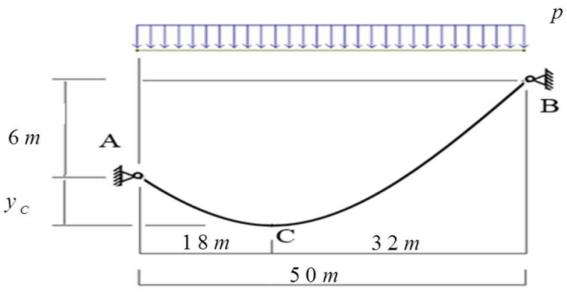


Figura 3

Nome **Nº USP**

Resolução para *n*=1
Carregamento vertical total

$$w_{total} = w_{pp} + w_{ad} = 6 + 4 + \frac{2 \cdot 1}{10} = 10,2 \frac{kN}{m^2}$$

Carga distribuída no cabo:
$p = 10,2 \cdot 3 = 30,6 kN/m$

Equilíbrio horizontal:
$\sum F_x = 0 \quad \therefore \quad -H_A + H_B = 0 \quad \therefore \quad H_A = H_B = H$

Equilíbrio vertical:
$\sum F_y = 0 \quad \therefore \quad V_A + V_B = 30,6 \cdot 50 \quad \therefore \quad V_A + V_B = 1530$

Equilíbrio do trecho AC em torno do porto A:

$$H \cdot y_c = p \cdot \frac{18^2}{2} \quad \therefore \quad H = \frac{4957,2}{y_c}$$

Equilíbrio do trecho BC em torno do porto B:

$$H \cdot (y_c + 6) = p \cdot \frac{32^2}{2} \quad \therefore \quad H = \frac{15667,2}{(y_c + 6)}$$

Igualando as duas equações:

$$\frac{4957,2}{y_c} = \frac{15667,2}{(y_c + 6)} \quad \therefore \quad y_c = 1,44m$$

Logo

$$H = \frac{4957,2}{1,44} = 3442,5kN$$

Equilíbrio de momento em torno do ponto A:

$$\sum M_A = 0 \quad \therefore \quad 30,6 \cdot \frac{50^2}{2} + 3442,5 \cdot 6 - V_B \cdot 50 = 0$$

$V_B = 1178,1kN$
$V_A = 351,9kN$

Força resultante nos pontos de ancoragem:
Em A: $N_{\max,A} = \sqrt{H^2 + V_A^2} = \sqrt{3442,5^2 + 351,9^2} = 3460kN$
Em B: $N_{\max,B} = \sqrt{H^2 + V_B^2} = \sqrt{3442,5^2 + 1178,1^2} = 3638,5kN$

Momento da coluna inclinada: $M_D = 4 \cdot \left[\left(-3442,5 \cdot 15 \right) + (1178,1 \cdot 9) \right] = -164.138,4kN.m$

Momento no caso da coluna vertical: $M_E = 4 \cdot \left(-3442,5 \cdot 15 \right) = -206.550kN.m$