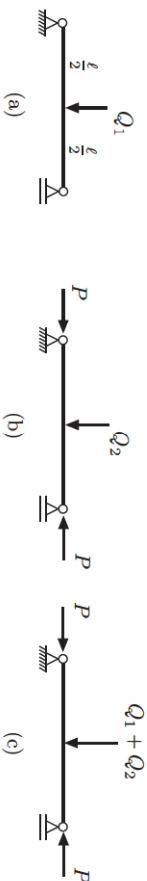


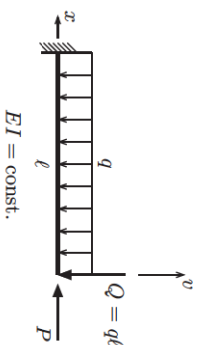
PEF - 3301 – Resistência dos Materiais e Estática das Construções II

Lista de Exercícios 5 — Deformações na Flexão Composta e Flambagem.

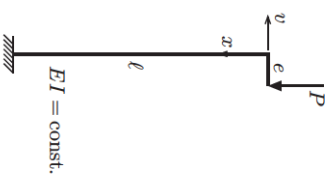
1. Demonstre que na flexo-compressão de barras esbeltas não vale a superposição de efeitos. Isto é, admitindo uma flecha f_1 para o carregamento (a) e uma flecha f_2 para o (b), mostre que a flecha para o (c) não é igual à $f_1 + f_2$. Indique como este fato poderia ser contornado na teoria de segunda ordem.



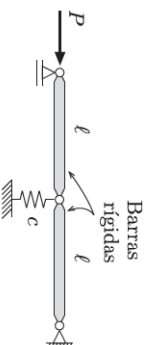
2. Escreva a expressão da equação da linha elástica $v(x)$ e do momento fletor $M(x)$ para a viga esbelta da figura. Obs: a resposta considera a origem do eixo v movendo-se com a extremidade B.



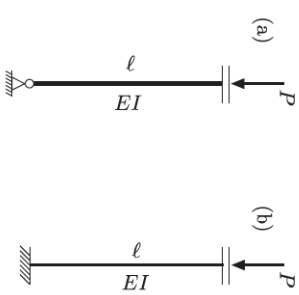
3. Para a estrutura ao lado, faça o gráfico da flecha em função da carga P considerando o efeito de segunda ordem.



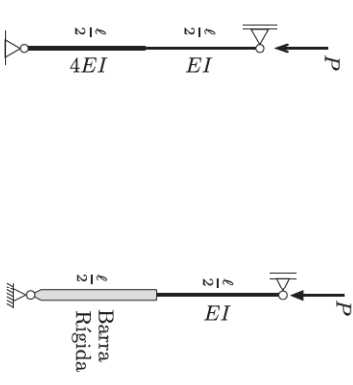
4. Calcule a carga crítica para o sistema estrutural ao lado. As barras são rígidas e a mola é linear com coeficiente c .



5. Determine a carga crítica, ou carga de flambagem, para as barras da figura. Admita que o apoio superior transmita a força P para as barras.



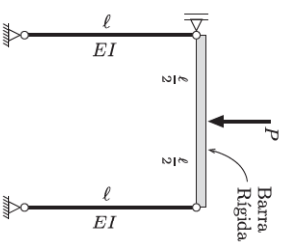
6. Calcule a carga crítica, ou carga de flambagem, para os sistemas estruturais indicados na figura [Feodosiev (1980)].



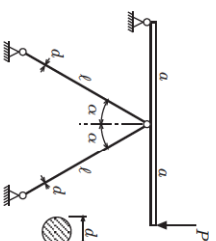
7. A barra ao lado é fixada nas duas extremidades e aquecida uniformemente. Determine o aumento de temperatura crítico admitindo que antes do aquecimento a barra não apresente tensões iniciais.



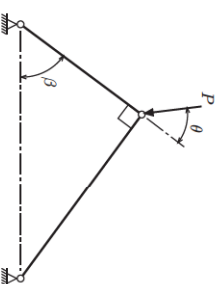
8. Determine a expressão da carga de flambagem do pórtico da figura.



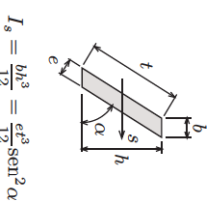
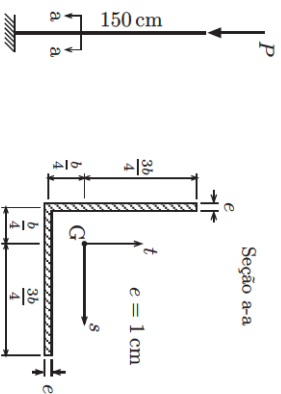
9. Determine o comprimento ℓ que leva à perda da estabilidade do sistema estrutural. Admita que a flambagem ocorra no plano e em regime elástico. É dado o módulo de elasticidade E do material [Mironinbov].



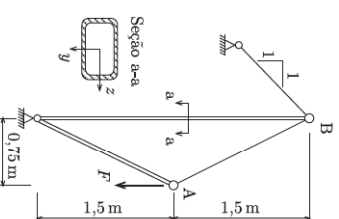
10. Qual é o valor do ângulo θ que provoca a flambagem simultânea das barras bi-articuladas e de mesma seção transversal? Admita flambagem em regime elástico e restrita ao plano da estrutura.



11. Dimensione, com coeficiente de segurança $\gamma = 3$, a largura b do perfil cantoneira com espessura $e = 1$ cm para (a) $P = 200$ kN e (b) $P = 300$ kN. São dados: $\sigma_y = 24$ kN/cm², $\sigma_p = 21$ kN/cm², $E = 21 \times 10^3$ kN/cm², $\sigma_H = \sigma_y - (\sigma_y - \sigma_p) \left(\frac{\lambda}{\lambda_{lim}} \right)^2$ para $0 \leq \lambda \leq \lambda_{lim}$ [Diogo].



12. O mastro de um pau-de-carga é feito de tubo de aço retangular padrão, de 100 mm $\times$ 50 mm, pesando 0,102 kN/m ($A = 1303$ mm², $I_y = 1\,611\,000$ mm⁴, $I_z = 537\,000$ mm⁴). Se esse conjunto é montado como mostra a figura, qual a força vertical F , governada pelo tamanho do mastro, a ser aplicada em A? Admita que todas as juntas tenham conexão de pino, e que os detalhes de conexão sejam tais que o mastro sofra carregamento concêntrico. O topo do mastro é estaiado para evitar deslocamento lateral. Use a fórmula de Euler com fator de segurança igual à 3,5. Considere $E = 200$ kN/mm² [Popov].



Nota 1 Os primeiros exercícios desta lista são provenientes da Lista V de PEF-102, 1978.

Nota 2 Notação: $k^2 = \frac{P}{EI}$.

Respostas

R-2

$$v(x) = \frac{q}{k^4 EI} \left[\left(\frac{2k\ell}{\cos k\ell} - \tan k\ell \right) \sin kx - \cos kx + 1 - k^2 \ell x - \frac{k^2 x^2}{2} \right]$$

$$M(x) = \frac{q}{k^2} \left[\left(\frac{2k\ell}{\cos k\ell} - \tan k\ell \right) \sin kx - \cos kx + 1 \right]$$

R-3

$$v(P)|_{x=\ell} = e \left(\frac{1 - \cos k\ell}{\cos k\ell} \right)$$

R-7

$$\Delta t_{cr} = \frac{\pi^2 I}{\alpha \ell^2 A}$$

R-4

$$P_{cr} = \frac{c\ell}{2}$$

R-8

$$P_H = \frac{2\pi^2 EI}{\ell^2}$$

R-5 (a)

$$P_H = \frac{\pi^2 EI}{(2\ell)^2}$$

R-9

$$\ell = \frac{\pi \ell^2}{8} \sqrt{\frac{\pi E \cos \alpha}{P}} = \frac{A}{2} \sqrt{\frac{\pi E \cos \alpha}{P}}$$

(b)

$$P_H = \frac{\pi^2 EI}{\ell^2}$$

R-10

$$\tan \theta = \frac{1}{\tan^2 \beta}$$

R-6 (a)

$$P_H = \frac{146 EI}{\ell^2} = \frac{\pi^2 EI}{(0.822\ell)^2}$$

R-11

$$b = 14,5 \text{ cm}, \quad b = 20,5 \text{ cm}$$

(b)

$$P_H = \frac{1647 EI}{\ell^2} = \frac{\pi^2 EI}{(0.774\ell)^2}$$

R-12

$$F = 44,9 \text{ kN} \quad (\text{sem peso próprio})$$

Referências

- [Feodosiev (1980)] Feodosiev, V. I. *Resistencia de Materiales*. 2nd. ed. (espanhol), MIR, Moscow, 1980.
- [Mironinbov (1978)] Mironinbov, I., Engalitchiev, S., Serguievski, N., et al. *Problemas de Resistência dos Materiais*. MIR, Moscow, 1978.
- [Popov (1978)] Popov, E. P. *Introdução à Mecânica dos Sólidos*. (Introduction to Mechanics of Solids, 1968), Edgard Blücher, São Paulo, 1978.