

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
(26/05/2022) – Duração 120 minutos

Questão 1 (6,0)

Você deverá usar o Teorema dos Esforços Virtuais para responder os itens abaixo. Quando necessário, despreze o efeito da força normal no cálculo do trabalho virtual interno complementar.

- a) Considere o sistema estrutural ilustrado na Figura 1. Todas as barras são prismáticas, com altura de seção transversal $h = 10$ cm, feitas de material de coeficiente de dilatação térmica $\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e produto de rigidez à flexão $EI = 200$ kNm². A ação térmica está localizada e ocorre apenas no trecho CD. Sabendo que $M^* = 5$ kNm, determine o valor do parâmetro θ (em $^\circ\text{C}$) que anula o deslocamento horizontal do ponto C. Escreva seu resultado com duas casas decimais.

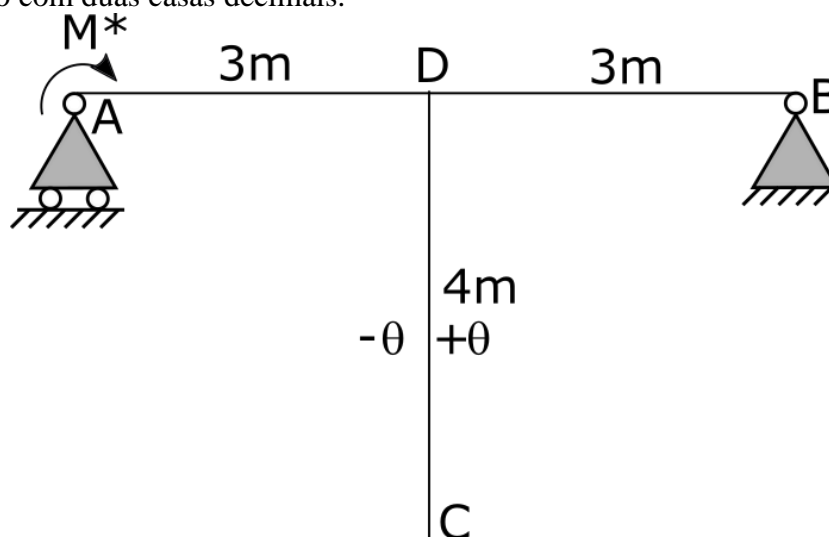


Figura 1 - Problema a ser estudado no item a).

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
(26/05/2022) – Duração 120 minutos

- b) A Figura 2a) mostra uma viga poligonal na qual atuam carregamentos externos ativos concentrados definidos pelo parâmetro P , variação térmica (em toda a estrutura) e recalques de apoio com os sentidos indicados. As barras AB e BC têm comprimento iguais a $L_{AB} = 4$ m, e $L_{BC} = 3$ m, respectivamente. Todas as barras são homogêneas, de produto de rigidez à flexão $EI = 200$ kNm², coeficiente de dilatação térmica $\alpha = 10^{-5}$ °C⁻¹ e altura de seção transversal $h = 10$ cm. O carregamento vertical está posicionado no meio da barra AB. Para o problema ilustrado na Figura 2a), sabe-se que o deslocamento vertical do ponto B é 64,33 mm para cima, valor tido como inadmissível por conta de restrições de projeto. Foi feito um reforço, acrescentando uma mola de rigidez $k = 50$ kN/m, levando ao sistema apresentado na Figura 2b), solicitado pelas mesmas ações. Para o sistema indicado na Figura 2b), calcular a força na mola. Coloque seu valor em kN e usando o sinal positivo para a mola tracionada e negativo, caso contrário. Adote $P = 1$ kN, $\theta = 15^\circ$ C, $\hat{w}_A = 5$ mm e $\hat{\phi}_A = 2 \times 10^{-3}$ rad.

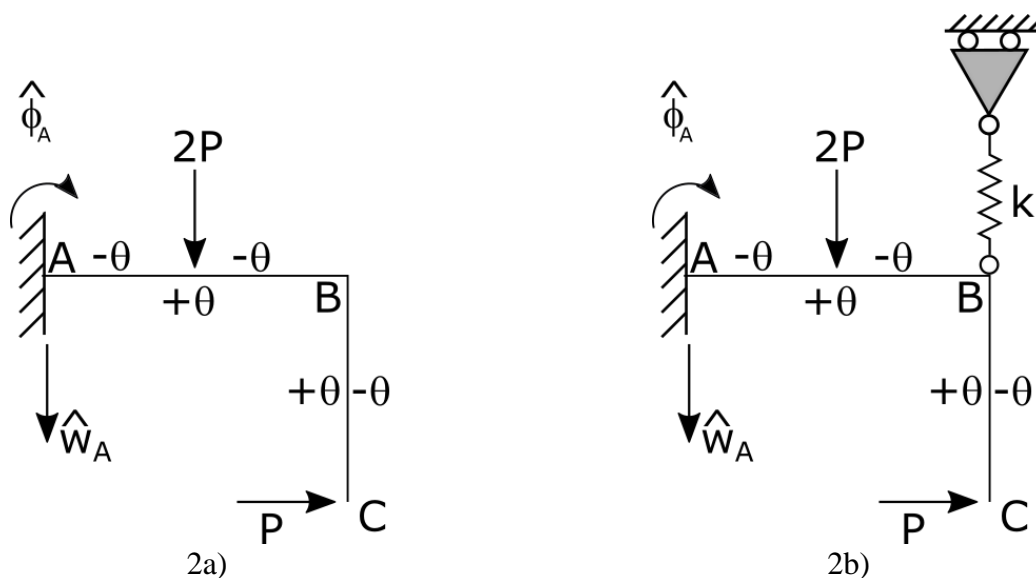


Figura 2 - Esquemas estruturais para estudo no item b).

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
(26/05/2022) – Duração 120 minutos

- c) Considere o problema ilustrado na Figura 3. Todas as barras têm produto de rigidez à flexão $EI = 200 \text{ kNm}^2$. Para $P = 1 \text{ kN}$, as reações horizontal e vertical decorrentes do apoio duplo (vínculo à direita do desenho) são $0,72 \text{ kN}$ (para a esquerda) e $1,11 \text{ kN}$ (para cima), respectivamente. Sabendo que os valores dos recalques aplicados ao engaste a são $\hat{w}_A = 5 \text{ mm}$ e $\hat{\phi}_A = 5 \times 10^{-3} \text{ rad}$ segundo os sentidos indicados na Figura 3, calcule a rotação em torno do apoio duplo. Indique seu valor em rad e com sinal positivo em caso de rotação no sentido horário e negativo, caso contrário.

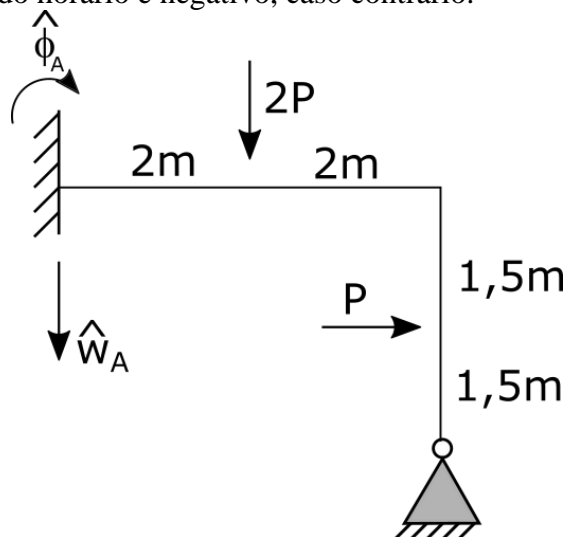


Figura 3 - Esquema estrutural para estudo no item c).

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
(26/05/2022) – Duração 120 minutos

Questão 2 (4,0)

Considere a estrutura da Figura 4 em que ABC é uma viga prismática e imponderável e BD e BE são cabos não protendidos (só trabalham à tração). Sob ação do peso da massa $m_1 = 1000$ kg (usar $g = 10$ m/s²), o deslocamento transversal em C vale $\delta_1 = 3,02 \times 10^{-2}$ m e as forças nos cabos valem $N_{BD} = +23,2$ kN e $N_{BE} = 0$ kN. Antes da aplicação do peso associado à massa m_1 , os cabos estão descarregados.

- a) Uma massa $m_2 = 1000$ kg cai de uma altura $h = 1,8$ m sobre a massa m_1 , provocando choque perfeitamente inelástico. Desprezar amortecimento. Responda os itens a.1), a.2) a.3) e a.4).
- a.1) Calcular o máximo deslocamento transversal δ_2 em C nestas condições.
 - a.2) Calcular a máxima força que atua nos cabos BD e BE.
 - a.3) Desenhar o diagrama de momentos fletores no instante em que o maior momento tracionando as fibras superiores atua em A
 - a.4) Calcular o intervalo de tempo decorrido entre a ocorrência do máximo valor da força no cabo BD e do máximo valor da força no cabo BE imediatamente seguinte.
- b) Instala-se uma mola de rigidez $k_m = 10^5$ N/m em C, conforme indicado na Figura 5. Nestas condições, recalculer o deslocamento transversal máximo δ_3 em C e verificar se atende a condição $\frac{\delta_3}{\delta_2} < 0,5$.

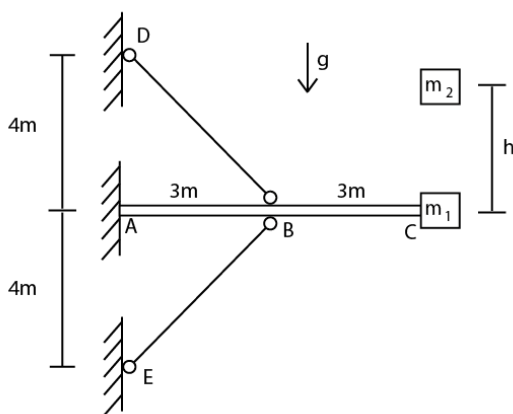


Figura 4

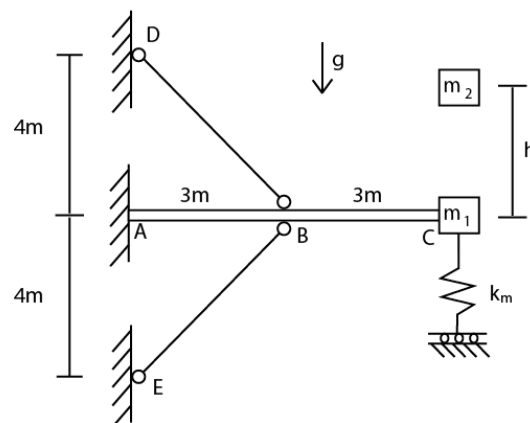
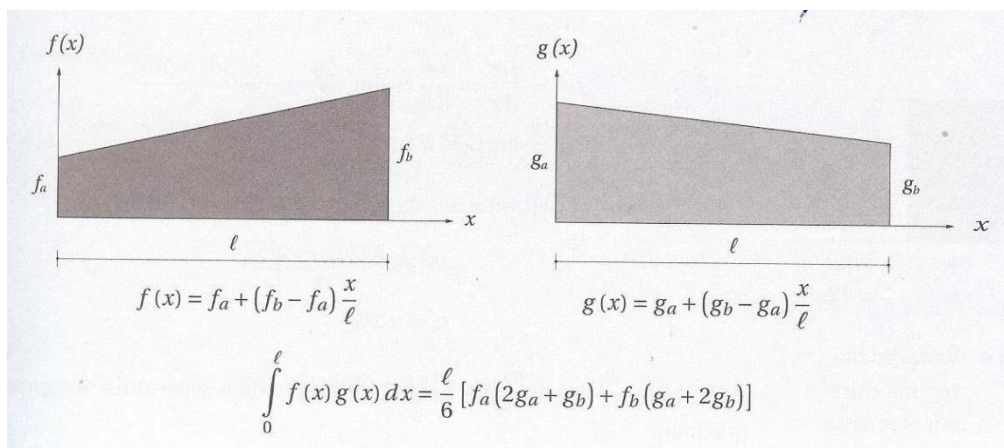


Figura 5

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
(26/05/2022) – Duração 120 minutos

Formulário:



A solução da equação de vibração livre não-amortecida de um oscilador de um grau de liberdade

$\ddot{u} + \omega^2 u = 0$ é $u = \rho \cos(\omega t - \theta)$, com $\rho = \sqrt{(u_0)^2 + \left(\frac{\dot{u}_0}{\omega}\right)^2}$ e $\tan \theta = \left(\frac{\dot{u}_0}{\omega u_0}\right)$.

Outros parâmetros relevantes:

$$\omega^2 = \frac{k}{m}, \xi = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{u(t)}{u(t+T_d)} \right), \omega_D = \omega \sqrt{1 - \xi^2}$$

Coeficiente de impacto para choque vertical: $D = 1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{1 + \frac{2h}{u_e}}$, onde m_2 é massa que cai sobre a massa m_1 , h é a altura de queda e u_e é a resposta estática para o carregamento devido às duas massas.
