

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade

Exercício 1

Calcular os momentos de plastificação em flexão pura das seções transversais da figura 1, em função de “b” e da tensão de escoamento do material σ_e .

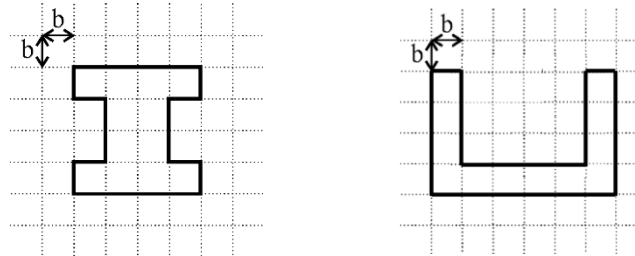


Figura 1

Exercício 2

Para o sistema estrutural da figura 2a, para o qual os diagramas de momento fletor em AB e força normal em BC da solução elástica são indicados na figura 2b, analisá-lo pelo método passo-a-passo e obter os seguintes resultados:

- o valor da carga de primeiro limite de plastificação, indicando a parte do sistema estrutural que está plastificando e o deslocamento vertical do ponto de aplicação da força nesta situação;
- o valor da carga de segundo limite de plastificação e o deslocamento vertical do ponto de aplicação da força na iminência do colapso plástico;
- o diagrama força x deslocamento, correspondente aos itens a) e b) e, ainda, com a representação gráfica do descarregamento total, indicando o deslocamento vertical residual do ponto de aplicação da força;
- O diagrama de momentos fletores residuais em AB e a força normal residual em BC após o descarregamento total.

Dados:

$$\sigma_e = 20 \text{ kN/cm}^2 \quad E = 20.000 \text{ kN/cm}^2 \quad \ell = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Barra AB} \quad \text{seção retangular} \quad b = 4 \text{ cm} \quad h = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Barra BC} \quad \text{seção circular} \quad \phi = 0,5 \text{ cm}$$

A flexão na barra BC ocorre no plano de maior inércia da seção transversal.

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
 Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade

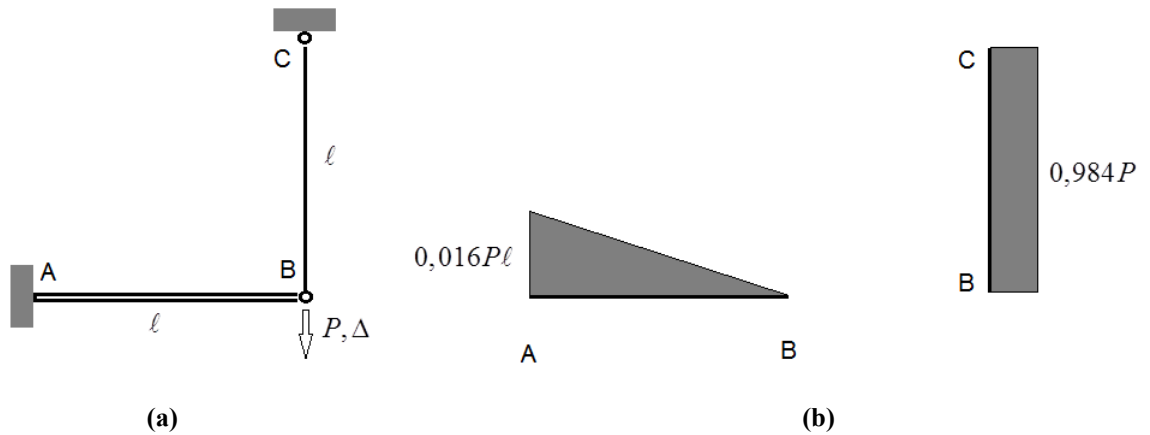


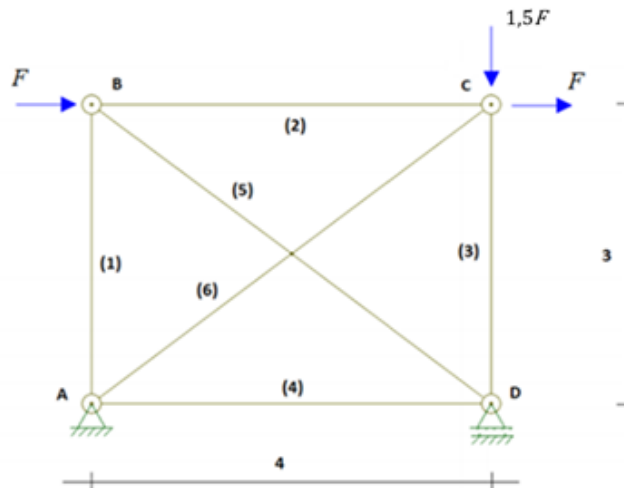
Figura 2

Exercício 3

Considere-se a treliça solicitada por carregamento proporcional, conforme se indica na figura 3. As barras são prismáticas de mesma seção transversal de área A , constituídas de mesmo material elastoplástico perfeito com módulo de elasticidade E e tensão de escoamento σ_e .

Problema 1 Calcular a carga de colapso para carregamento monotonicamente crescente (Análise Limite)

Problema 2 Analisar a estrutura (obter forças normais e gráfico $F \times U_C$ - deslocamento horizontal do nó C) para um ciclo de carga até próximo do colapso e descarga (Método Passo-a-Passo ou Incremental)



PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade

Figura 3

Exercício 4

No contexto da análise limite:

- conceituar solução estaticamente admissível;
- conceituar solução cinematicamente admissível.
- quais informações adicionais o método incremental (passo-a-passo) fornece em relação aos teoremas da análise limite?

Exercício 5

Aplicando o Teorema Cinemático da análise limite ao sistema estrutural da figura 4, determinar:

- o coeficiente multiplicador do carregamento de serviço na iminência do colapso plástico;
- o mecanismo de colapso plástico;
- O diagrama de momentos fletores na iminência do colapso plástico.

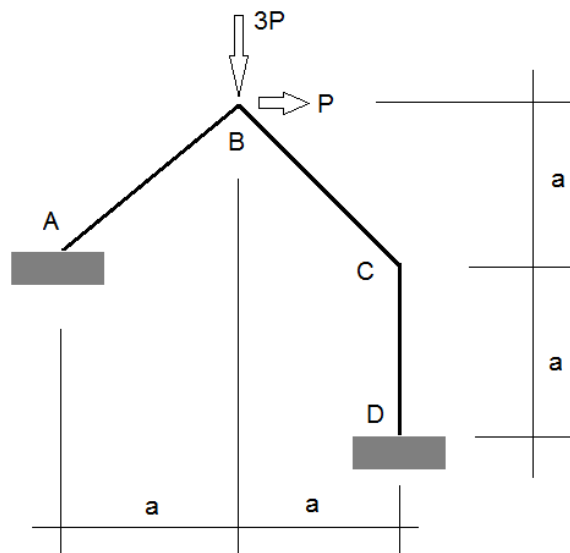


Figura 4

São dados: o momento de plastificação para todas as barras M_p ; o valor do carregamento de serviço P e o comprimento a .

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade

Exercício 6

Seja o pórtico da figura 5, submetido ao carregamento indicado. Supõe-se comportamento elastoplástico ideal e sabe-se que o momento de plastificação da seção transversal é M_p . Os esforços solicitantes em regime elástico linear estão indicados na figura 6.

- Indicar o mecanismo de colapso plástico e determinar a carga de segundo limite P_{II} , usando o Teorema Cinemático.
- Desenhar os diagramas de forças normais, forças cortantes e momentos fletores na iminência do colapso plástico.
- Obter o diagrama de momentos fletores residuais após descarregamento total da estrutura.

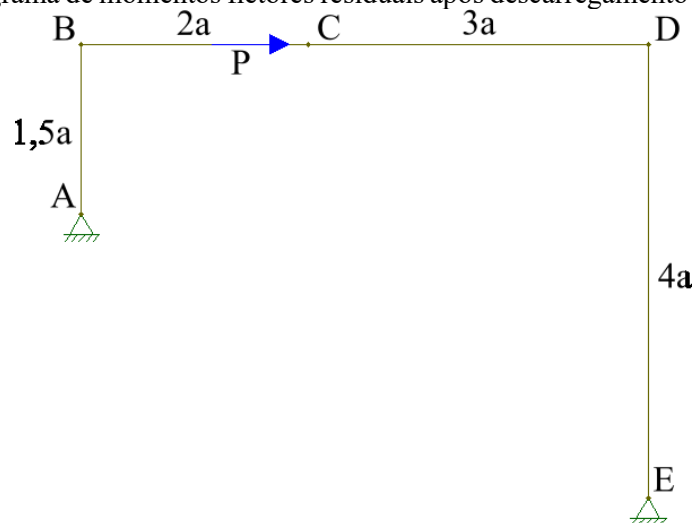
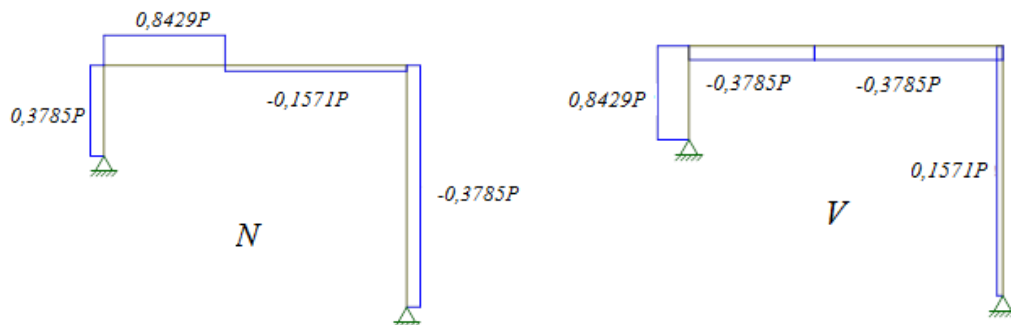


Figura 5



PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade

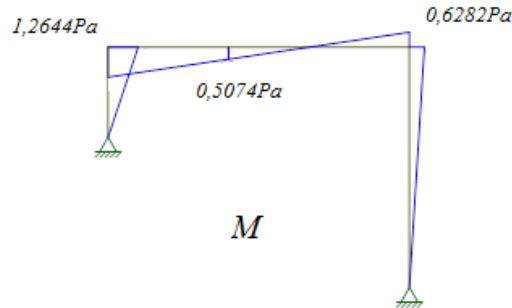


Figura 6

Exercício 7

A figura 7 ilustra uma estrutura composta por três barras, em que ABCD é rígida e BE e CF são flexíveis. A carga P é aplicada em D, na vertical, para baixo. Sabe-se que não há grandes deslocamentos elásticos envolvidos. Assim, é possível aproveitar-se da linearidade geométrica, conforme indica a figura 7. Seja θ o ângulo da inclinação da barra ABCD, indicado nas figuras 7 e 8, medido a partir da direção horizontal. As barras BE e CF possuem área de seção transversal A , módulo de elasticidade E , e diferentes valores de tensão limite de escoamento à tração e compressão, dados respectivamente por σ_e^t e σ_e^c . Não há risco de flambagem de nenhuma das barras. Pede-se:

- Determinar o valor das forças normais de plastificação das barras BE e CF à tração e compressão;
- Deseja-se estudar o colapso plástico dessa estrutura por meio do método passo a passo. Determinar o valor da carga P_I associada ao primeiro limite e o ângulo θ_I associado.
- Ainda pelo método passo a passo, determinar o valor da carga P_{II} associada ao segundo limite e o ângulo θ_{II} associado.
- Traçar o gráfico P vs. θ até a iminência do colapso plástico.
- Propor um mecanismo de colapso e determinar o valor da carga P_{II} utilizando-se do teorema cinemático.

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
 Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade

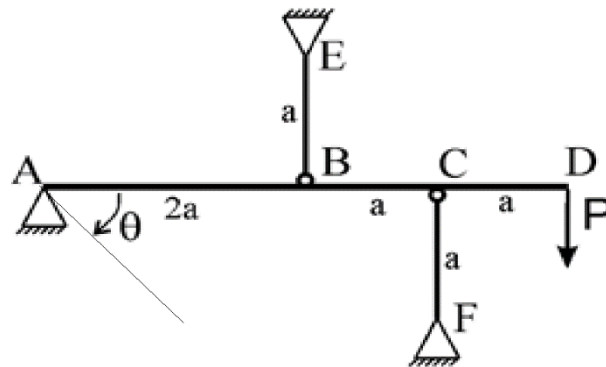


Figura 7

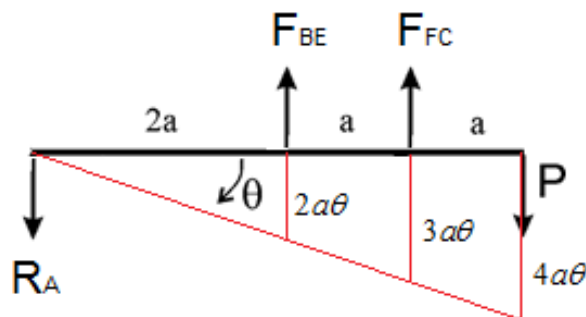


Figura 8

Considerar os seguintes valores numéricos:

$E = 200 \text{ GPa}$
$a = 1,0 \text{ m}$
$\sigma_e^t = 250 \text{ MPa}$ (tração)
$\sigma_e^c = 750 \text{ MPa}$ (compressão)
$A = 40 \text{ mm}^2$

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade

Respostas

Exercício 1

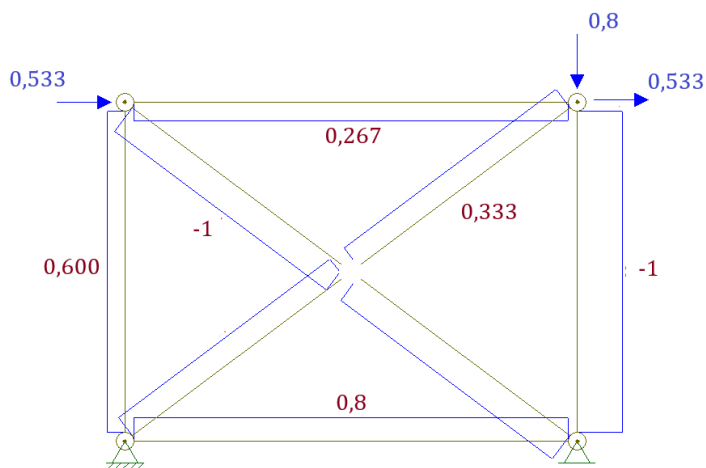
- a) $M_p = 14\sigma_e b^3$
b) $M_p = 12\sigma_e b^3$

Exercício 2

- a) 3,99 kN.
b) 6,43 kN.
c) -2,39 kN.

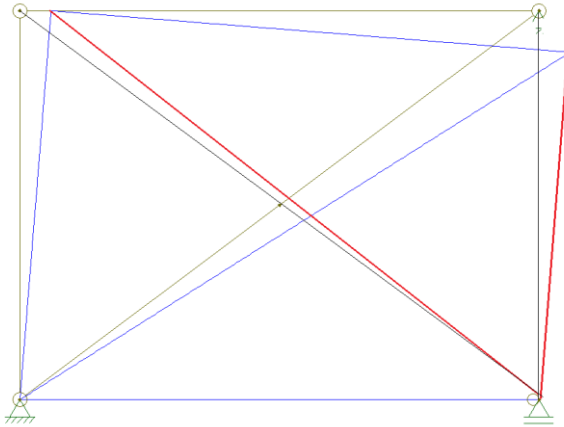
Exercício 3

Resposta no colapso (esforços externos ativos $\frac{F}{\sigma_e A}$ e diagrama de forças normais $\frac{N}{\sigma_e A}$ no colapso):



Mecanismo de colapso:

PEF 3401 – Mecânica das Estruturas II
Lista 3 – Introdução à Teoria da Plasticidade



Exercício 5

a) $\gamma_{II} = 2 \frac{M_p}{Pa}$

Exercício 7

- a) 10 kN (tração); 30 kN (compressão).
- b) 16,25 kN; 0,000625 rad.
- c) 27,5 kN; 0,00125 rad.

- e) 27,5 kN (mesmo mecanismo determinado no item (c)).