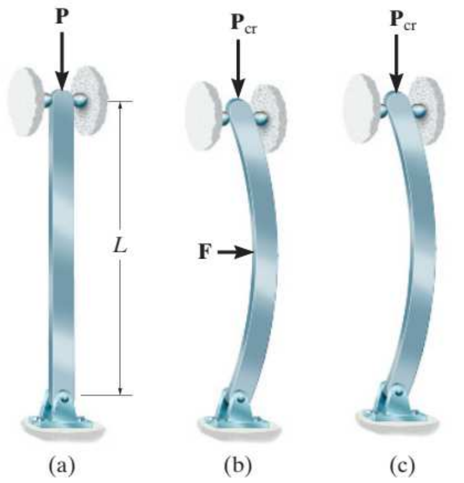
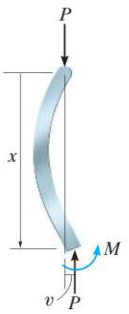
GABARITO DA PROVA ESCRITA: ÁREA DE ESTRUTURAS

Questão 1: FLAMBAGEM (Resistência dos Materiais, *Hibbeler*)

O principal problema em flambagem é a determinação da carga crítica da barra prismática P_{cr} (carga de Euler). Para a determinação desta carga admite-se uma barra com um eixo geométrico perfeitamente reto e somente cargas axiais, isto é, sem excentricidade (coluna ideal), ver figuras (três primeiras). A seguir, é analisada uma seção transversal qualquer na posição deformada da barra biapoiada (ver figuras, última). A partir desta última figura, pode-se escrever que:





$$EI\frac{d^2v}{dx^2} = M \quad \text{e} \quad M = -Pv$$

Substituindo ***M*** e equação diferencial da direita, temos que:

$$EI\frac{d^2v}{dx^2} = -Pv$$

$$\frac{d^2v}{dx^2} + \left(\frac{P}{EI}\right)v = 0$$

A solução desta eq. diferencial é

$$v = C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}\,x\right) + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}\,x\right)$$

As constantes de integração são obtidas pelas condições de contorno: em $x = 0$ $C_2 = 0$, tem-s e em $x = L$, tem-se C_1 como

$$C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}\,L\right) = 0$$

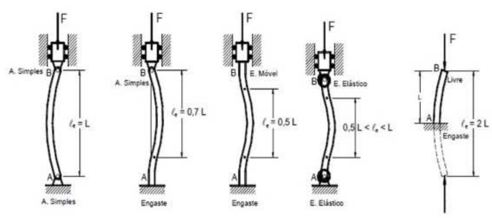
Para que essa equação seja satisfeita, temos a condição: $\sin\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}\,L\right) = 0$ que só satisfeita se

$$\sqrt{\frac{P}{EI}}\,L = n\pi \qquad . \qquad P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$ para n = 1.

Essa última eq. é a carga crítica de flambagem da coluna ideal biapoiada. Para outras condições de contorno, essa equação pode ser adaptada para:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_f^2}$$

Sendo $L_f = KL$, onde L é o comprimento da barra e a constante K é extraída da figura:



Questão 2: Método da flexibilidade e rigidez

A equação geral do método das forças é:

$$\begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \delta_{13} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{23} \\ \delta_{31} & \delta_{32} & \delta_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \delta_{10} \\ \delta_{20} \\ \delta_{30} \end{Bmatrix}$$

O primeiro termo à esquerda é denominado matriz de flexibilidade, [δ_{ij}] e o segundo termo é o vetor de forças incógnitas, {X_i}. O termo à direita é o vetor de deslocamentos causados pelas cargas externas, [δ_{i0}].

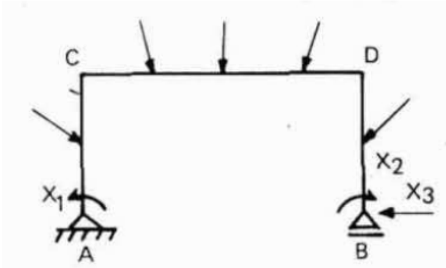
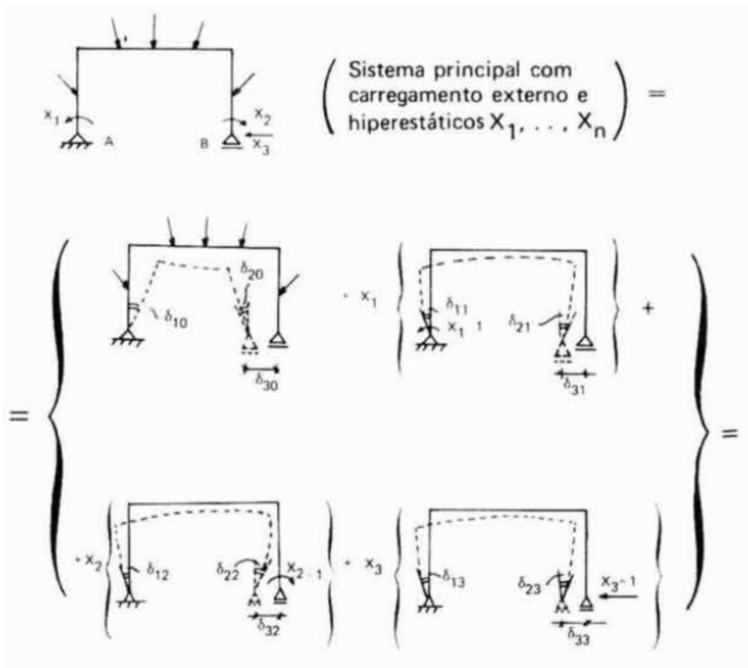


Fig. II-17 – Sistema principal e hiperestático



A equação geral do método dos deslocamentos é

$$\begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \\ \beta_{30} \end{Bmatrix}$$

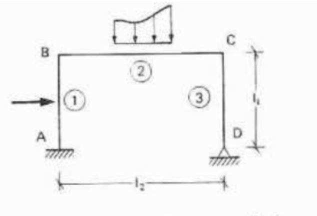


Fig. I-24 – Estrutura dada.

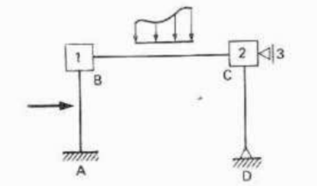
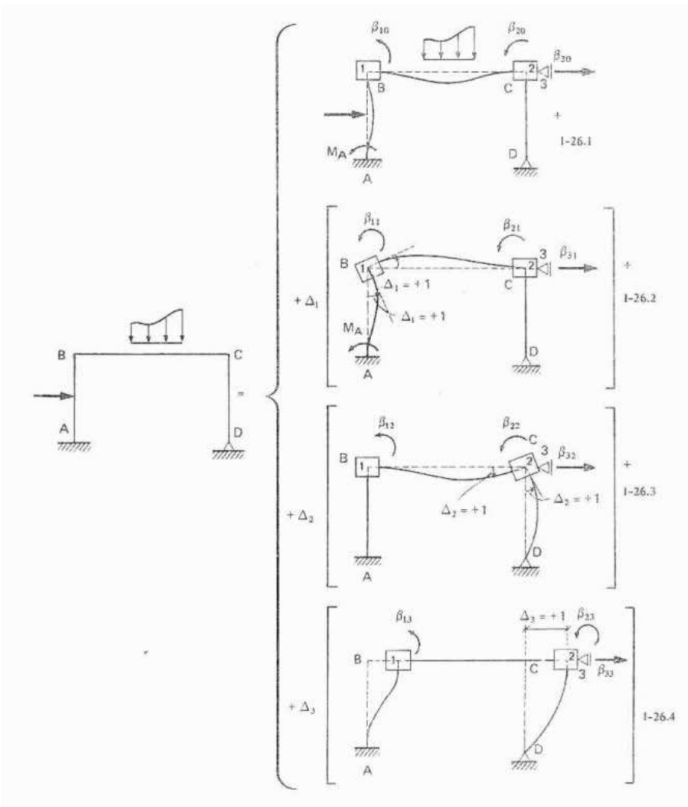


Fig. I-25 – Sistema principal.



O primeiro termo à esquerda é denominado matriz de rigidez, $[\beta_{ij}]$ e o segundo termo é o vetor de deslocamentos incógnitas, $\{X_i\}$. O termo à direita é o vetor de forças causadas pelas cargas externas, $[\beta_{i0}]$.

IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL: Nos dois métodos devemos inicialmente escolher um Sistema Principal (SP) e, consequentemente, determina-se as incógnitas X_i deste sistema. No **método das forças** podemos extrair muitos SPs da mesma estrutura hiperestática (ver figuras acima). Já no **método dos deslocamentos** temos *apenas um* SP, o que facilita a implementação computacional. Ainda, no método dos deslocamentos podemos calcular tanto estruturas isostáticas como hiperestáticas. Finalmente, quando temos uma estrutura formada por outras estruturas (a associação de uma viga e uma treliça, por exemplo) é muito mais fácil fazer a compatibilização dos pontos comuns às estruturas, pela compatibilização de deslocamentos do que por forças.

Questão 3: Domínios de deformação

A figura abaixo mostra os domínios de deformação definidos na norma brasileira de concreto, NBR 6118.

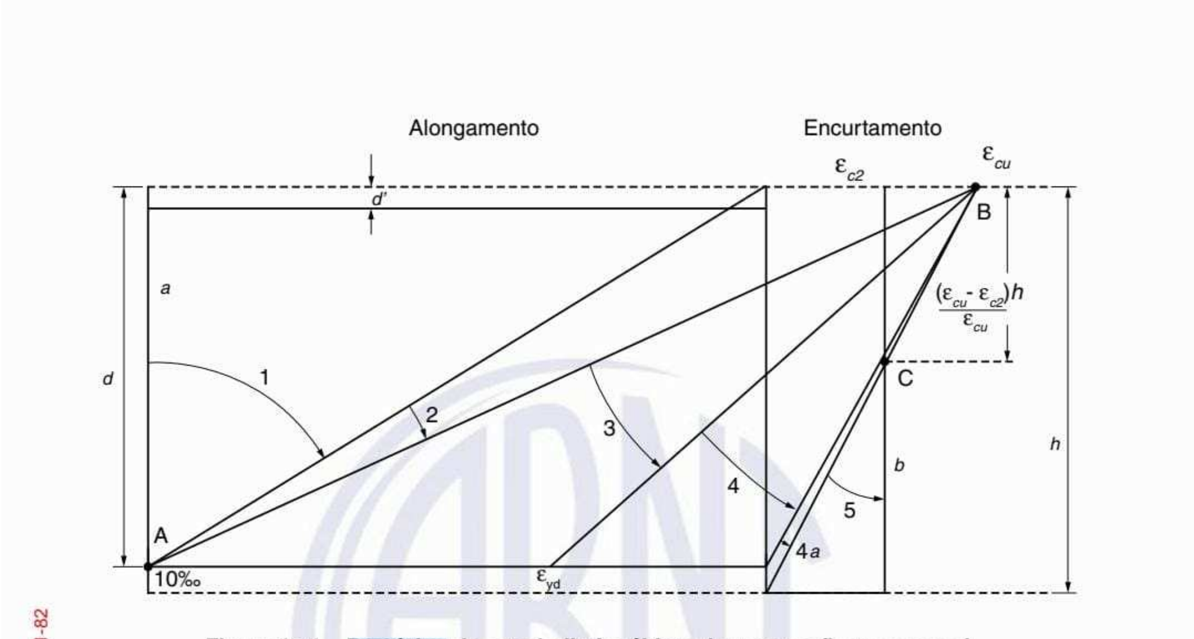
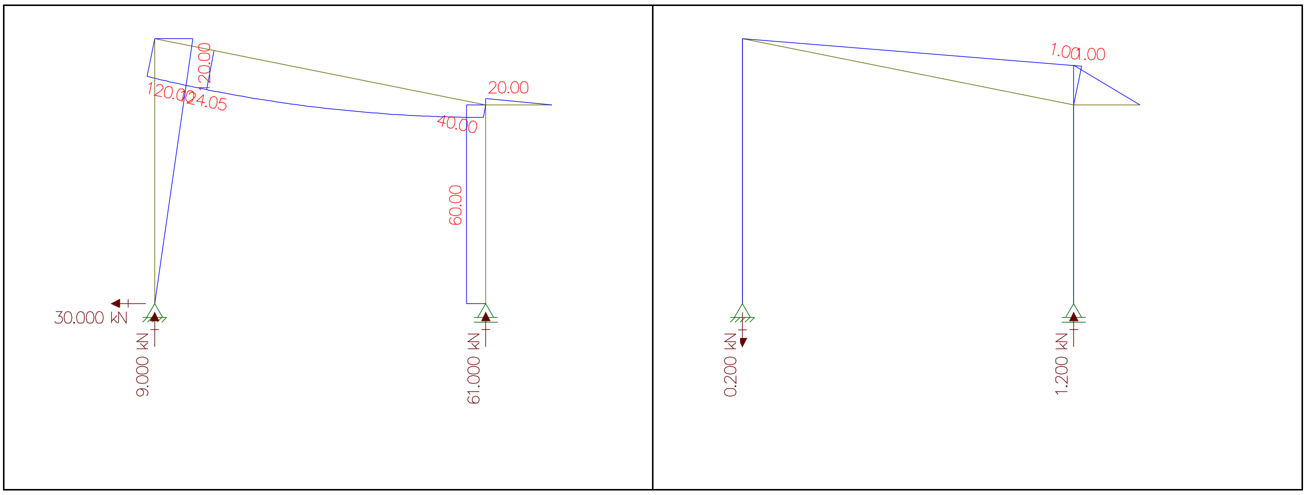


Figura 17.1 – Domínios de estado-limite último de uma seção transversal

- Fornece modos de ruptura da seção de concreto;
- Em vigas, distingui entre seção subarmada, normalmente armada e super armada;
- Por exemplo, em vigas trabalhamos nos domínios 2 e 3;
- Todas as equações de equilíbrio e de compatibilidade de deformações são extraídas desta figura;
- Representa de forma resumida a própria filosofia de segurança do concreto armado, isto é, os estados limites últimos possíveis em vigas e pilares.

Questão 4: Pórtico Plano

Para calcular o deslocamento vertical do ponto P, calculamos as reações de apoio quando as cargas externas forem aplicadas e quando uma carga unitária vertical for aplicada em P, ver figuras.



Fazendo a combinação de momentos da barra inclinada e do balanço, temos que:

$$\delta_P \cdot 1 = \frac{1}{EI}\left\{\left[-\frac{1}{6}(120 + 2 \cdot 40) - \frac{1}{3}31,25 \cdot 1\right]\sqrt{26} + \frac{1}{3}20 \cdot 1 \cdot 1\right\}$$

Assim: $$\delta_P = \frac{-216,415}{EI}$$ (para cima)

Questão 5: Seção concreto

$$\mu = \frac{4200}{15 \cdot 36^2 \cdot 1,2} = 0,18 < 0,372$$ armadura simples, A'_s = zero

$$\xi = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0,25$$

$$A_s = 0,8\xi bd\frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}} = 2,98\,cm^2$$ resposta

Assinaturas do documento

Código para verificação: **06K52MAJ**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

ITAMAR RIBEIRO GOMES (CPF: 402.XXX.020-XX) em 07/11/2022 às 15:53:09
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:41:26 e válido até 30/03/2118 - 12:41:26.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwNDkzMzNfNDk0MDJfMjAyMl8wNks1Mk1BSg== ou o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo **UDESC 00049333/2022** e o código **06K52MAJ** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.