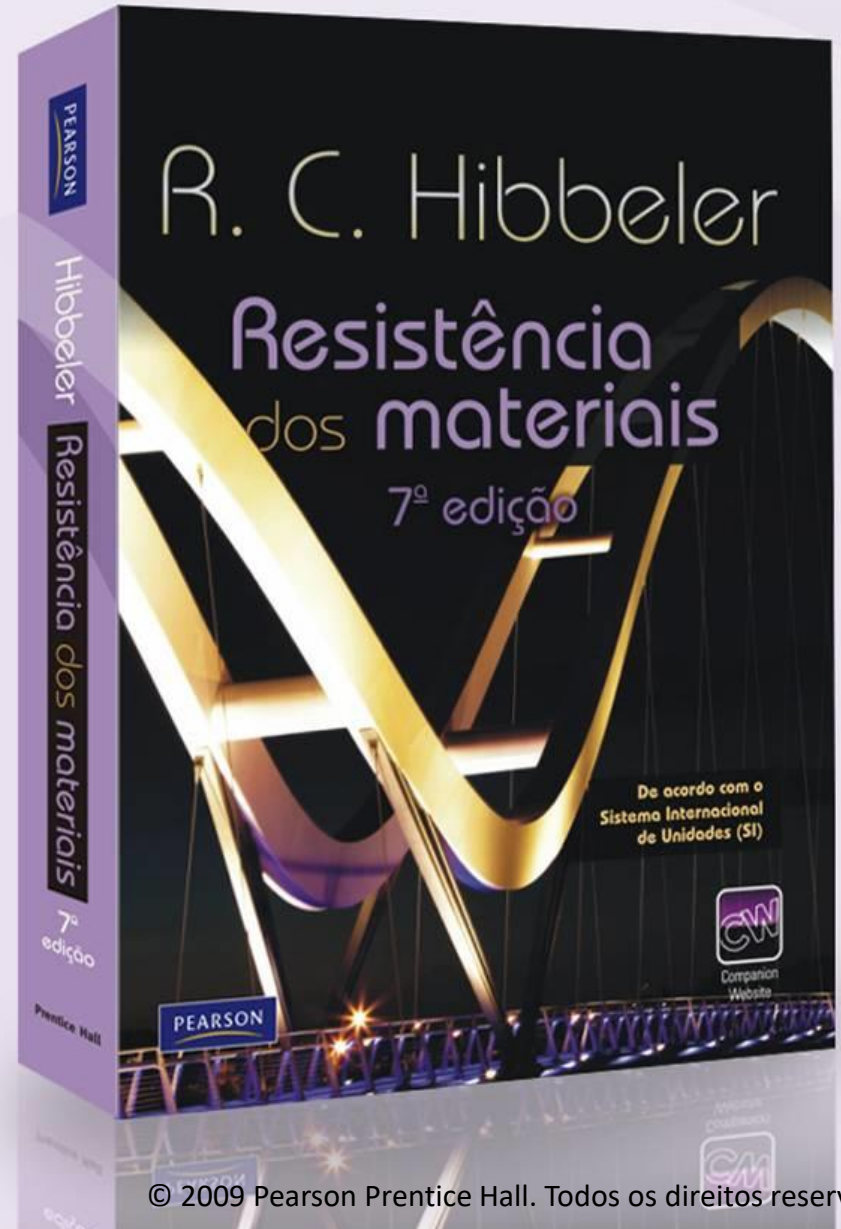


Capítulo 10

# Flambagem de Colunas



## Carga crítica

- Elementos estruturais compridos e esbeltos, sujeitos a uma força de compressão axial são denominados **colunas**.
- A deflexão lateral que ocorre é denominada **flambagem**.
- A carga axial máxima que uma coluna pode suportar quando está na *iminência* de sofrer flambagem é denominada **carga crítica,  $P_{cr}$**



## Coluna ideal com apoios de pinos

- Uma **coluna ideal** é uma coluna perfeitamente reta antes da carga. A carga é aplicada no centroide da seção transversal.
- A coluna sofrerá flambagem em torno do eixo principal da seção transversal que tenha **o menor momento de inércia** (o eixo mais resistente).

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$
$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$

$P_{cr}$  = carga crítica ou carga axial

$\sigma_{cr}$  = tensão crítica

E = módulo de elasticidade para o material

I = menor momento de inércia para a área da seção transversal

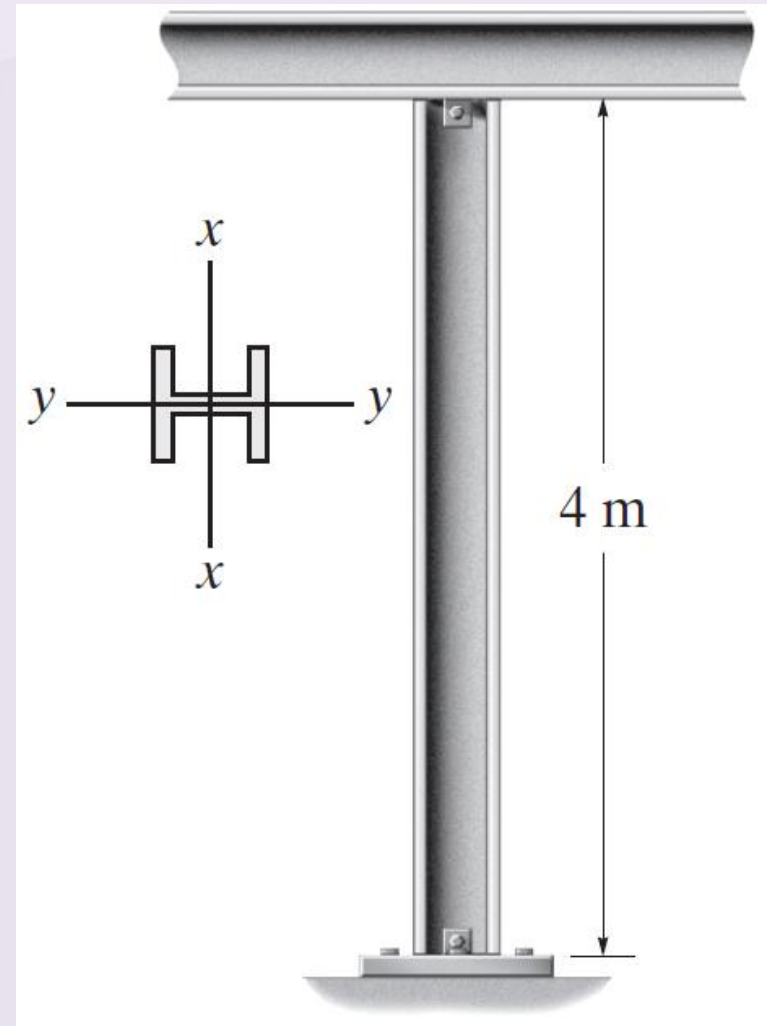
L = comprimento da coluna sem apoio

r = menor raio de giração da coluna

L/r = índice de esbeltez

## Exemplo 13.2

O elemento estrutural A-36 W200 X 46 de aço mostrado na figura ao lado deve ser usado como uma coluna acoplada por pinos. Determine a maior carga axial que ele pode suportar antes de começar a sofrer flambagem ou antes que o aço escoe.



**Solução:**

Do apêndice B,  $A = 5890 \text{ mm}^2$ ,  $I_x = 45,5 \times 10^6 \text{ mm}^4$ ,  $I_y = 15,3 \times 10^6 \text{ mm}^4$

Por inspeção, ocorrerá flambagem em torno do eixo  $y-y$ .

$$P_{\text{cr}} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} = \frac{\pi^2 [200(10^6) \text{ kN/m}^2] (15,3(10^4) \text{ mm}^4) (1 \text{ m}/1.000 \text{ mm})^4}{(4 \text{ m})^2}$$
$$= 1.887,6 \text{ kN}$$

Quando totalmente carregada, a tensão de compressão média

na coluna é  $\sigma_{\text{cr}} = \frac{P_{\text{cr}}}{A} = \frac{1.887,6 \text{ kN} (1.000 \text{ N/kN})}{5.890 \text{ mm}^2} = 320,5 \text{ N/mm}^2$

Visto que a tensão ultrapassa a tensão de escoamento,

$$250 \text{ N/mm}^2 = \frac{P}{5.890 \text{ mm}^2}; \quad P = 1.472,5 \text{ kN} \quad \textit{Resposta}$$

## Colunas com vários tipos de apoio

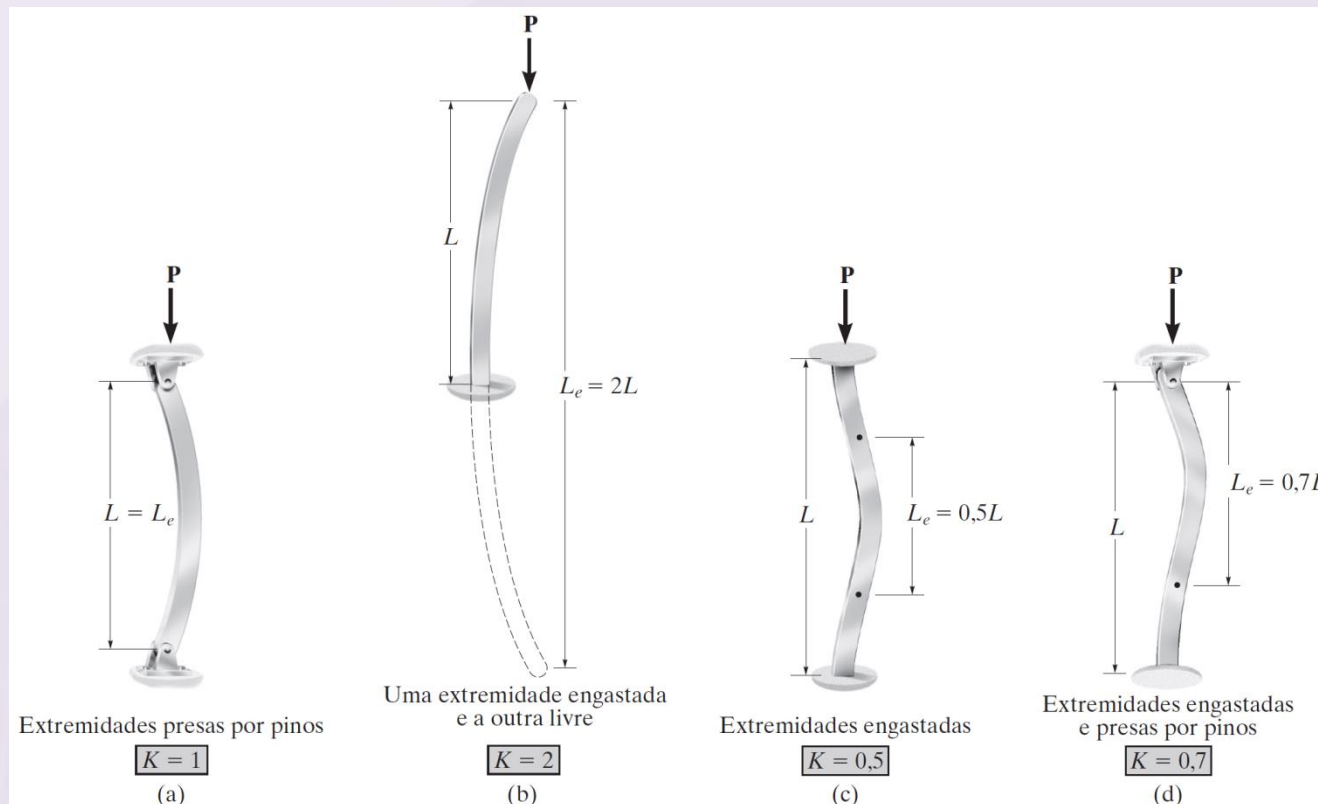
- Euler é usado para determinar a carga crítica provida, “ $L$ ” representa a distância sem apoio entre os pontos de momento nulo.
- É denominada de **comprimento efetivo** da coluna,  $L_e$ .
- Um coeficiente dimensional  $K$ , **fator de comprimento efetivo**, é usado para calcular  $L_e$ .

$$L_e = KL$$

• Portanto, temos,

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \qquad \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$KL/r = \text{índice de esbeltez efetivo}$

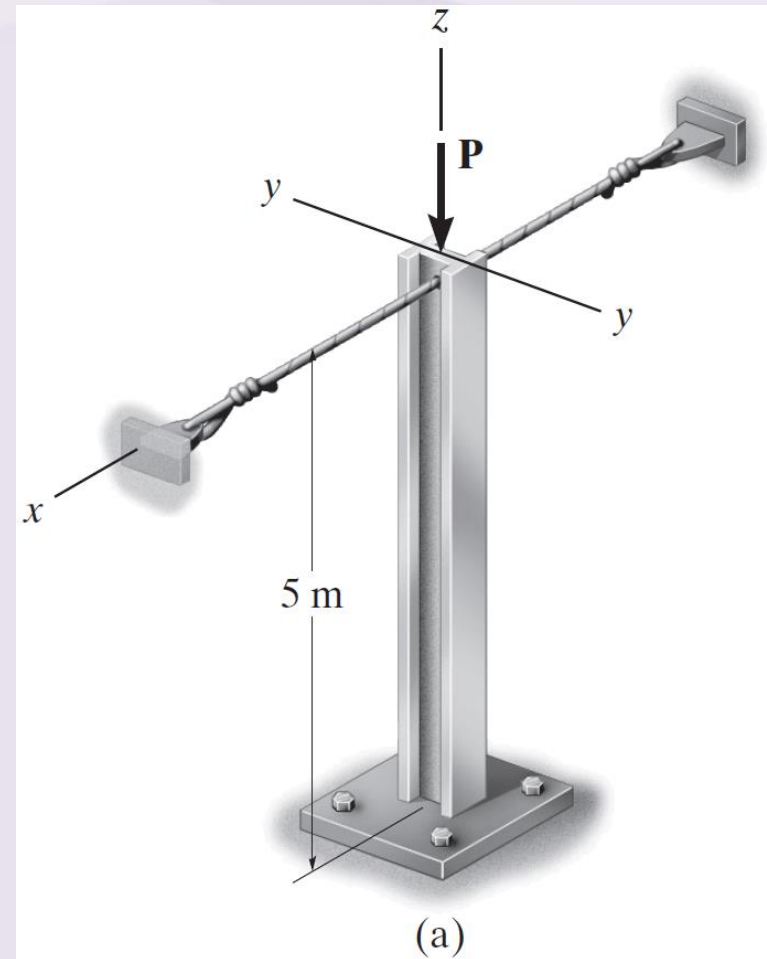




## Exemplo 13.4

A coluna de alumínio está presa na base e seu topo está ancorado por cabos de modo a impedir que o topo movimente-se ao longo do eixo  $x$  (Figura (a)). Se considerarmos que ela está fixa na base, determine a maior carga admissível  $P$  que pode ser aplicada.

Use um fator de segurança para flambagem  $FS = 3,0$ . Considere  $E_{al} = 70\text{GPa}$ ,  $\sigma_e = 215\text{MPa}$ ,  $A = 7,5(10^{-3})\text{m}^2$ ,  $I_x = 61,3(10^{-6})\text{m}^4$ ,  $I_y = 23,2(10^{-6})\text{m}^4$ .



**Solução:**

Para x-x flambagem,  $K = 2$ ,  $(KL)_x = 2(5) = 10 \text{ m}$

Para y-y flambagem,  $K = 0,7$ ,  $(KL)_y = 0,7(5) = 3,5 \text{ m}$

As cargas críticas para cada caso são

$$(P_{cr})_x = \frac{\pi^2 EI}{(KL)_x^2} = 424 \text{ kN} \quad , \quad (P_{cr})_y = \frac{\pi^2 EI}{(KL)_y^2} = 1,31 \text{ MN}$$

A carga admissível e tensão crítica

$$P_{adm} = \frac{P_{cr}}{FS} = \frac{424}{3,0} = 141 \text{ kN} \quad , \quad \sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{424}{7,5(10^{-3})} = 56,5 \text{ MPa} < 215 \text{ MPa}$$

