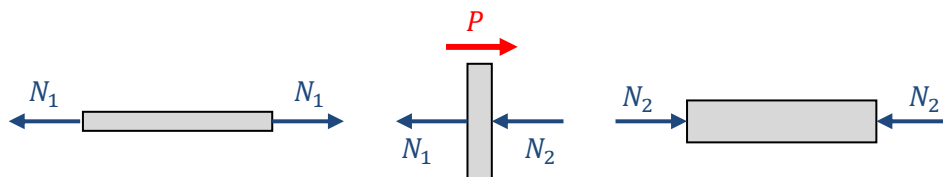


Problema 1. (3,5 pontos)



$$P = N_1 + N_2 \quad (N_2 \text{ compressão})$$

$$\delta_1 = \frac{N_1 L_1}{E_1 A_1} = \frac{N_1 L}{EA}$$

$$\delta_2 = \frac{N_2 L_2}{E_2 A_2} = \frac{N_2 L}{2EA}$$

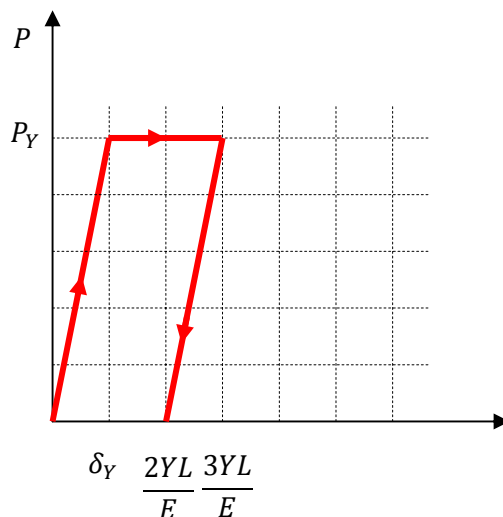
$$\delta_1 = \delta_2 \Rightarrow \begin{cases} N_1 = P/3 \\ N_2 = 2P/3 \end{cases}$$

$$\sigma_1 = N_1/A_1 = P/3A$$

$$\sigma_2 = N_2/A_2 = P/3A \quad (\text{compressão})$$

$$P_Y = 3AY, \quad \delta_Y = YL/E$$

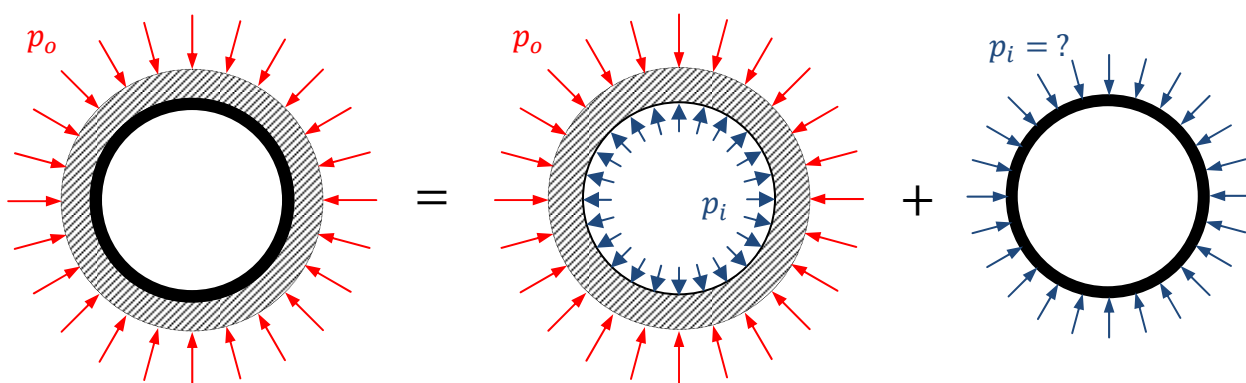
$$P = \begin{cases} 3EA\delta/L & \delta < \delta_Y \\ P_Y & \delta > \delta_Y \end{cases}$$



$$\text{Deformação Residual: } \delta_R = 2YL/E$$

Neste caso, não há tensão residual.

Problema 2. (3,5 pontos)



Tubo (deslocamento radial)

$$u_r(r) = \frac{(1 - \nu_T)r + (1 + \nu_T)(b^2/r)}{E_T(b^2/a^2 - 1)} p_i - \frac{(1 - \nu_T)(b^2/a^2)r + (1 + \nu_T)(b^2/r)}{E_T(b^2/a^2 - 1)} p_o, \quad a \leq r \leq b$$

Revestimento (variação do raio do revestimento)

$$\frac{\Delta a}{a} = -\frac{p_i a}{E_R t}$$

Compatibilidade geométrica: $\Delta a = u_r(a)$

$$-\frac{p_i a^2}{E_R t} = \frac{(1 - \nu_T)a + (1 + \nu_T)(b^2/a)}{E_T(b^2/a^2 - 1)} p_i - \frac{2(b^2/a)}{E_T(b^2/a^2 - 1)} p_o$$

Logo:

$$p_i = \left[\frac{a^2}{E_R t} + \frac{(1 - \nu_T)a + (1 + \nu_T)(b^2/a)}{E_T(b^2/a^2 - 1)} \right]^{-1} \left(\frac{2(b^2/a)}{E_T(b^2/a^2 - 1)} \right) p_o$$

Substituindo-se os valores:

$$p_i = 0,205 \text{ MPa}$$

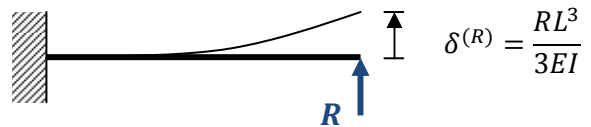
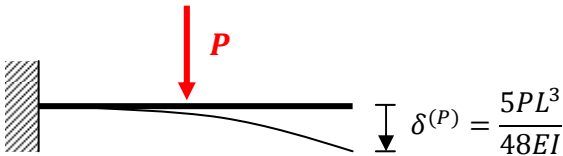
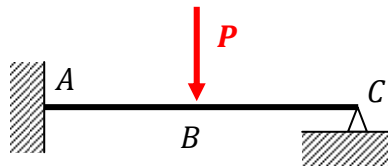
A tensão circunferencial na parede do revestimento é:

$$\sigma_{\theta\theta} = -p_i a/t = -3,10 \text{ MPa}$$

A pressão externa pode ser aumentada por um fator 22,6 , até um valor máximo de 452 MPa.

Problema 3. (3,0 pontos)

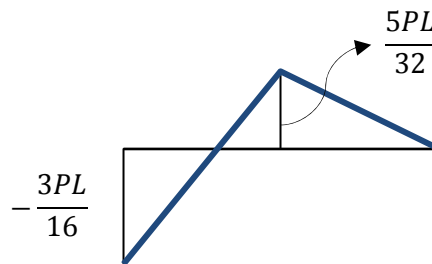
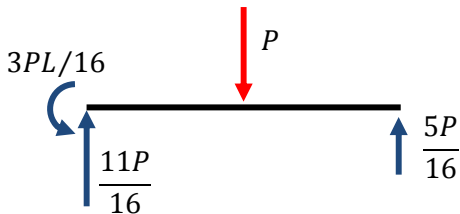
Antes do escoamento (no regime elástico):



$$\delta^{(P)} = \delta^{(R)} \Rightarrow R = 5P/16$$

Reações

Distribuição do Momento Fletor

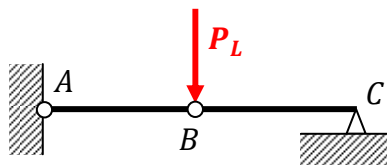


$$\max\{|M(x)|\} = |M(0)| = 3PL/16$$

$$\max\{|\sigma_{xx}(x, y)|\} = |\sigma_{xx}(0, \pm h/2)| = 9PL/8bh^2$$

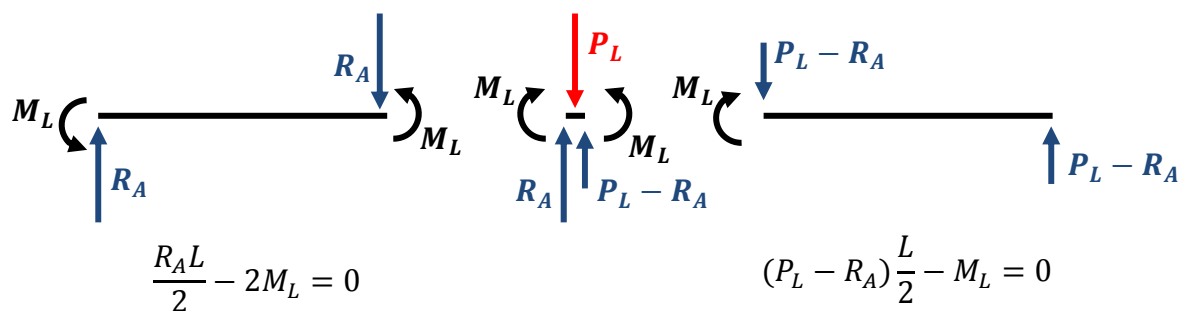
$$9P_Y L/8bh^2 = S_Y \Rightarrow P_Y = 8S_Y bh^2/9L$$

O colapso plástico ocorre quando rótulas plásticas são formadas nas seções A e B da viga



Os momentos fletores nas seções A e B têm o valor absoluto igual a $M_L = 1,5M_Y = bh^2S_Y/4$. Os sentidos são os mesmos que eles tinham no início do escoamento: negativo em A e positivo em B (ver figura com distribuição do momento fletor).

Equilíbrio:



$$P_L = \frac{6M_L}{L} = \frac{3bh^2S_Y}{2L}$$