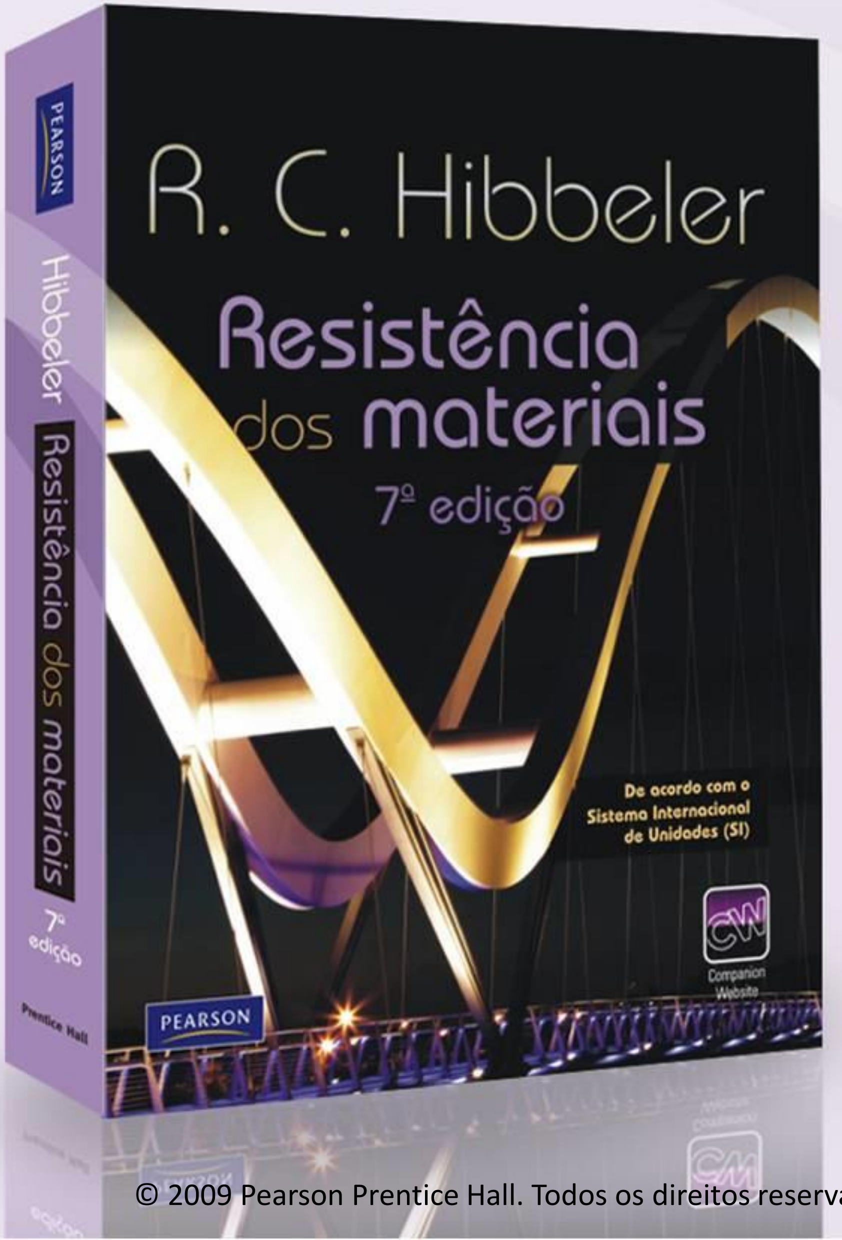
Capítulo 9

Cargas combinadas



Vasos de pressão de paredes finas

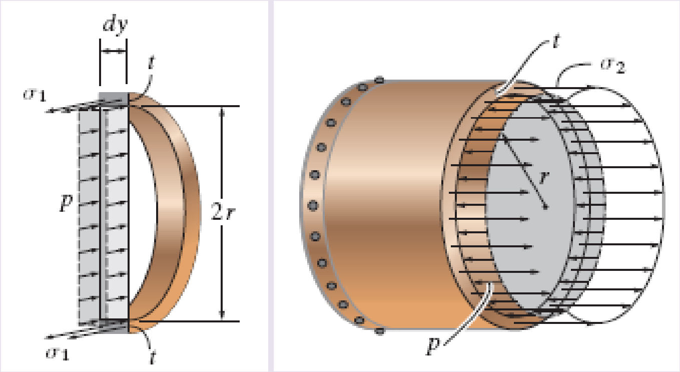
- ***Paredes finas*** refere-se a um vaso para o qual a relação interno-espessura da parede tem valor igual ou superior a 10.

$$\left(r/t \geq 10\right)$$

Para vasos cilíndricos submetido a tensões normais, há tensão normal na **direção circunferencial ou do aro** e no ***sentido longitudinal ou axial***.

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t} \quad \text{tensão normal na direção circunferencial}$$

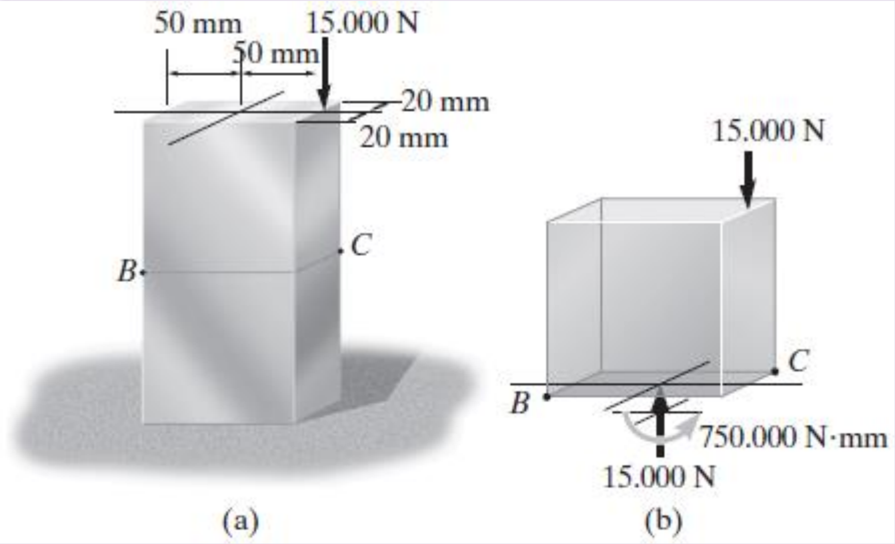
$$\sigma_2 = \frac{pr}{2t} \quad \text{tensão normal na direção longitudinal}$$



- Eis um resumo de cargas que podem ser aplicadas em um elemento:
  a) Força normal
  b) Força de cisalhamento
  c) Momento fletor
  d) Momento de torção
  e) Vasos de pressão de parede fina
  f) Superposição

Exemplo 8.1

Uma força de 15.000 N é aplicada à borda do elemento. Despreze o peso do elemento e determine o estado de tensão nos pontos *B* e *C*.



Solução:

Para equilíbrio na seção, é preciso haver uma força axial de 15.000 N agindo no centroide e um momento fletor de 750.000 N·mm em torno do eixo centroide ou principal.

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{15.000}{(100)(40)} = 3{,}75\,\text{MPa}$$

A tensão máxima é

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{Mc}{I} = \frac{75.000(50)}{\frac{1}{12}(40)(100)^3} = 11{,}25\,\text{MPa}$$

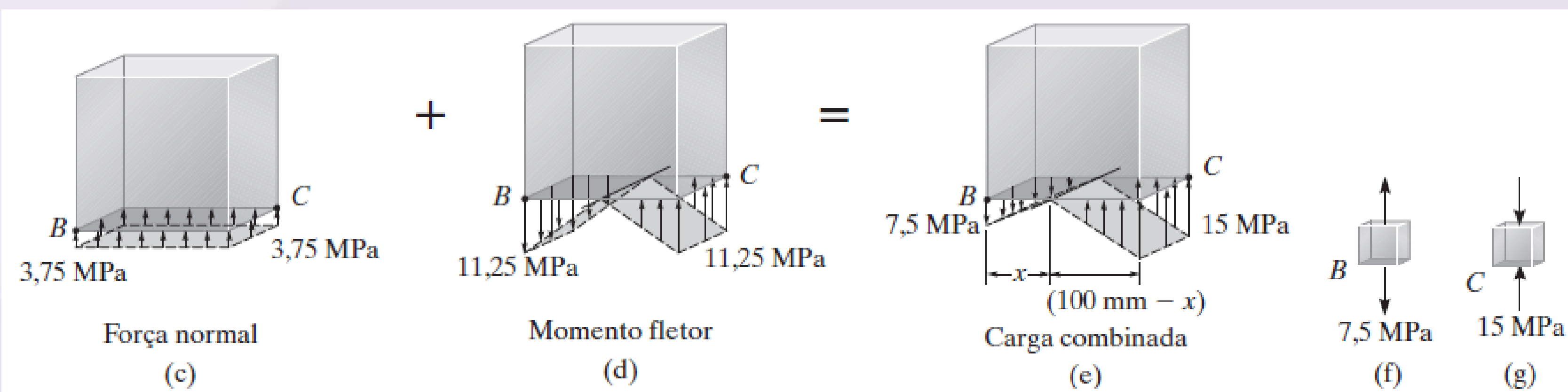
A localização da linha de tensão nula pode ser determinada por cálculo proporcional de triângulos:

$$\frac{75}{x} = \frac{15}{(100 - x)}$$

$$x = 33{,}3\ \text{mm}$$

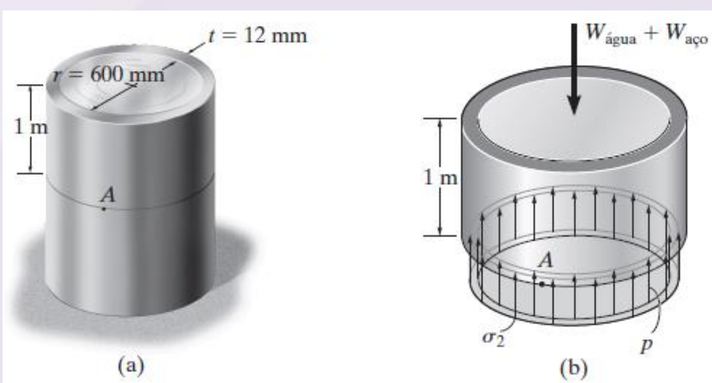
Elementos de material em *B* e *C* estão submetidos somente a tensão normal ou *tensão uniaxial*. Por consequência,

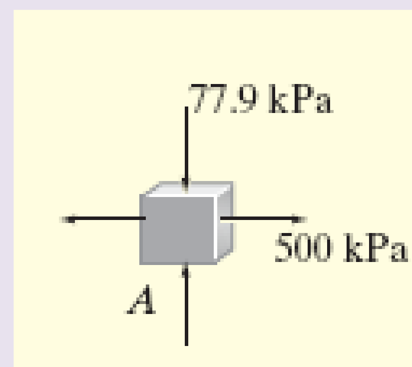
$$\sigma_B = 7{,}5\,\text{MPa} \quad (\text{tração}) \quad (\text{Resposta})$$
$$\sigma_C = 15\,\text{MPa} \quad (\text{compressão}) \quad (\text{Resposta})$$



Exemplo 8.2

O tanque tem raio interno de 600 mm e uma espessura de 12 mm. Está cheio até em cima com água cujo peso específico é $\gamma_{\text{água}} = 10\ \text{kN/m}^3$. Se o tanque for feito de aço com peso específico de $\gamma_{\text{aço}} = 78\ \text{kN/m}^3$, determine o estado de tensão no ponto *A.* A parte superior do tanque é aberta.





Solução:

O peso do tanque é

$$W_{\text{aço}} = \gamma_{\text{aço}} V_{\text{aço}} = 78\left[\pi\left(\frac{612}{1.000}\right)^2 - \pi\left(\frac{600}{1.000}\right)^2\right](1) = 3{,}56\,\text{kN}$$

A pressão do tanque no nível *A* é $p = \gamma_{\text{água}} z = (10)(1) = 10\,\text{kPa}$

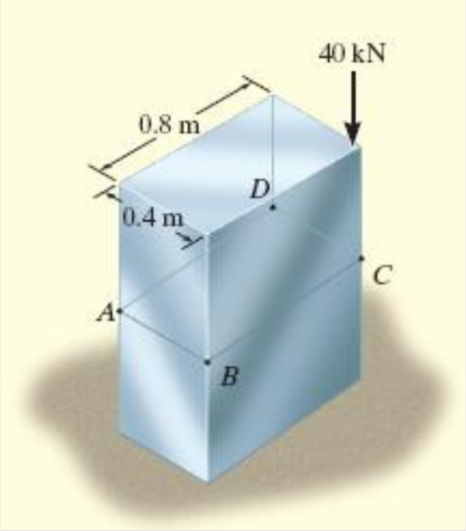
Para tensão circunferencial e longitudinal, temos

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t} = \frac{10\left(\frac{600}{1.000}\right)}{\left(\frac{12}{1.000}\right)} = 500\,\text{kPa} \quad \text{(Resposta)}$$

$$\sigma_2 = \frac{W_{\text{aço}}}{A_{\text{aço}}} = \frac{3{,}56}{\pi\left[\left(\frac{612}{1.000}\right)^2 - \left(\frac{600}{1.000}\right)^2\right]} = 77{,}9\,\text{kPa} \quad \text{(Resposta)}$$

Exemplo 8.3

O bloco retangular de peso desprezível está sujeito a uma força vertical de 40 kN aplicada em seu canto. Determine a distribuição da tensão normal que age sobre uma seção que passa por *ABCD.*



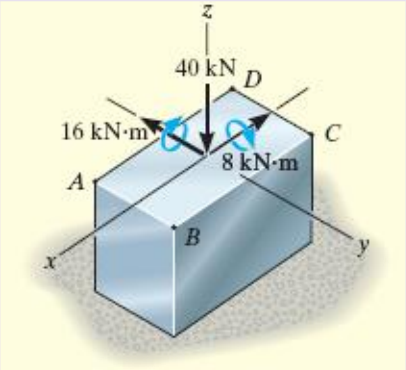
Solução:

Para a distribuição uniforme da tensão normal temos

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{40}{(0{,}8)(0{,}4)} = 125\,\text{kPa}$$

Para 8 kN, a tensão máxima é

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_x c_x}{I_x} = \frac{8(0{,}2)}{\left[\frac{1}{12}(0{,}8)(0{,}4)^3\right]} = 375\,\text{kPa}$$



Para 16 kN, a tensão máxima é

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_y c_x}{I_y} = \frac{16(0{,}4)}{\left[\frac{1}{12}(0{,}4)(0{,}8)^3\right]} = 375\,\text{kPa}$$

Considerando que a tensão de tração é positiva, temos

$$\sigma_A = -125 + 375 + 375 = 625\,\text{kPa}$$
$$\sigma_B = -125 - 375 + 375 = -125\,\text{kPa}$$
$$\sigma_C = -125 - 375 - 375 = -875\,\text{kPa}$$
$$\sigma_D = -125 + 375 - 375 = -125\,\text{kPa}$$

A linha de tensão nula pode ser localizada ao longo de cada lado por triângulos proporcionais

$$\frac{(0{,}4-e)}{625}=\frac{e}{125}\Rightarrow e=0{,}0667\,\mathrm{m}\quad \text{e}\quad \frac{(0{,}8-e)}{625}=\frac{h}{125}\Rightarrow h=0{,}133\,\mathrm{m}$$