

1) Um ensaio de tração foi executado em um corpo-de-prova com um diâmetro original de 42 mm e um comprimento nominal de 210 mm. Os resultados do ensaio até a ruptura estão listados na tabela abaixo. Faça o gráfico do diagrama tensão-deformação e determine aproximadamente o módulo de elasticidade, a tensão de escoamento e o módulo de tenacidade.

Força P (kN)	$\delta$ (mm)
0	0
460	0,50
460	1,00
460	2,00
710	2,70
850	17,0
720	24,0

### Solução:

→ Área da seção transversal:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times [42 \text{ mm}]^2}{4} = 1385,4 \text{ mm}^2$$

→ Primeiro ponto do diagrama após a origem:

$$\varepsilon_1 = \frac{\delta}{L} = \frac{0,5 \text{ mm}}{210 \text{ mm}} = 0,00238$$

$$\sigma_1 = \frac{P}{A} = \frac{460000 \text{ N}}{1385,4 \text{ mm}^2} = 332 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$\varepsilon$ (‰)	$\sigma$ (MPa)
0,00	0,00
2,38	332
4,76	332
9,52	332
12,86	512
80,95	614
114,29	520

→ Módulo de elasticidade:

$$E = \frac{332 \text{ MPa}}{0,00238} = 139 \text{ GPa}$$

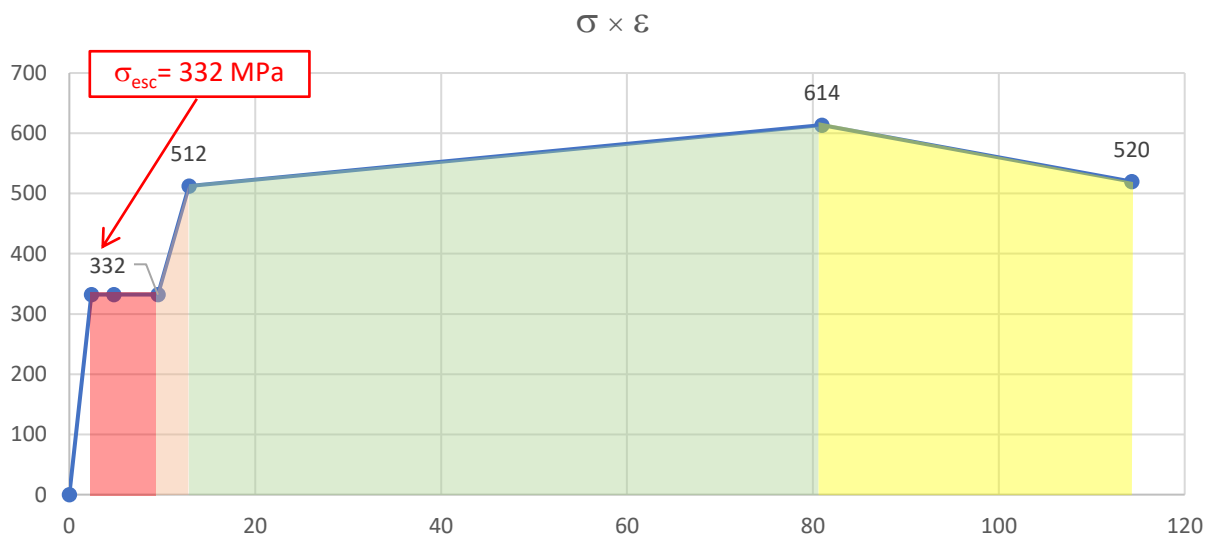
→ Módulo de tenacidade:

$$u_t = \frac{332 \times 0,00238}{2} + (0,0952 - 0,00238) \times 332 +$$

$$+ \frac{0,01286 - 0,0952}{2} \times (332 + 512) +$$

$$+ \frac{0,08095 - 0,01286}{2} \times (512 + 614) +$$

$$+ \frac{0,11429 - 0,08095}{2} \times (614 + 520) = 61,4 \text{ MPa}$$



**Respostas:**  $E = 139 \text{ GPa}$ ;  $\sigma_{esc} = 332 \text{ MPa}$ ;  $u_t = 61,4 \text{ MPa}$

2) Dimensione a barra prismática de seção transversal quadrada de lado **b**, abaixo, sabendo que a tensão limite de tração do material é de 250 MPa. Use um fator de segurança de 1,10. Considere a força de tração já majorada. Dê a dimensão **b** em milímetros inteiros.

**Solução:**

→ Tensão admissível:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{lim}}{F_s} = \frac{250 \text{ MPa}}{1,10} = 227,27 \text{ MPa} = 227,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ Tensão solicitante:

$$\sigma_{sol} = \frac{P}{A} = \frac{50 \text{ kN}}{b^2} = \frac{50000 \text{ N}}{b^2}$$

→ Dimensionamento – cálculo do lado **b** do quadrado:

$$\sigma_{sol} \leq \sigma_{adm}$$

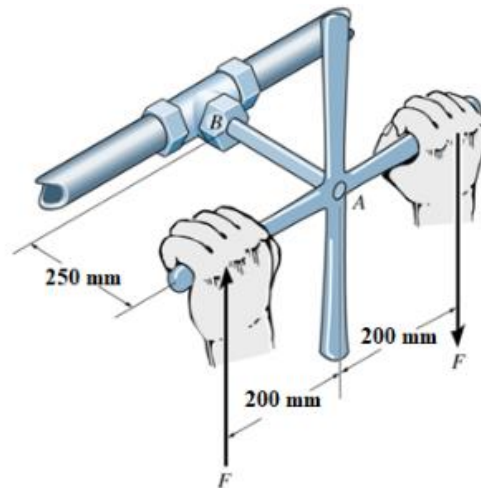
$$\Rightarrow \frac{50000 \text{ N}}{b^2} \leq 227,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow b^2 \geq \frac{50000 \text{ N}}{227,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\Rightarrow b \geq \sqrt{\frac{50000 \text{ N}}{227,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} = 14,83 \text{ mm}$$

$$\therefore b = 15 \text{ mm}$$

3) Considere o eixo tubular AB, espessura 2,7 mm e diâmetro externo de 29 mm, ao qual está acoplado o volante da válvula, feito de aço ( $G=75 \text{ GPa}$ ). Calcule a tensão de cisalhamento máxima e o ângulo de torção do volante AB quando  $F=245 \text{ N}$ .



### Solução

$$1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ rad} = \left(\frac{180}{\pi}\right)^\circ$$

$$d_{\text{ext}} = 29 \text{ mm}$$

$$d_{\text{int}} = 29 - 2 \times 2,7 = 23,6 \text{ mm}$$

$$J_T = \frac{\pi}{32} [(d_{\text{ext}})^4 - (d_{\text{int}})^4] = \frac{\pi}{32} [(29 \text{ mm})^4 - (23,6 \text{ mm})^4] = 38982,8 \text{ mm}^4$$

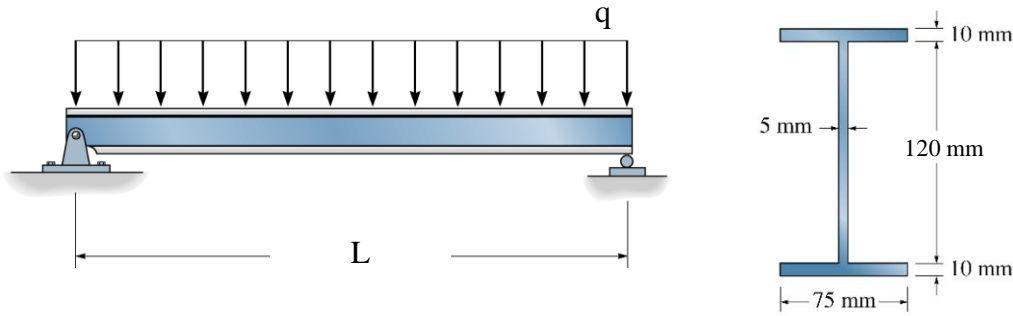
$$\tau_{\text{max}} = \frac{Td}{2J_T} = \frac{(245 \text{ N} \times 400 \text{ mm})(29 \text{ mm})}{2 \times 38982,8 \text{ mm}^4} = 36,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\therefore \tau_{\text{max}} = 36,5 \text{ MPa}$$

$$\phi_{AB} = \frac{TL}{GJ_T} = \frac{(245 \text{ N} \times 400 \text{ mm})(250 \text{ mm})}{\left(75000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right) \times 38982,8 \text{ mm}^4} = 0,00838 \text{ rad}$$

$$\therefore \phi_{AB} = 0,480^\circ$$

4) Calcule o menor momento de inércia da seção transversal,  $I_x$ , da viga biapoiada abaixo:



**Solução:**

→ Por subtração de retângulos, sendo 1 retângulo de  $75 \times 140$  menos 2 retângulos de  $35 \times 120$ :

$$I_x = \frac{75 \times 140^3}{12} - 2 \times \frac{35 \times 120^3}{12} = 7070000 \text{ mm}^4$$

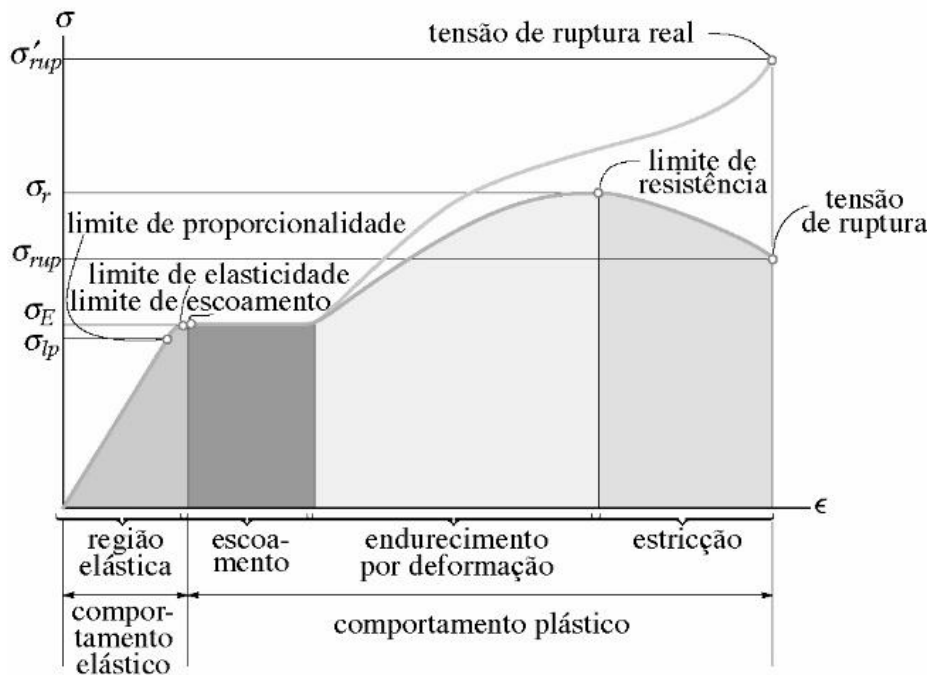
$$\therefore I_x = 707 \text{ cm}^4$$

Ou

→ Por adição de retângulos, sendo 1 retângulo de  $5 \times 120$  mais 2 retângulos de  $75 \times 10$ :

$$I_x = \frac{5 \times 120^3}{12} + 2 \times \left[ \frac{75 \times 10^3}{12} + (75 \times 10) \times 65^2 \right] = 7070000 \text{ mm}^4$$

$$\therefore I_x = 707 \text{ cm}^4$$



Diagramas tensão-deformação convencional e real para material dúctil (aço) (sem escala)

**CADA QUESTÃO ABAIXO VALE 0,5 (MEIO) PONTO.****5. Relacione as propriedades mecânicas da Coluna A com suas definições corretas na Coluna B.**

Coluna A:

- (A) Ductilidade
- (B) Fragilidade
- (C) Tensão Normal ( $\sigma$ )
- (D) Deformação Específica ( $\epsilon$ )

Coluna B:

- (B)** Tendência de o material romper sem deformar plasticamente.
- (A)** Capacidade de sofrer grandes deformações plásticas antes de romper.
- (D)** Variação relativa no comprimento de um elemento.
- (C)** Força dividida pela área transversal da peça.

**6. (Verdadeiro ou Falso) Sobre a Lei de Hooke e a elasticidade:**

- (F)** A Lei de Hooke define a proporcionalidade entre tensão e deformação e é válida em toda a região plástica do material.
- (V)** O comportamento elástico é caracterizado pela capacidade do material retornar à sua forma original após a remoção da carga.
- (V)** O Módulo de Elasticidade (E) representa a rigidez do material na região linear.

**7. O que define o "Limite de Proporcionalidade"?**

- a) O ponto onde o material se rompe.
- b) O ponto até o qual a tensão e a deformação são diretamente proporcionais.**
- c) O ponto onde começa o encruamento do material.
- d) A tensão máxima antes da estrição.

**8. (Verdadeiro ou Falso)**

- (V)** Na região plástica, as deformações são permanentes.
- (F)** O encruamento diminui a resistência do material.
- (V)** Acima do limite de elasticidade, a deformação torna-se irreversível.

**9. O Módulo de Elasticidade indica:**

- a) A ductilidade do material.
- b) A tensão de ruptura.
- c) A rigidez (resistência à deformação elástica).**
- d) A estrição.

**10. (Associação)**

- (A) Região Elástica
- (B) Escoamento
- (C) Estrição
- (B)** Pequeno aumento de deformação sob tensão quase constante.
- (A)** Relação linear e reversível.
- (C)** Redução localizada da área.

**11. Uma barra tracionada além do escoamento:**

- a) Retorna totalmente ao comprimento original.
- b) Rompe imediatamente.
- c) Recupera a deformação elástica, mas mantém deformação plástica.**
- d) Continua deformando indefinidamente (fluência).

**12. (Verdadeiro ou Falso)**

- (V)** O Módulo de Resiliência mede a energia até o limite de proporcionalidade.
- (F)** A Tenacidade é a energia elástica até o escoamento.