

# Mecânica dos Sólidos I

## Capítulo 1 – Tensão

### 1.1 Resistência dos Materiais (Mecânica dos Sólidos)

Estuda relações entre **cargas externas** aplicadas a um corpo deformável e a intensidade das **forças internas** que atuam dentro desse corpo (em um ponto desse corpo).

### 1.2 Equilíbrio de Um Corpo Deformável - Carregamentos internos obtidos a partir de carregamentos externos.

*Figura 1.2(a) – carregamento externo e uma seção transversal de interesse,*

*Figura 1.2(b) – esforços internos sobre a seção transversal escolhida,*

Figura 1.2(c) – esforços resultantes (força e momento) no ponto  $O$  escolhido sobre a seção transversal e

Figura 1.2 (d) – classificação dos esforços internos.

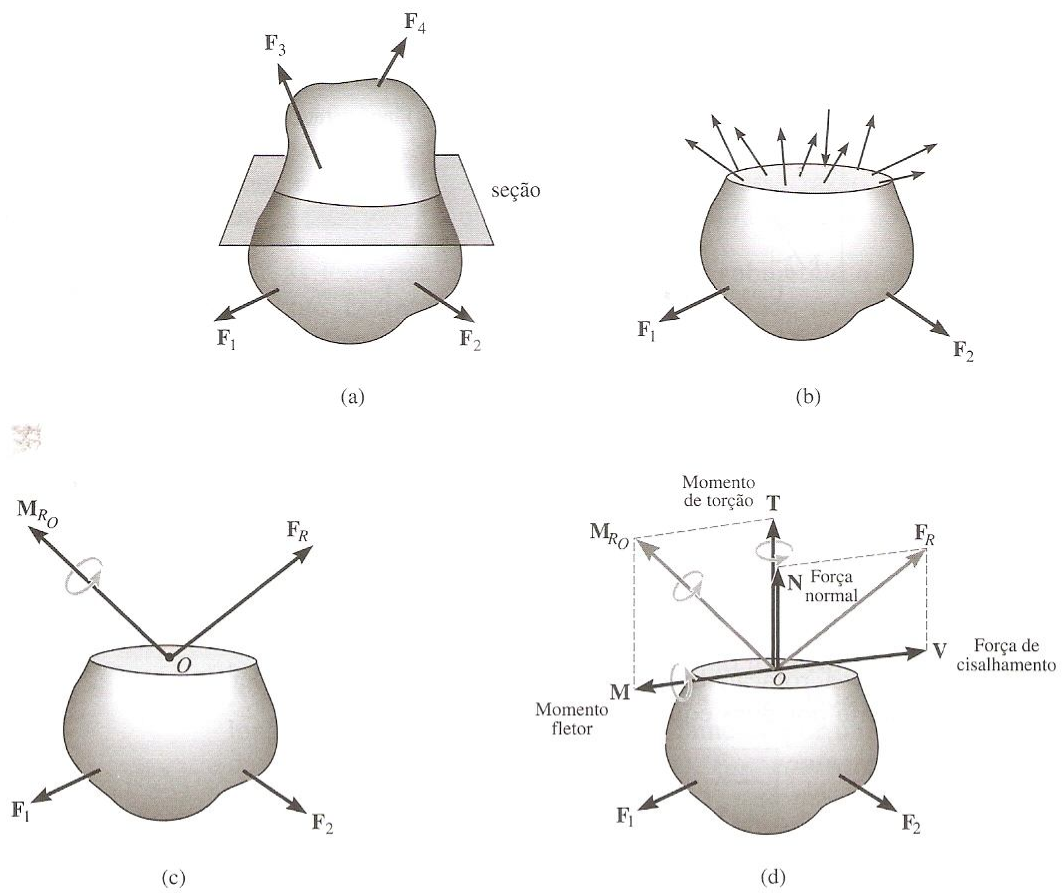


Figura 1.2

No plano

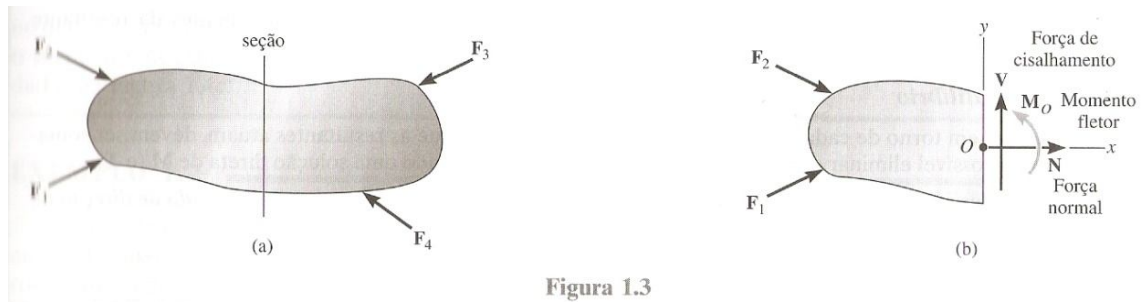


Figura 1.3 – sentidos positivos de  $N$ ,  $V$  e  $M_O$ .

Lista de Exercícios – Exemplos 1.1, 1.2, 1.3 e 1.5.

Problemas – 1.1, 1.9, 1.26 e 1.29.

## Exemplo 1.1

Determinar a resultante das cargas internas que atuam na seção transversal em  $C$  da viga mostrada na Figura 1.4a.

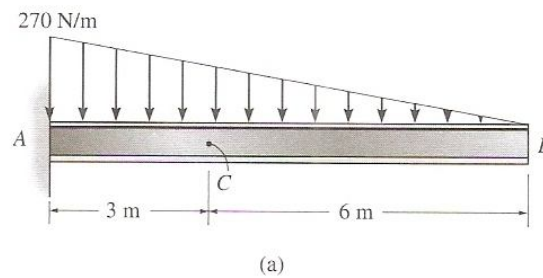


Figura 1.4

Exemplo 1.5 – Determine a resultante das cargas externas na seção transversal no ponto B. O tubo tem massa de 2 Kg/m e está submetido a uma força de 50 N e um conjugado de 70 N.m na extremidade.

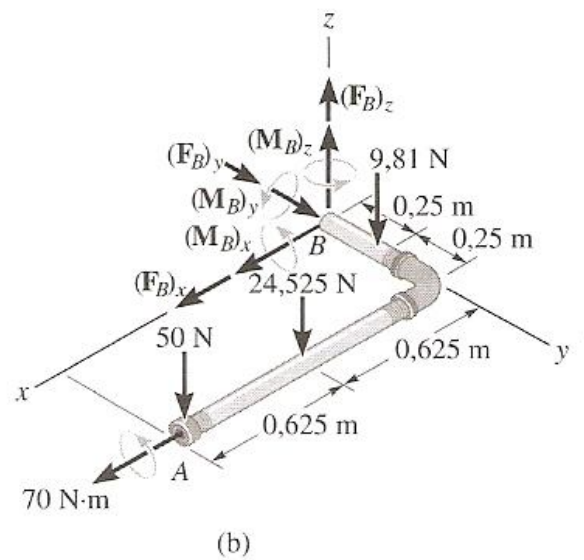
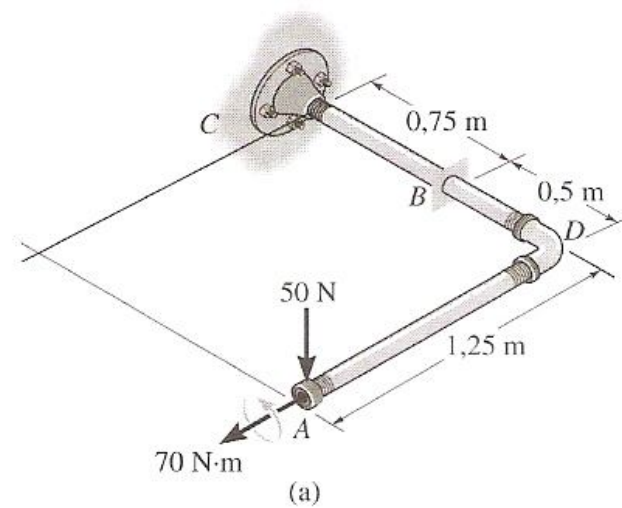


Figura 1.8

## 1.3 Tensão

$F_R$  e  $M_{R0}$  são forças internas resultantes atuando no ponto O da seção transversal

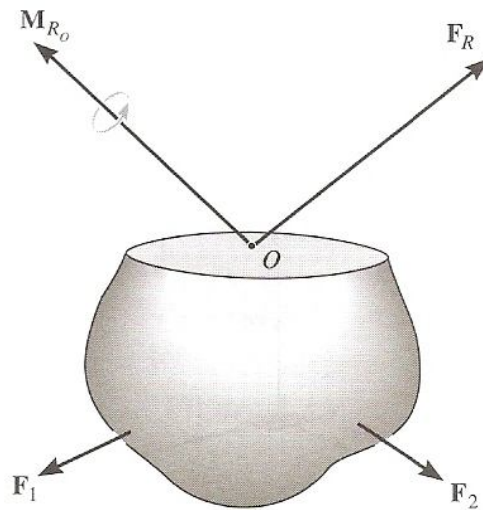


Figura 1.9

Hipótese – material é contínuo (distribuição uniforme da matéria) e coeso (sem vazios).

$\Delta A$  - elemento de área

$\Delta F$ ,  $\Delta F_x$ ,  $\Delta F_y$  e  $\Delta F_z$  – forças elementares atuando em  $\Delta A$

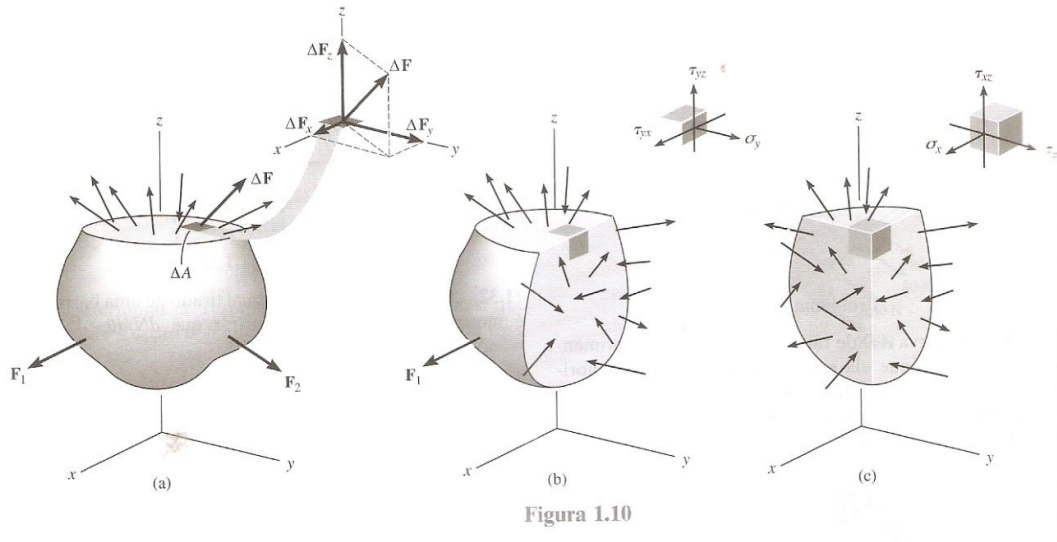


Figura 1.10

*Figura 1.10(a) – Corte perpendicular a direção z*

$$\sigma_z = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_z}{\Delta A} \quad (\text{tensão normal – normal à seção transversal})$$

$$\tau_{zx} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_x}{\Delta A} \quad (\text{tensão de cisalhamento – tangente à seção transversal})$$

$$\tau_{zy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_y}{\Delta A} \quad (\text{tensão de cisalhamento – tangente à seção transversal})$$

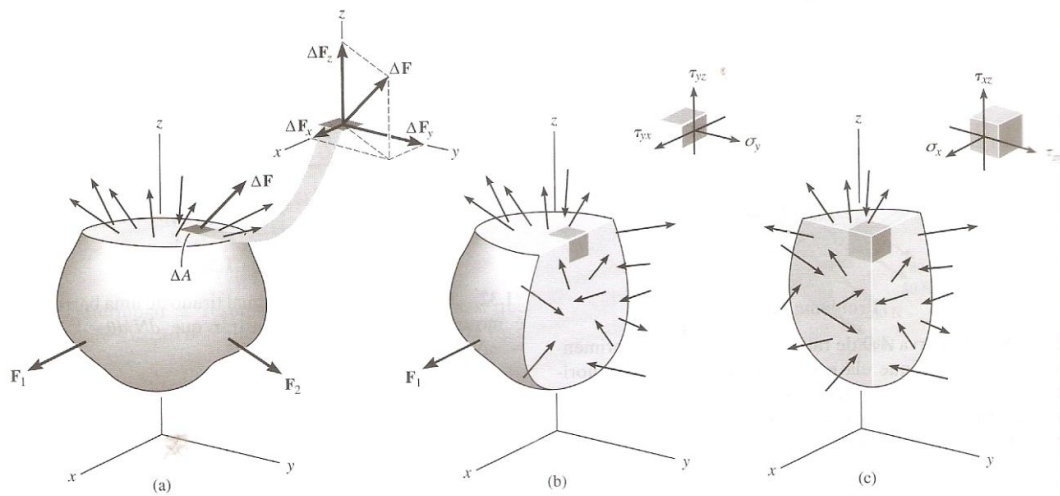


Figura 1.10

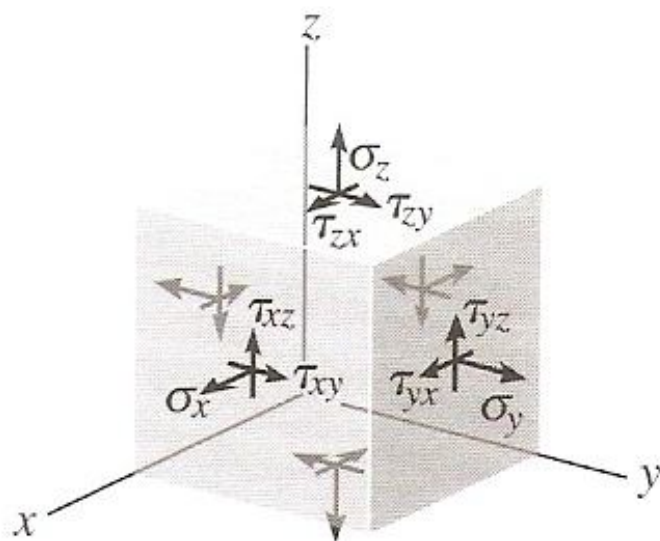
*Figura 1.10 (b) – Corte perpendicular a direção y. De maneira análoga a pensada no corte perpendicular ao eixo z, obtém se as seguintes tensões,*

$$\sigma_y, \tau_{yx} \text{ e } \tau_{yz}$$

*Figura 1.10 (c) – Corte perpendicular a direção x. De maneira análoga a pensada nos cortes perpendiculares aos eixo z e y , obtém se as seguintes tensões,*

$$\sigma_x, \tau_{xy} \text{ e } \tau_{xz}$$

## Resumo – Figura 1.12



Estado geral da tensão

**Figura 1.12**



## 1.4 Tensão Normal Média em Uma Barra Axial

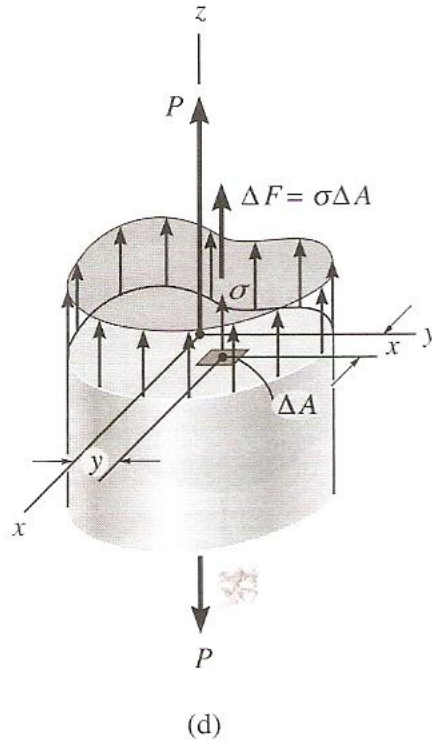


Figura 1.13

$$\sum F_z = F_{R_z} \quad \text{ou} \quad \sigma dA = dF \quad (\text{a nível elementar})$$

$$\int \sigma dA = \int dF \quad (\sigma \text{ é invariante em } dA)$$

$$\sigma A = P$$

ou

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

# O estado de tensão normal devido força normal

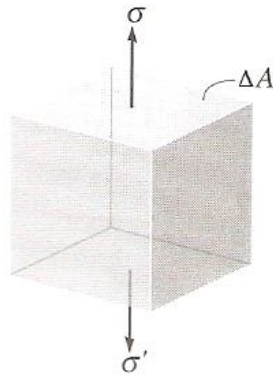


Figura 1.14

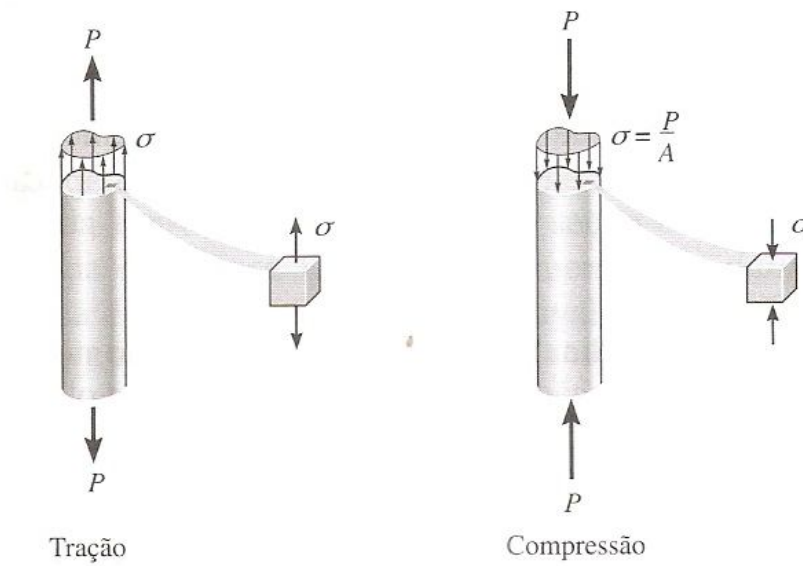


Figura 1.15

## Lista de Exercícios – Exemplos 1.6, 1.7, 1.8 e 1.9

### Exemplo 1.7

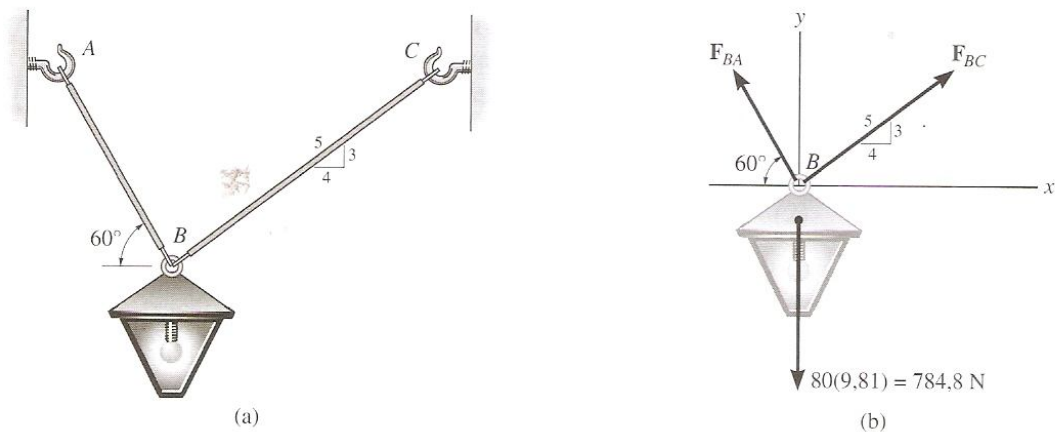


Figura 1.17

## 1.5 Tensão de Cisalhamento Média

*Tensão de cisalhamento média*

$$\tau_{\text{med}} = \frac{V}{A}$$

V: força de cisalhamento    A: área da seção

Vide Figura 1.20

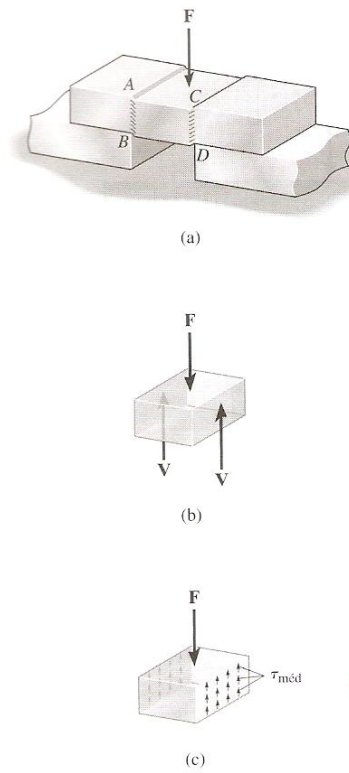


Figura 1.20

*Junta de Cisalhamento Simples – Figura 1.21*

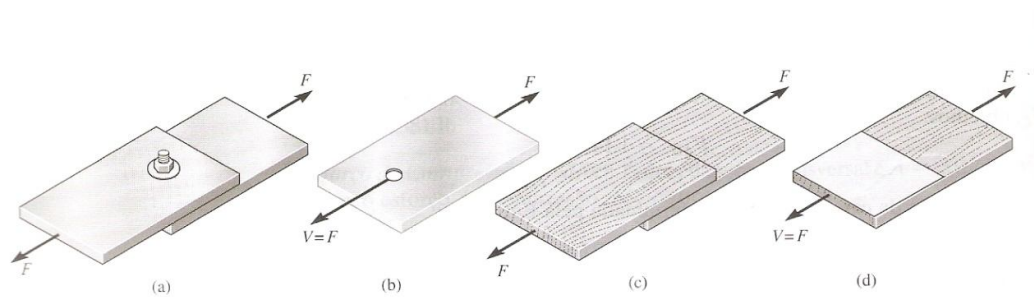


Figura 1.21

## *Junta de Cisalhamento Duplo - Figura 1.22*

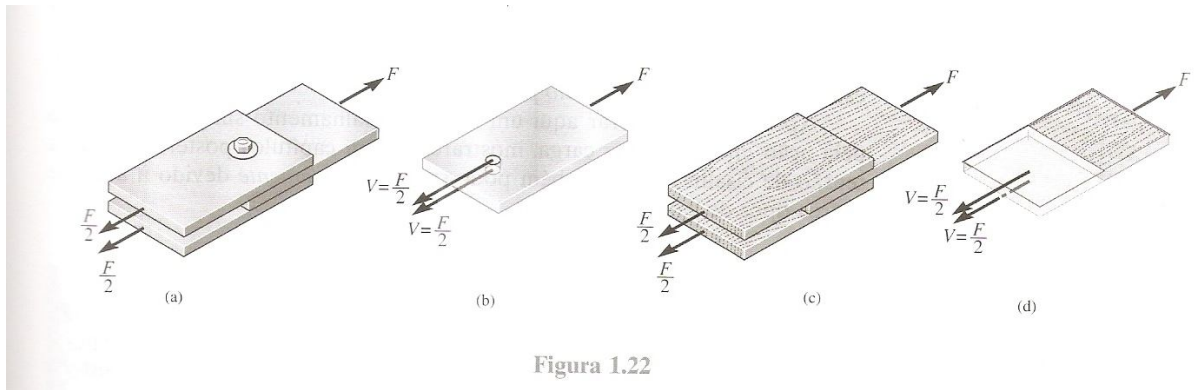


Figura 1.22

*Figura 1.23 -Elemento do estado de tensão para o cisalhamento puro*

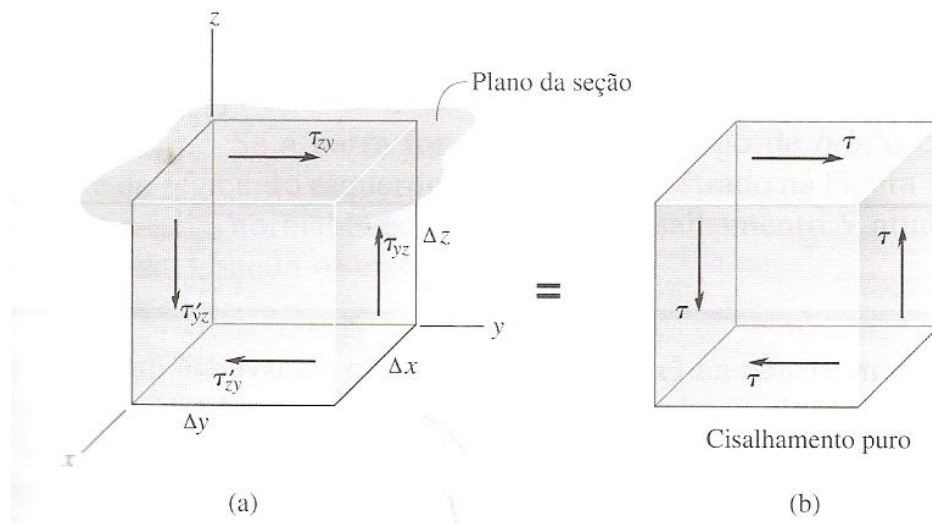


Figura 1.23

Lista de Exercícios – Exemplos: 1.10, 1.11 e 1.12

Problemas: 1.39, 1.42 e 1.43

### EXEMPLO 1.10

A barra mostrada na Figura 1.24a tem seção transversal quadrada para a qual a profundidade e a largura são de 40 mm. Supondo que seja aplicada uma força axial de 800 N ao longo do eixo do centróide da área da seção transversal da barra, determinar a tensão normal média e a tensão de cisalhamento média que atuam sobre o material (a) no plano da seção  $a-a$  e (b) no plano da seção  $b-b$ .

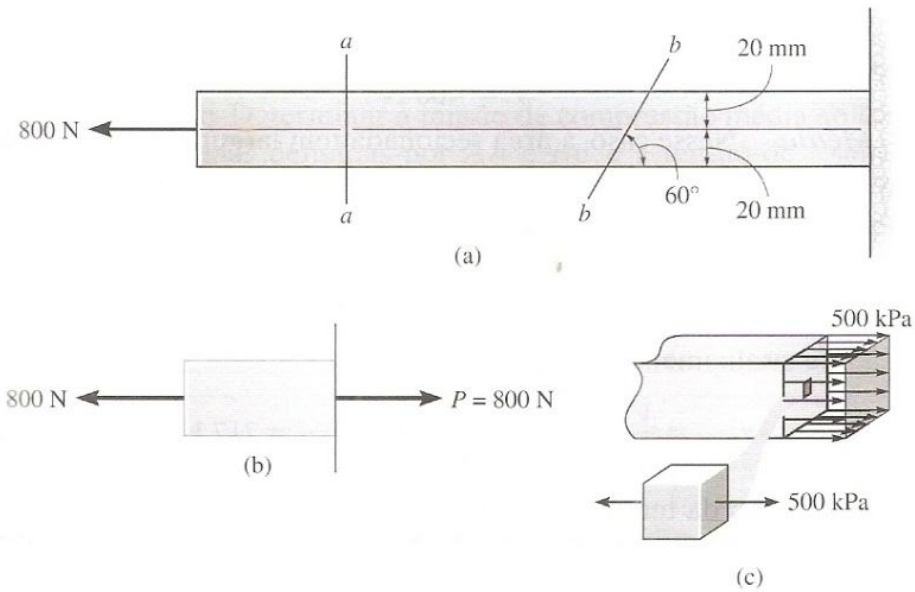
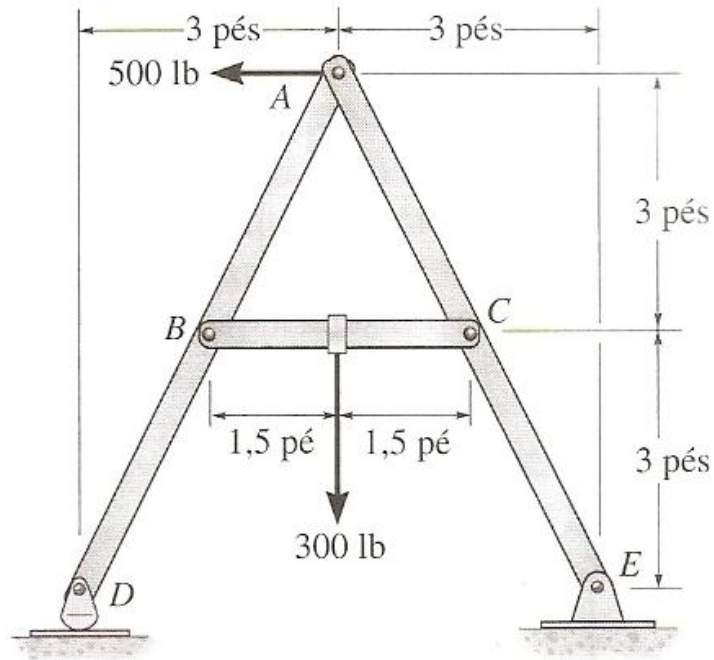


Figura 1.24

# Problema 1.43

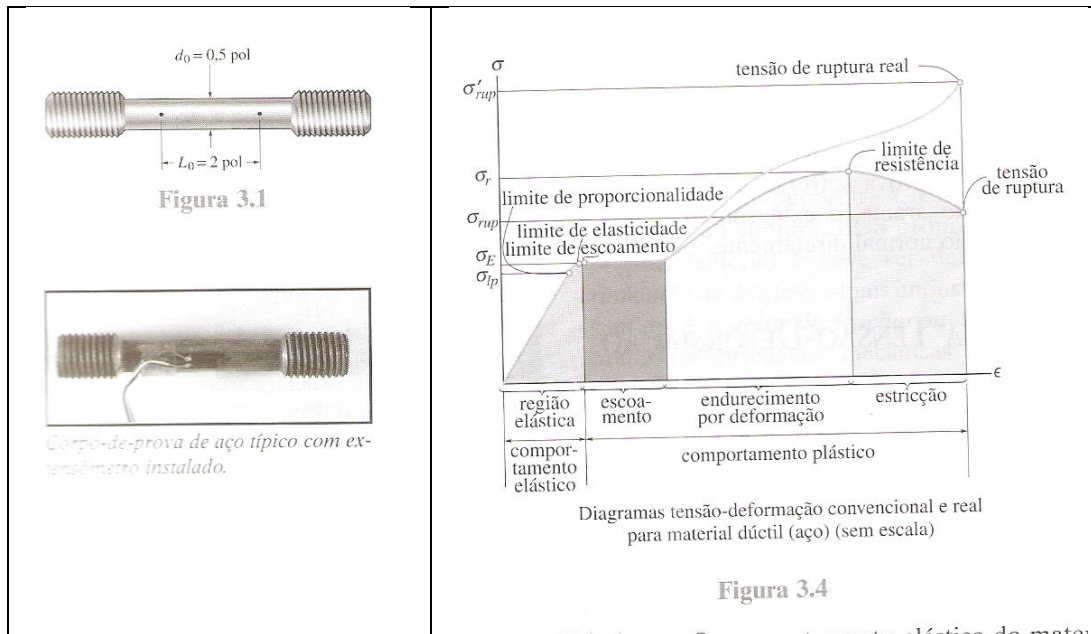


Problemas 1.43/1.44/1.45/1.46



## 1.6 Tensão Admissível

### Ensaio de tração e Diagrama Tensão – Deformação – Material Dúctil



$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Tensão normal no ensaio de tração

$A_0$ : área da seção transversal inicial do corpo de prova

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

Deformação (%)

$\delta$ : variação no comprimento do corpo de prova. **O quanto o corpo de prova deformou**

$L_0$  - comprimento inicial do corpo de prova

$\sigma_E$  - tensão de escoamento do material

AIS

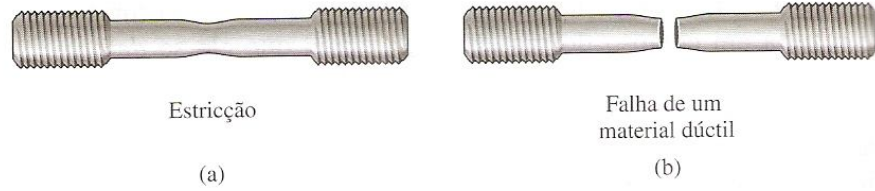


Figura 3.5

## Ensaio de tração e Diagrama Tensão – Deformação – Material Frágil

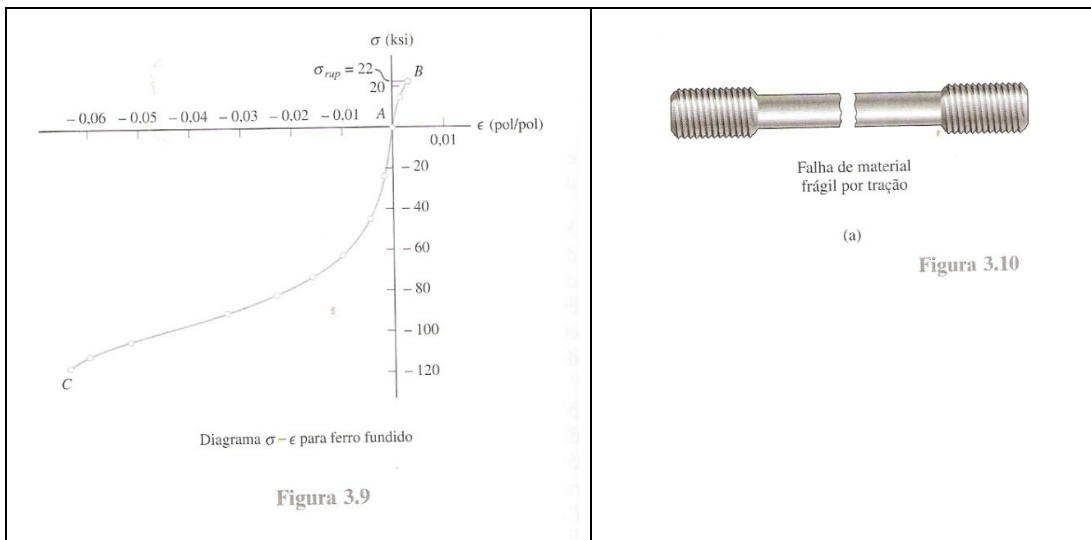


Figura 3.10

$\sigma_{rup}$ : Tensão de ruptura

## Fator de Segurança (FS)

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_E}{FS} \quad \text{para materiais dúcteis}$$

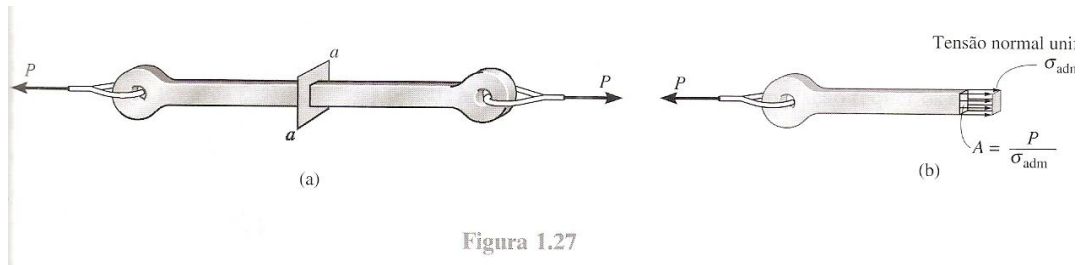
$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{rup}}{FS} \quad \text{para materiais frágeis}$$

Justificativas para o uso do fator de segurança:

- não se dispõe de valores exatos para esforços aplicados
- as peças não tem composição uniforme de material
- corrosão
- para limitar deformações

# 1.7 Projeto de Acoplamentos Simples

## Barra carregada axialmente



$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} = \sigma_{adm}$$

$$A = \frac{P}{\sigma_{adm}}$$

## Dimensionamento de Pinos, parafusos, etc.

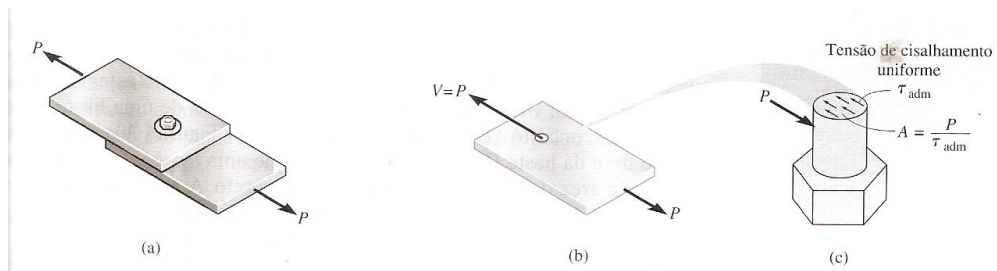


Figura 1.28 - Diagrama da Seção Transversal de um Acoplamento Submetido a Cisalhamento

$$\tau_{max} = \frac{P}{A} = \tau_{adm}$$

$$A = \frac{P}{\tau_{adm}}$$

Lista de Exercícios – Exemplos: 1.13, 1.14,  
1.15, 1.16 e 1.17

Problemas – 1.85, 1.94 e 1.99

### Exemplo 1.15

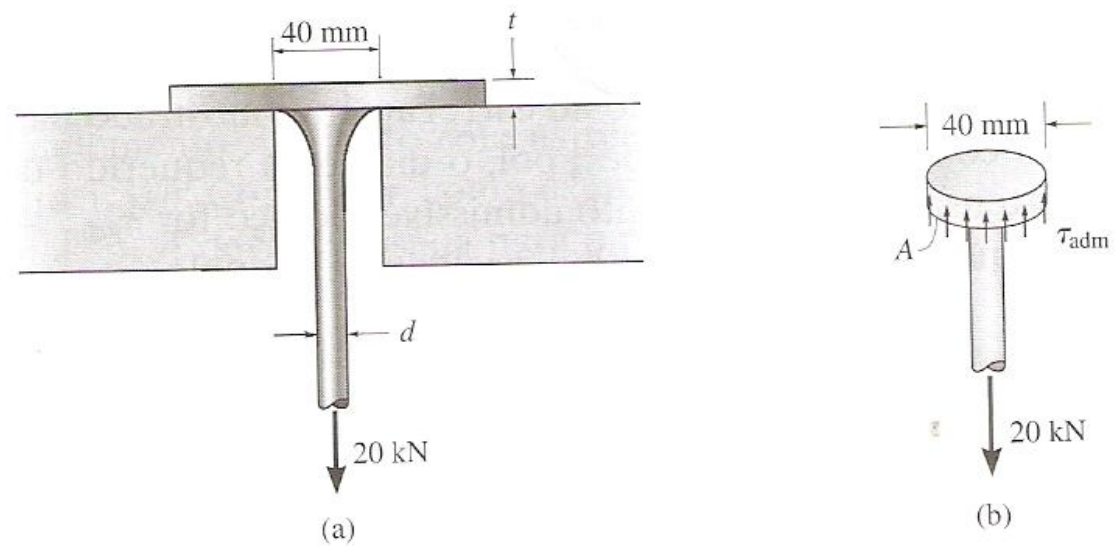
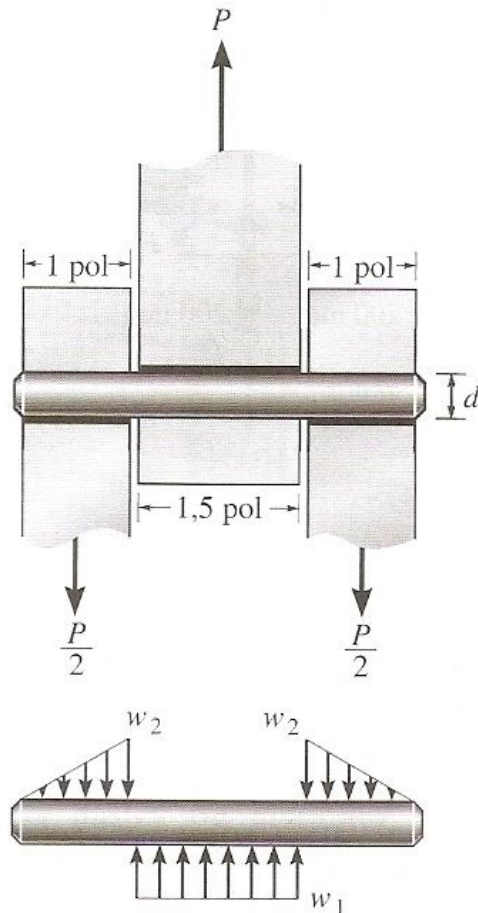


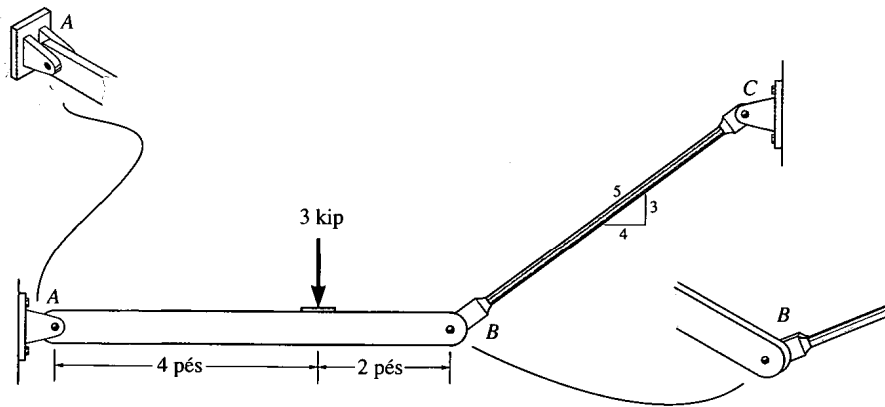
Figura 1.33

**1.99.** O pino está submetido a cisalhamento duplo, visto que é usado para acoplar os três elos. Devido ao desgaste, a carga é distribuída sobre as partes superior e inferior do pino como mostrado no diagrama de corpo livre. Determinar o diâmetro  $d$  do pino se a tensão de cisalhamento admissível for  $\tau_{adm} = 10 \text{ ksi}$  e a carga  $P = 8 \text{ kip}$ . Determinar também as intensidades das cargas  $w_1$  e  $w_2$ .



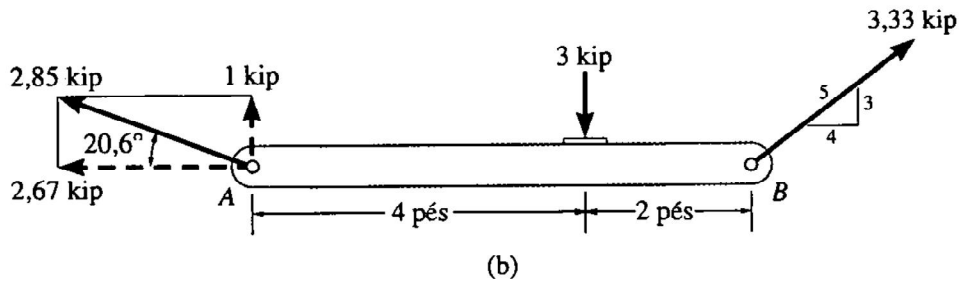
Problema 1.99

# Exemplo 1.13

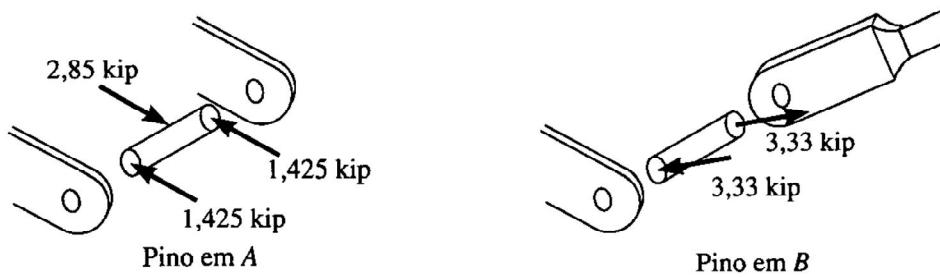


(a)

**Figura 1.31**



(b)



(c)

**Figura 1.31**