

2. RELAÇÕES ENTRE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

PROF. LUIZ HENRIQUE DE ALMEIDA NEIVA

Ouro Preto – MG

Sumário

- 2.1 Tensão normal
- 2.2 Distribuição de tensão normal média
- 2.3 Tensão admissível e Fator de Segurança
- 2.4 Deformação Linear Específica
- 2.5 Coeficiente de Poisson
- 2.6 Diagrama Tensão x Deformação
- 2.7 Lei de Hooke

Referências

- Hibbeler, R. C
Resistência dos Materiais
- Notas de aula do Prof. Alberto Leal
Resistência dos Materiais I-A
- Notas de aula do Prof. Jaime Martins
Resistência dos Materiais e Estruturas

2.1 Tensão Normal

Denota-se por Tensão a intensidade da *força interna* sobre um *plano específico* (área) que passa por um ponto.

Tensão normal: é a intensidade da força que atua no sentido perpendicular a ΔA , representada pela letra grega σ .

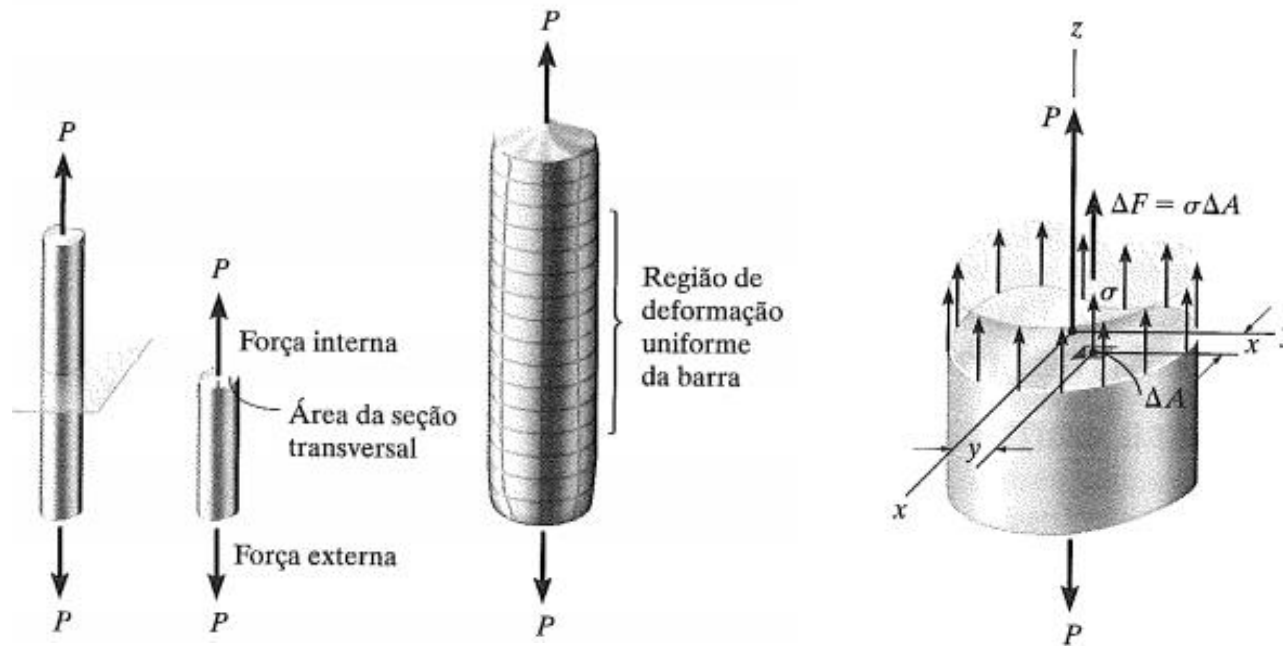
Se a força normal “puxa” o elemento de área ΔA tem-se uma *tensão de tração*, ao passo que se “empurra” ΔA tem-se uma *tensão de compressão*.

2.2 Distribuição de Tensão Normal Média

Hipóteses:

- A barra permanece reta tanto antes como depois de a carga ser aplicada;
- A carga P é aplicada ao longo do eixo centróide da seção transversal e o material deve ser *homogêneo* (possui as mesmas propriedades físicas e mecânicas em todo o seu volume) e *isotrópico* (as propriedades são as mesmas em qualquer direção).

2.2 Distribuição de Tensão Normal Média



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

2.3 Tensão admissível e Fator de Segurança

Para garantir a segurança, é necessário escolher uma tensão admissível que restrinja a carga aplicada a um valor *menor* do que a carga que o elemento possa suportar integralmente.

Um dos métodos de especificar essa carga é através do fator de segurança (F.S).

$$F.S. = \frac{F_{rup}}{F_{adm}}$$

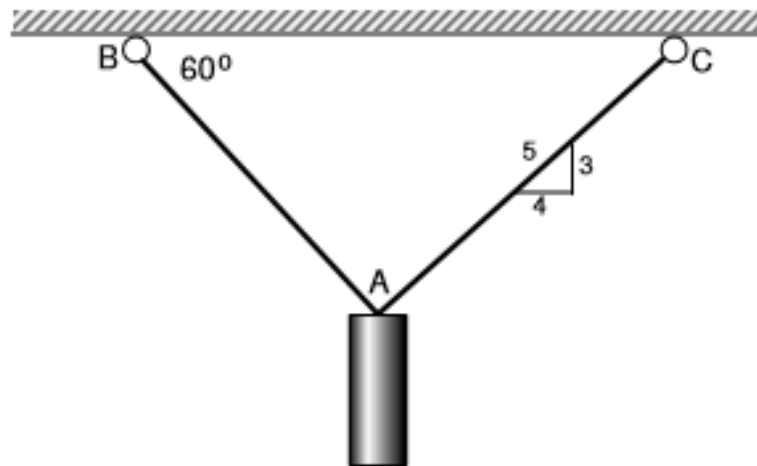
2.3 Tensão admissível e Fator de Segurança

Se a carga aplicada ao elemento for relacionada linearmente à tensão ($\sigma=P/A$), pode-se expressar o fator de segurança em termos de tensões.

$$F.S. = \frac{\sigma_{rup}}{\sigma_{adm}}$$

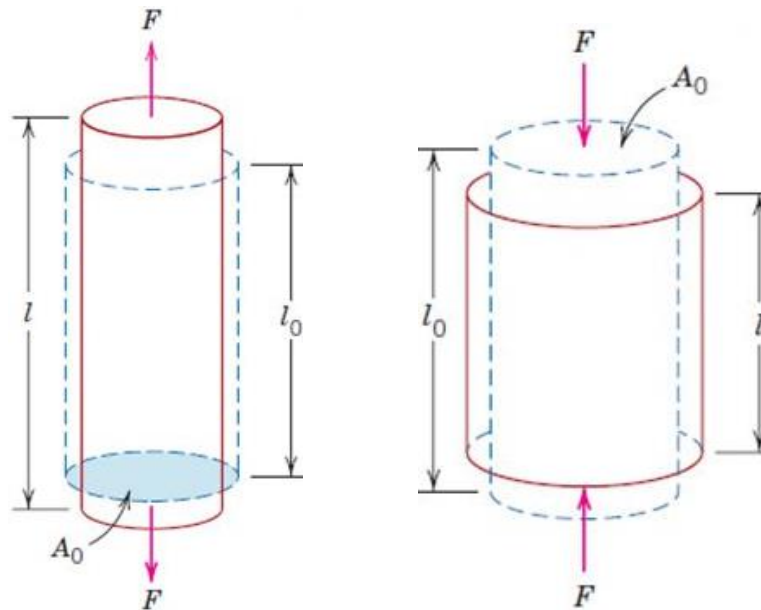
Exemplos

Ex. 1. Os cabos de aço AB e AC sustentam a massa de 200 kg . Se a tensão axial admissível para os cabos for $\sigma_{adm} = 130\text{ MPa}$, determine o diâmetro exigido para cada cabo.



2.4 Deformação Linear Específica

Trata-se do alongamento ou da contração de um segmento de reta por unidade de comprimento.



$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

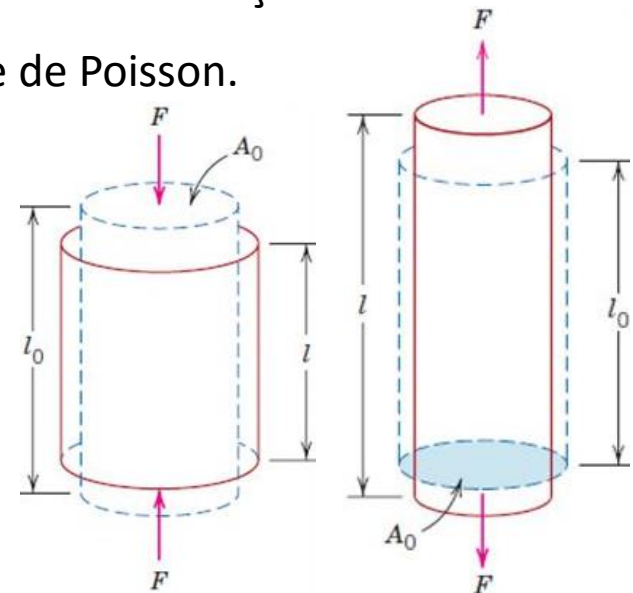
2.5 Coeficiente de Poisson

Quando uma barra é tracionada, o alongamento longitudinal é acompanhado de contrações laterais, isto é, o comprimento da barra aumenta e a seção transversal diminui. A relação entre a deformação lateral e a deformação longitudinal é chamada de coeficiente de Poisson.

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \quad 0 \leq \nu \leq 0,5$$

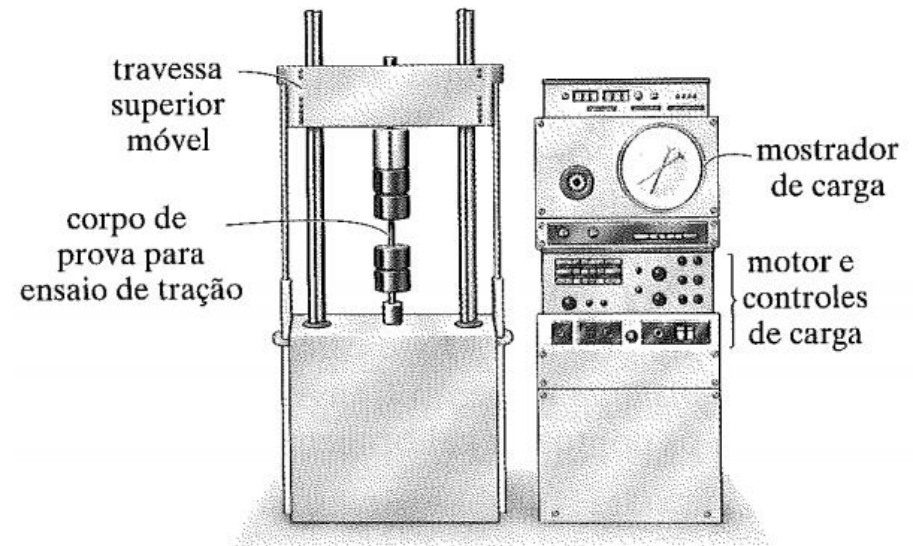
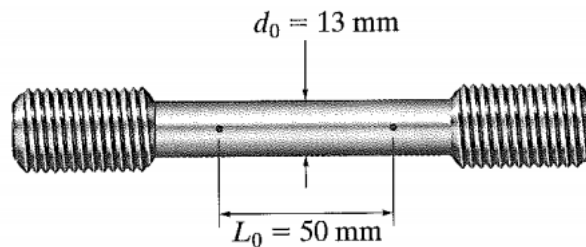
Para materiais isotrópicos:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = -\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x}$$

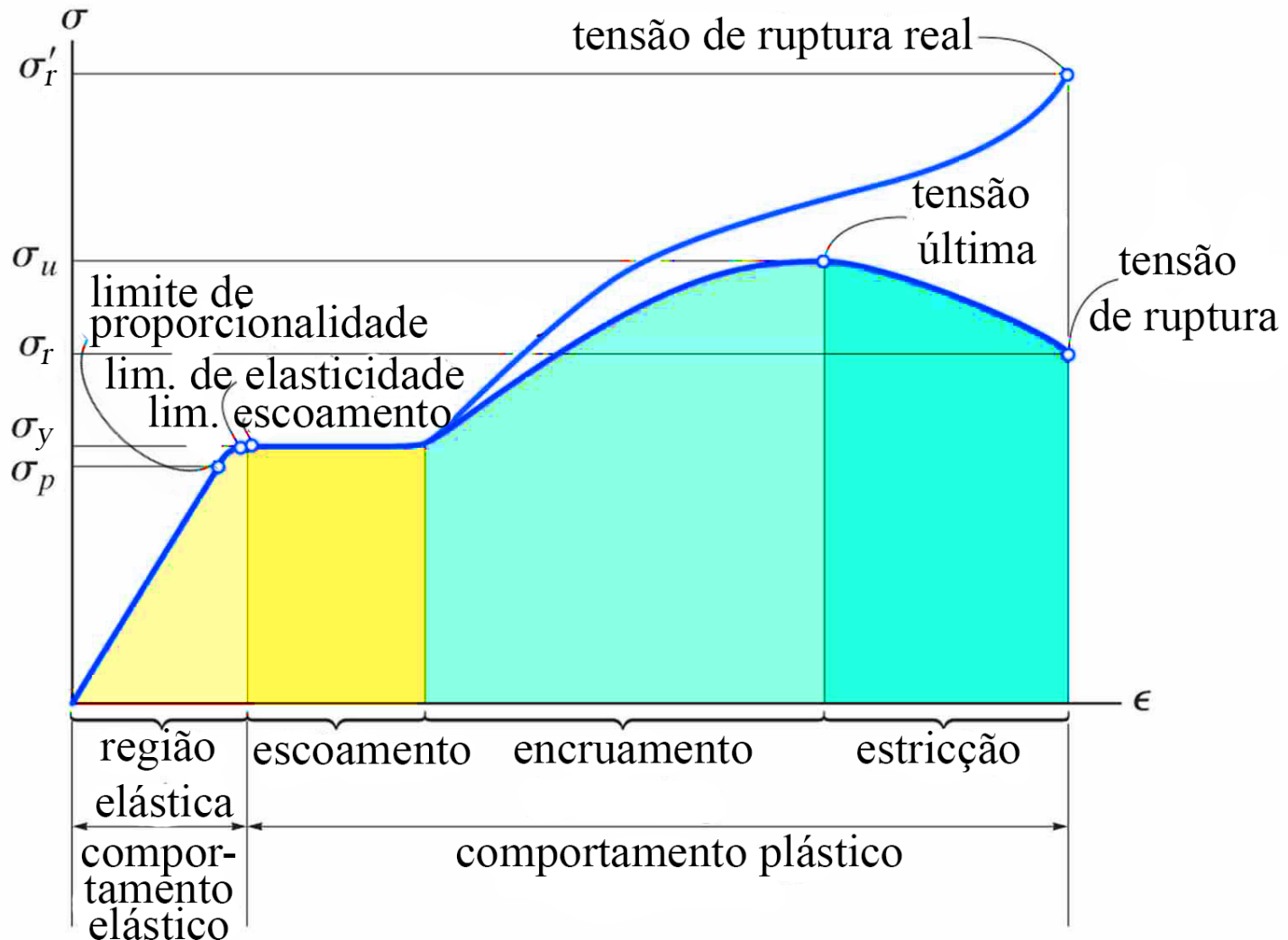


2.6 Diagrama Tensão x Deformação

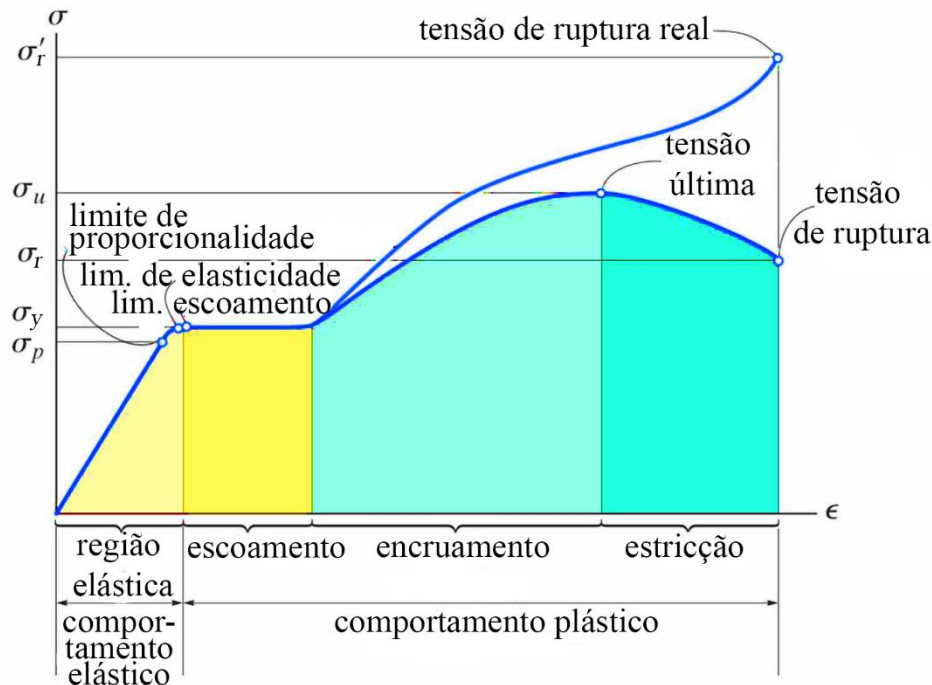
Através de um ensaio de tração simples de corpo de prova de aço, na qual a força P seja aplicada gradualmente (sem impacto), pode-se plotar os diversos pares de tensão (σ) e deformação (ε).



2.6 Diagrama Tensão x Deformação

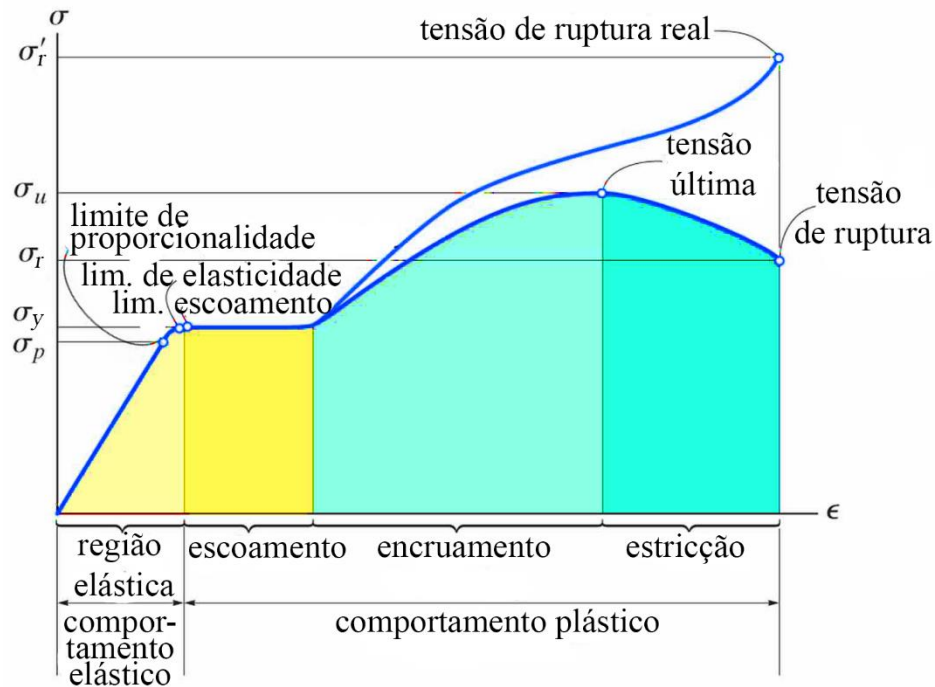


2.6 Diagrama Tensão x Deformação



- σ_p é a tensão de proporcionalidade;
- σ_y é a tensão de escoamento;
- σ_u é a tensão última ou limite de resistência;
- σ_r é a tensão de ruptura idealizada;
- σ_r' é a tensão de ruptura real.

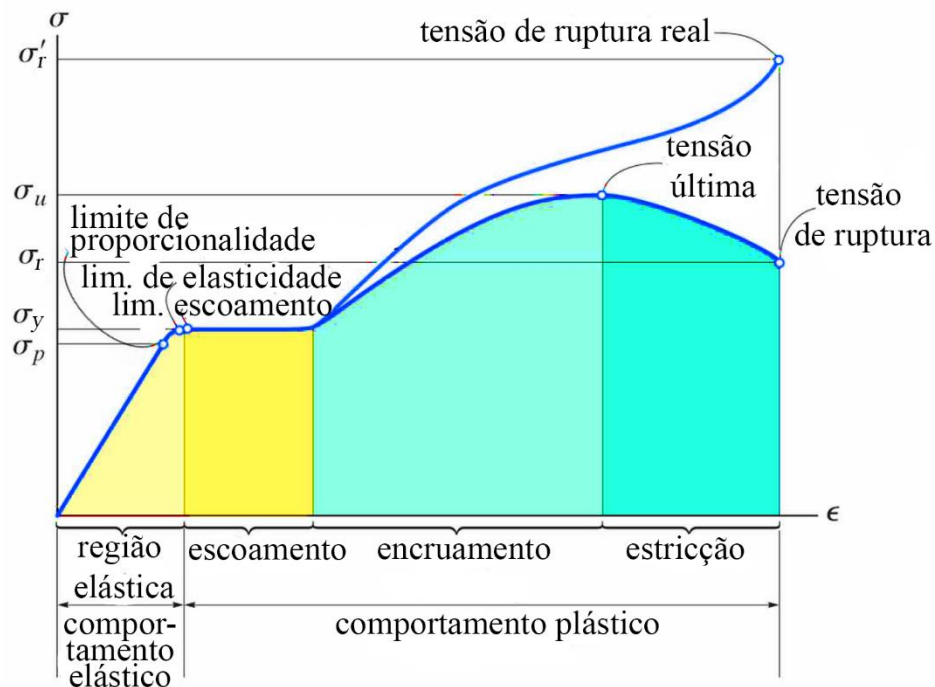
2.6 Diagrama Tensão x Deformação



Região elástica: nesta fase a deformação desaparece com a retirada da tensão, não há deformação permanente.

Região plástica: descarregando-se a barra ela não retorna às suas dimensões iniciais, isto é, surgem deformações permanentes (ou deformações plásticas).

2.6 Diagrama Tensão x Deformação

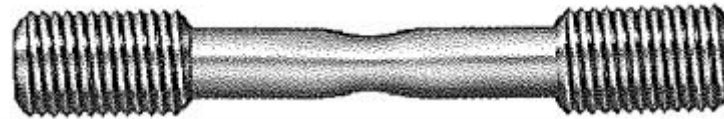


Escoamento: o material continua a se deformar ainda que não haja qualquer acréscimo de carga.

Encruamento: endurecimento por deformação, no qual o material volta a suporta um acréscimo de carga.

Estricção: a área da seção transversal diminui em uma região localizada, em vez de todo seu comprimento. Apenas em materiais dúcteis.

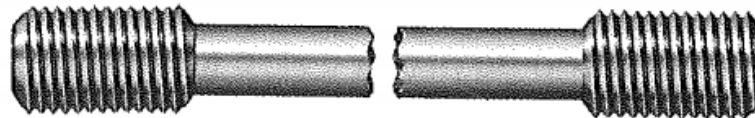
2.6 Diagrama Tensão x Deformação



Estricção

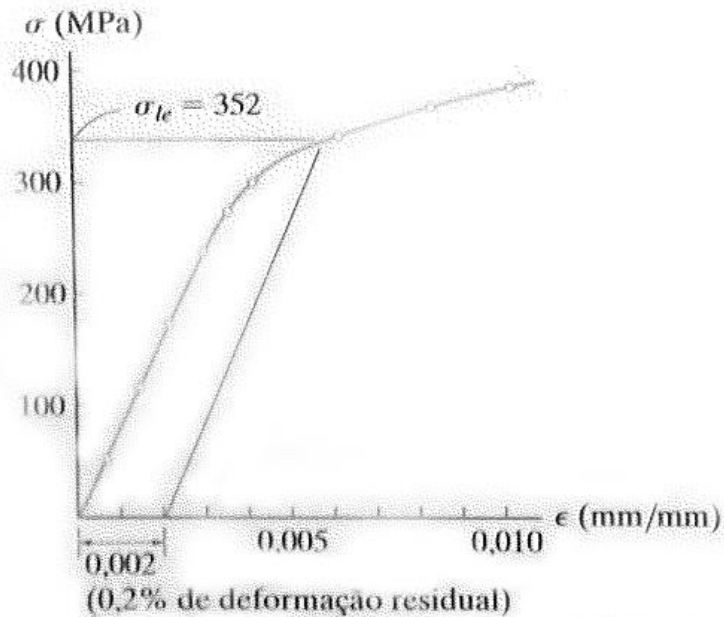


Falha de um
material dúctil



Ruptura de um material
frágil por tração

2.6 Diagrama Tensão x Deformação



Limite de escoamento para uma liga de alumínio

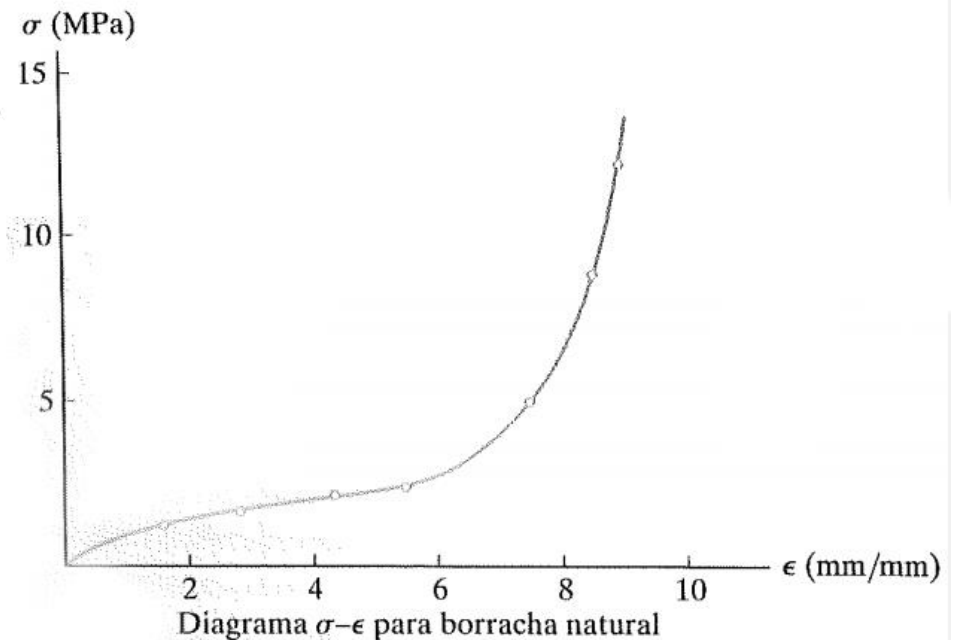


Diagrama σ - ϵ para borracha natural

2.7 Lei de Hooke

Robert Hooke (1635 - 1703), através de ensaios, observou a proporcionalidade entre a magnitude das forças internas atuantes e as deformações elásticas.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

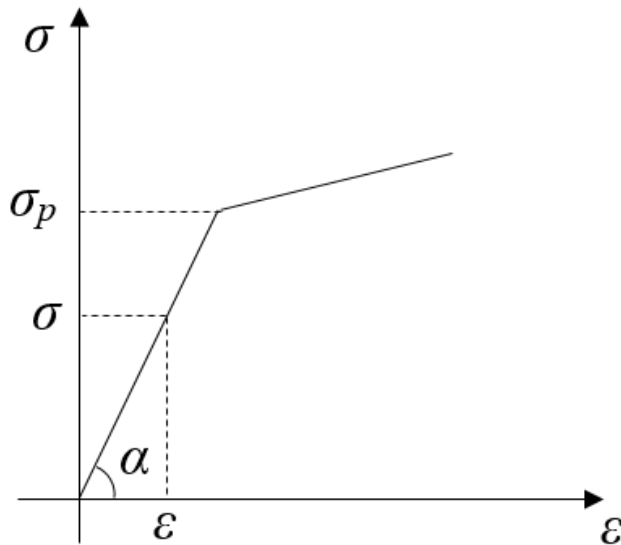
σ : tensão normal;

E : módulo de Elasticidade, Módulo de Young ou Módulo da rigidez elástica;

ε : deformação linear específica.

2.7 Lei de Hooke

A Lei de Hooke é válida até a tensão de proporcionalidade, σ_p . O módulo de Elasticidade, E , representa a inclinação da reta na porção inicial do diagrama tensão-deformação.



$$\tan \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} \rightarrow \sigma = \tan \alpha \cdot \varepsilon$$

$$\tan \alpha = E$$