

*Aulas 04 e 05*

# *tensão e deformação*

*carregamento axial*



ZEB 0566

Resistência dos Materiais



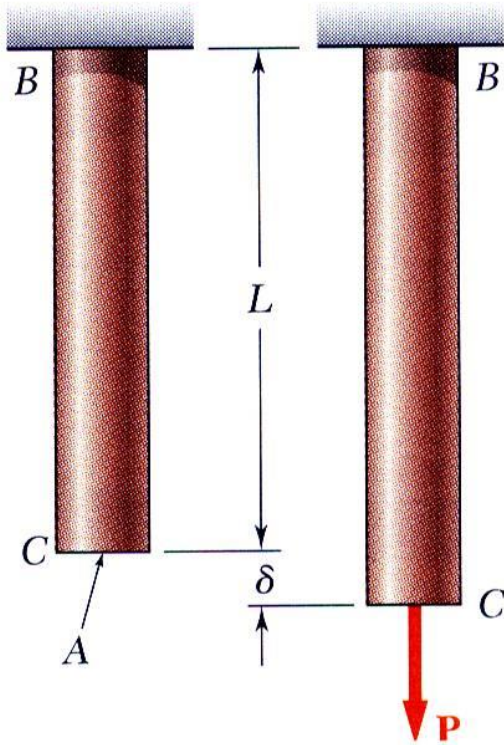
Prof. João Adriano Rossignolo  
Prof. Holmer Savastano Júnior  
Prof.<sup>a</sup> Andressa Angelin



## *tensão x deformação*

- *lei de Hooke*
- *módulo de elasticidade*

## Deformação sob Carregamento Axial



- Da lei de Hooke:

$$\sigma = E.\varepsilon \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{P}{A.E}$$

- Da definição de deformação específica:

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

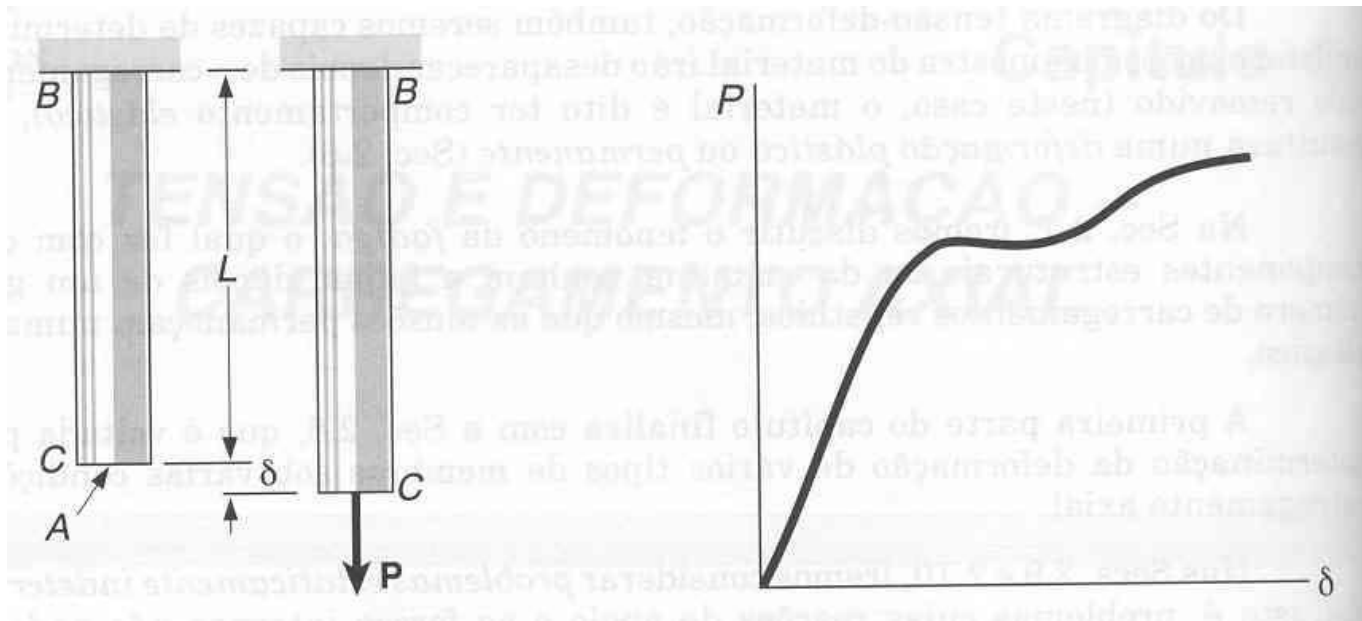
- A deformação é expressa por:

$$\delta = \frac{P.L}{A.E}$$

- Para variações da área da seção, propriedades e/ ou cargas aplicadas:

$$\delta = \sum_i \frac{P_i L_i}{A_i E_i}$$

## Deformação específica normal sob carregamento axial:



Carregamento axial

Diagrama carga - deformação

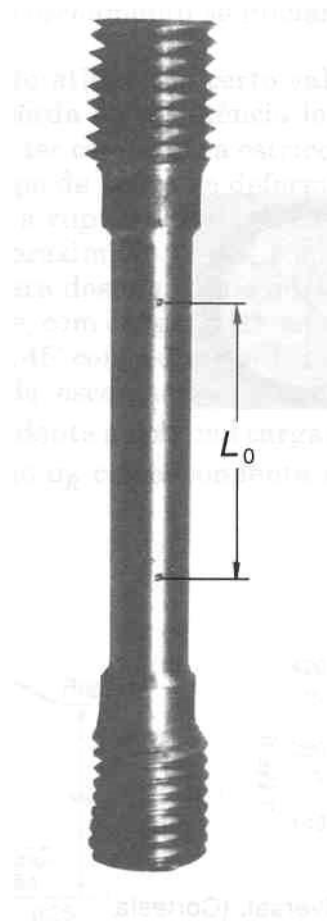
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

## Diagrama tensão - deformação

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$L = \text{compr. final}$

$L_0 = \text{compr. inicial}$

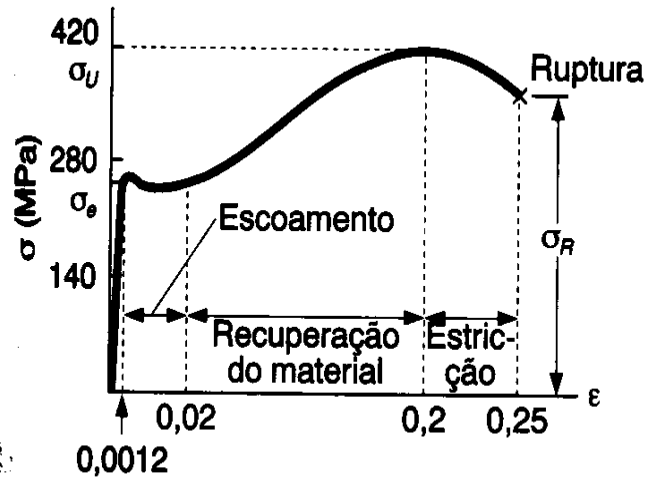
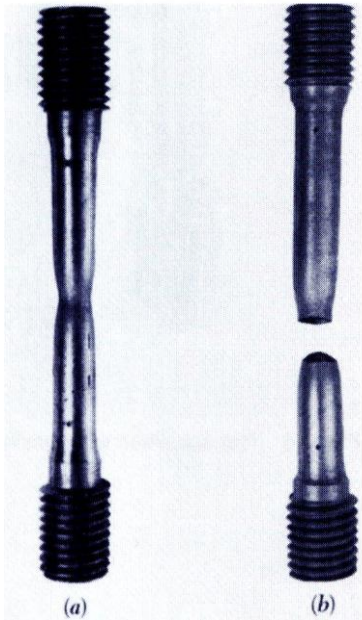


$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

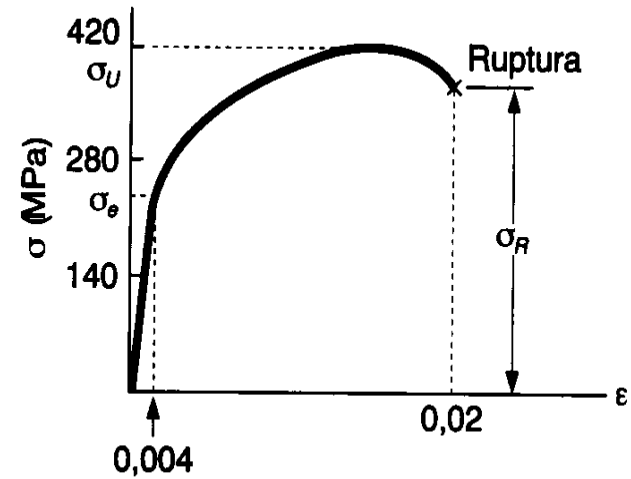
Corpo-de-prova para ensaio de tração axial em metais



# Diagrama Tensão - Extensão: Materiais Dúcteis



(a) Aço com baixo teor de carbono

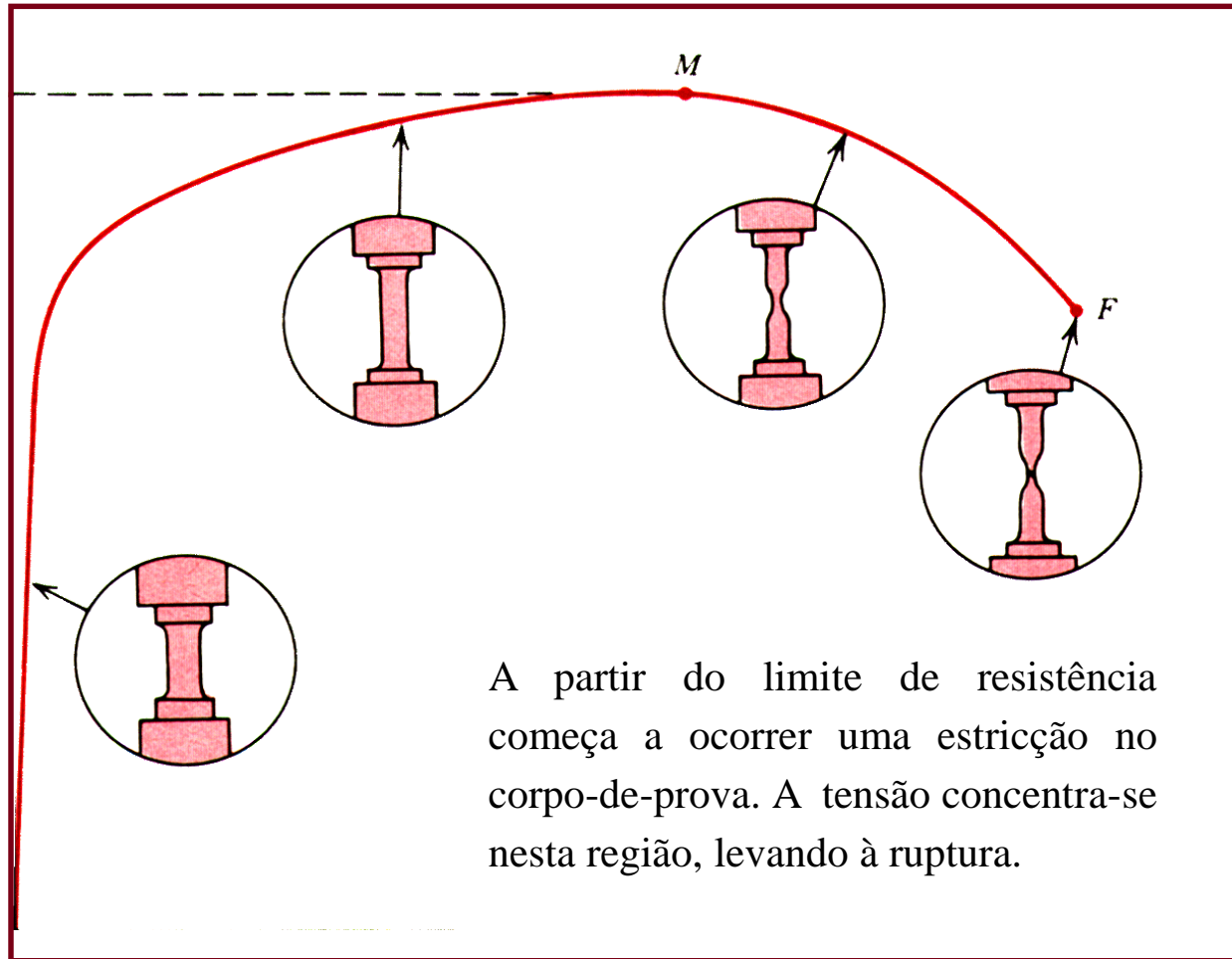


(b) Liga de alumínio

## Estricção e limite de resistência

Limite de resistência

$\sigma$



A partir do limite de resistência começa a ocorrer uma estricção no corpo-de-prova. A tensão concentra-se nesta região, levando à ruptura.

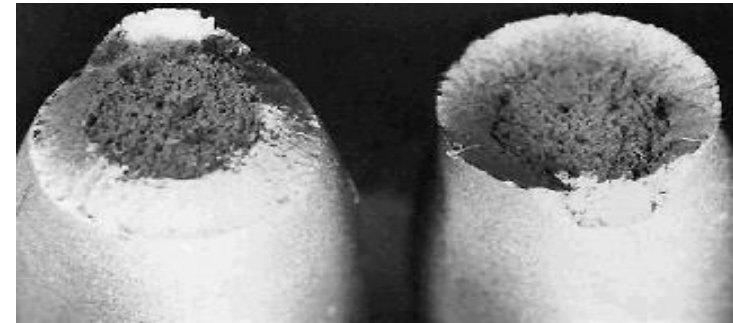
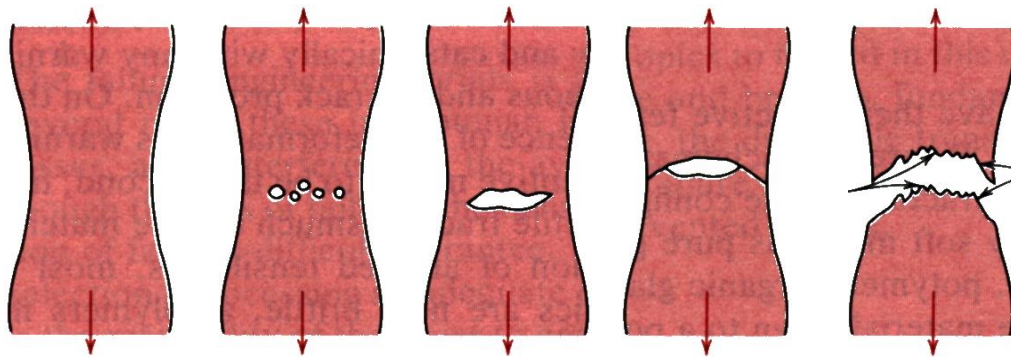
$\epsilon$



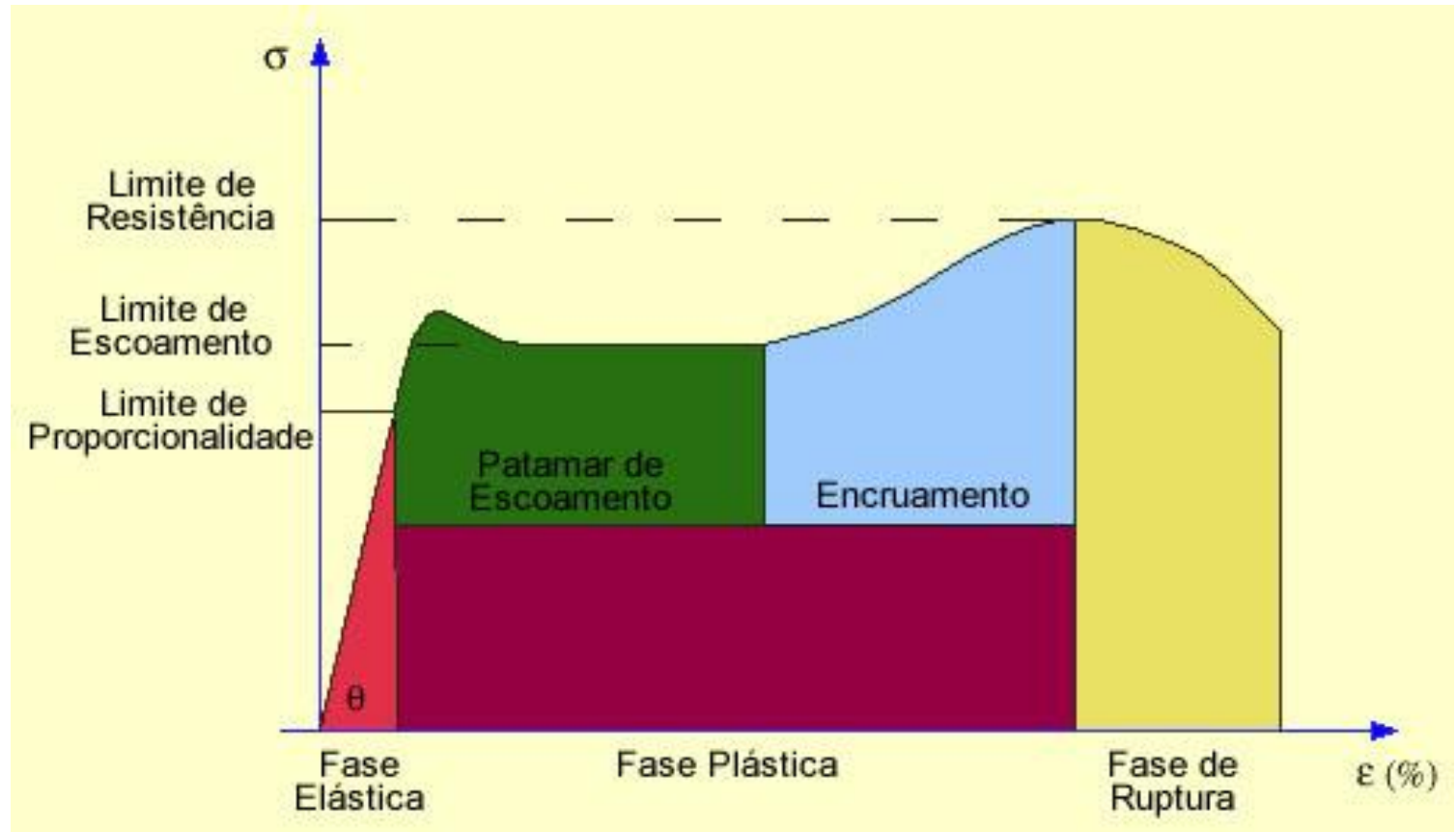
# Ruptura dúctil e frágil

- Ruptura dúctil

- o material deforma-se substancialmente antes de fraturar.
- O processo desenvolve-se de forma relativamente lenta à medida que a fenda se propaga.
- Este tipo de fenda é denominado **estável** porque ela para de se propagar a menos que haja uma aumento da tensão aplicada no material.



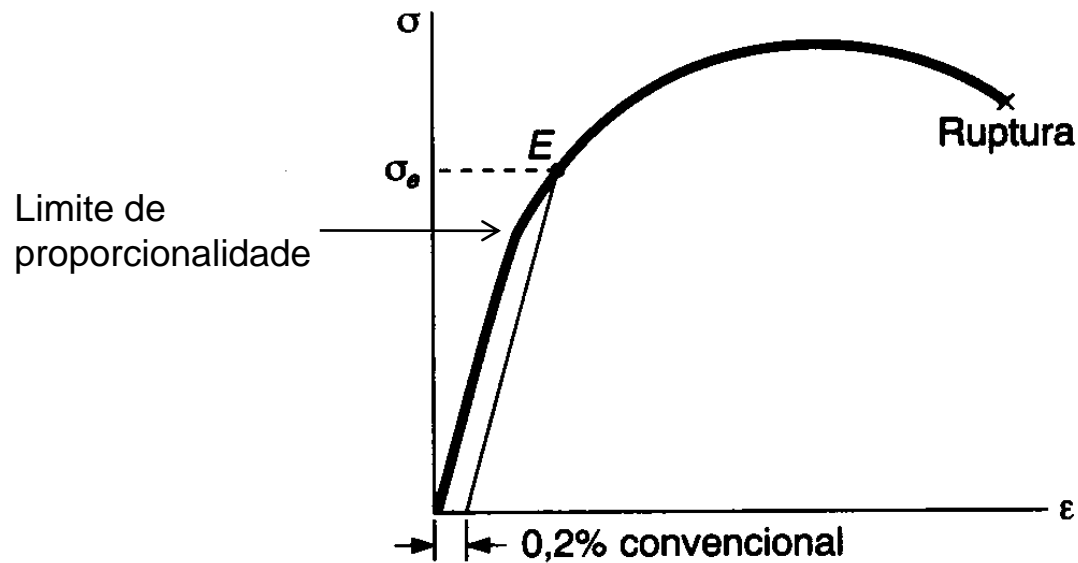
## Diagrama Tensão - Extensão: Materiais Dúcteis (aço)



## Tensão de escoamento

Patamar de escoamento → valor inferior do escoamento

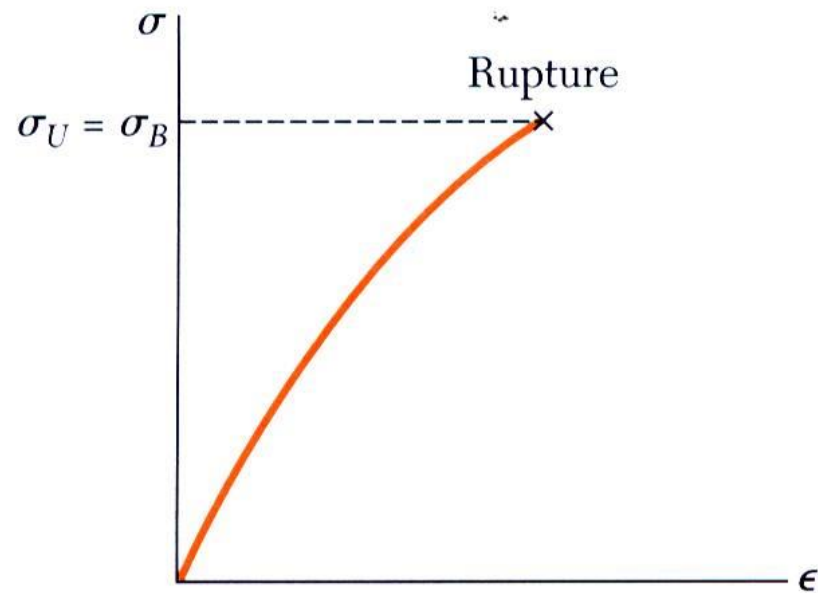
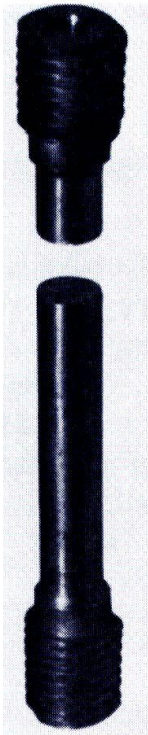
Tensão convencional de escoamento →  $\varepsilon = 0,002$



Determinação da tensão de escoamento convencional

## Diagrama Tensão - Extensão: **Materiais Frágeis**

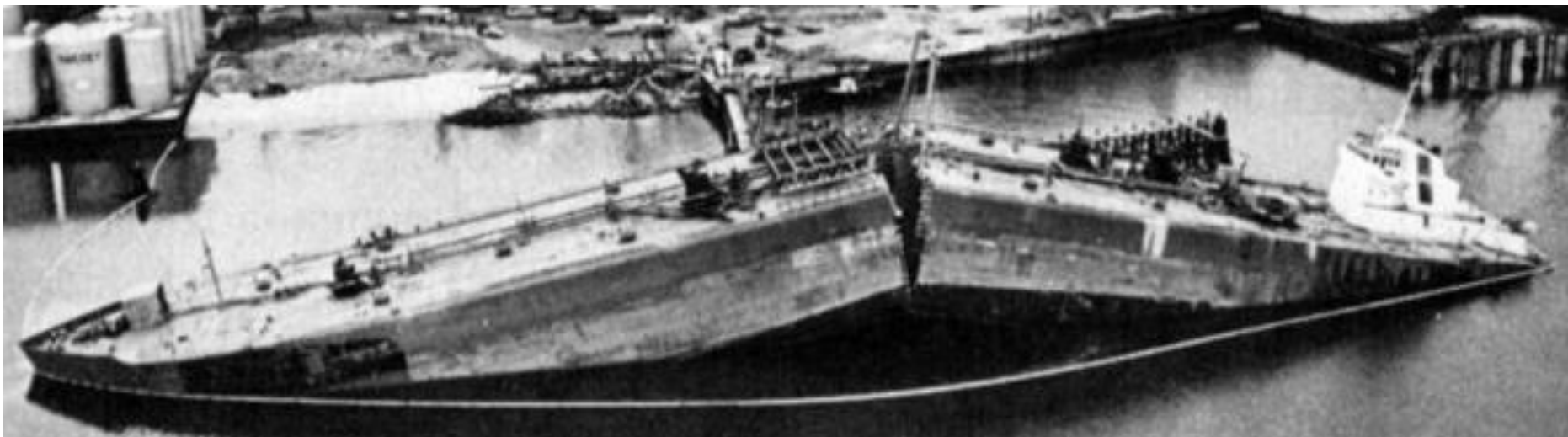
$$\sigma_U = \sigma_R$$



**Fig. 2.11** Stress-strain diagram for a typical brittle material.

## Fratura

O processo de fratura é normalmente súbito e catastrófico, podendo gerar grandes acidentes.

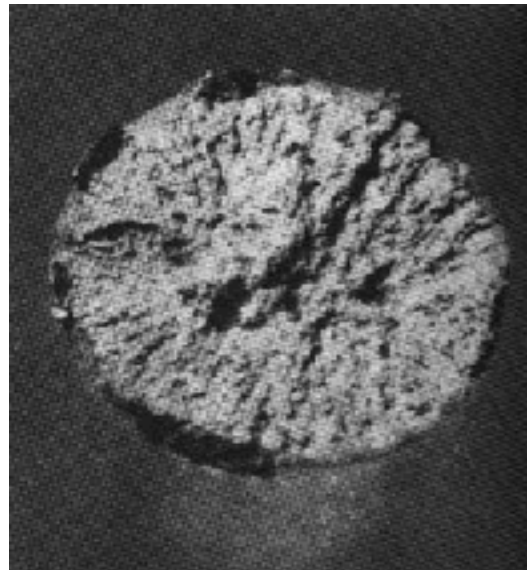


Envolve duas etapas: formação de fenda e propagação.

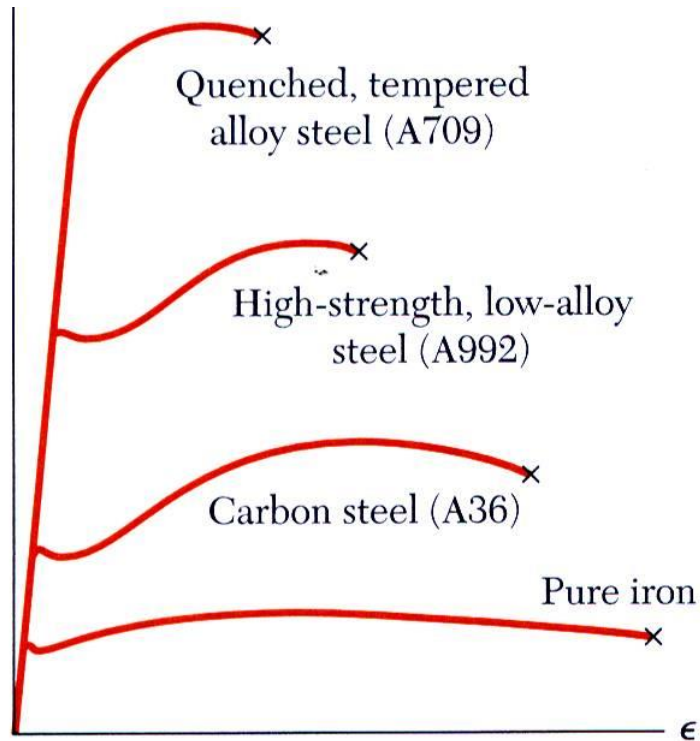
Pode assumir dois modos: **dúctil e frágil.**

## Fractura frágil

- O material deforma-se pouco, antes de fraturar.
- O processo de propagação da fenda pode ser muito veloz, gerando situações catastróficas.
- A partir de um certo ponto, a fenda é dita instável porque se propagará mesmo sem aumento da tensão aplicada sobre o material.



## Módulo de Elasticidade ou Módulo de Young



**Fig. 2.16** Stress-strain diagrams for iron and different grades of steel.

*Parte inicial do diagrama:*

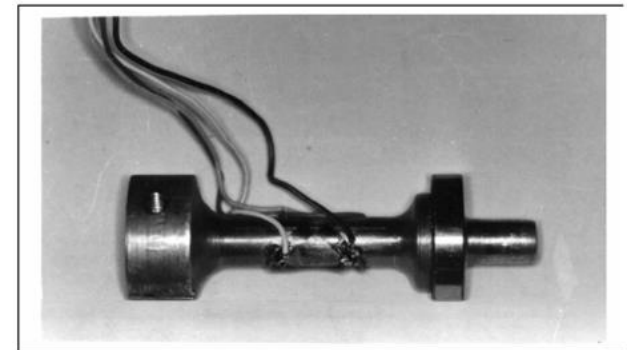
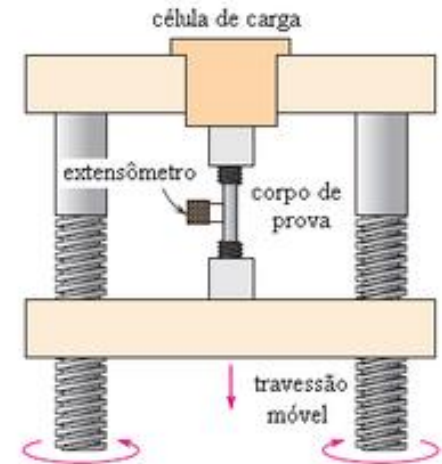
$$\sigma = E\varepsilon$$

E = módulo de elasticidade ou módulo de Young

Limite de proporcionalidade = limite validade lei Hooke

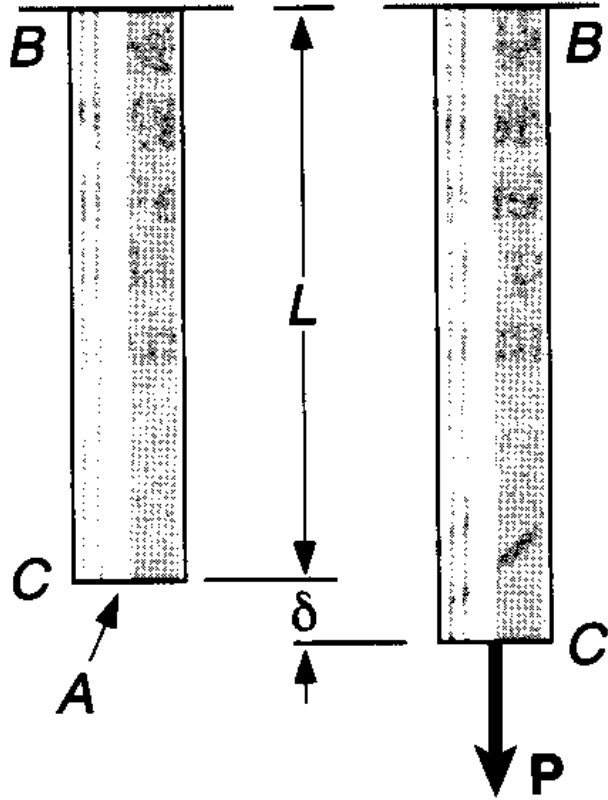


# Módulo de Elasticidade ou Módulo de Young





# DEFORMAÇÕES DE BARRAS SUJEITAS A CARGAS AXIAIS



$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{P}{AE} \quad \varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

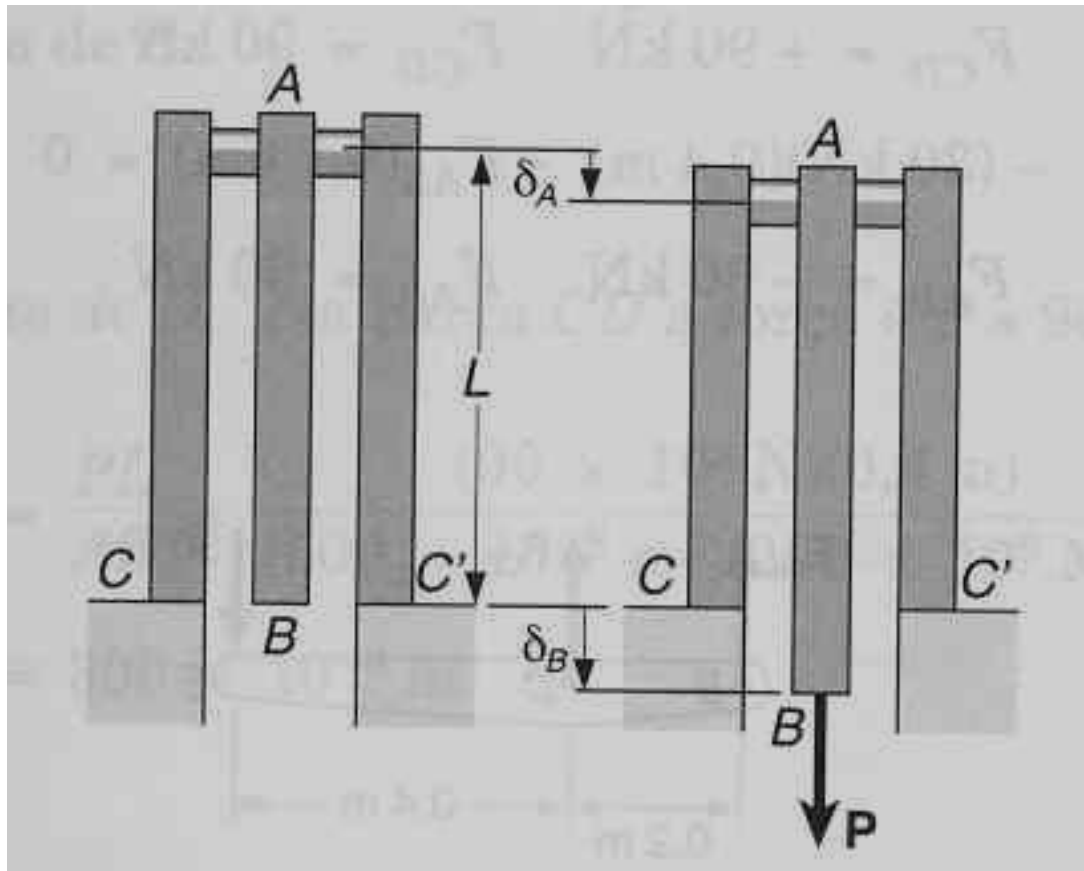
$$\delta = \varepsilon L \quad \delta = \frac{PL}{AE}$$

$$\delta = \sum_i \frac{P_i L_i}{A_i E_i} \quad \delta = \int_0^L \frac{P dx}{AE}$$

# ***Deslocamento relativo:***

Barras com as duas extremidades livres

$$\delta_{B/A} = \delta_B - \delta_A = \frac{PL}{AE}$$



### **Exemplo 1**

Um arame de aço de 60 m de comprimento não deve alongar-se mais do que 48 mm, ao se aplicar uma tração de 6 kN. Sendo  $E = 200 \text{ GPa}$ , determine:

- A) O menor diâmetro que pode ser especificado para o arame.
- B) O valor correspondente da tensão normal.

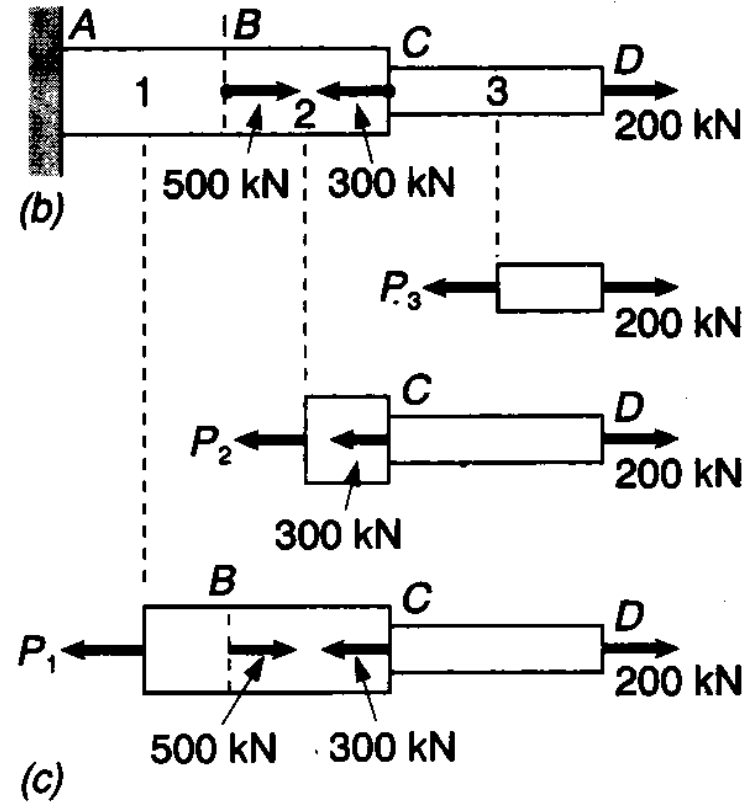
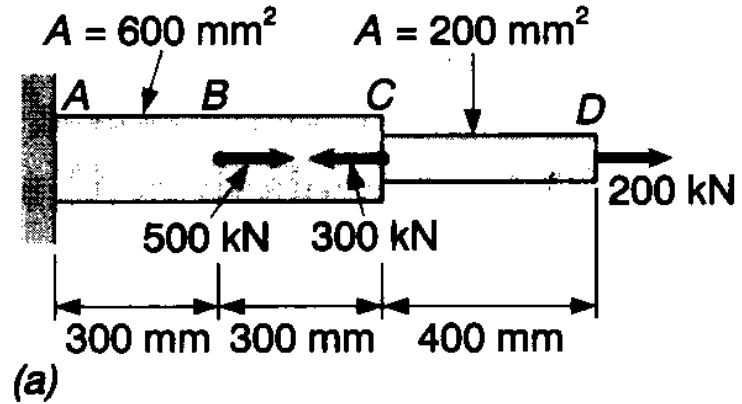
### **Exemplo 2**

Num arame de alumínio de 4 mm de diâmetro, é observado um alongamento de 25 mm, para a tração de 400 N. Sabendo-se que  $E = 70 \text{ GPa}$  e que a tensão última para o alumínio é de 110 MPa, determine:

- A) O comprimento do arame.
- B) O coeficiente de segurança.

### Exemplo 3

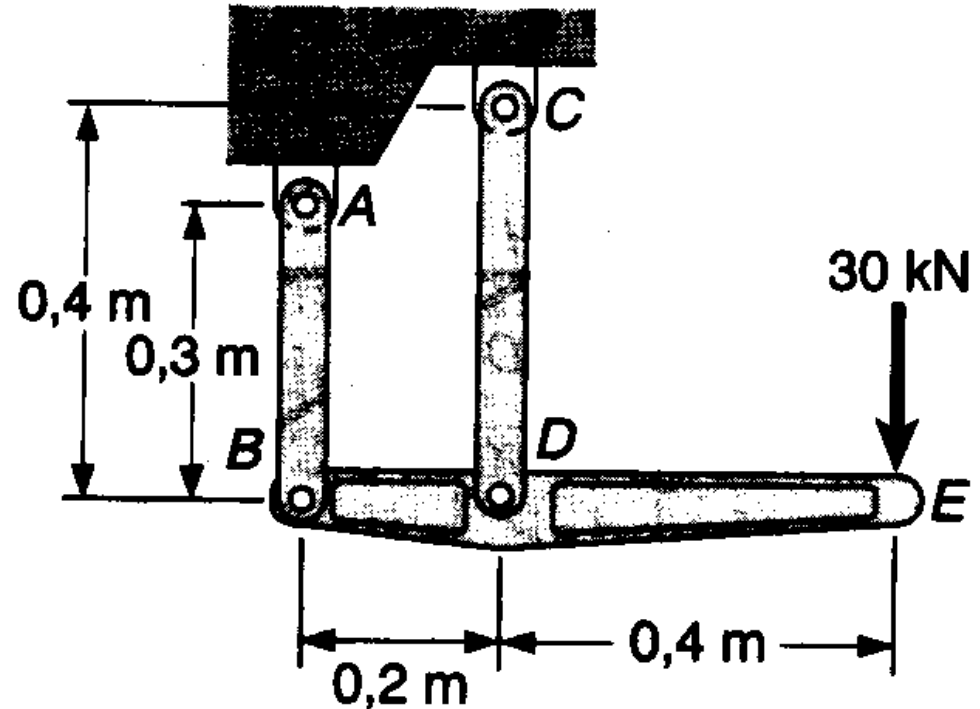
Determine a deformação da barra de aço ( $E = 200 \text{ GPa}$ ) da figura sob a ação das cargas indicadas.



### Exemplo 4

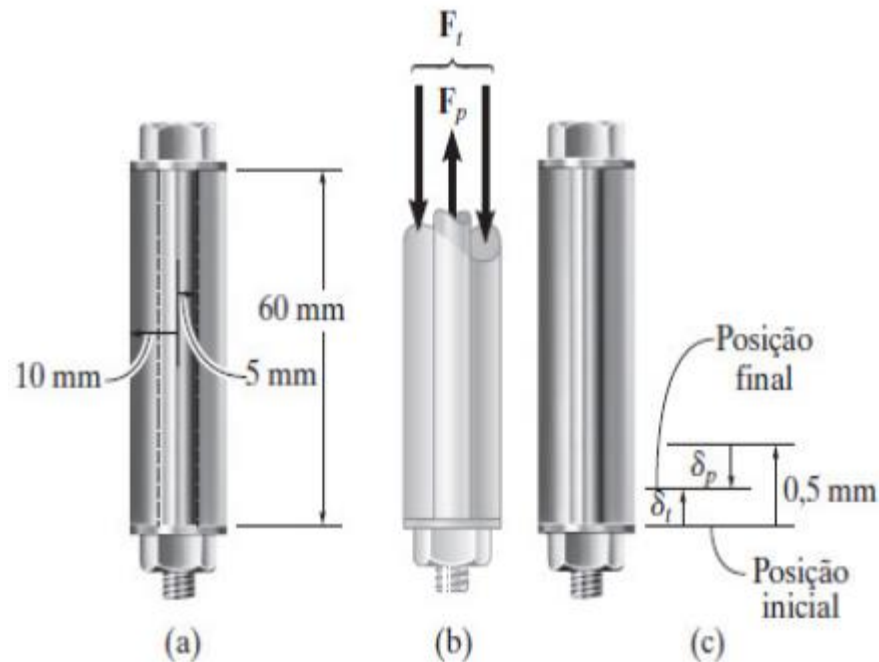
A barra rígida BDE é suspensa por duas hastes AB e CD. A haste AB é de alumínio ( $E = 70$  GPa) com área da seção transversal de  $500 \text{ mm}^2$ ; a haste CD é de aço ( $E = 200$  GPa) com área da seção transversal de  $600 \text{ mm}^2$ . Para a força de  $30 \text{ kN}$  determine:

- A) Deslocamento de B.
- B) Deslocamento de D.
- C) Deslocamento de E.



## Exemplo 5

O parafuso de liga de alumínio 2014-T6 ( $E = 75 \text{ GPa}$ ) e é apertado de modo a comprimir um tubo cilíndrico de liga de magnésio Am 1004-T61 ( $E = 45 \text{ GPa}$ ). O tubo tem raio externo de 10 mm, e consideramos que o raio interno do tubo e o raio do parafuso são ambos 5 mm. As arruelas nas partes superior e inferior do tubo são consideradas rígidas e têm espessura desprezível. Inicialmente, a porca é apertada levemente a mão; depois é apertada mais meia-volta com uma chave de porca. Se o parafuso tiver 20 roscas por polegada, determine a tensão no parafuso, e a tensão do tubo.



Exemplo 6

Uma coluna de concreto de 1,2 m de altura é reforçada por quatro barras de aço, cada uma com 20 mm de diâmetro. Sabendo-se que os módulos de elasticidade para o concreto e para o aço valem 25 GPa e 200 GPa, respectivamente. Determinar as tensões normais no aço e no concreto, quando uma força centrada de 670 kN é aplicada na coluna.

