

# AULA 3 / 6

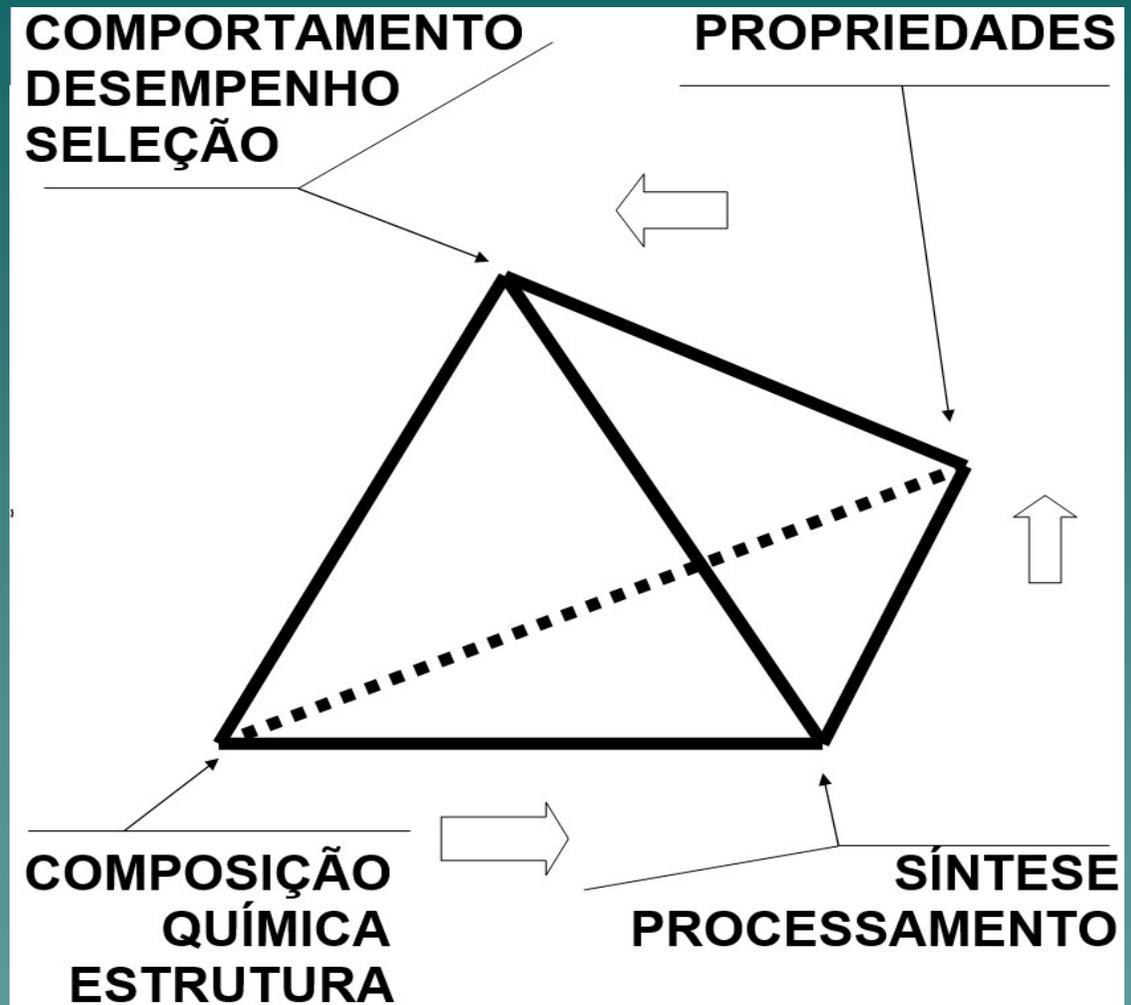
## PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS MATERIAIS

## TENSÃO E DEFORMAÇÃO

### EXERCÍCIOS

- BÁSICOS
- POLÍMERO (Mangueira)
- FLUÊNCIA

# MATERIAIS x ENGENHARIA



## Slide 2

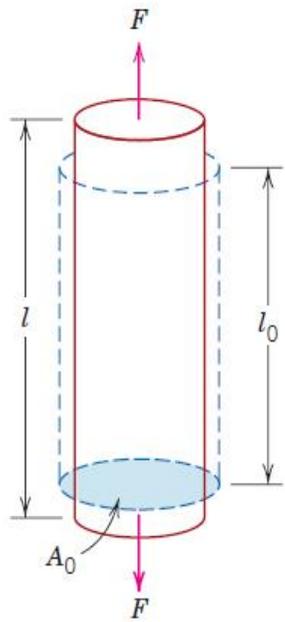
---

n2

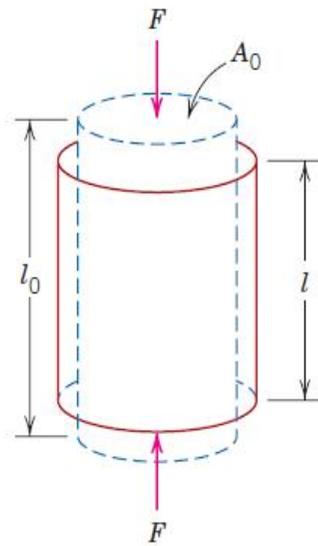
nightfall; 23/01/2020

# PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS MATERIAIS

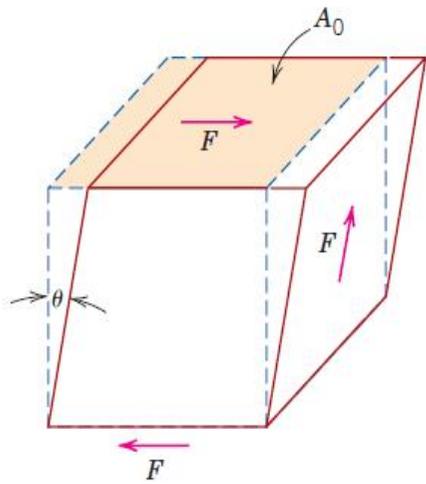
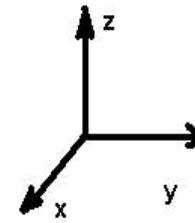
## TENSÃO - DEFORMAÇÃO



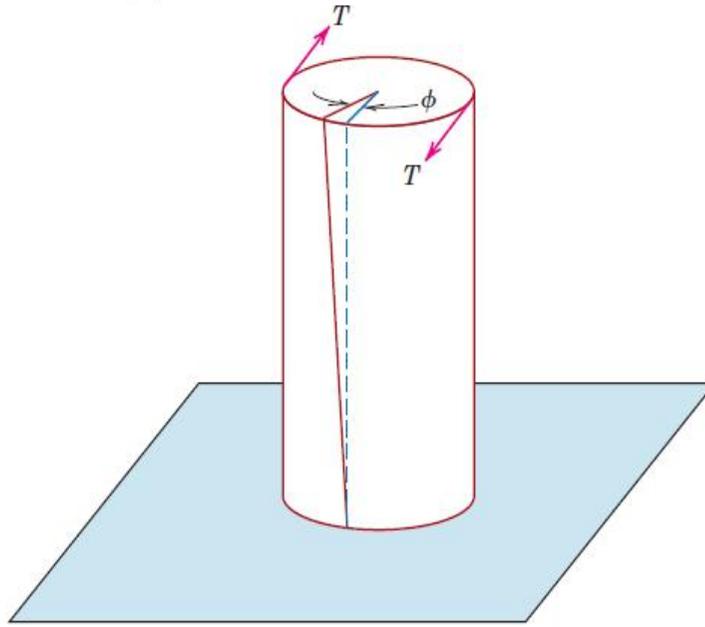
(a)



(b)



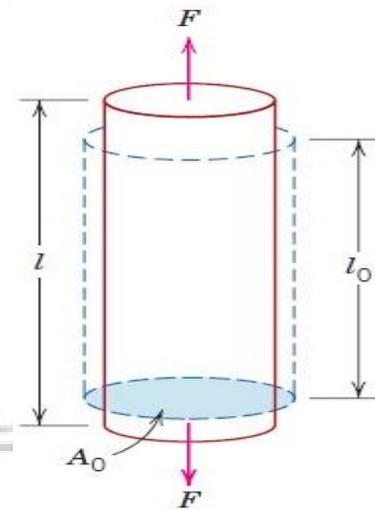
(c)



(d)

## Tensão - Deformação de ENGENHARIA

$$\sigma = F/A_0 \quad \} \quad \epsilon = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$



## Tensão - Deformação REAL

$$\sigma_T = F/A \quad \} \quad \epsilon_T = \sum \frac{\Delta l_i}{l_i} = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln(l/l_0)$$

Se  $A \cdot l = A_0 \cdot l_0$  (Conservação de volume)

$$\sigma_T = \frac{F \cdot l}{A_0 \cdot l_0} = \frac{F}{A_0} \left( \frac{l-l_0}{l_0} + \frac{l_0}{l_0} \right) = \sigma (\epsilon + 1)$$

$$\epsilon_T = \ln \left( \frac{l-l_0+l_0}{l_0} \right) = \ln(\epsilon + 1)$$

# Cisalhamento

$$\bar{\sigma} = F/A_0 \quad \left\} \quad \gamma = \tan \Theta$$

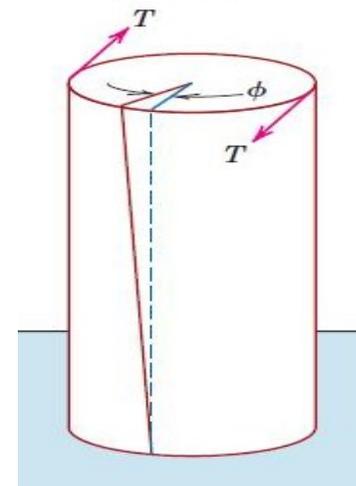
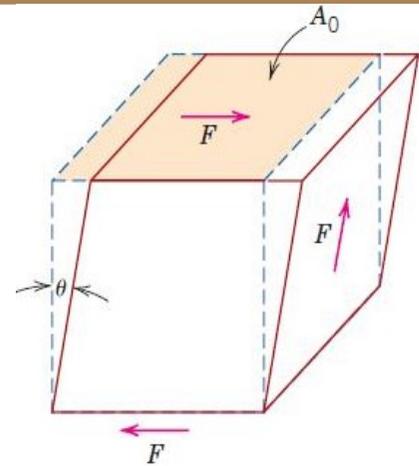
$$\bar{\sigma} - \text{variável } (\tau) \quad \left\} \quad \gamma = \frac{\phi r}{l_0}$$

$\left( \frac{d\Delta}{l_0} = \frac{\phi r}{l_0} \right)$

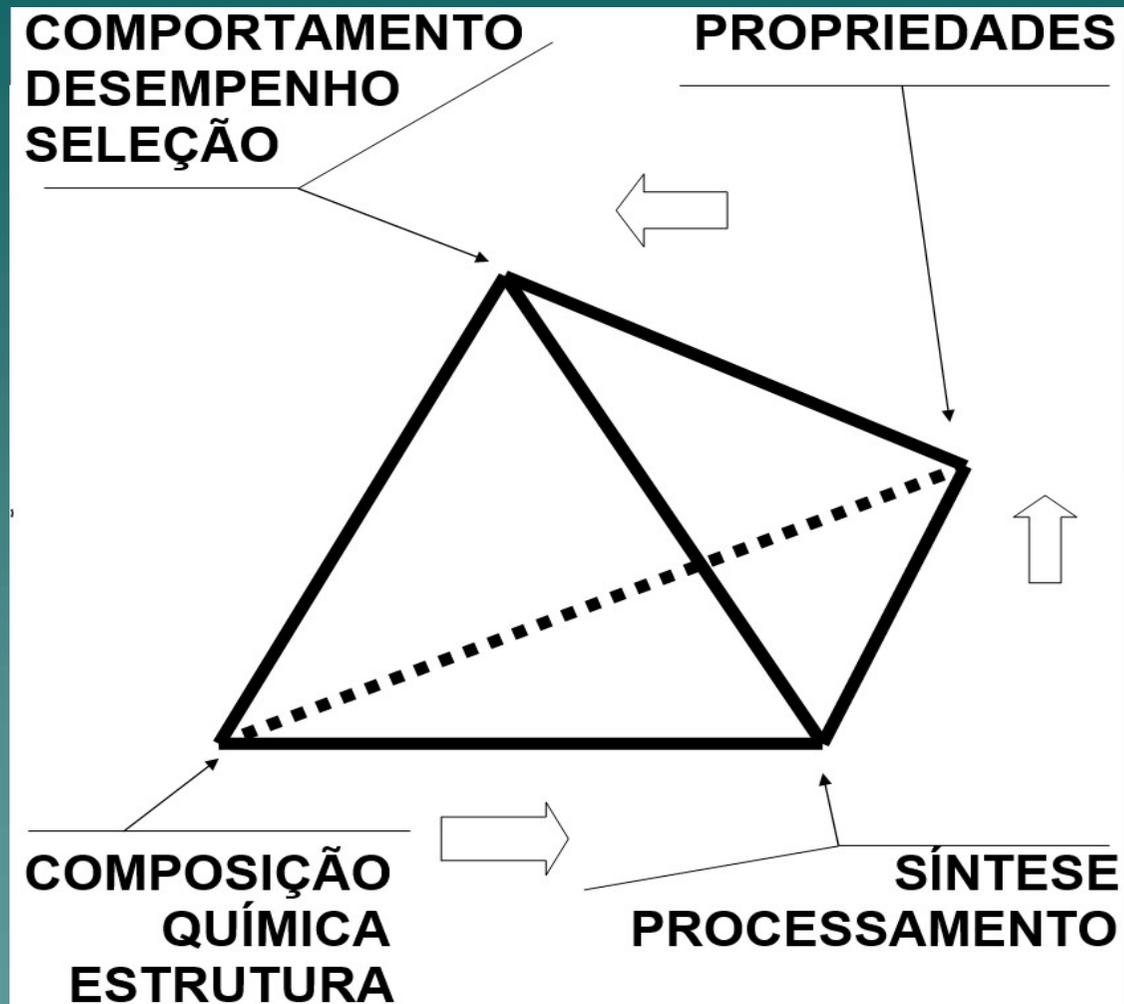
## Coefficiente de Poisson ( $\nu$ )

$$\epsilon_z \uparrow \quad \epsilon_x \downarrow \quad \epsilon_y \downarrow$$

$$\nu = - \frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} = - \frac{\epsilon_y}{\epsilon_z}$$



# MATERIAIS x ENGENHARIA



## MATERIAIS

- ◆ Metais
- ◆ Polímeros

- ◆ Cerâmicas
- ◆ Compósitos

**Slide 7**

---

**n3**

nightfall; 23/01/2020

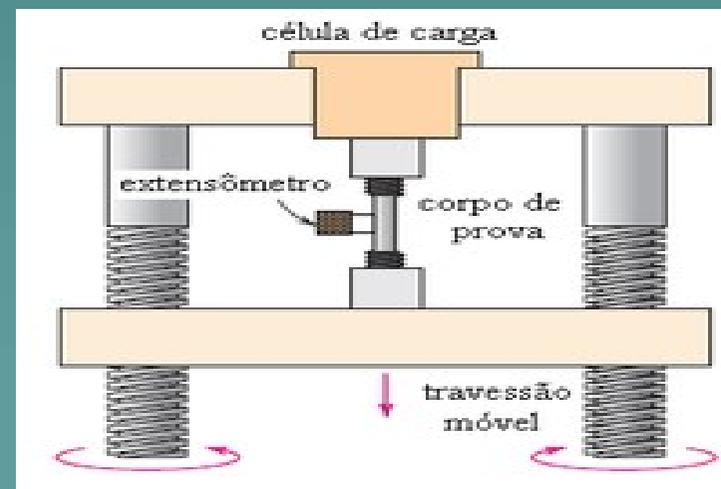
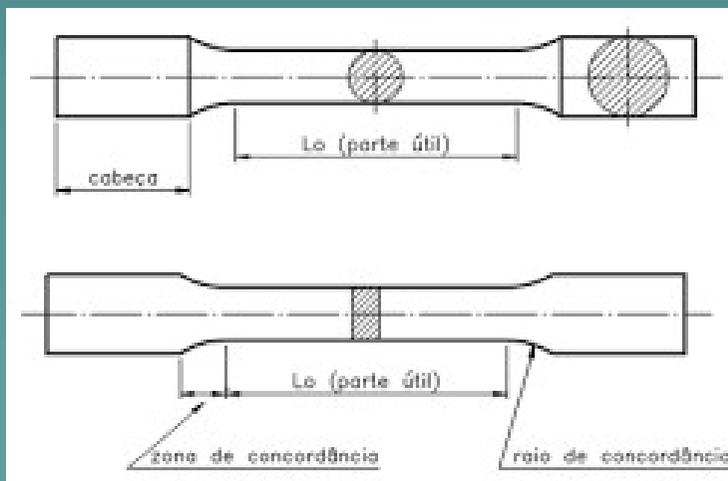
# PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

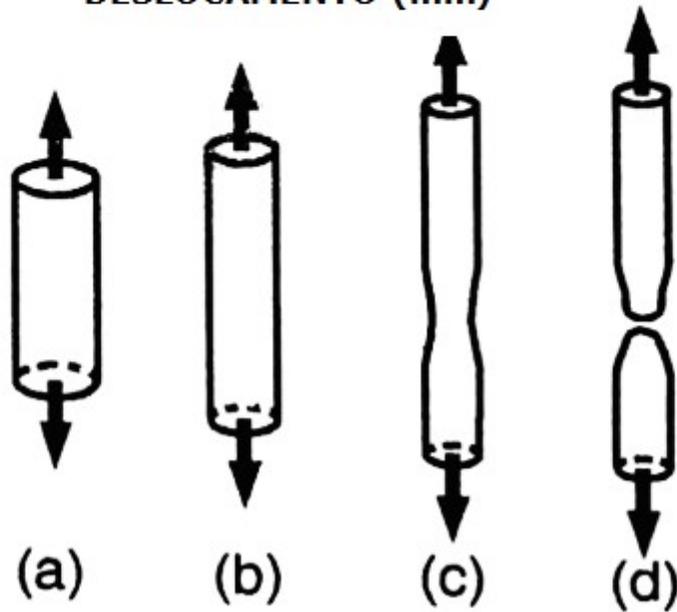
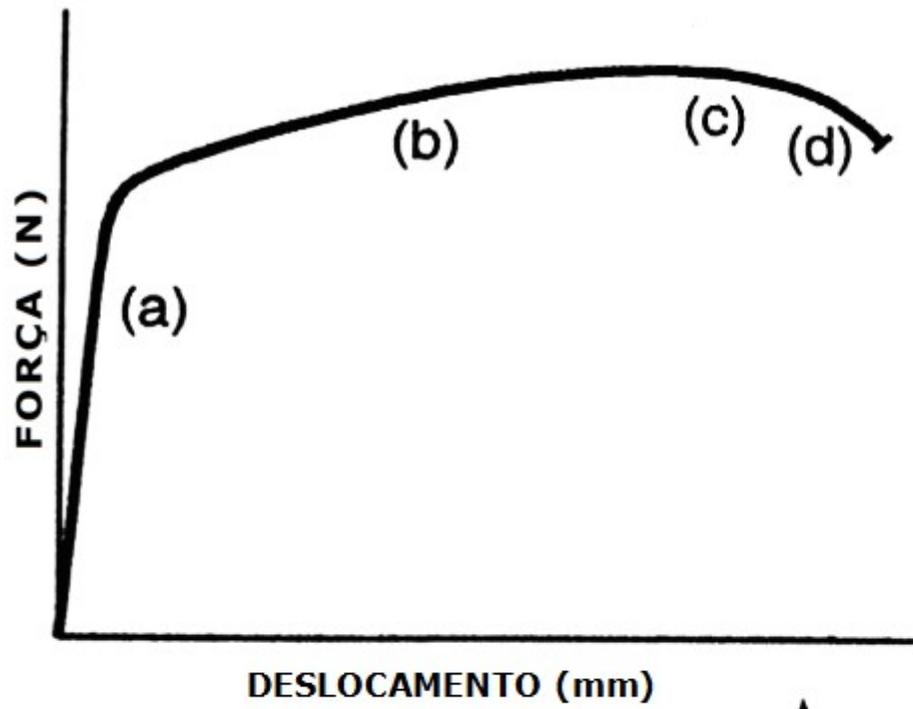
- MÓDULO DE ELASTICIDADE
- RESISTÊNCIA AO ESCOAMENTO
- RESISTÊNCIA MECÂNICA
- RESISTÊNCIA À RUPTURA
- TENACIDADE
- RESILIÊNCIA

DUREZA

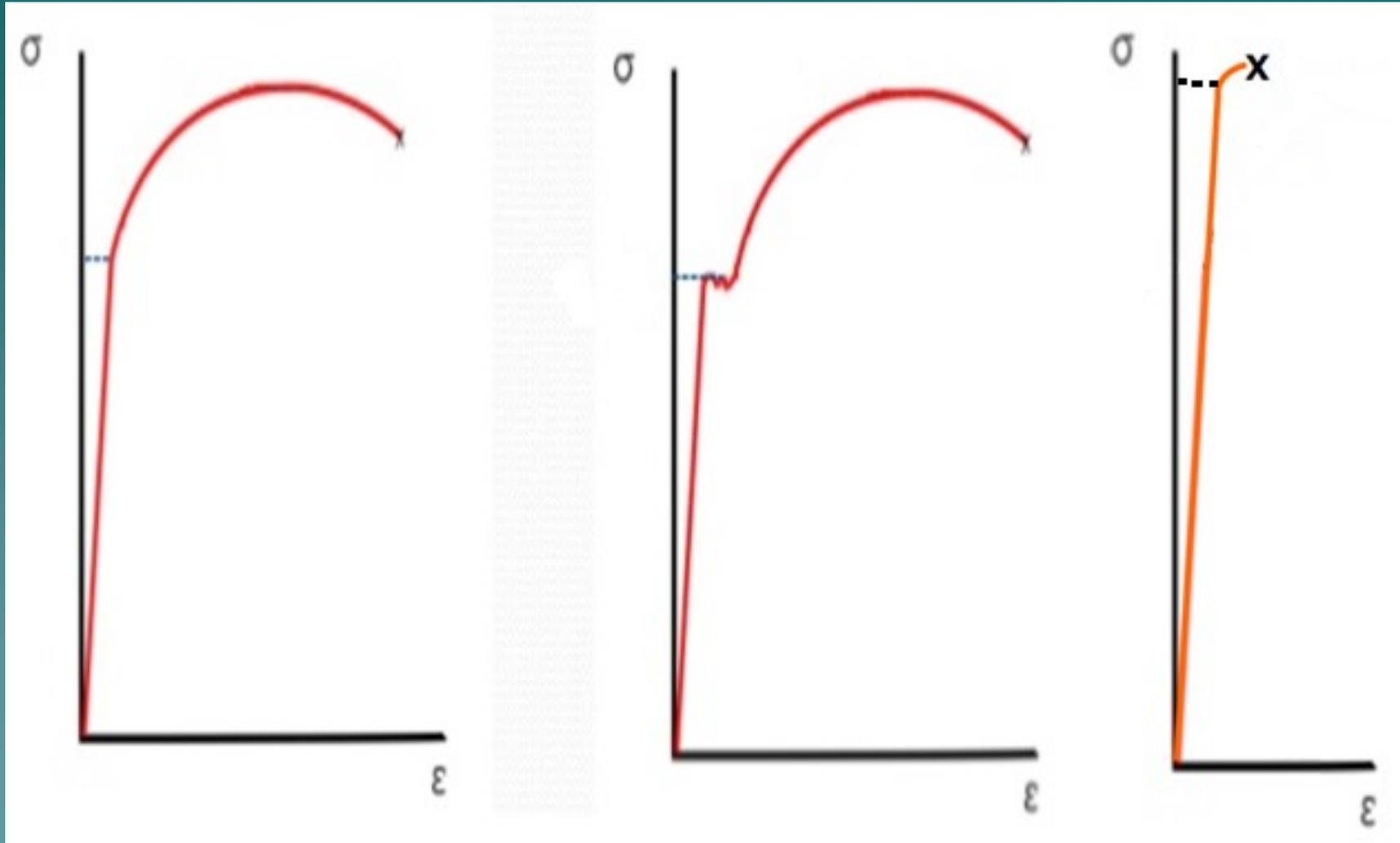


FACILIDADE  
DE  
MANUFATURA

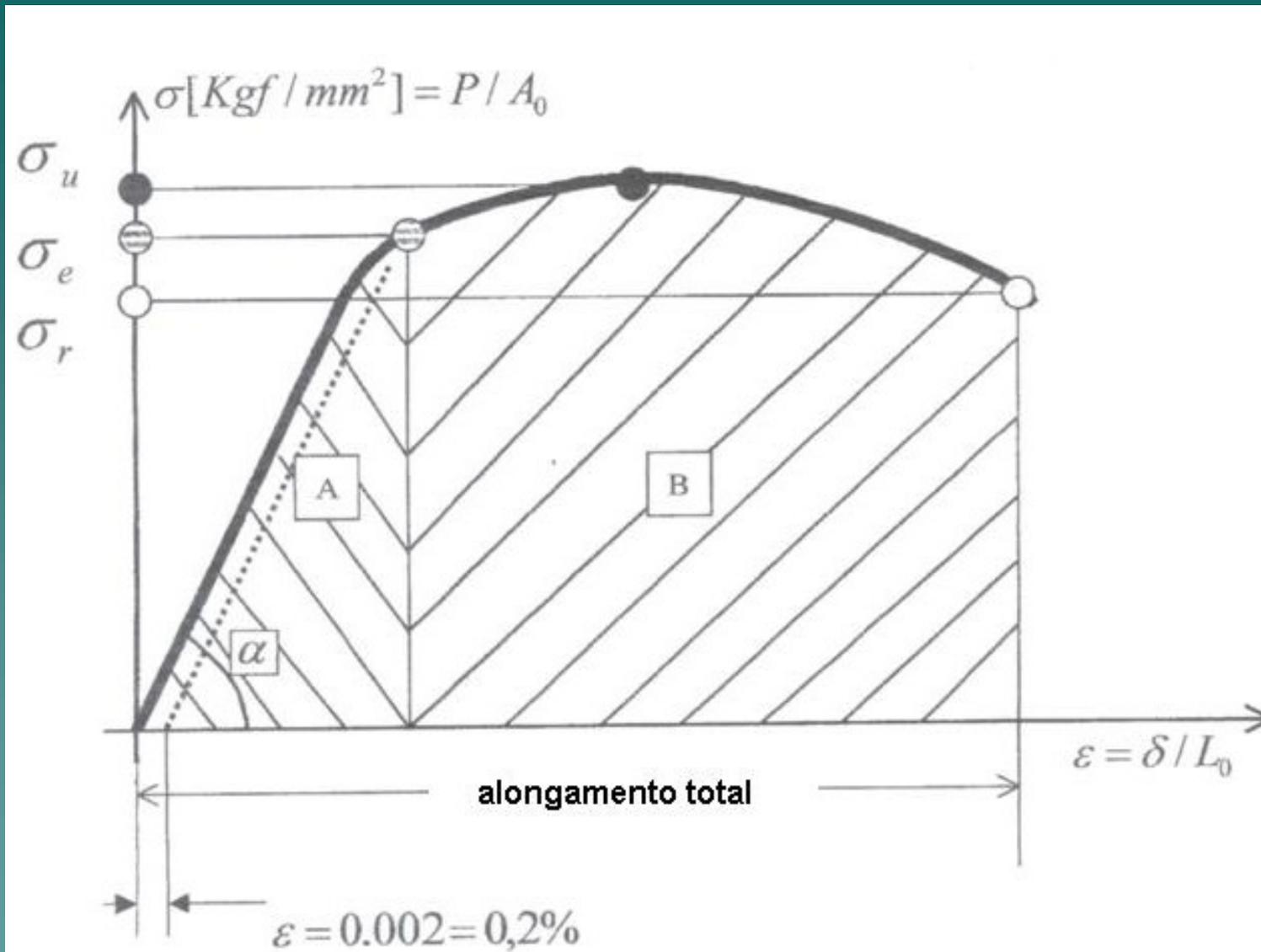




# DIAGRAMAS TENSÃO - DEFORMAÇÃO



# DIAGRAMA TENSÃO - DEFORMAÇÃO



# CURVA TENSÃO - DEFORMAÇÃO

## DUAS REGIÕES: ELÁSTICA E PLÁSTICA

### ELÁSTICA

$$\sigma = E \epsilon \quad (\text{Lei de Hooke})$$

$E$ : Modulo de elasticidade

### PLÁSTICA

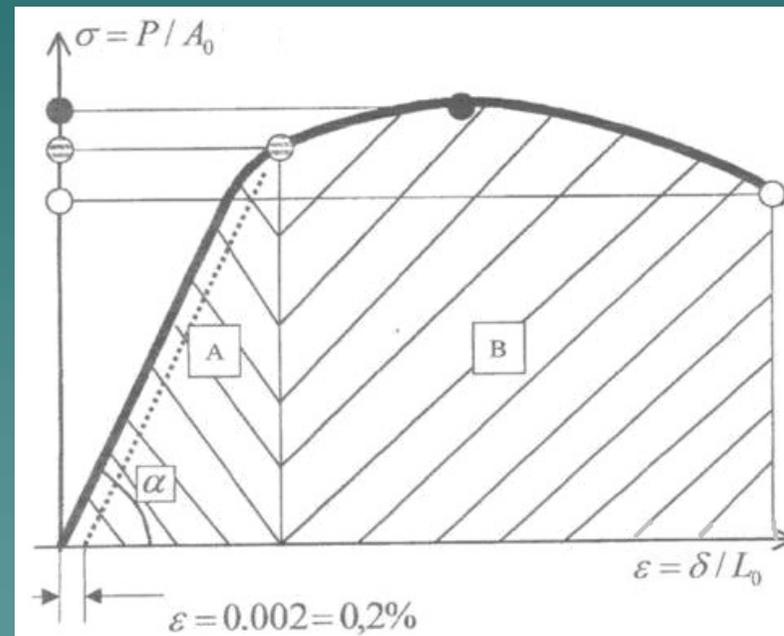
$$\sigma_T = K \epsilon_T^n$$

$n$ : ... endurecimento  
 $K$ : ... coef de resistência  
Kohler's law

### CISALHAMENTO

$$\tau = G \gamma$$
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 0,4 E$$

= Mod. de cisalhamento



# DIAGRAMA TENSÃO - DEFORMAÇÃO

$\sigma_e$  ... LIMITE DE ESCOAMENTO

$\sigma_u$  ... LIMITE DE RESISTÊNCIA MECÂNICA

$\sigma_r$  ... LIMITE DE RUPTURA

## DUTILIDADE

$$D_L = \frac{l_f - l_0}{l_0} \cdot 100\% \text{ (Alongamento)}$$

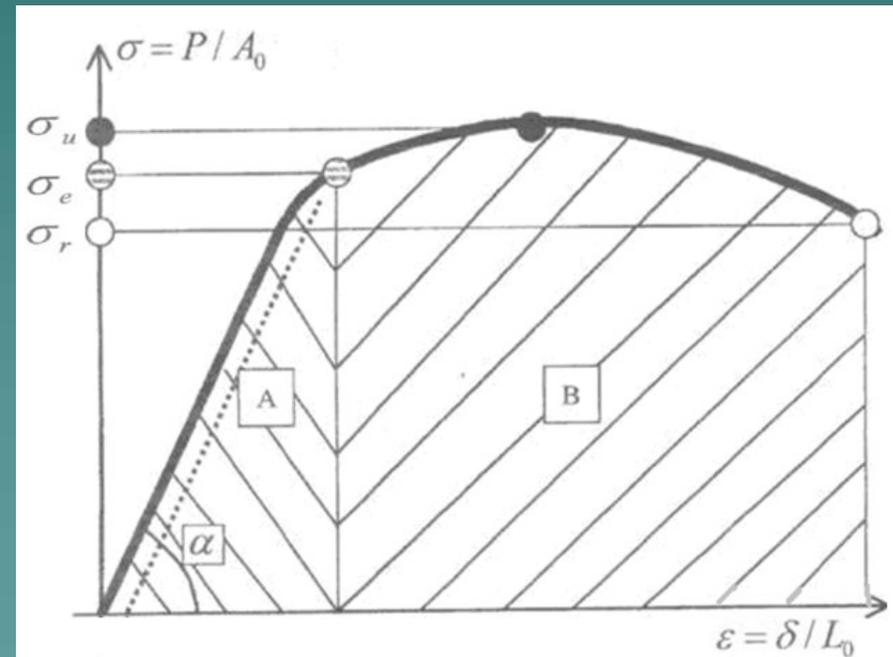
$$D_A = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \cdot 100\% \text{ (Estricção)}$$

## MÓDULO DE RESILIÊNCIA (área A)

$$R_0 = \int_0^{\epsilon_e} \sigma d\epsilon \approx \frac{1}{2} \sigma_e \epsilon_e = \frac{1}{2} \frac{\sigma_e^2}{E}$$

## MÓDULO DE TENACIDADE (área A + B)

$$T = \int_0^{\epsilon_r} \sigma d\epsilon$$



# CRITÉRIOS

CÁLCULO

ENSAIOS

FALHA

$$\sigma_{(\text{CARREGAMENTO, GEOMETRIA, DIMENSÕES})} \geq \sigma_{\text{prop}} (\text{MATERIAL})$$

$$\epsilon_{(\text{CARREGAMENTO, GEOMETRIA, DIMENSÕES})} \geq \epsilon_{\text{prop}} (\text{MATERIAL})$$

PROJETO

$$\sigma_{(\text{CARREGAMENTO, GEOMETRIA, DIMENSÕES})} \leq \sigma_{\text{adm}} (\text{MATERIAL, FS})$$

$$\epsilon_{(\text{CARREGAMENTO, GEOMETRIA, DIMENSÕES})} \leq \epsilon_{\text{adm}} (\text{MATERIAL, FS})$$

# EXERCÍCIOS

1. Uma peça de cobre com 300 mm de comprimento é tracionada com 250 MPa. Considerando regime linear-elástico, estime o valor do incremento de comprimento da peça de cobre.

2. Um tarugo cilíndrico de latão com 10 mm de diâmetro é tracionado por "F", produzindo uma redução de diâmetro de  $2,5 \times 10^{-3}$  mm. Qual é o valor de "F" ?

3. Um corpo de provas cilíndrico de aço com um diâmetro inicial de 12 mm é testado até a ruptura, alcançando uma tensão de engenharia igual à " $\sigma_r = 480$  MPa". Supondo que o diâmetro da área transversal na ruptura seja 10 mm, determine:

a) A tensão real de ruptura.

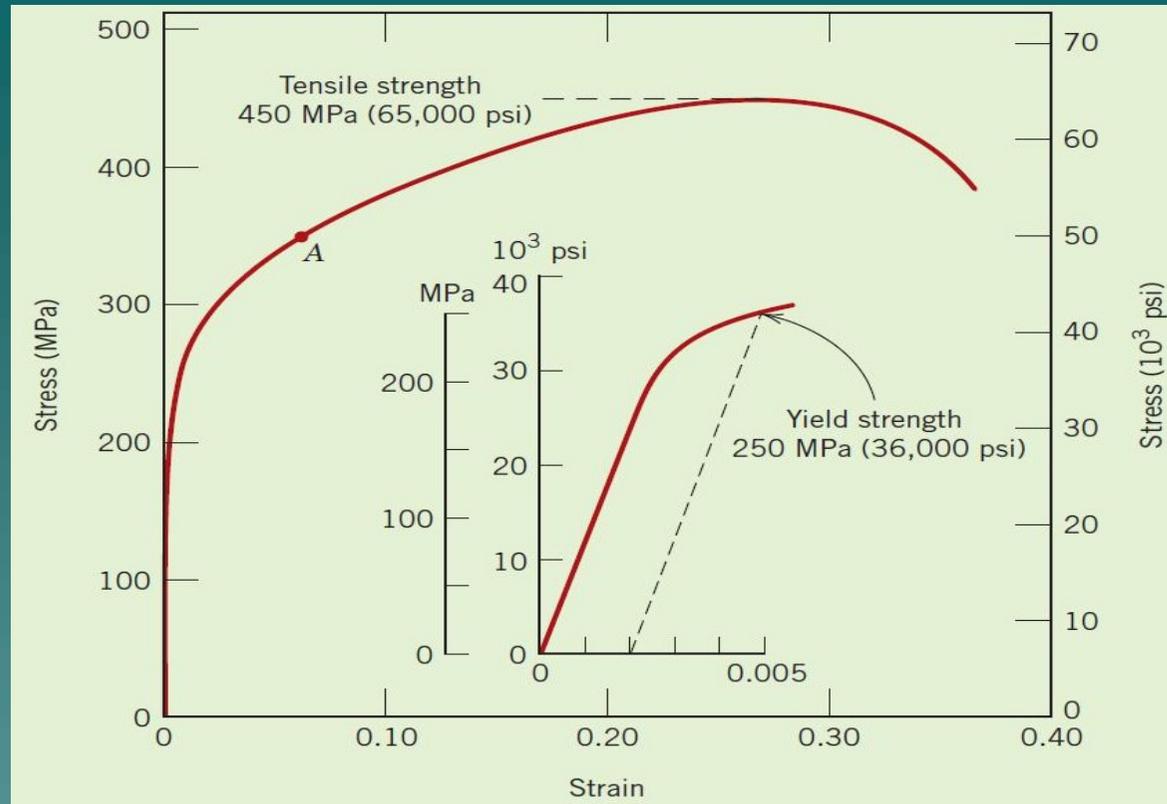
b) A ductilidade em termos de redução de área;

4. Calcule o encruamento "n" para " $\sigma_T = 400$  MPa", " $\varepsilon_T = 0,10$ " e " $K = 900$  MPa".

**5. Um fio de latão, cujo diagrama tensão deformação é dado, tem 1 m de comprimento e deve suportar um motor cujo peso é 300 N.**

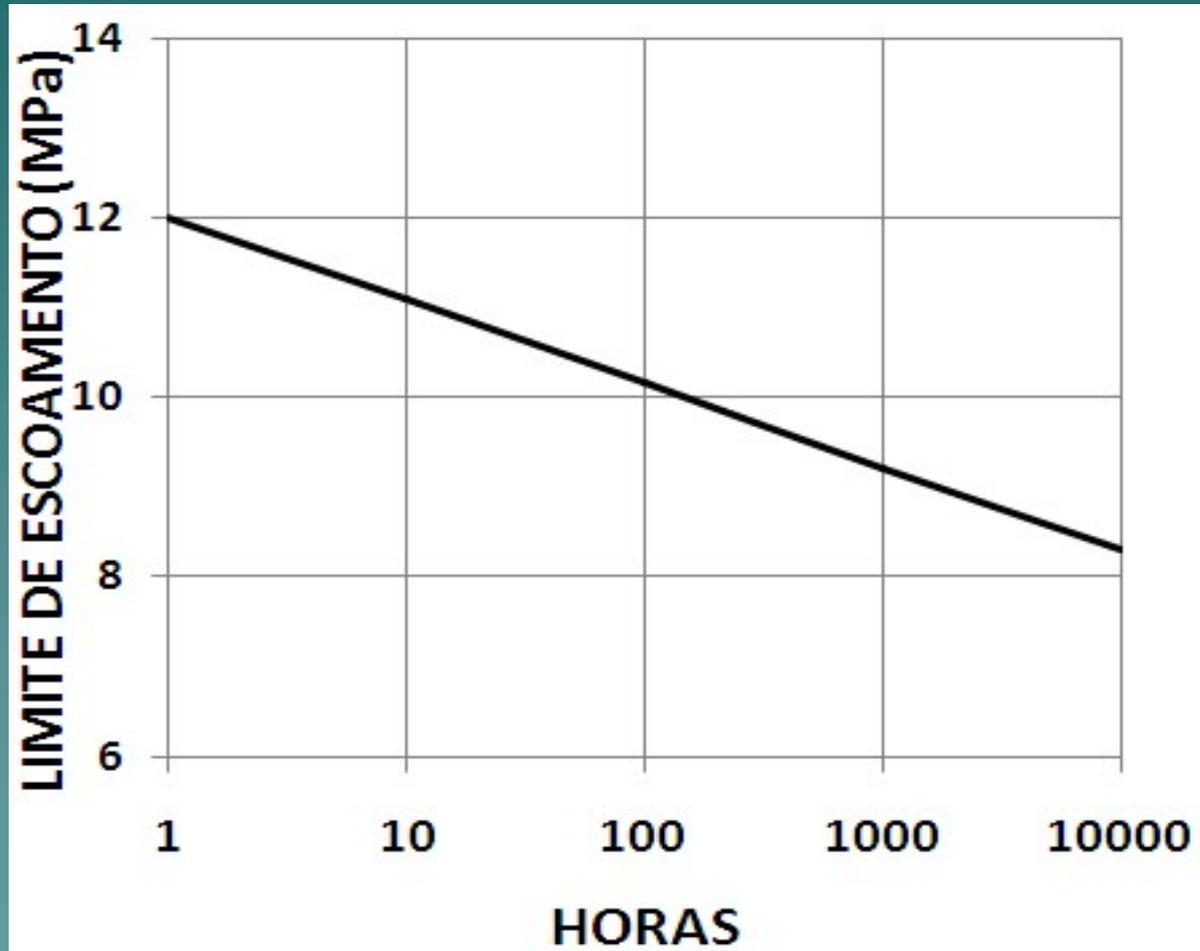
- a) Adotando um fator de segurança igual a 2, calcule o diâmetro do fio;**
- b) Qual é a deformação do fio?**
- c) Qual é o valor do deslocamento vertical do motor?**
- d) Qual é o máximo valor de peso suportado por esse fio antes de romper? (considere a área do fio constante com a deformação)**
- e) Qual é a altura máxima da qual se pode soltar o motor sem que ocorra deformação plástica do fio?**

# LATÃO



Módulo de Elasticidade .....	97 GPa
Limite de escoamento.....	250 MPa
Limite de Resistência Mecânica.	450 MPa
Limite de Ruptura.....	380 Mpa
Alongamento Total.....	0,38
Módulo de Resiliência.....	0,32 MPa
Módulo de Tenacidade.....	135 MPa
Coefficiente de Poison.....	0,34

**6.** Deseja-se saber a espessura de uma mangueira de jardim, fabricada com polietileno, com 20 mm de diâmetro e que suporte uma pressão de 1 MPa, por um período de no mínimo de 1 ano. O Limite de Escoamento é dado pelo gráfico abaixo.



**Problema de visco-elasticidade**

# PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS MATERIAIS

## FLUÊNCIA (CREEP)

Quando  $T \gg T_{omb}$

$T \gg 1/3 T_{fusão}$

$\dot{\epsilon} \neq 0$       $\dot{\epsilon} = \frac{de}{dt}$

$T \uparrow$     $\dot{\epsilon} \uparrow$     $\sigma_e \downarrow$     $E \downarrow$

### CRITÉRIOS

CÁLCULO

ENSAIOS

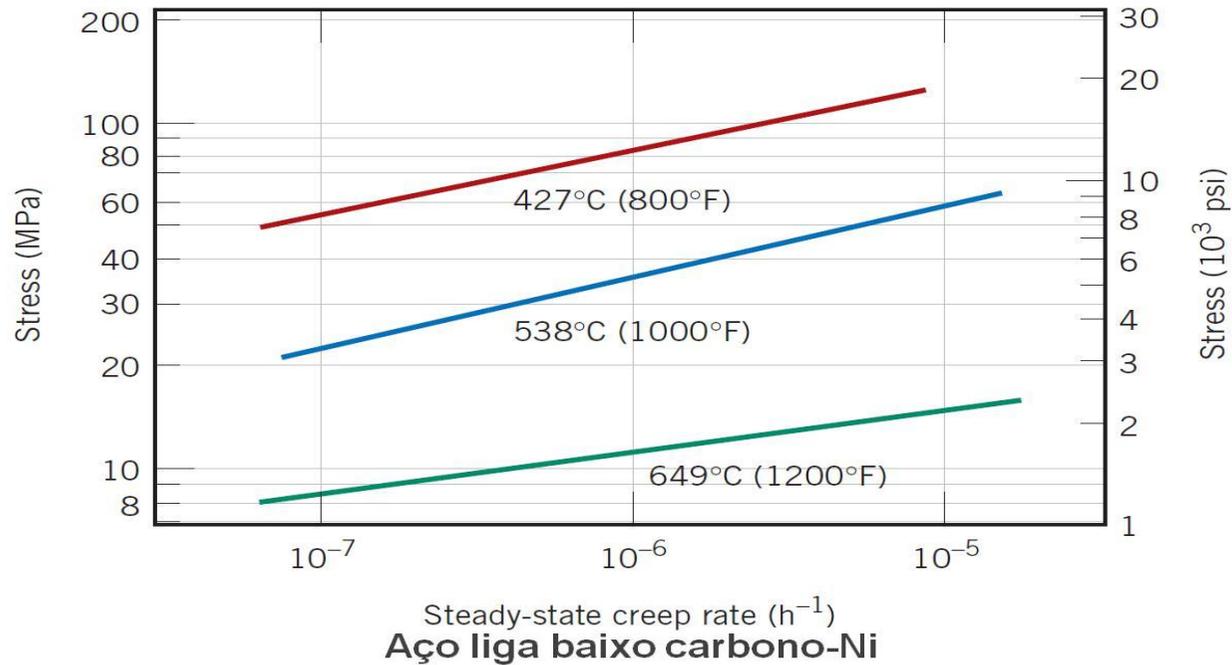
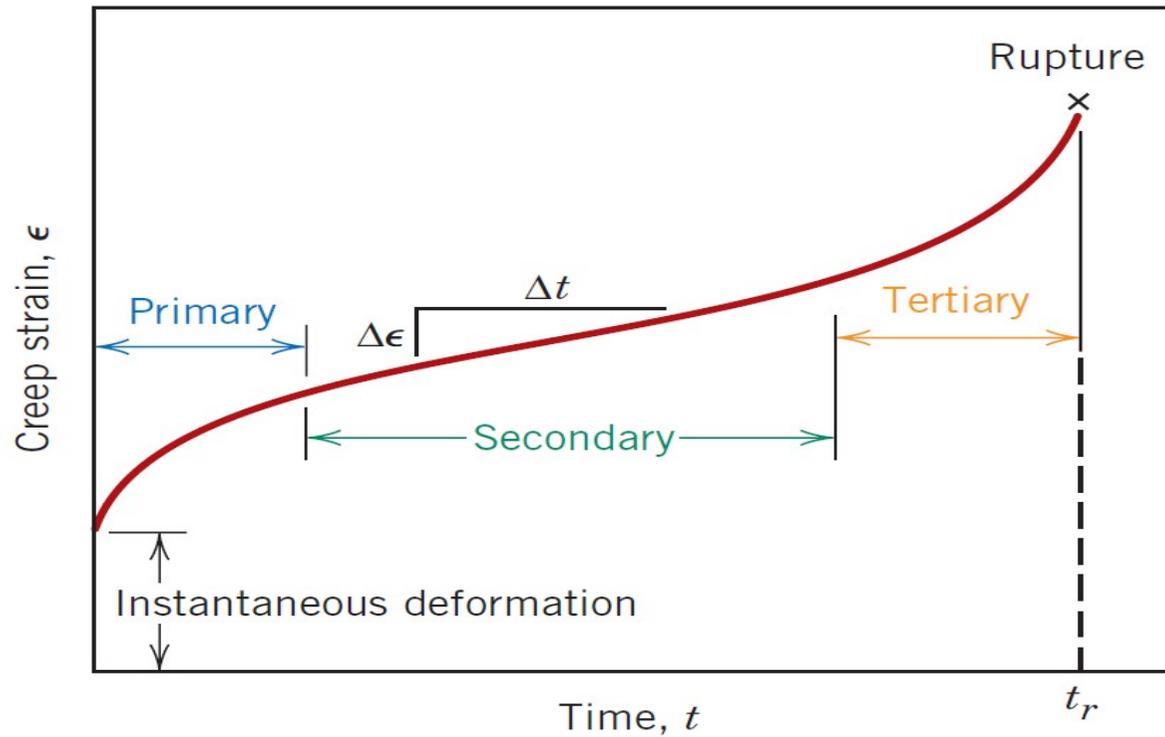
### FALHA


$$\begin{cases} \Delta l = ? \\ \Delta t = ? \end{cases}$$

$$\dot{\epsilon}(\text{CARREGAMENTO, GEOMETRIA, DIMENSÕES, TEMPO}) \geq \dot{\epsilon}_{\text{prop}}(\text{TEMPERATURA, MATERIAL})$$

### PROJETO

$$\dot{\epsilon}(\text{CARREGAMENTO, GEOMETRIA, DIMENSÕES, TEMPO}) \leq \dot{\epsilon}_{\text{adm}}(\text{TEMPERATURA, MATERIAL, FS})$$



**7.** Um corpo de provas com 750 mm de comprimento de um aço liga baixo carbono-Ni é submetido a uma tensão de tração de 40 MPa, sob uma temperatura de 538 °C. Determine o crescimento do comprimento depois de 5.000 horas. Considere que os aumentos do comprimento instantâneo e primário seja igual à 1,5 mm.

**OBRIGADO**