

*Propriedades Mecânicas de Metais, Cerâmicos  
e Polímeros*

***Ciência de Materiais*** - investiga a relação existente entre a estrutura e as propriedades dos materiais

***Engenharia de Materiais*** - concebe a estrutura dos materiais para produzir substâncias com um conjunto pré-determinado de propriedades

Os engenheiros estudam os materiais porque ***ao projectar terão sempre de estar conscientes das suas propriedades e dos problemas que esses materiais originam.*** Estes problemas manifestam-se nos materiais mais variados, que podem ser encontrados, por exemplo, em:

- *Caixas de mudanças*
- *Super-estruturas de edifícios*
- *Refinarias de Petróleo*
- *“Chips” de microprocessadores*

## *Porque se estudam os materiais?*

Pede-se muitas vezes a um engenheiro para:

*Escolher o material certo entre inúmeros disponíveis para um determinado fim.* O material possui a melhor combinação de propriedades possível?

*Ter em conta se haverá deterioração das propriedades do material durante a operação em serviço.*

*Fazer um compromisso entre custo e o conjunto ideal de propriedades para um determinado fim.* Os materiais devem ser escolhidos por terem boas qualidades em serviço a um preço razoável. O material perfeito para um trabalho poderá ser demasiado caro.

## *Classificação dos Materiais*

Os materiais sólidos podem ser agrupados em:

- *Metais*
- *Cerâmicos*
- *Polímeros*

### *Metais:*

- *Normalmente combinações de elementos metálicos (e.g: ligas)*
- *Excelente condução eléctrica e de calor e têm aparência lustrosa*
- *São fortes mas deformáveis*
- *São extensivamente usados em aplicações estruturais*

## *Cerâmicos:*

- *Compostos que contêm elementos metálicos e não-metálicos (e.g.  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ )*
- *Fracos condutores de electricidade e calor*
- *Duros e frágeis (quebradiços)*
- *Mais resistentes a altas temperaturas e ambientes agressivos do que os metais e os polímeros*

## *Polímeros:*

- *Em geral, compostos orgânicos que são plásticos ou borrachas (e.g. polietileno, Teflon<sup>®</sup>)*
- *Feitos de carbono, hidrogénio e outros elementos não-metálicos*
- *Em geral, moléculas grandes (macromoléculas)*
- *Baixa densidade e muito flexíveis*

## Compósitos:

- *Compostos de mais de um tipo de material (e.g. a “fibra de vidro” é feita de fibras de vidro embebidas num polímero)*
- *Apresentam uma combinação das melhores características de cada componente (e.g. a fibra de vidro adquire a resistência à tensão do vidro e a flexibilidade do polímero)*

## Semicondutores:

- *Materiais com propriedades entre as dos condutores e dos isoladores (e.g. silício com uma impureza tal como o fósforo)*
- *Propriedades eléctricas extremamente sensíveis à presença de pequenas quantidades de impurezas atómicas*
- *Originaram os circuitos integrados que revolucionaram a indústria electrónica e de computadores*



*AV-8B Harrier*

### **Estrutura:**

- *As asas, ailerons, flaps, fuselagem dianteira e cauda são fabricados principalmente em “epoxi grafite” (**fibra de carbono**) e **outros compósitos***
- *Fuselagem central e traseira, rebordos das asas, pontas das asas, pontas e rebordos da asa vertical são de **liga de alumínio***
- *Escudos de calor da fuselagem inferior dianteira e traseira e zona fonteira do pára-brisas feitas de **titânio**.*



### **Estrutura:**

- *Os quadros são geralmente feitos de **alumínio**, **aço**, **titânio** ou **várias ligas** destes 3 metais. Os quadros feitos de **compósitos de fibra de carbono** são de uso cada vez mais popular.*
- *Quadros idênticos feitos de materiais diferentes têm rigidez diferentes (maior para o aço e menor para o alumínio).*
- *Quadros feitos de materiais diferentes têm características diversas e diferentes métodos de construção. É necessário compreender as características dos materiais para um melhor design com vistas a uma determinada aplicação.*

## Teste de Materiais

*Como se testam os materiais?*

***Os materiais quando em serviço são sujeitos a forças ou cargas.*** Por exemplo, a liga de alumínio usada no fabrico das asas do avião sofre uma grande variedade de tensões aplicadas.

***É necessário avaliar as propriedades mecânicas do material para fazer o “design” da peça, de modo a que não ocorra qualquer falha.*** Esta é a razão principal para o teste mecânico de materiais.

## *Testes Mecânicos de Materiais*

*Como se testam os materiais?*

***Ensaio de tracção*** – falha em tracção (e.g. cabos ou cordas)

***Ensaio de compressão*** – falha em compressão (e.g. asfalto ou betão).

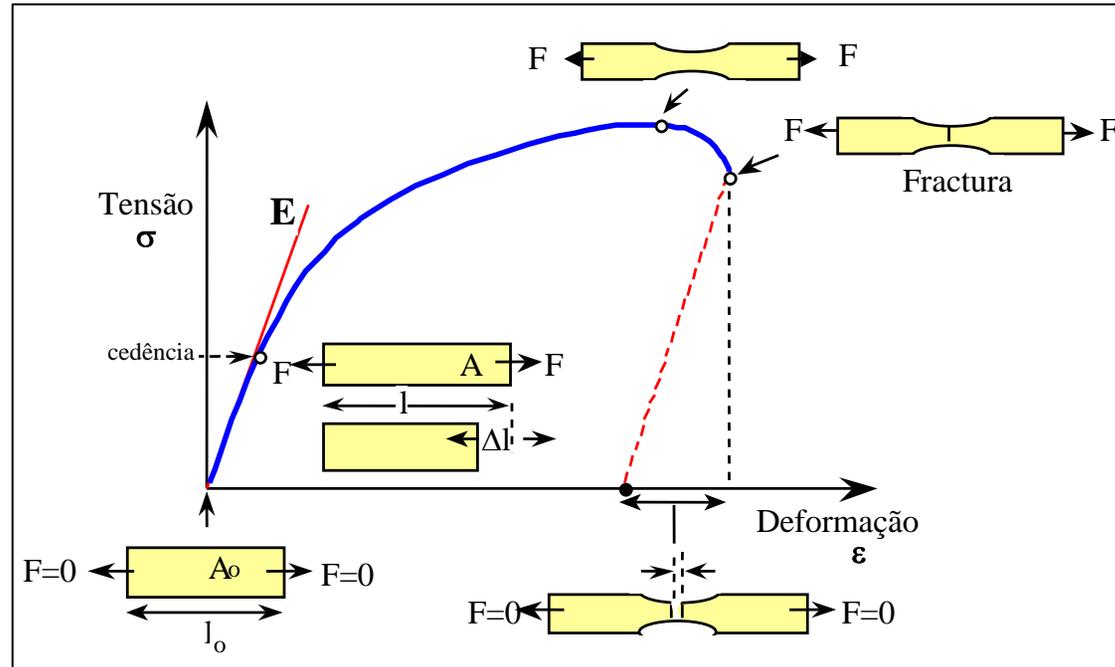
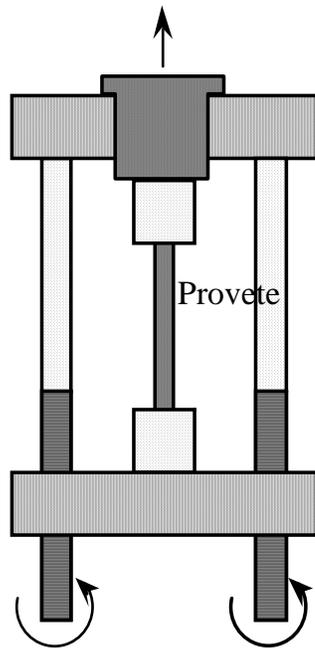
***Ensaio de rigidez*** – resistência à dobragem (e.g. batons de ski).

***Ensaio de dureza*** – resistência ao riscar (e.g. materiais para chão).

***Ensaio de impacto*** – resistência a forças abruptas (e.g. garrafas de refrigerantes).

***Ensaio de fadiga*** – resistência ao uso contínuo, em geral, dobragem (e.g. cauda do avião).

## Ensaio de tracção - Medição do Módulo de Young ou de elasticidade (E)



$$\sigma = \frac{F \text{ (Força aplicada)}}{A \text{ (Secção inicial do provete)}}$$

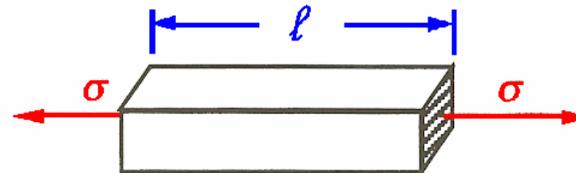
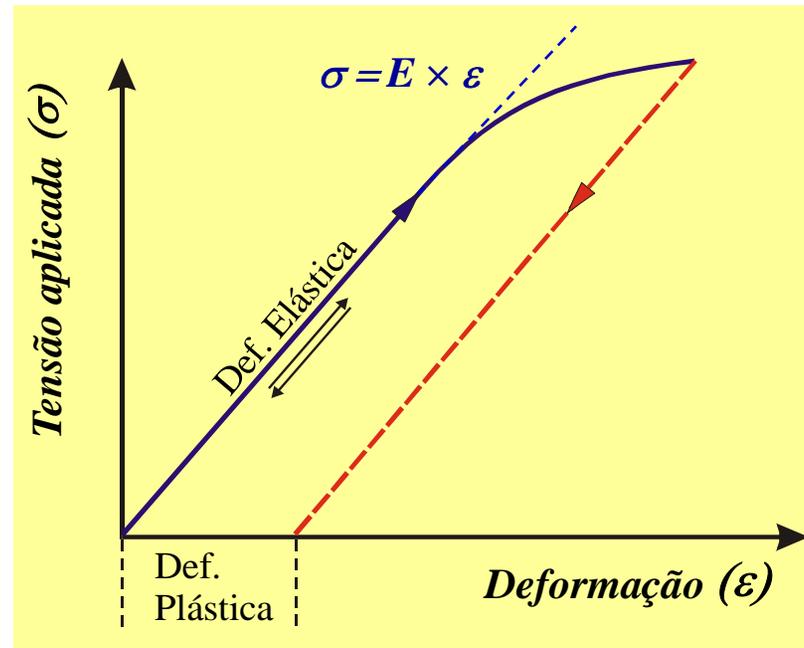
$$\epsilon_{\text{(deformação)}} = \frac{l_{\text{final}} - l_{\text{inicial}}}{l_{\text{inicial}}} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Um dos métodos mais precisos consiste em medir a velocidade do som ( $v$ ) no material (de densidade  $\rho$ ):

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

# Propriedades Mecânicas

## Deformação elástica e plástica

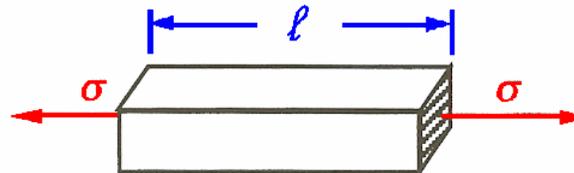
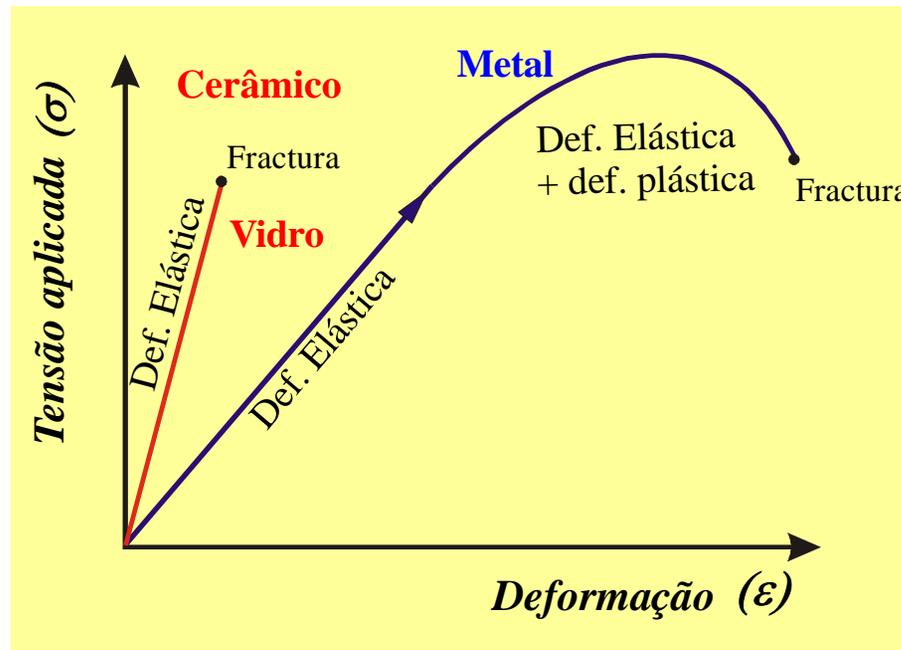


$$\sigma = \frac{F \text{ (Força aplicada)}}{A \text{ (Secção inicial do provete)}}$$

$$\epsilon \text{ (deformação)} = \frac{l_{\text{final}} - l_{\text{inicial}}}{l_{\text{inicial}}} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

# Propriedades Mecânicas

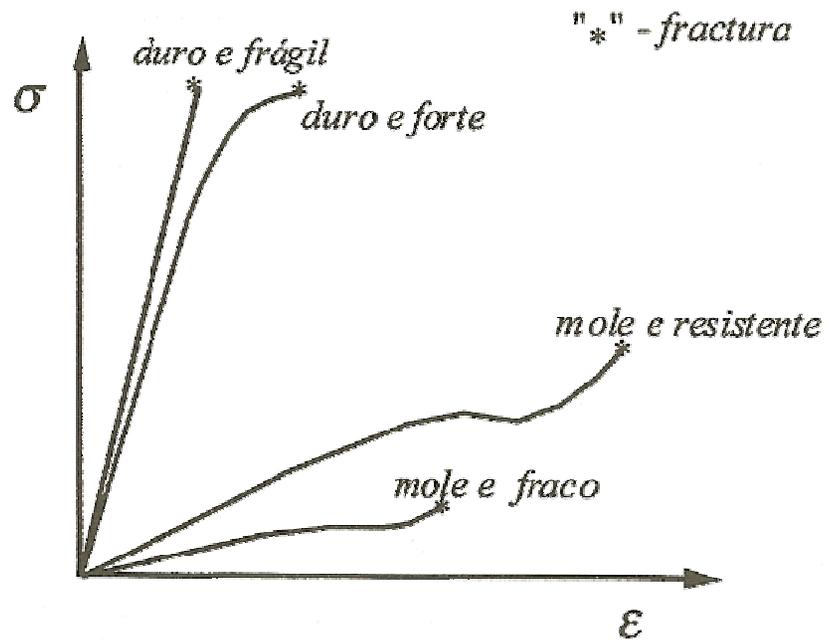
Deformação de um vidro (sólido não cristalino) ou cerâmico e de um metal



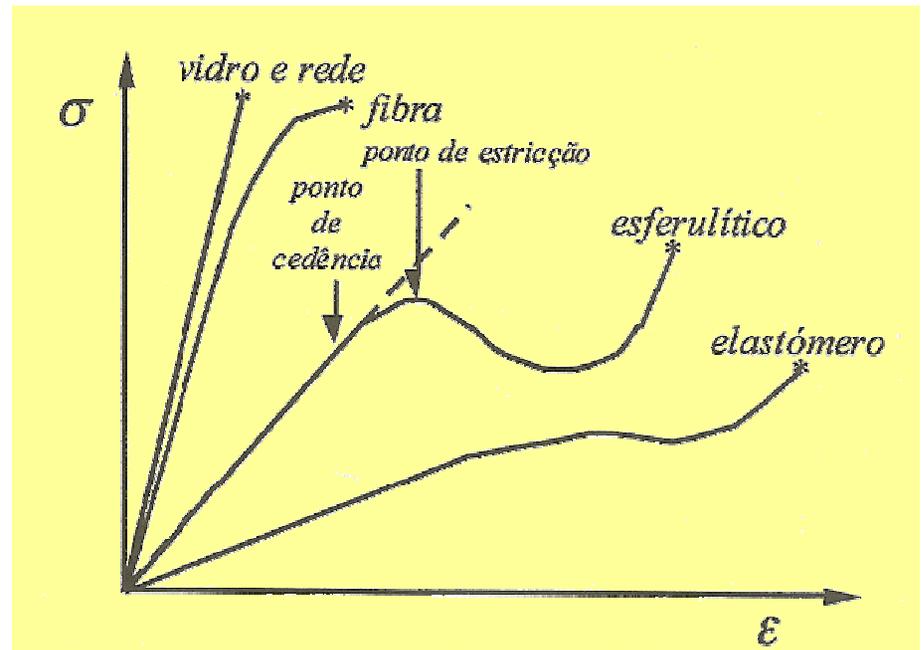
$$\sigma = \frac{F \text{ (Força aplicada)}}{A \text{ (Secção inicial do provete)}}$$

$$\epsilon \text{ (deformação)} = \frac{l_{\text{final}} - l_{\text{inicial}}}{l_{\text{inicial}}} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

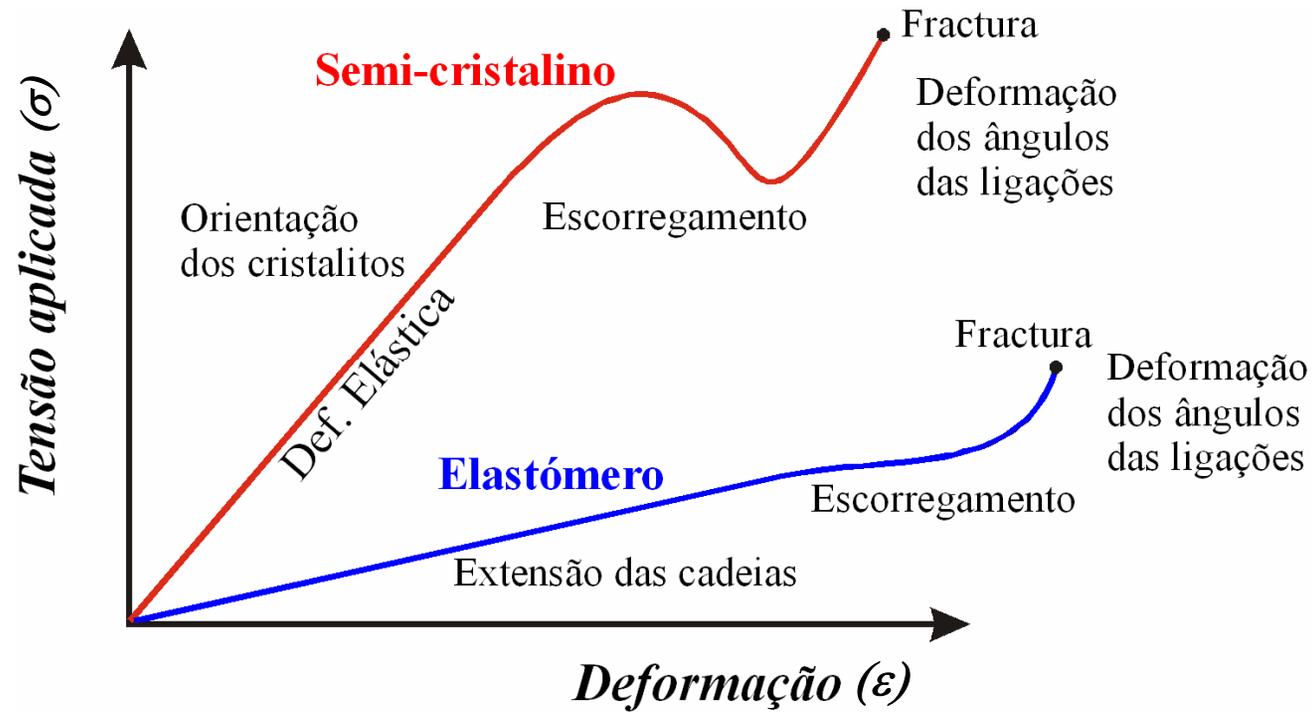
## Comportamento típico de materiais



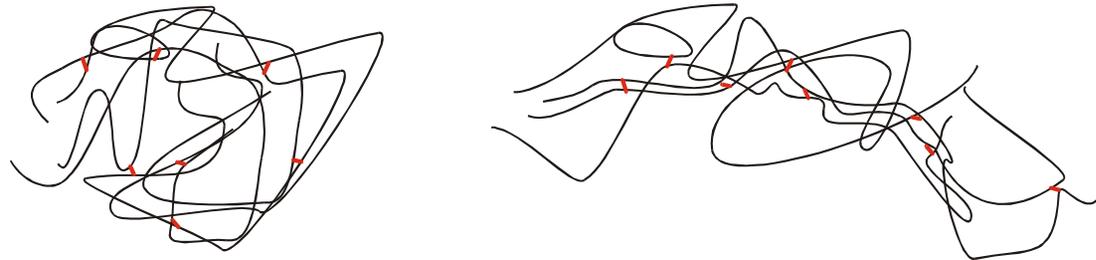
## Comportamento típico de Polímeros



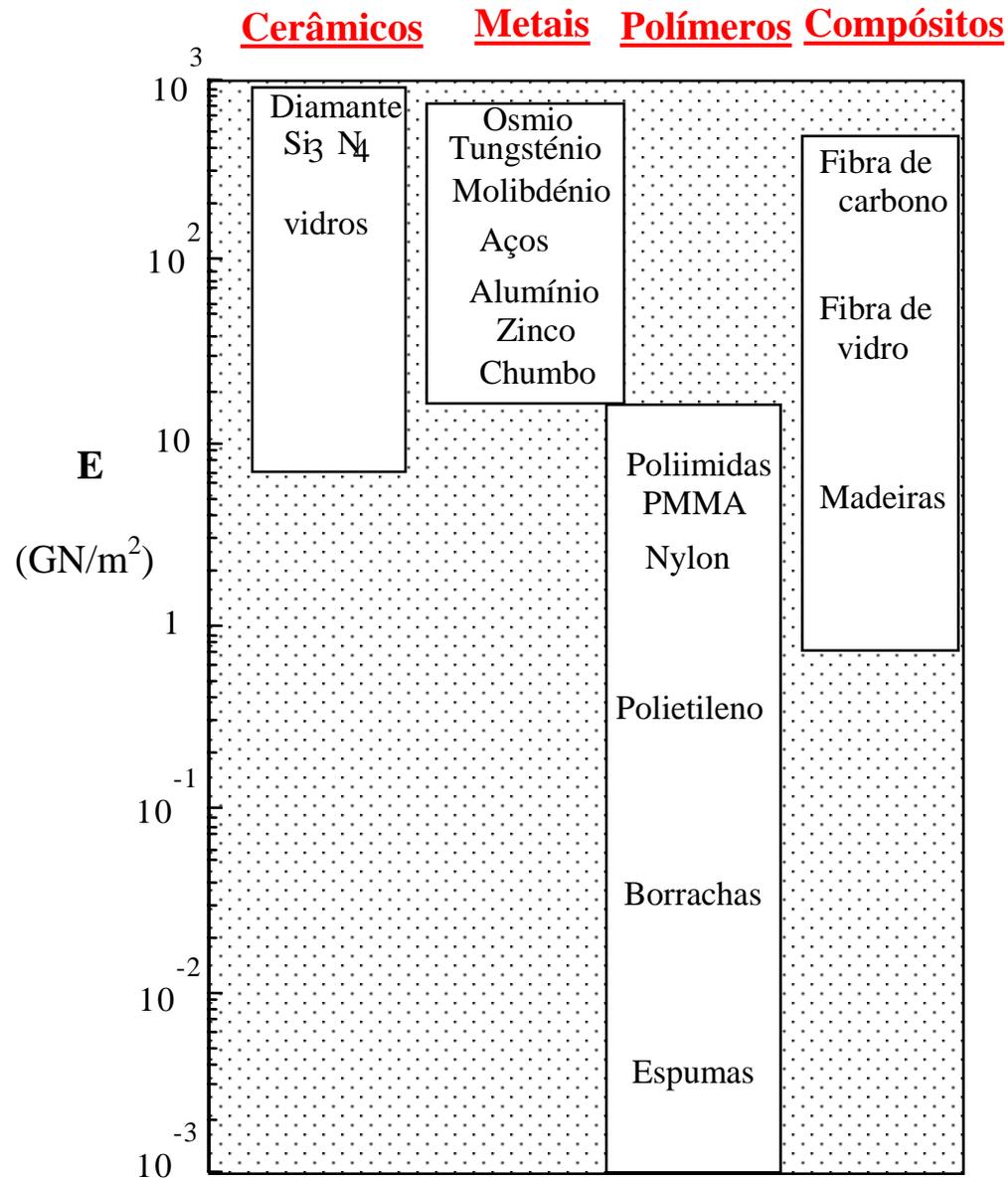
## Comportamento típico de Fibras e Elastómeros



*Elastômeros* →



# Valores de E para vários tipos de materiais



Módulos de Young de vários tipos de materiais

## Factores de que E depende:

- **Forças de coesão entre os átomos ou moléculas**
  - *Ligação química (iónica, covalente, metálica)*
  - *Interacções intermoleculares*
- **Modo como os átomos se dispõem- estrutura**
- **No caso dos polímeros depende também da velocidade de deformação**

## Exercícios

### **Exemplo 1**

*O módulo de elasticidade ( $E$ ) para uma amostra de aço Cr-Mo é  $2.10 \times 10^{11}$  Pa. Quando uma força de 90000 N é aplicada a uma amostra deste aço com 1.00 m de comprimento, há uma deformação de 1.00 mm. Calcule a área transversal da amostra.*

*(Resposta:  $4.29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ )*

### **Exemplo 2**

*O módulo de elasticidade ( $E$ ) da grafite é  $1.00 \times 10^9$  kPa. Se uma amostra desta grafite, com uma área transversal de  $6.00 \text{ mm}^2$  e um comprimento de 50 cm, é estirada com uma força de 15000 N, qual é a deformação da amostra?*

*(Resposta: 1.3 mm)*