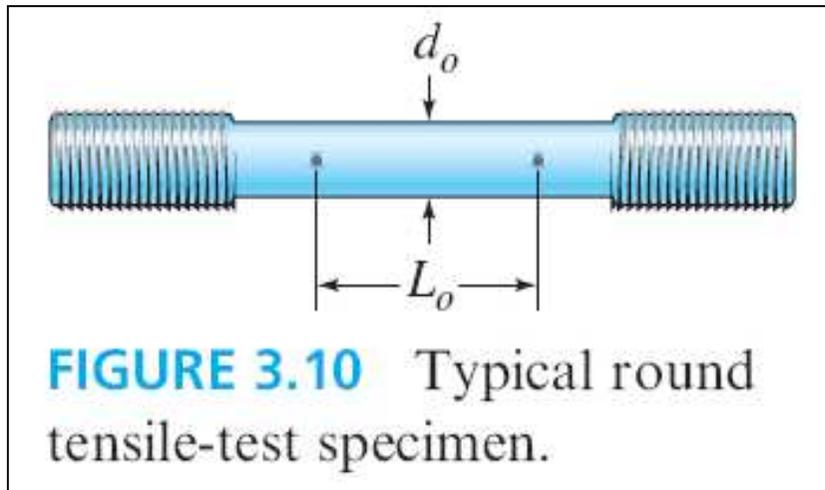


Ensaio de Tração

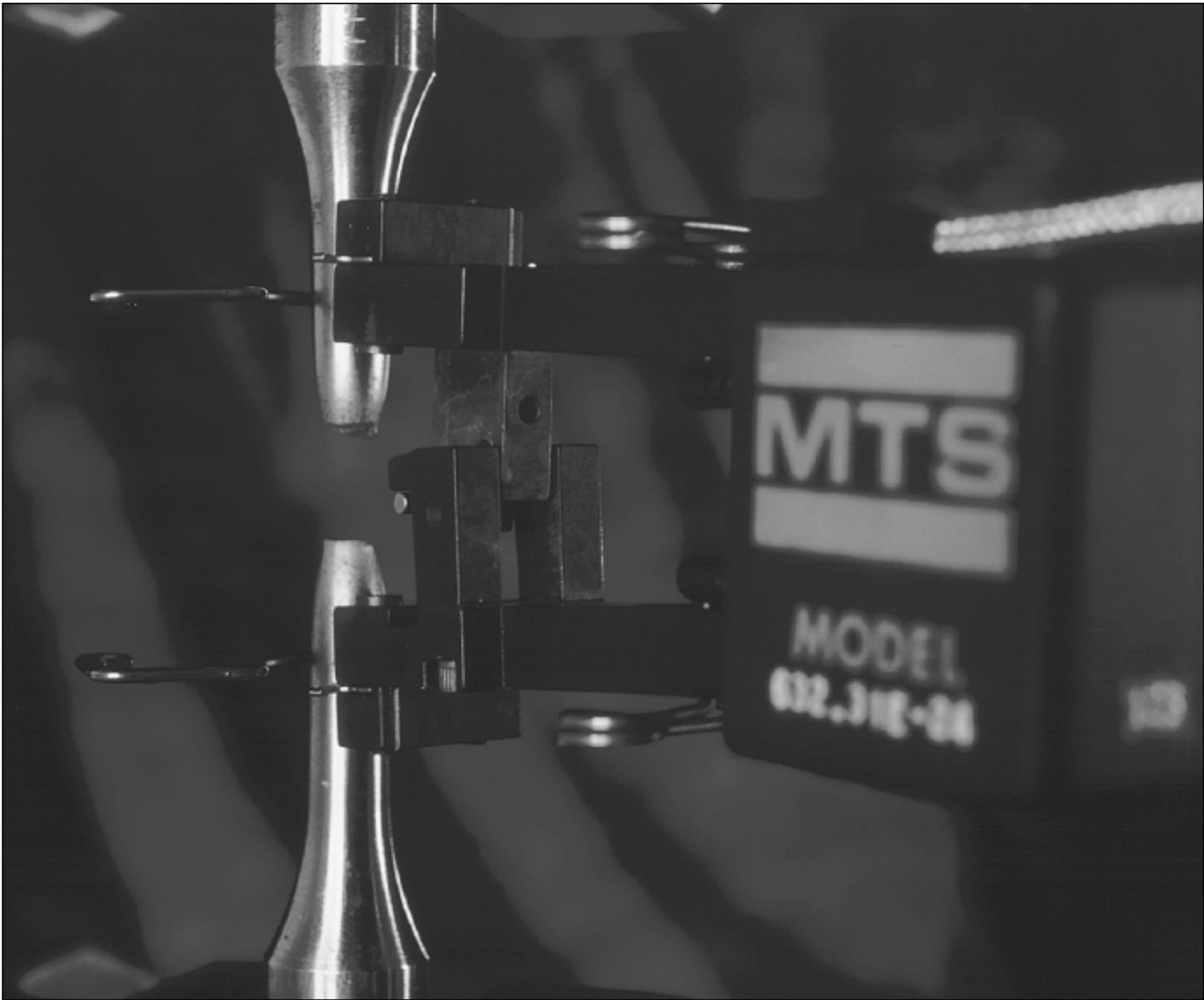


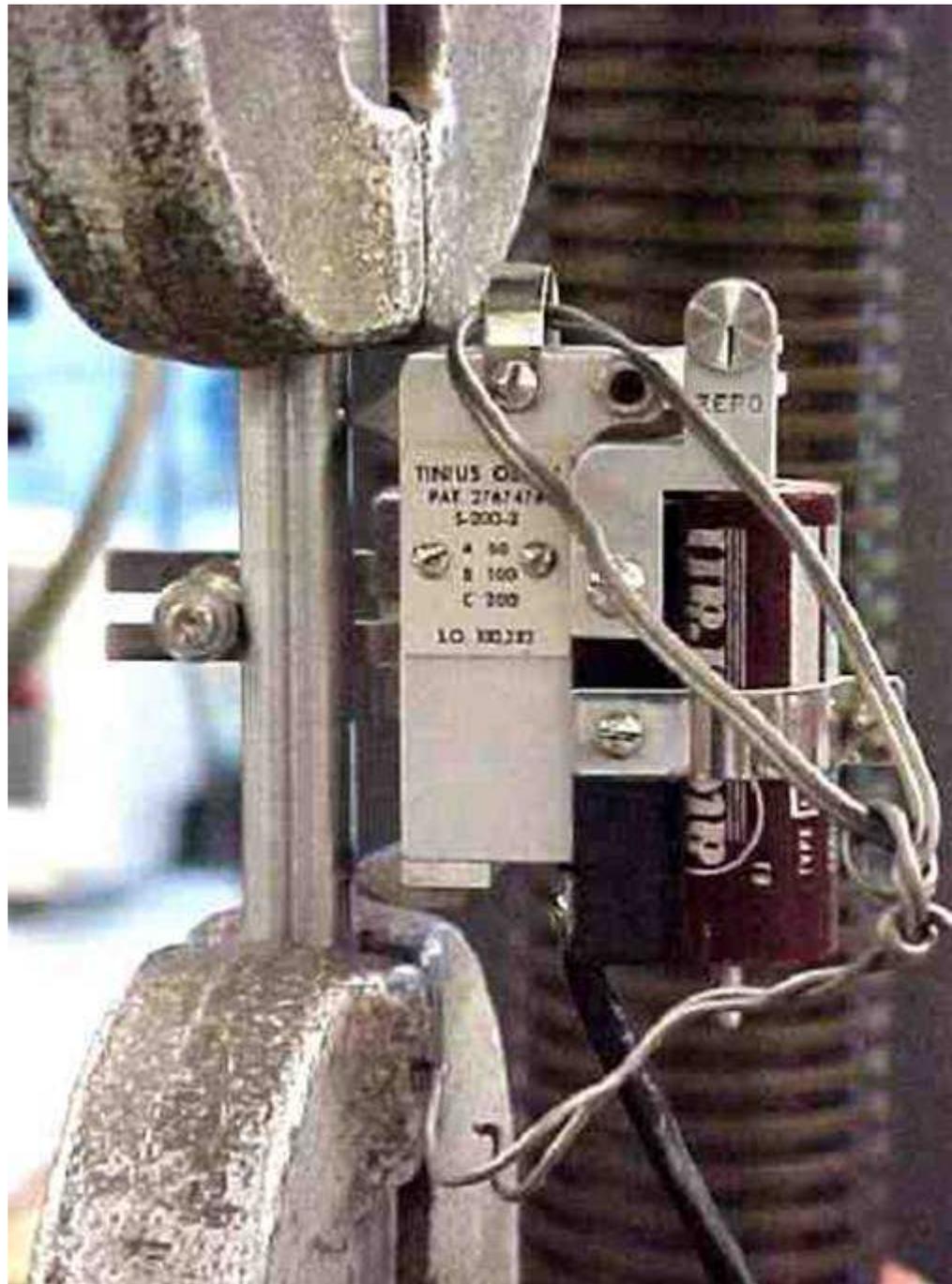
Tensão convencional:

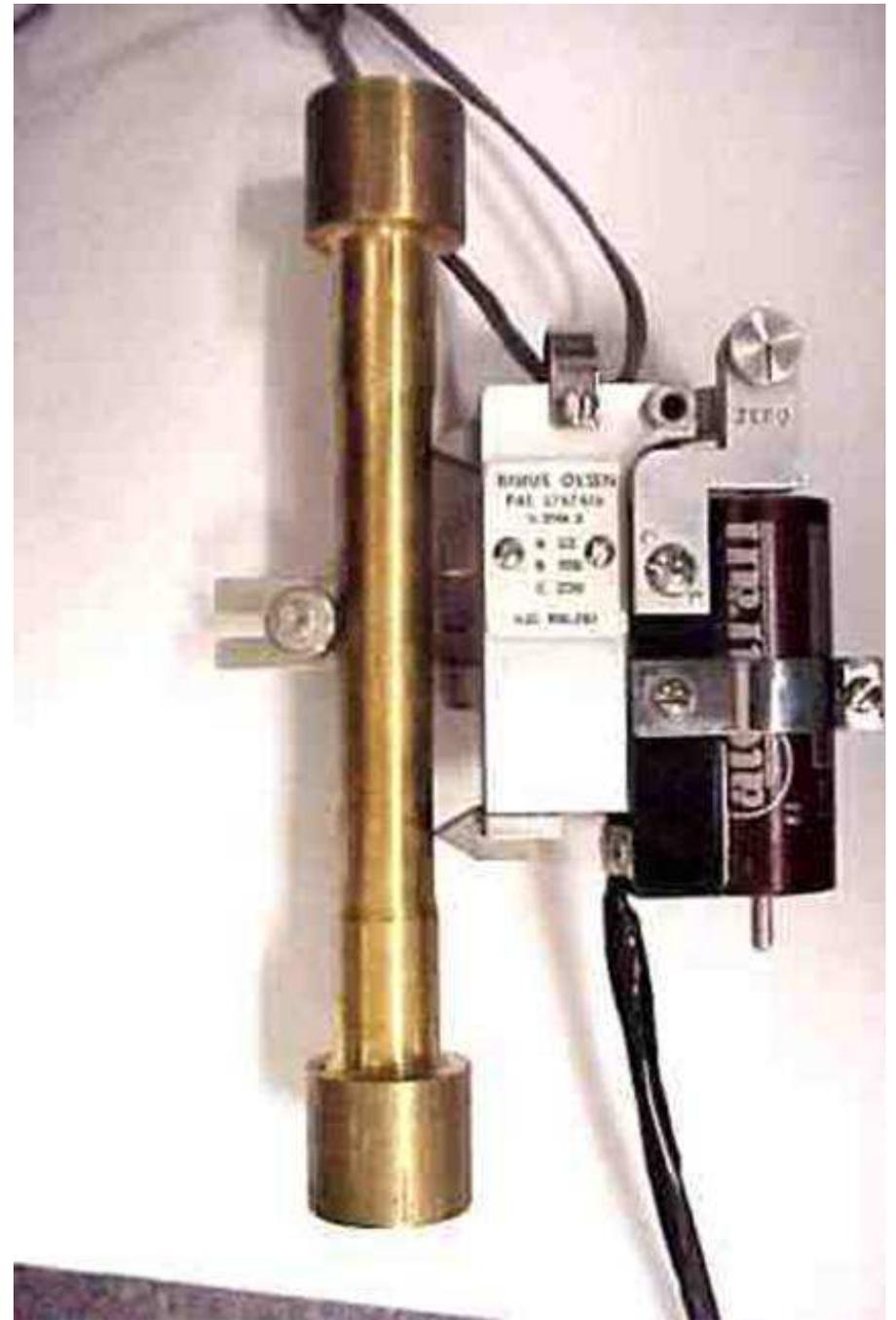
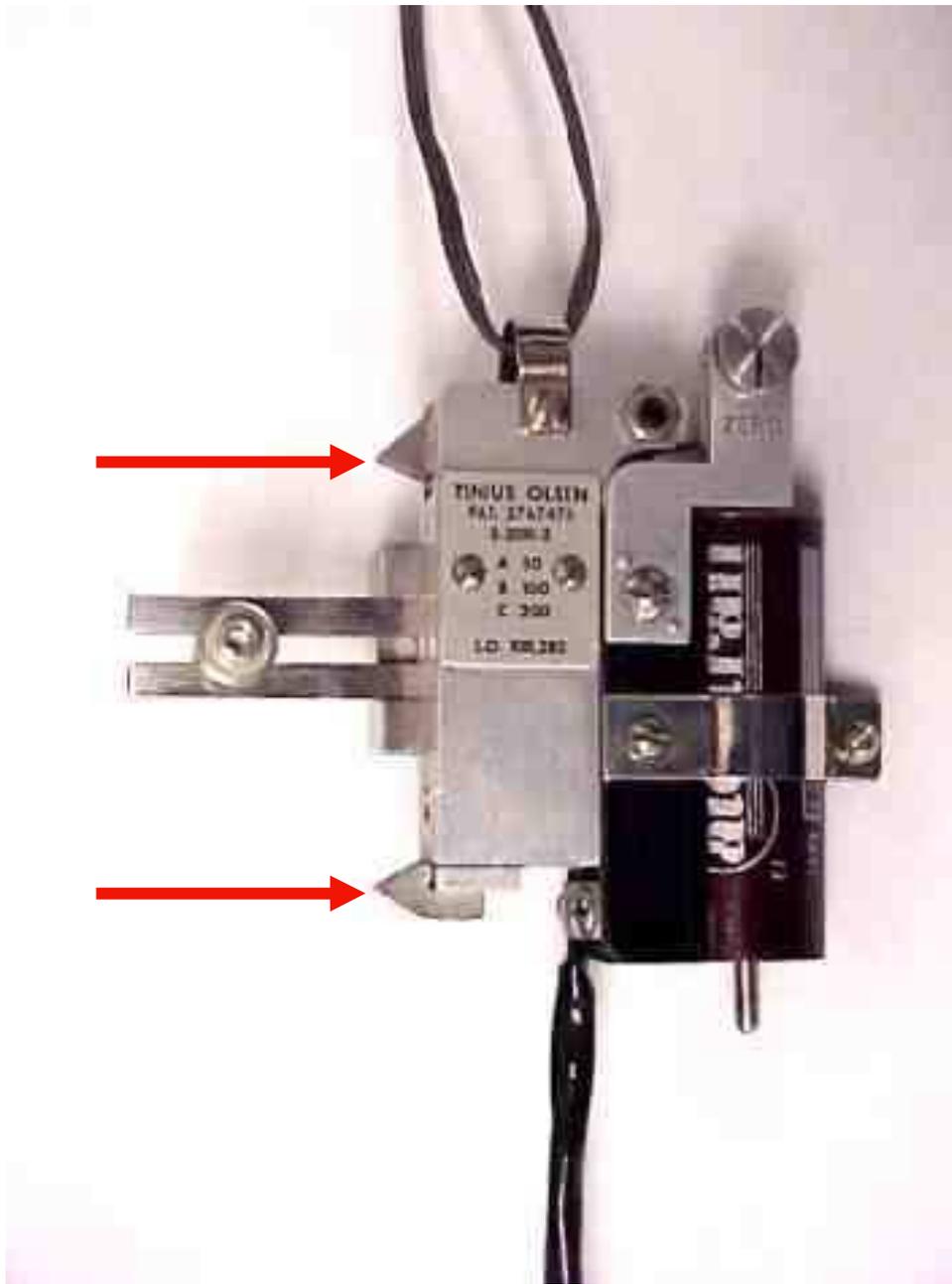
$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

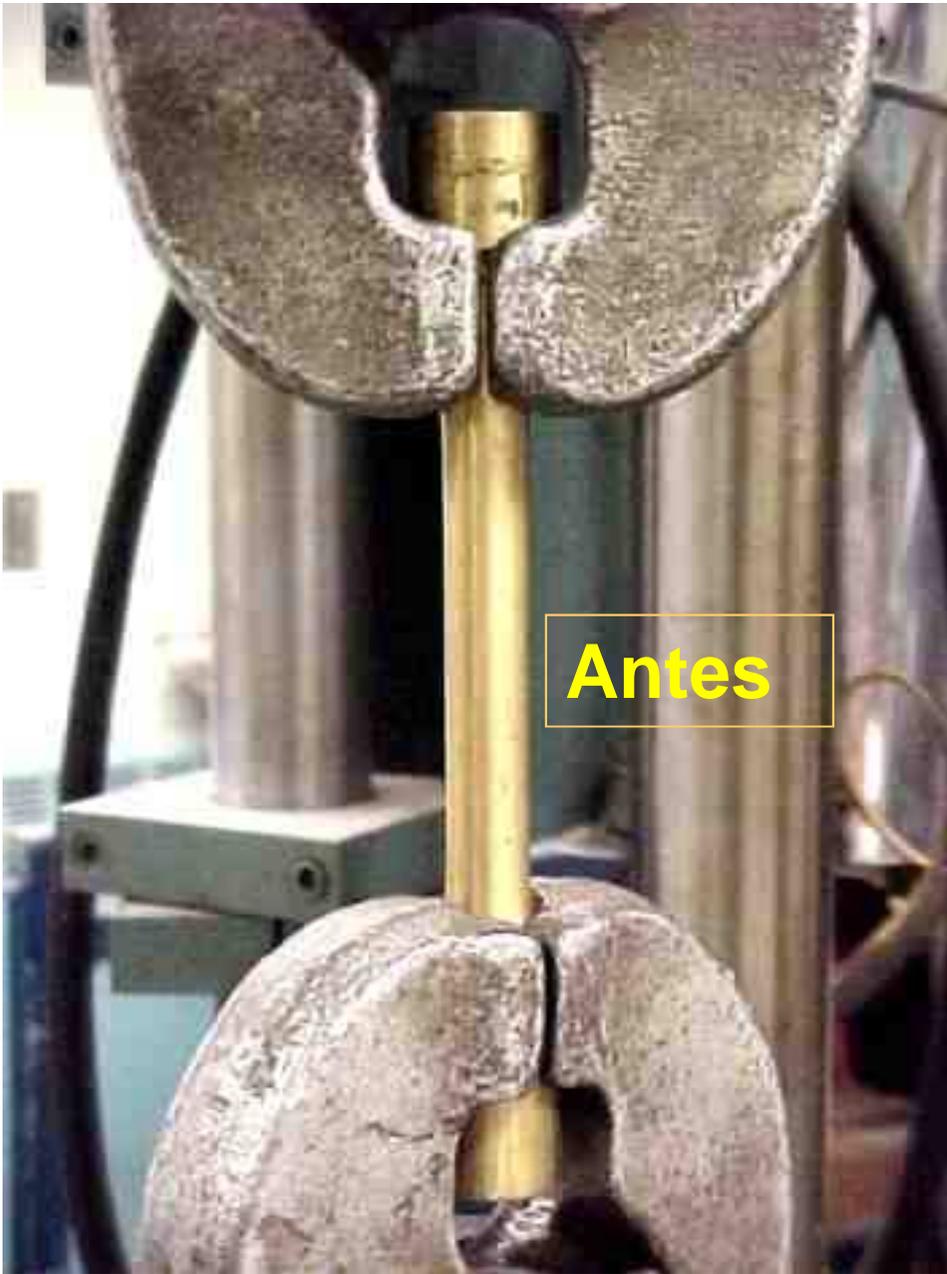
Deformação convencional:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

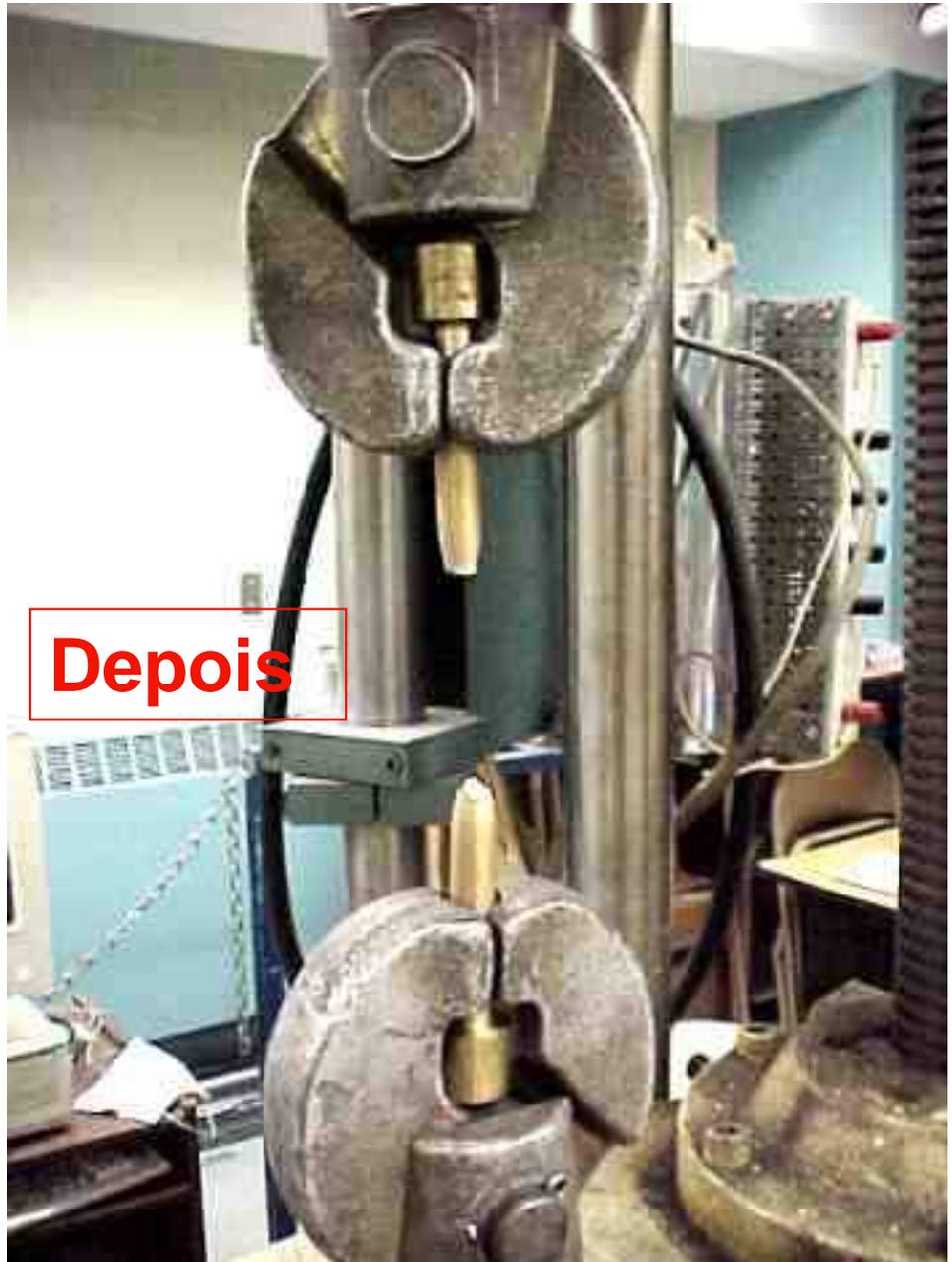








Antes



Depois



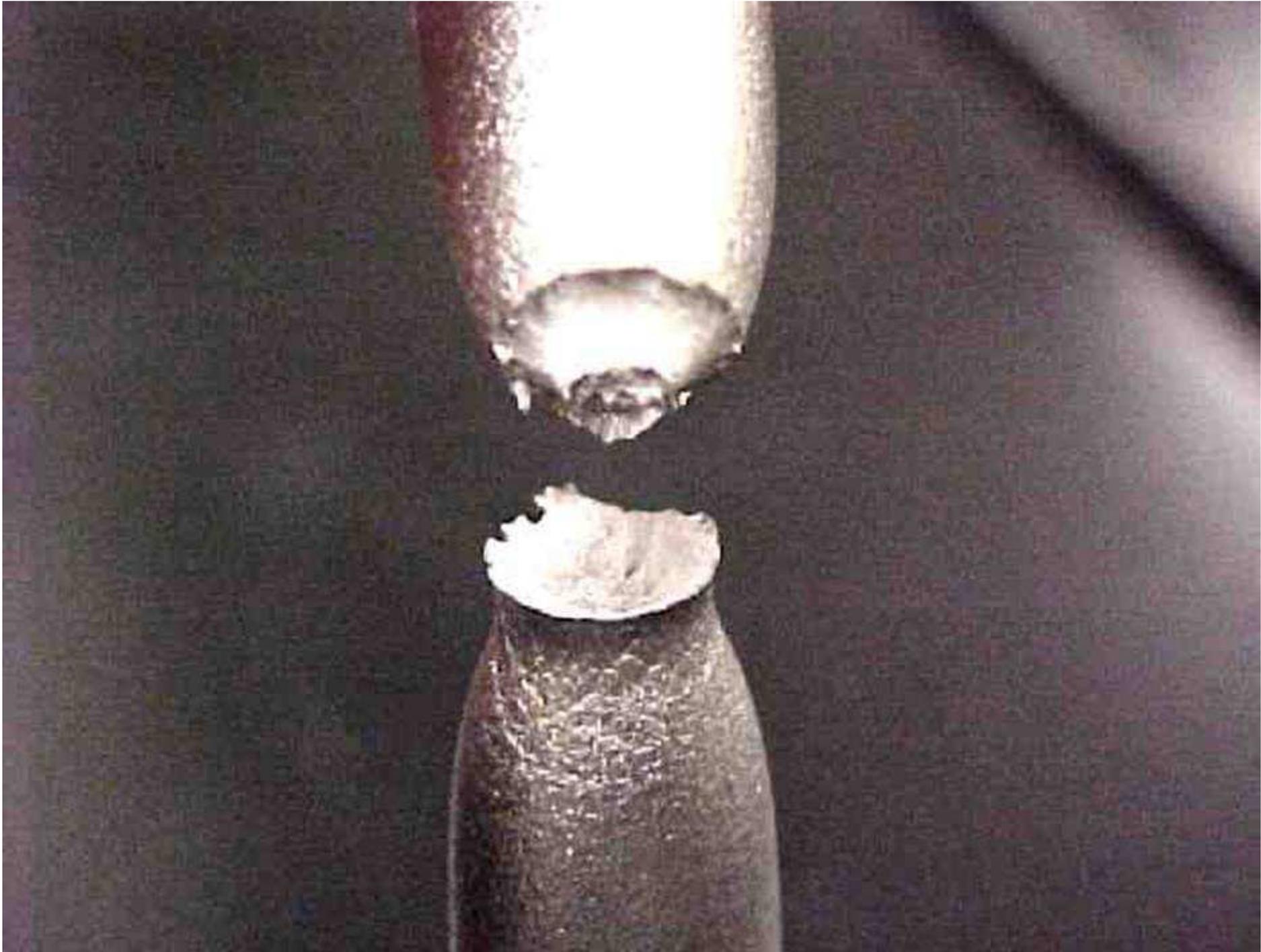


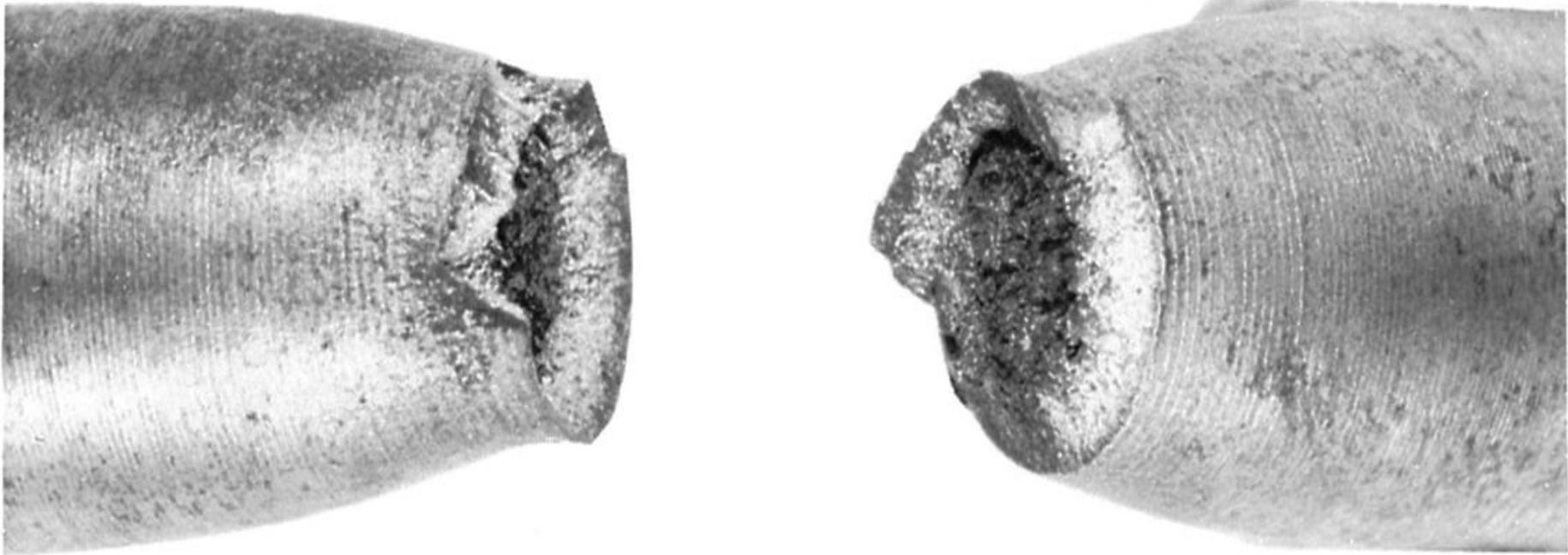
Empescoçamento

“Necking”

“Necking” ocorre devido a uma deformação não uniforme e localizada.







(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

- Região de fratura típica de material ductil. Imagem mostra região de deformação localizada (empescoçamento)



A clássica forma taça & cone de uma falha ductil em tração é visível aqui.

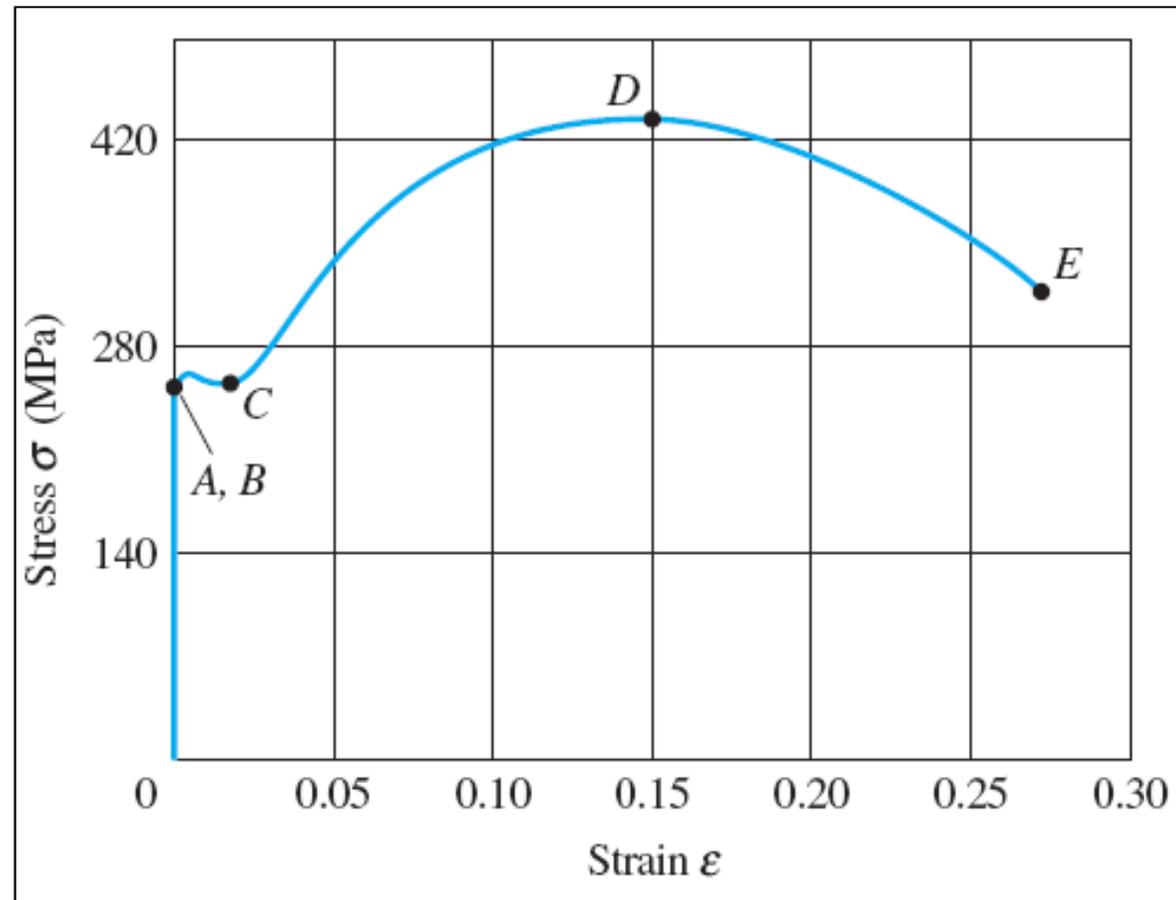


Aspectos da região da fratura em amostra ensaiadas em tração para diferentes materiais (ductil até frágil).



Típico Diagrama tensão-deformação

- Aço estrutural



Teste de Tração

As seguintes propriedades dos materiais podem ser avaliadas/determinadas pelo teste de tração:

- RESISTÊNCIA
- DUCTILIDADE
- ELASTICIDADE
- RIGIDEZ
- TENACIDADE
- RESILIÊNCIA

Importante: São propriedades muitas vezes usadas na seleção de materiais



Propriedades do Material

RESISTÊNCIA – a maior tensão que o material pode suportar antes da fratura.

DUCTILIDADE – propriedade do material que permite induzir considerável deformação plástica sob uma carga antes da fratura.

ELASTICIDADE - propriedade do material que permite reter suas dimensões originais após remoção da carga de deformação.

RIGIDEZ - propriedade do material que permite aplicar altas tensões sem grandes deformações.



Ensaio de Tração

Limite de Resistência (Ultimate Tensile Strength) – A máxima tensão de tração que o material é capaz de suportar durante o teste.

Carga- força aplicada em newtons, kgf ou libras

Tensão – intensidade das forças internamente distribuídas. Comumente medida da força por unidade de área, tais como: pounds per square inch (PSI or lb/in²) or MegaPascals (MPa). Os três tipos básicos de tensão são: tração, compressão, e cisalhamento. Os dois primeiros, tração e compressão, são chamadas tensões diretas.

Limite Elástico – maior quantidade de tensão que um material pode desenvolver sem apresentar deformação permanente no descarregamento.

Alongamento percentual – deformação percentual total que um espécime desenvolve durante o teste.



Limite de Proporcionalidade – A maior tensão que um material pode desenvolver sem desviar da linearidade entre tensão e deformação. Na prática, é muitas vezes considerado como o limite elástico.

Redução percentual em area – A diferença entre a seção transversal inicial e da região da fratura do CDP, expressa em termos percentuais.

Tensão de escoamento – A tensão na qual o material exhibe um específico limite ao escoamento.



Material Ductil versus Frágil

- ***Materiais Ducteis*** podem apresentar largas deformações anelásticas antes da fratura. Por exemplo, aço estrutural e e muitas outras ligas metálicas, e nylon, são caracterizadas por sua habilidade de deformarem na temperatura ambiente.
- *Alongamento percentual é mais que 5.*

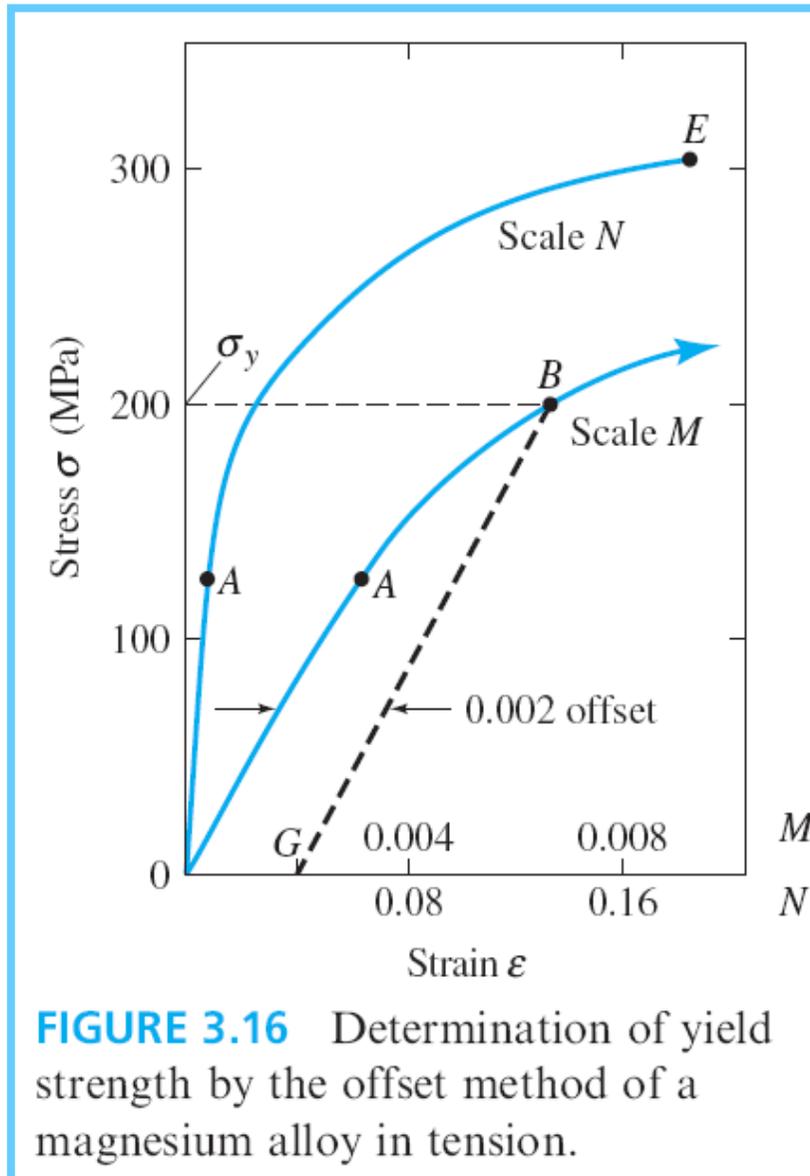


Material Ductíl versus Frágil

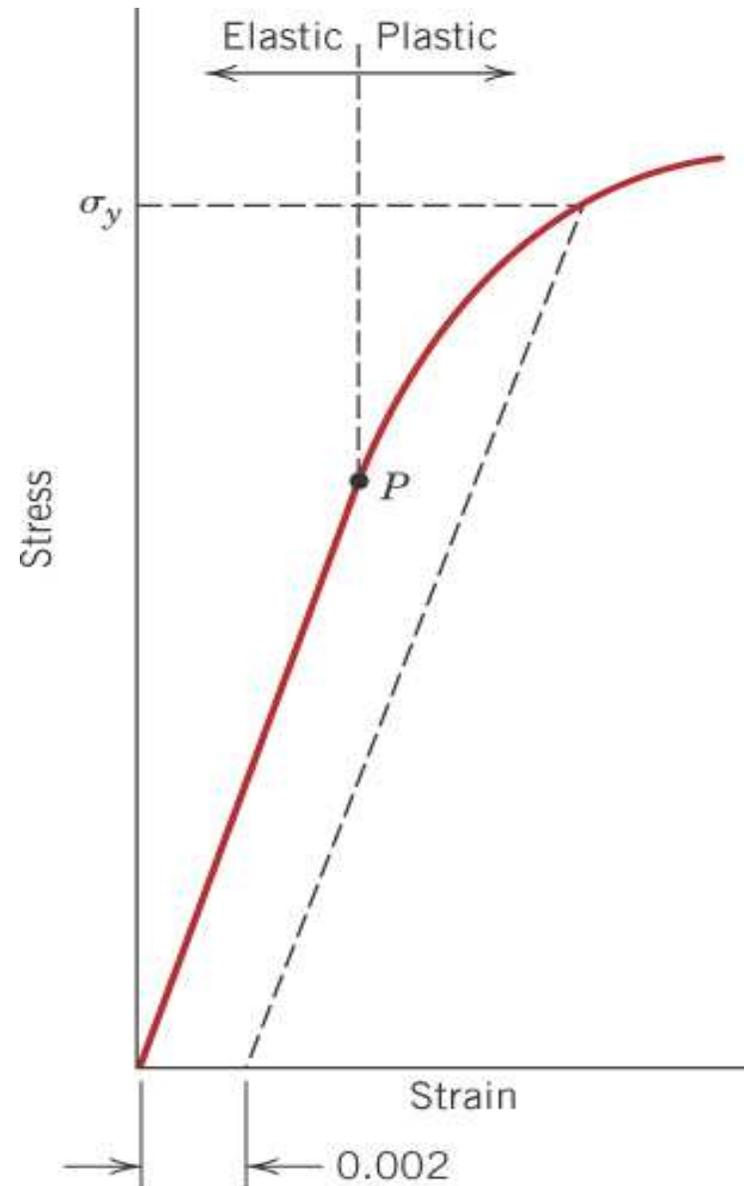
- ***Materiais Frágeis*** (por exemplo, ferro fundido ou concreto) exhibe pouca deformação antes da ruptura e, como resultado, falha subitamente sem qualquer aviso aparente.
- Alongamento Percentual é menor que 5.



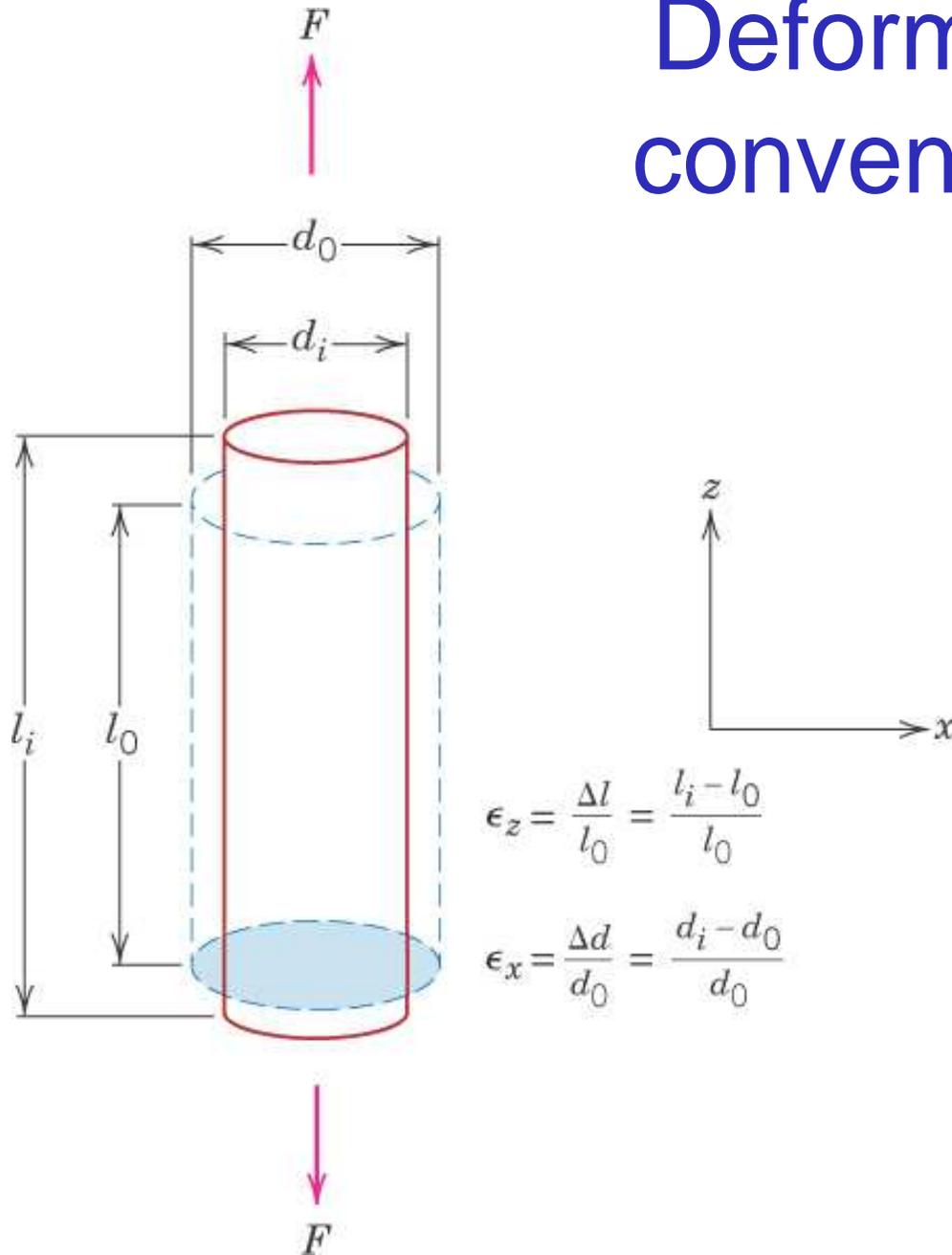
Tensão de escoamento – Método Offset



Típico comportamento tensão-deformação (stress-strain) para um metal mostrando: deformações elástica e plástica, o limite proporcionalidade P e a tensão de escoamento σ_y , quando determinada usando o método 0.002 strain offset

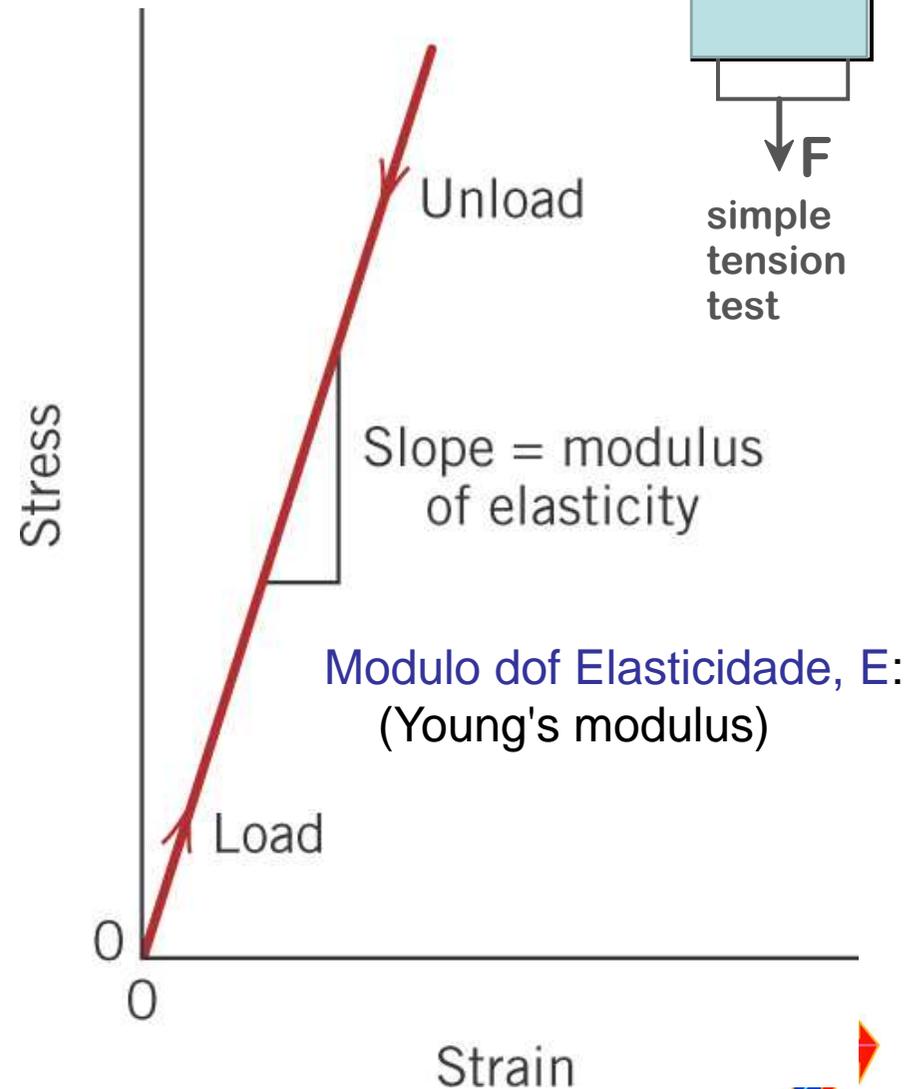
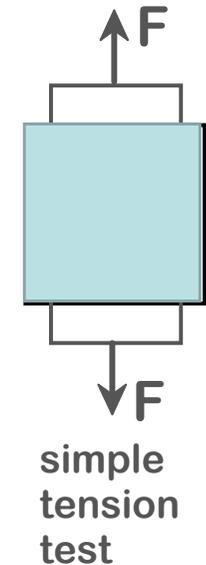
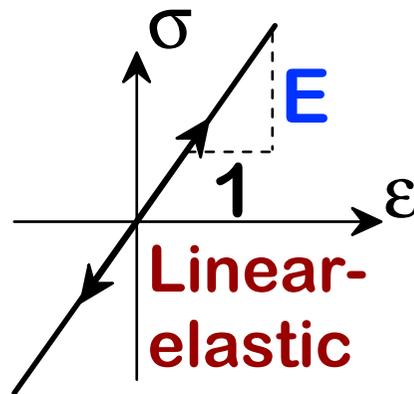


Deformação convencional



Comportamento linear elástico: Propriedades

- **Lei de Hooke:** $\sigma = E \varepsilon$
- **razão de Poisson** : $\nu = -\varepsilon_x / \varepsilon_y$
 - metais: $\nu \sim 0.33$
 - ceramicas: $\nu \sim 0.25$
 - polimeros: $\nu \sim 0.40$



Unidades:
E: [GPa] or [psi]
ν: adimensional

Modulo de Elasticidade

- A inclinação da curva tensão-deformação na região de deformação elástica é o modulo de elasticidade (E), a qual é conhecido como modulo de Young (E)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

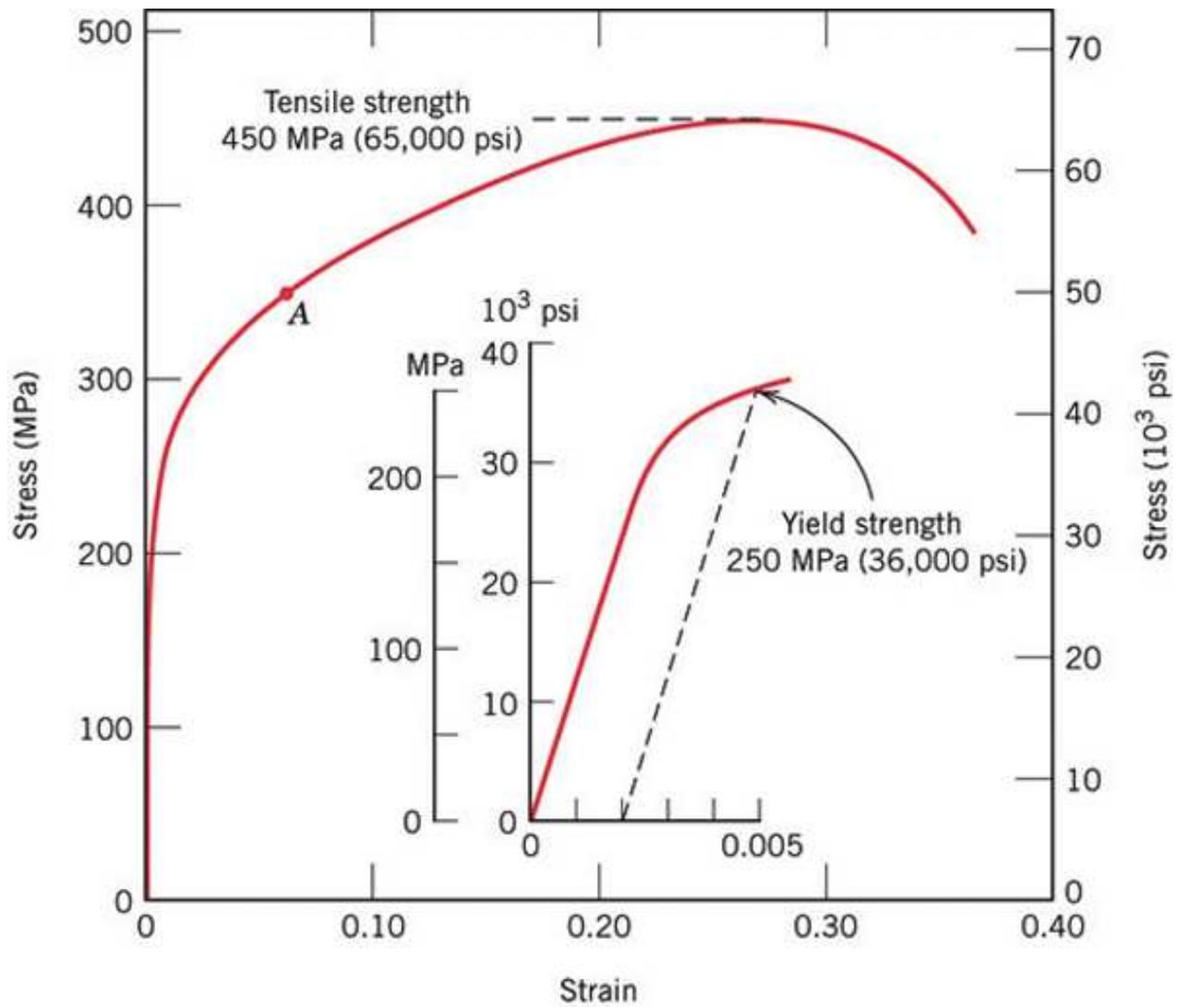


EXEMPLO

A partir do comportamento tensão-deformação em tração para um corpo-de-prova de latão mostrado na figura abaixo, determinar o seguinte:

- ▶ a) O módulo de elasticidade
- ▶ b) A tensão limite de escoamento a um nível de pré-deformação de 0,002.
- ▶ c) A carga máxima que pode ser suportada por um corpo-de-prova cilíndrico com um diâmetro original de 12,8 mm.





RESPOSTA

- a) O módulo de elasticidade:
- $\sigma = E \varepsilon$
- $E = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon$
- $E = (\sigma_2 - \sigma_1) / (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)$
- $E = (150 - 0) / (0,0016 - 0)$
- $E = 93.780 \text{ MPa} = 93,8 \text{ GPa}$



RESPOSTA

- b) A tensão limite de escoamento a um nível de pré-deformação de 0,002.
- Interseção da linha que passa pela pré-deformação de 0,002 com a curva tensão-deformação.
- Tensão limite de escoamento = 250 MPa.



RESPOSTA

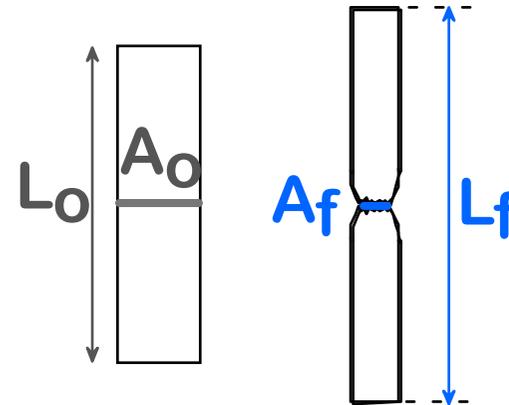
- c) A carga máxima que pode ser suportada por um corpo-de-prova cilíndrico com um diâmetro original de 12,8 mm.
- $\sigma = \frac{F}{A_0}$
- $F = \sigma A_0 = \sigma (d_0/2)^2 \pi$
- $F = (450 \times 10^6 \text{ N/m}^2) (12,8 \times 10^{-3} \text{ m} / 2)^2 \pi$
- $F = 57900 \text{ N}$



Ductilidade, %AL

Ductilidade é a medida de deformação plástica que ocorre até a fratura:

$$\% AL = \frac{l_f - l_o}{l_o} \times 100$$



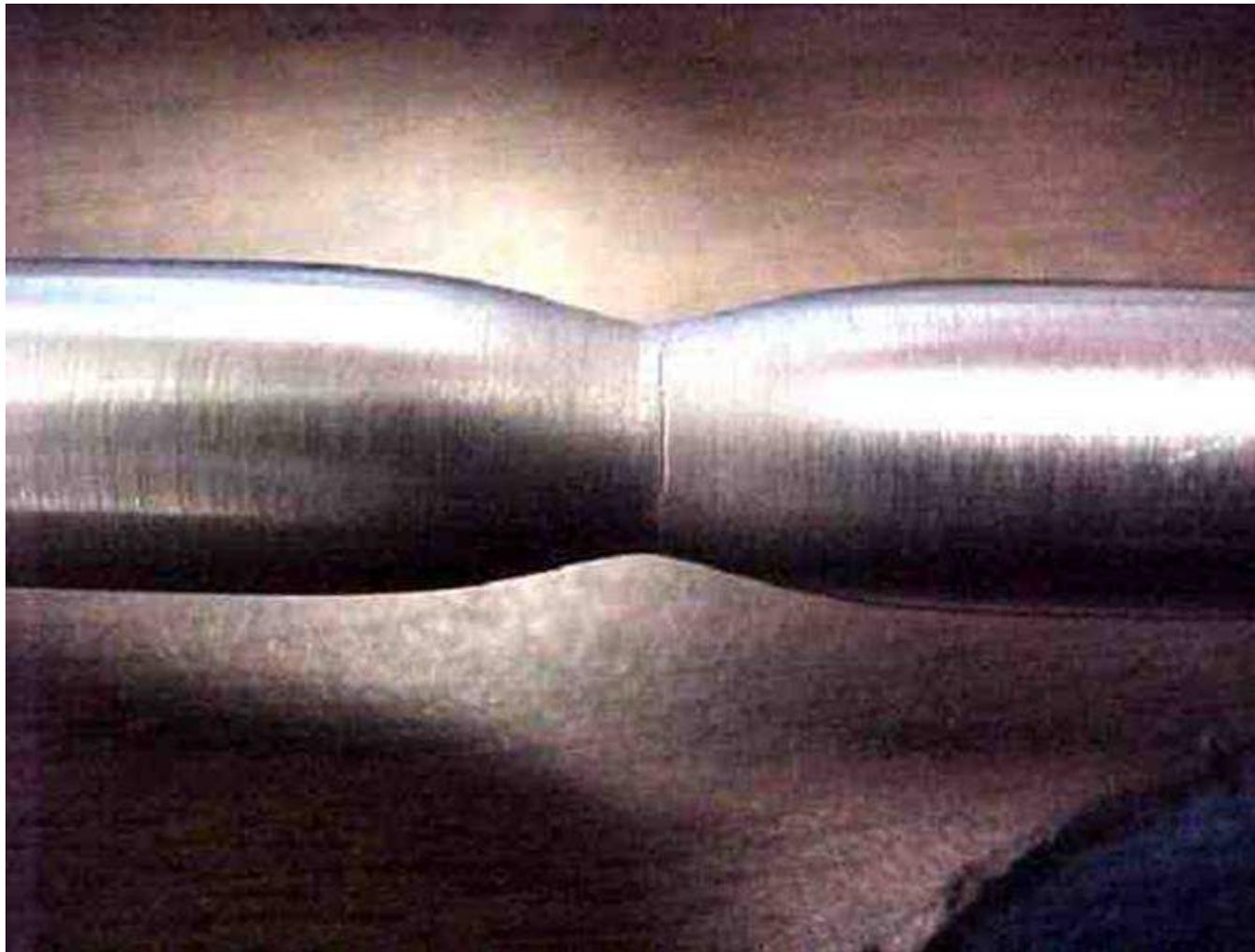
- Outra medida de ductilidade:

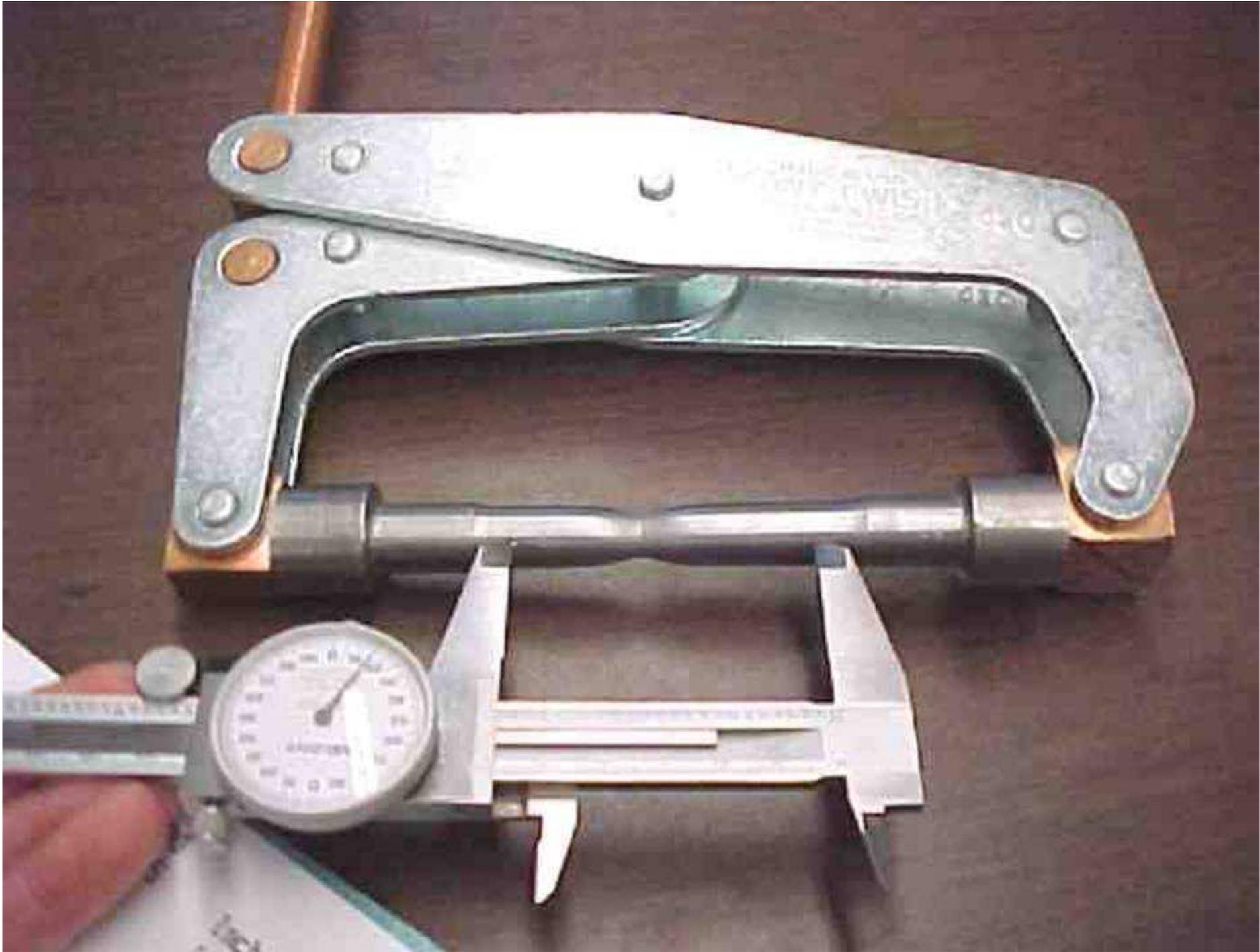
$$\% RA = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

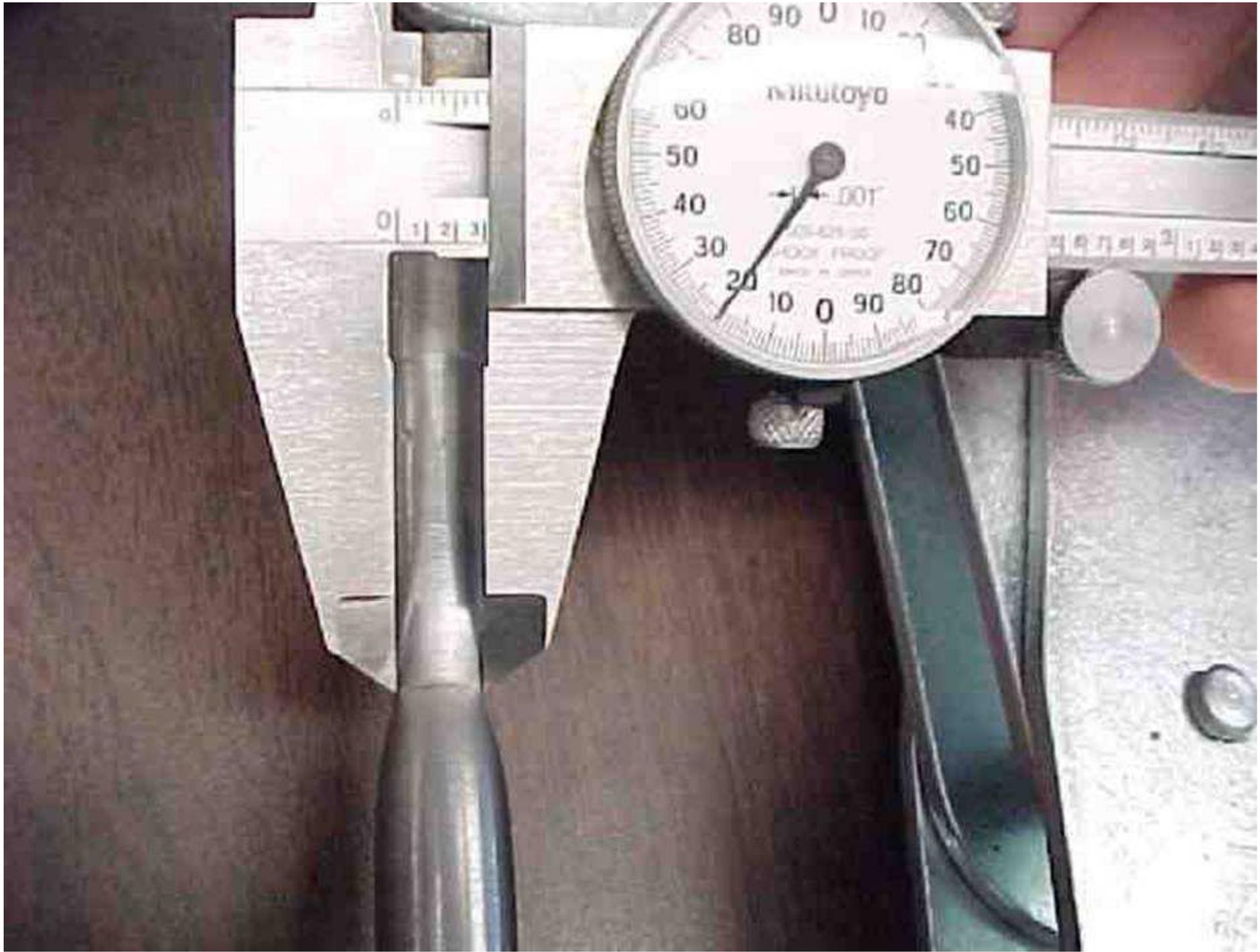
- Ductilidade pode ser expressa tanto pelo alongamento percentual (% de deformação plástica até a fratura) ou redução percentual em área.



Região da Fratura







Tenacidade

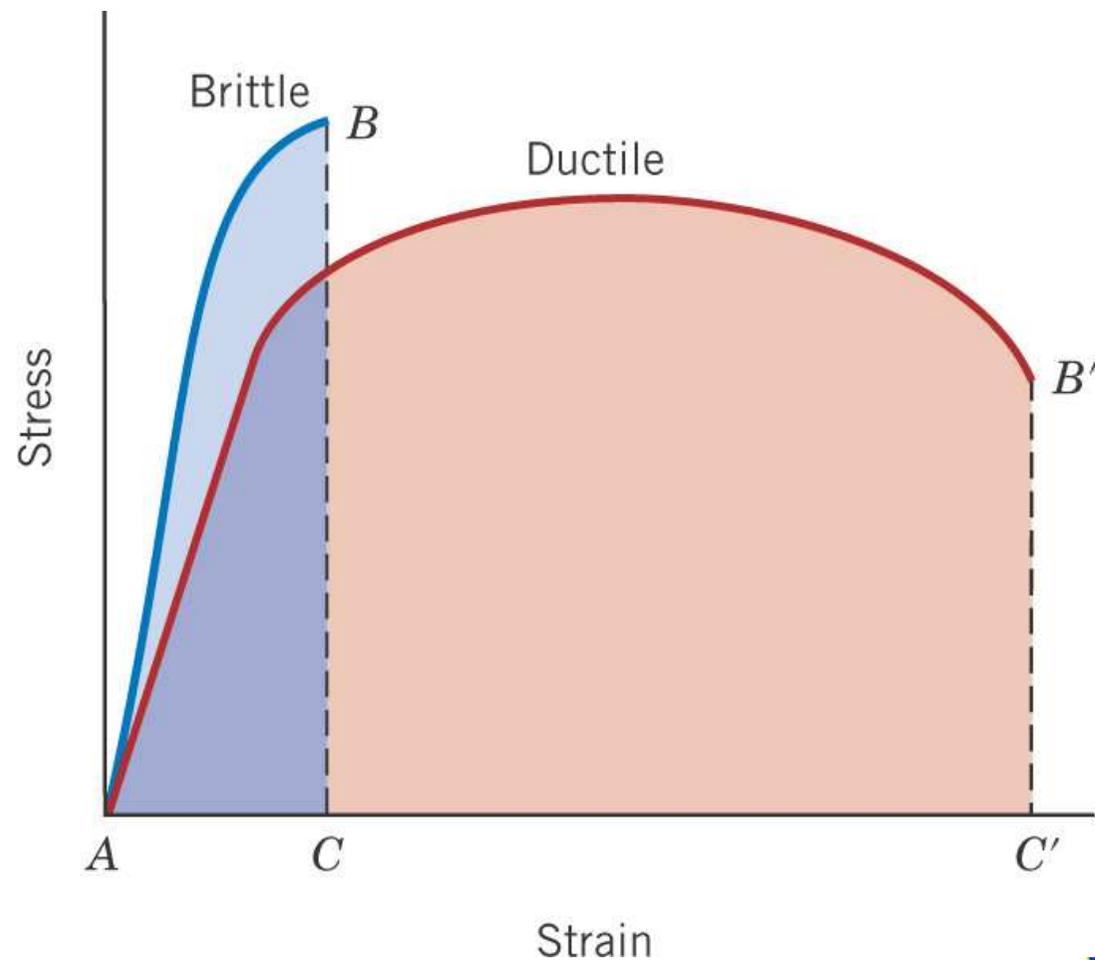
Baixa tenacidade: cerâmicas

Alta tenacidade: certos metais

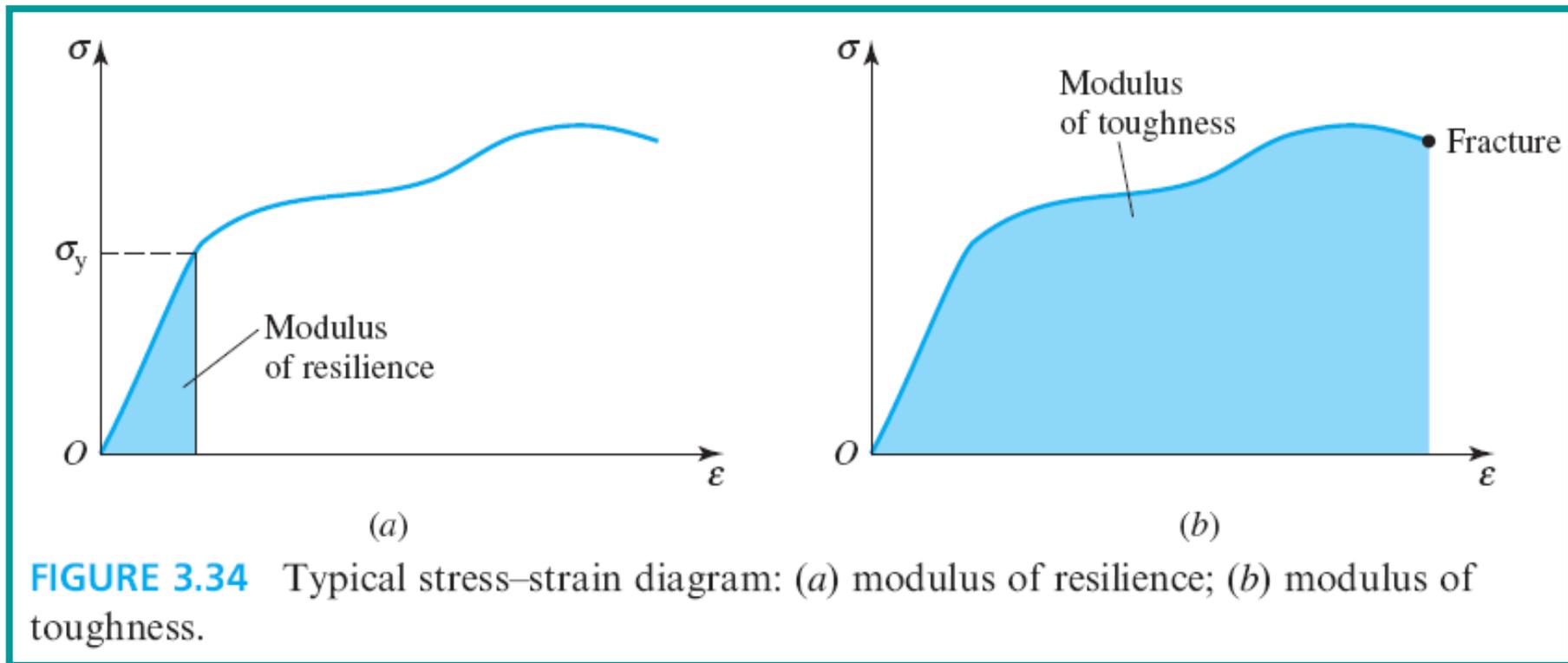
Tenacidade é a habilidade de um material absorver energia até a fratura (energia/por unidade de volume do material).

Um material “tenaz” tem resistência e ductilidade.

È a área sobre a curva tensão-deformação.



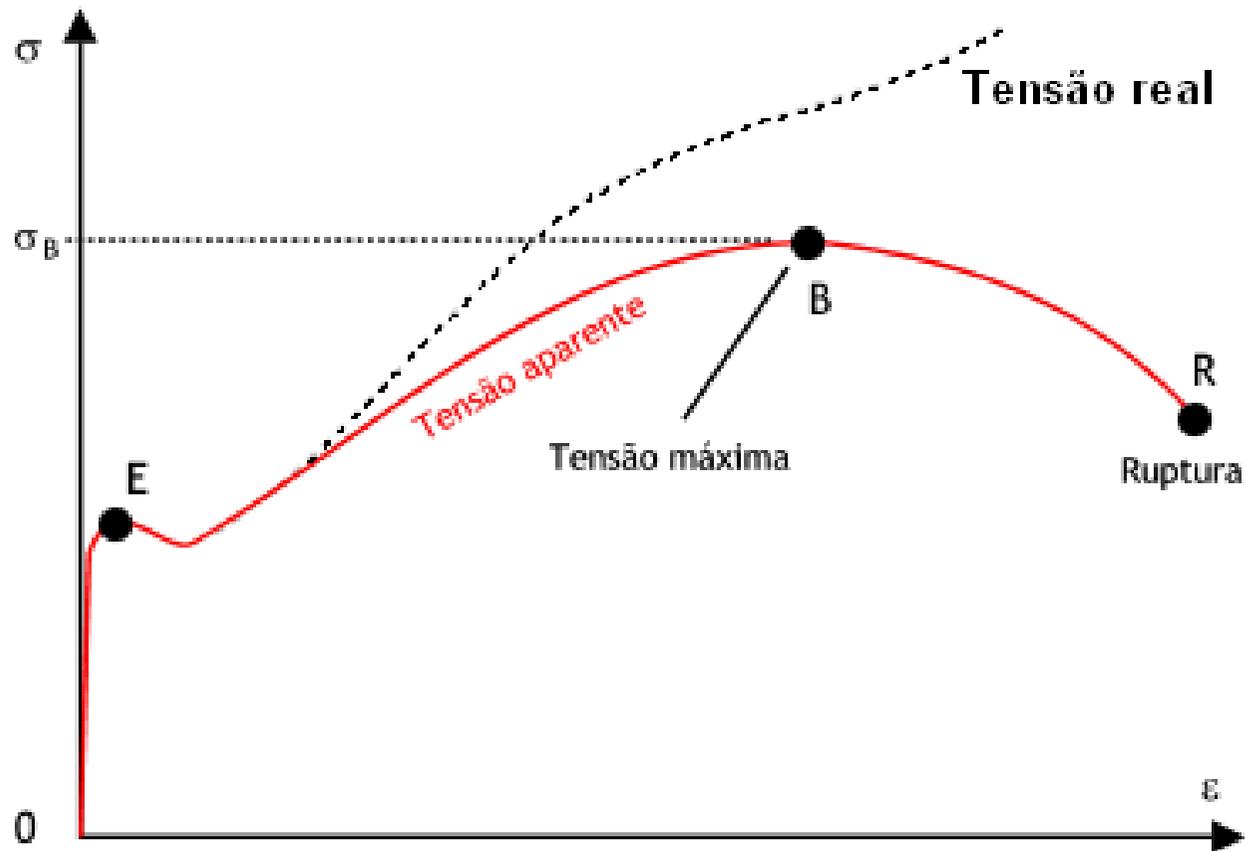
Resiliência



$$U = \int \frac{\sigma_x^2}{2E} dV$$



TENSÃO VERDADEIRA E DEFORMAÇÃO VERDADEIRA

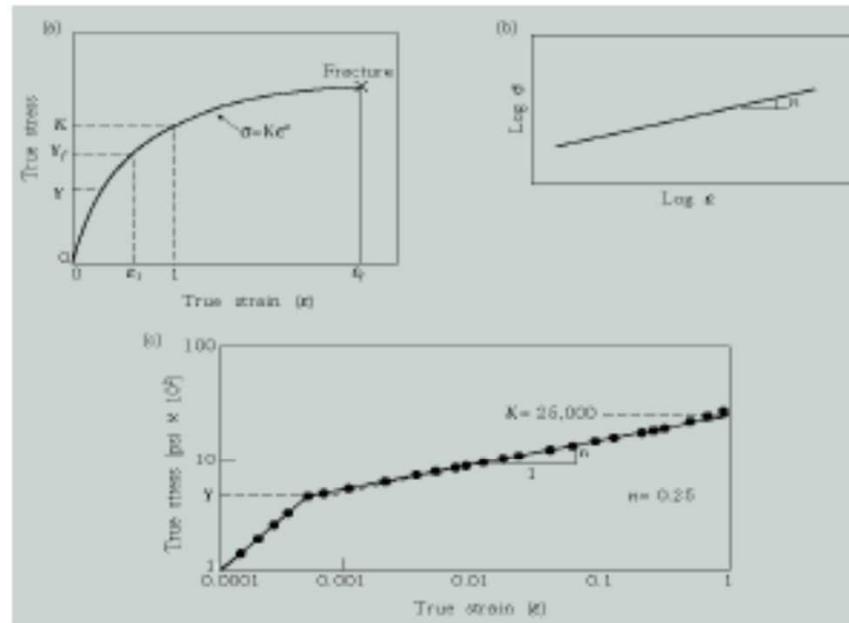


TENSÃO VERDADEIRA E DEFORMAÇÃO VERDADEIRA

- $\sigma_V = \frac{F}{A_i}$
- A_i
- σ_V = tensão verdadeira
- A_i = área da seção instantânea
- $\epsilon_V = \ln \ell/\ell_0$
- Se não ocorre alteração de volume durante a deformação ($A_i \ell_i = A_0 \ell_0$) até o surgimento do pescoço:
- $\sigma_V = \sigma (1 + \epsilon)$
- $\epsilon_V = \ln (1 + \epsilon)$



Curva tensão verdadeira x Deformação verdadeira



$$\sigma = K \cdot \epsilon^n$$

$$\log \sigma = \log K + n \cdot \log \epsilon$$

n = strain hardening exponent

K = strength coefficient

