



Introdução a ciência dos materiais

Ensaio de tração

Monitoria (23/05/2025)

João Victor Mendes

ESCOPO

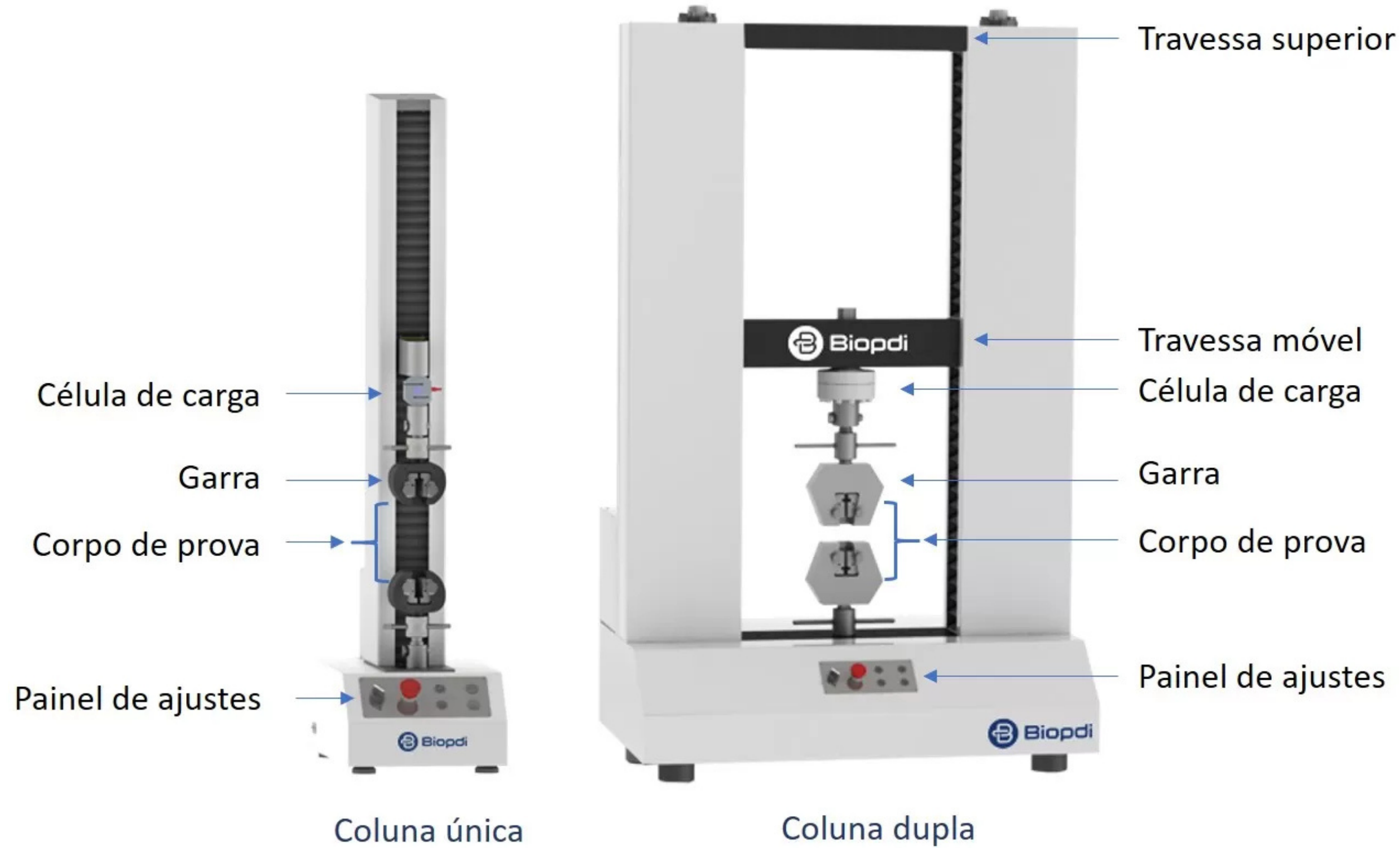
01

CONCEITOS E FÓRMULAS

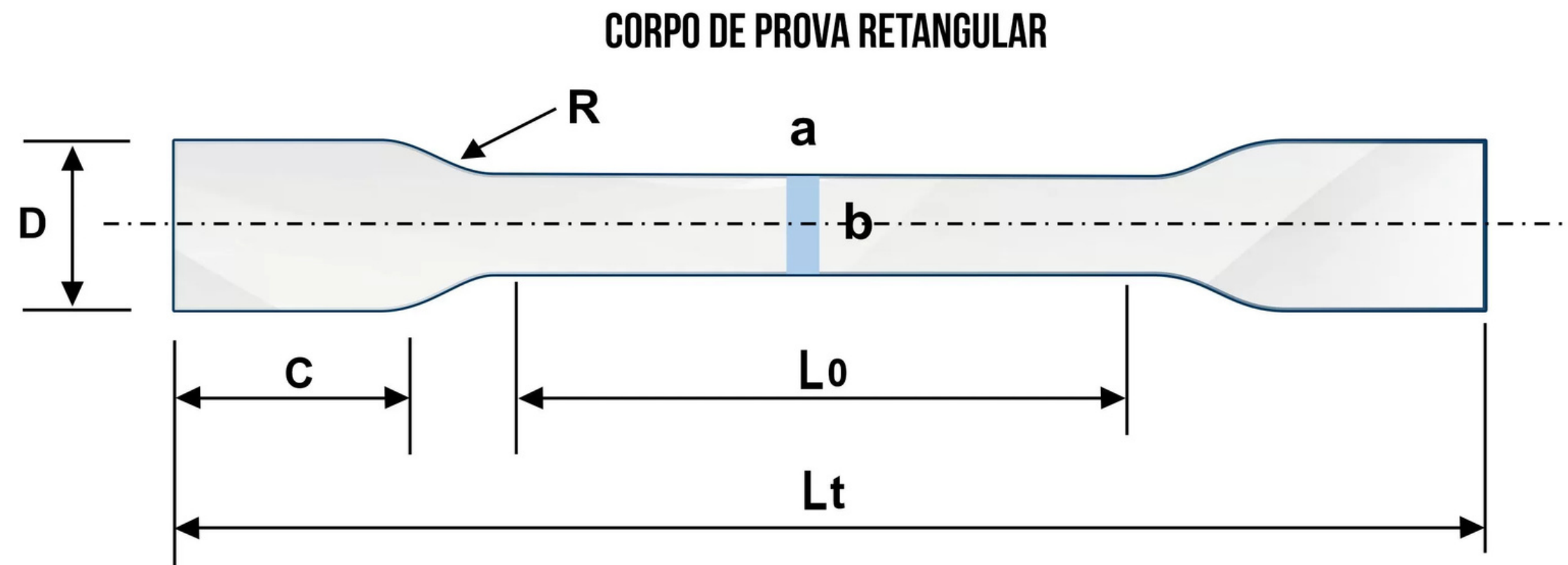
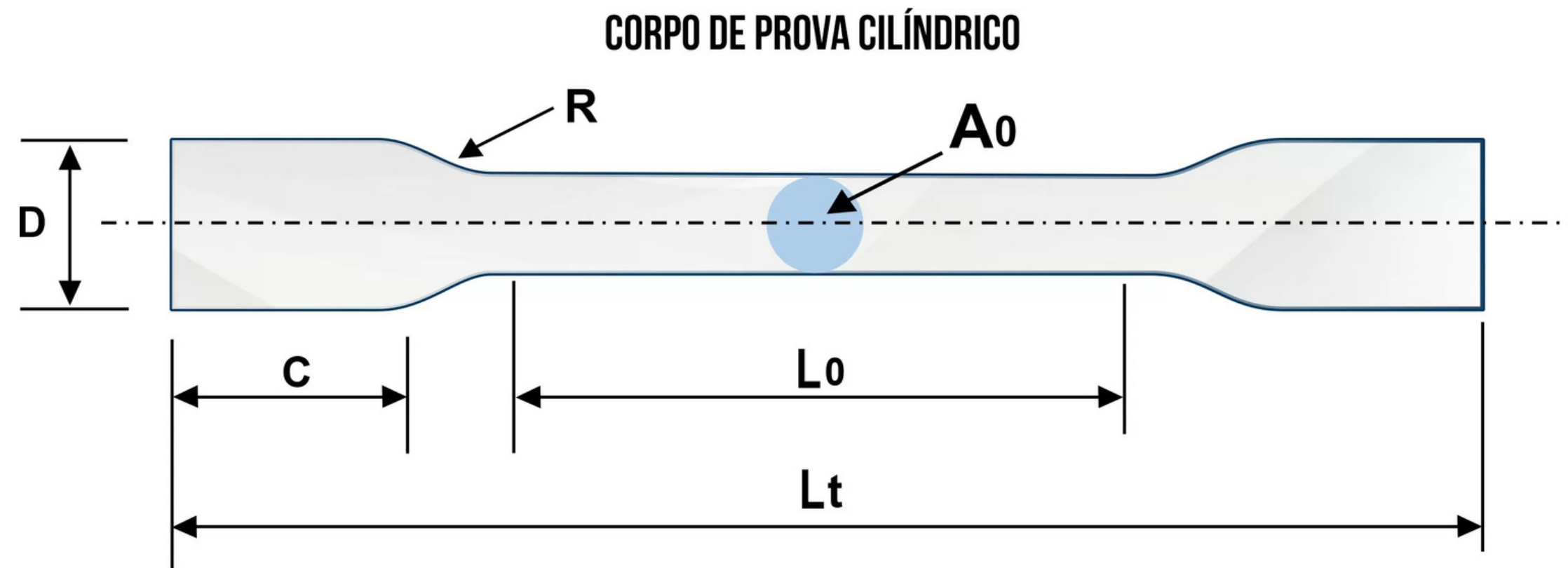
02

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Conceitos básicos - Equipamento



Conceitos básicos- Corpo de prova



Conceitos básicos

Tensão/Stress (sigma- σ)

É definida como a força aplicada (F) perpendicularmente a uma seção transversal do corpo de prova, dividida pela área da seção transversal original (A0) desse corpo de prova.

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

σ = Tensão [Pa, MPa, Psi]

F = Força aplicada [N,lbf]

A0 = Área da seção transversal original do corpo de prova [m², mm², in²]

Deformação/strain (Épsilon- ϵ)

A deformação nos diz o quanto o material aumento seu comprimento (ou se esticou) em proporção ao seu tamanho inicial.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

ϵ = Deformação de engenharia [adimensional]

ΔL = Variação no comprimento [m, mm, in]

L0 = Comprimento original [m, mm, in]

Lf = Comprimento final do corpo de prova [m, mm, in]

Módulo de elasticidade (E)

O Módulo de Elasticidade (E) é a constante de proporcionalidade que descreve essa relação na região elástica do comportamento de um material. Em termos mais simples, ele mede a rigidez de um material, ou seja, sua resistência à deformação elástica.

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

E = Módulo de elasticidade [Pa, MPa, Psi]

σ = Tensão [Pa, MPa, Psi]

ϵ = Deformação de engenharia [adimensional]

Conclusões

- Um material com alto Módulo de Elasticidade é muito rígido. Ele precisa de muita tensão para sofrer uma pequena deformação elástica.
- Um material com baixo Módulo de Elasticidade é mais flexível. Ele sofre uma deformação elástica maior com menos tensão.

Conceitos básicos - Curva típica

Limite de Escoamento (Yield Strength)

Este é o ponto onde o material começa a sofrer deformação plástica significativa (permanente). Antes dele, na região elástica, se a carga fosse removida, o material voltaria à sua forma original.

Limite de proporcionalidade e método off-set

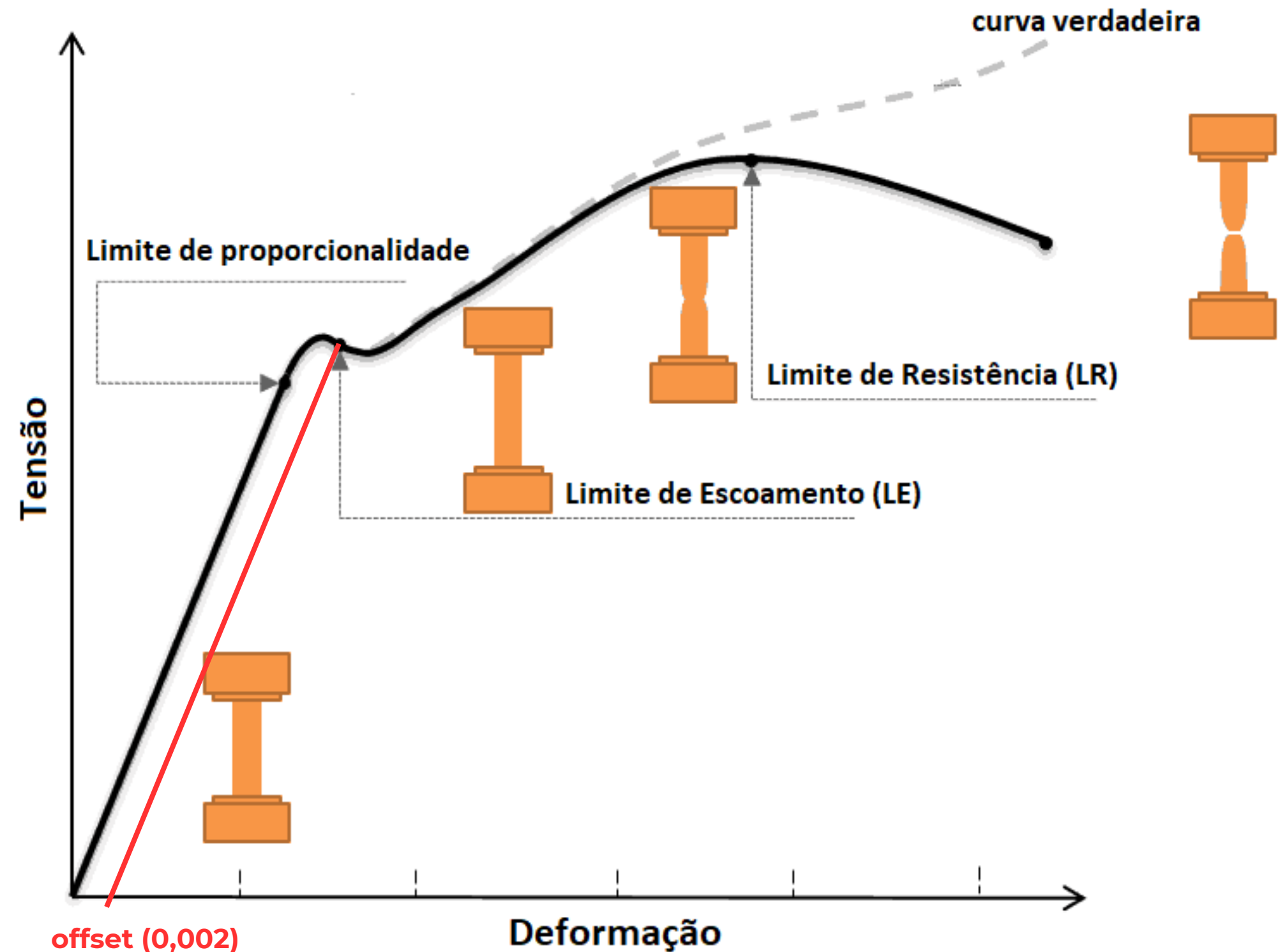
Quando não há um ponto de escoamento nítido. Usa-se o método do "offset": traça-se uma linha paralela à parte linear elástica da curva, começando em um valor de específico de deformação (geralmente 0,2%, que é 0,002 como valor decimal). O ponto onde essa linha cruza a curva tensão-deformação é definido como o limite de escoamento.

Limite de Resistência à Tração (Ultimate Tensile Strength)

Este é o valor máximo de tensão que o material pode suportar antes de começar a "empescoçar" (formar um "pescoço" ou "necking") e, subsequentemente, fraturar

Tensão de Ruptura (Fracture Stress)

Este é o valor da tensão no momento exato em que o material se rompe.



Conceitos básicos

Ductibilidade

No contexto do ensaio de tração, ela descreve a capacidade de um material de sofrer **deformação plástica** significativa (ou seja, deformação permanente) antes de fraturar.

Alongamento Percentual na Ruptura (%AL):

$$\%AL = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\%$$

L_f = Comprimento final do corpo de prova após a fratura. [m, mm, in]

L_0 = Comprimento original do corpo de prova. [m, mm, in]

Material dúctil: %AL/%RA > 10%

Material intermediário: 5% > %AL/%RA > 10%

Material Frágil: %AL/%RA < 5%

Redução Percentual da Área (%RA)

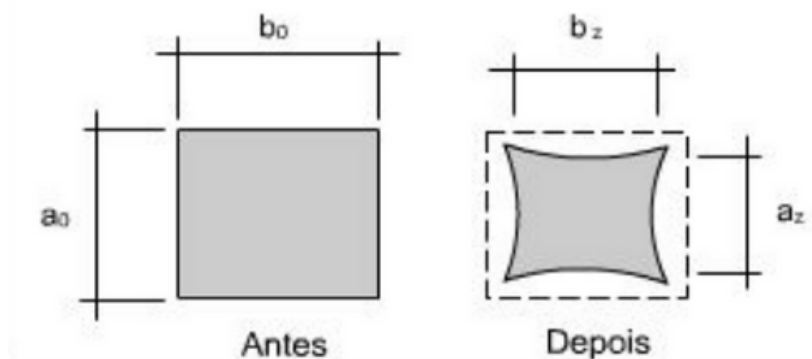
$$\%RA = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100\%$$

A_0 = Área da seção transversal original do corpo de prova.

A_f = Área da seção transversal no ponto de fratura.

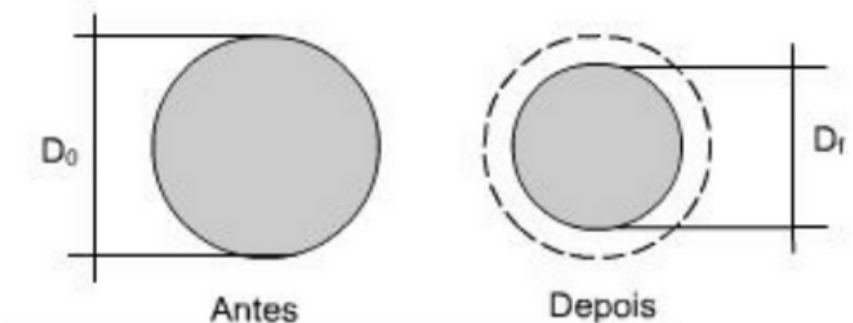
Redução da área no teste de tração - CP seção retangular

$$\varphi = q \times 100 = \frac{(a_z b_z - a_0 b_0)}{a_0 b_0} \times 100$$



Redução da área no teste de tração - CP seção circular

$$\varphi = q \times 100 = \frac{(D_0^2 - D_f^2)}{D_0^2} \times 100$$



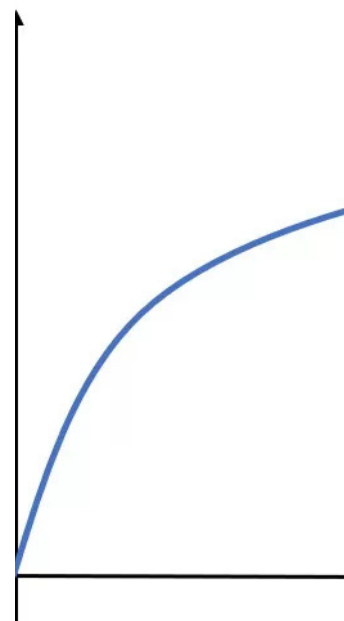
Conceitos básicos

Tenacidade (Ut)

A tenacidade de um material é uma medida de sua capacidade de absorver energia e deformar-se plasticamente antes de fraturar. Em termos mais simples, ela representa a quantidade total de energia por unidade de volume que um material pode absorver até o ponto de ruptura.

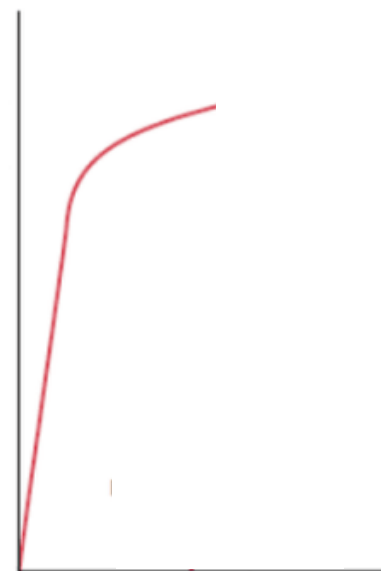
Material dúctil

$$U_t = \frac{(\sigma_{ESC} + \sigma_{LRT})}{2} \cdot \epsilon_{FRAT}$$



Material frágil

$$U_t = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{LRT} \cdot \epsilon_{FRAT}$$



Ut = Tenacidade [Pa/m³]

σesc = Tensão limite de escoamento [Pa, MPa, Psi]

σLRT = Tensão limite de resistencia a tração [Pa, MPa, Psi]

εFRAT = Deformação na fratura [adimensional]

Resiliência (Ur)

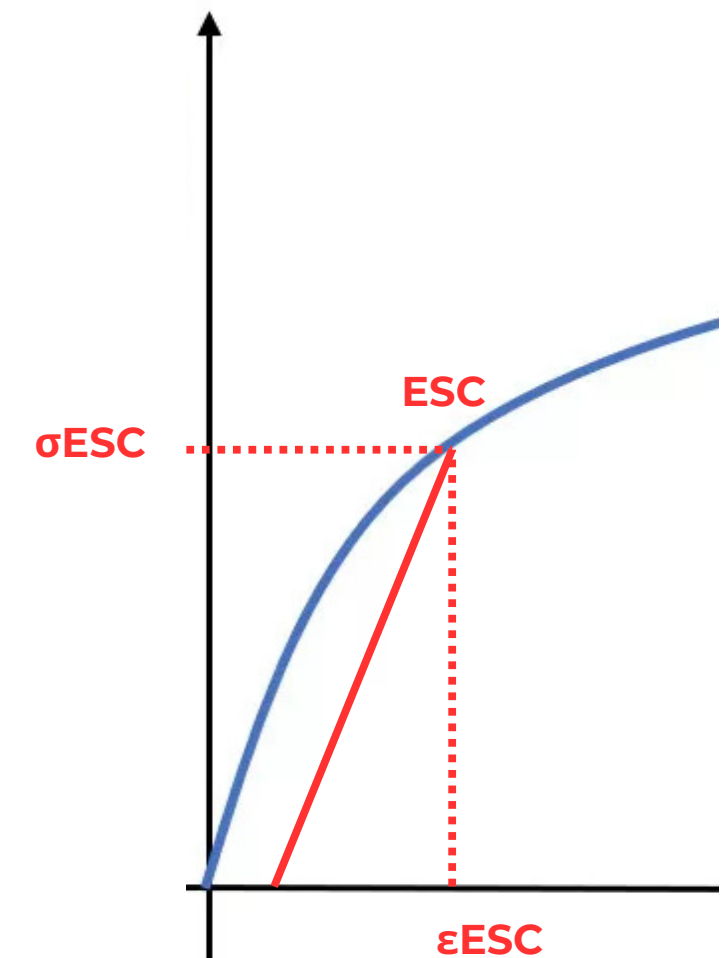
É definido como a energia de deformação por unidade de volume que um material pode absorver ou liberar quando a carga que o leva **até o limite elástico** (ou limite de escoamento, σe) é aplicada ou removida.

Em termos da deformação:

$$U_r = \frac{(\sigma_{ESC} \cdot \epsilon_{ESC})}{2}$$

ou em termos do módulo de elasticidade:

$$U_r = \frac{(\sigma_{ESC})^2}{2E}$$



Ur = Resiliência [Pa/m³]

σesc = Tensão limite de escoamento [Pa, MPa, Psi]

σLRT = Tensão limite de resistencia a tração [Pa, MPa, Psi]

E = Módulo de elasticidade [Pa, MPa, Psi]

εESC = Deformação no limite de escoamento [adimensional]

Conceitos básicos

Tensão e deformação verdadeira

Tensão verdadeira (σ_v)

É definida como a força aplicada (P) dividida pela área da seção transversal instantânea ou atual (A_i) do corpo de prova, no exato momento em que a força F está sendo medida:

$$\sigma_v = \frac{P}{A_i}$$

Deformação verdadeira (ϵ_v)

A Deformação Verdadeira é definida como a soma de todos os incrementos de deformação instantâneos, onde cada incremento é dividido pelo comprimento instantâneo do material naquele momento. Matematicamente, isso é expresso como a integral de dL/L :

$$\epsilon_v = \ln\left(\frac{l_i}{l_0}\right)$$

σ_v = Tensão verdadeira [Pa, MPa, Psi]

F = Força instantânea aplicada [N, lbf]

A_i = Área da seção transversal instantânea na aplicação da força P. [m², mm², in²]

L_0 = Comprimento original do corpo de prova. [m, mm, in]

L_i = Comprimento instantâneo do corpo de prova. [m, mm, in]

Relações entre tensões e deformações verdadeira e de engenharia

Dada a tensão convencional (Engenharia), a tensão verdadeira ou real é expressa por:

$$\sigma_v = \sigma_c \cdot (1 + \epsilon_c)$$

Assim como dada a deformação de engenharia (convencional), a deformação verdadeira ou real é expressa por:

$$\epsilon_v = \ln(1 + \epsilon_c)$$

σ_v = Tensão verdadeira [Pa, MPa, Psi]

F = Força instantânea aplicada [N, lbf]

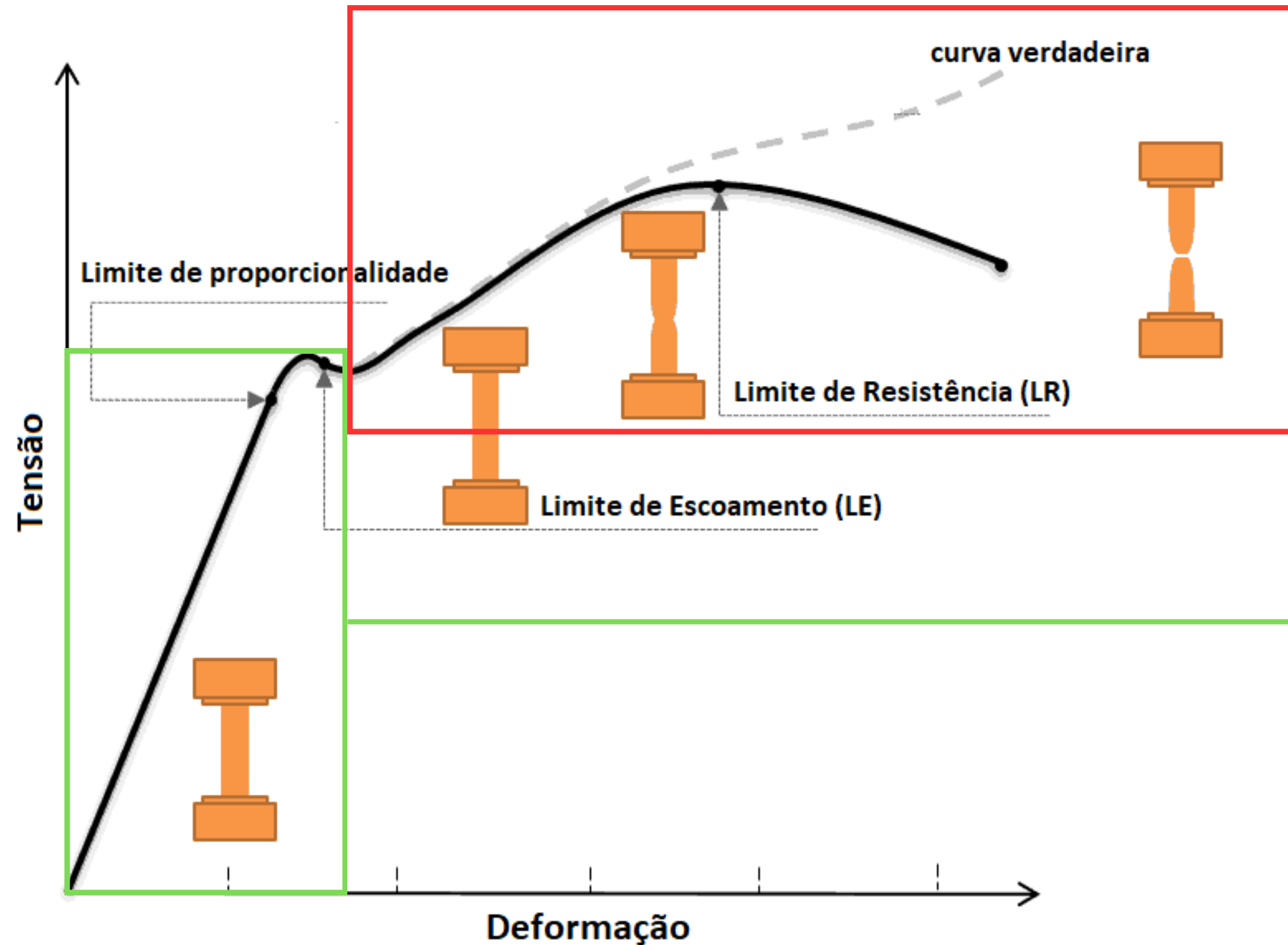
A_i = Área da seção transversal instantânea na aplicação da força P. [m², mm², in²]

L_0 = Comprimento original do corpo de prova. [m, mm, in]

L_i = Comprimento instantâneo do corpo de prova. [m, mm, in]

Conceitos básicos

Relações entre tensão e deformação



Região Plástica:

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

n = expoente de encruamento (Capacidade de distribuição de deformação)

k = coeficiente de resistência (Capacidade de resistir a falha)

Região Elástica:

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

E = Módulo de elasticidade [Pa, MPa, Psi]

σ = Tensão [Pa, MPa, Psi]

ε = Deformação de engenharia [adimensional]

Exercício resolvido

7 – Os valores de P e Δl estão dados na tabela abaixo e correspondem a parte inicial do gráfico de ensaio de tração para liga de alumínio 7075 T651, O diâmetro inicial de ensaio foi de 9,07mm e o comprimento inicial l_0 era 58,8mm,

P (N)	Δl (mm)
0	0
7220	0,0839
14340	0,1636
21060	0,241
26800	0,308
31700	0,380
34100	0,484
35000	0,614
36000	0,924
36500	1,279
36900	1,622
37200	1,994

- Desenhe o gráfico tensão-deformação de engenharia e verdadeiro,
- Determine a tensão de escoamento para uma deformação de 0,002,
- Qual a força necessária para causar escoamento para uma barra fabricada com a mesma liga, porém com diâmetro inicial de 20 mm, compare os valores e explique a diferença em função do diâmetro das barras (9,07 e 20mm),