



07

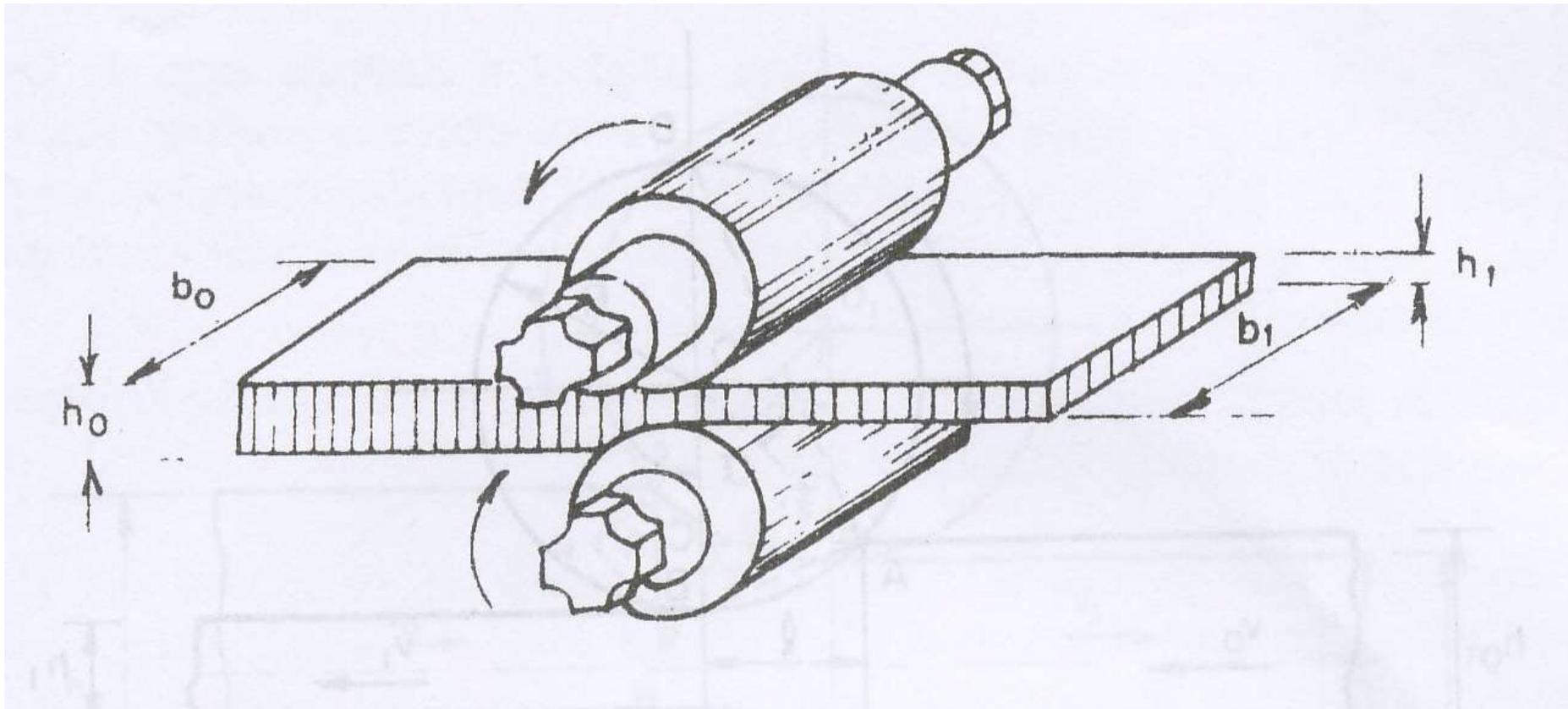
MATERIAIS E PROCESSOS MECÂNICOS DE FABRICAÇÃO

Engenharia de Controle e Automação
Prof. Luis Fernando Maffei Martins

Laminação



Laminação

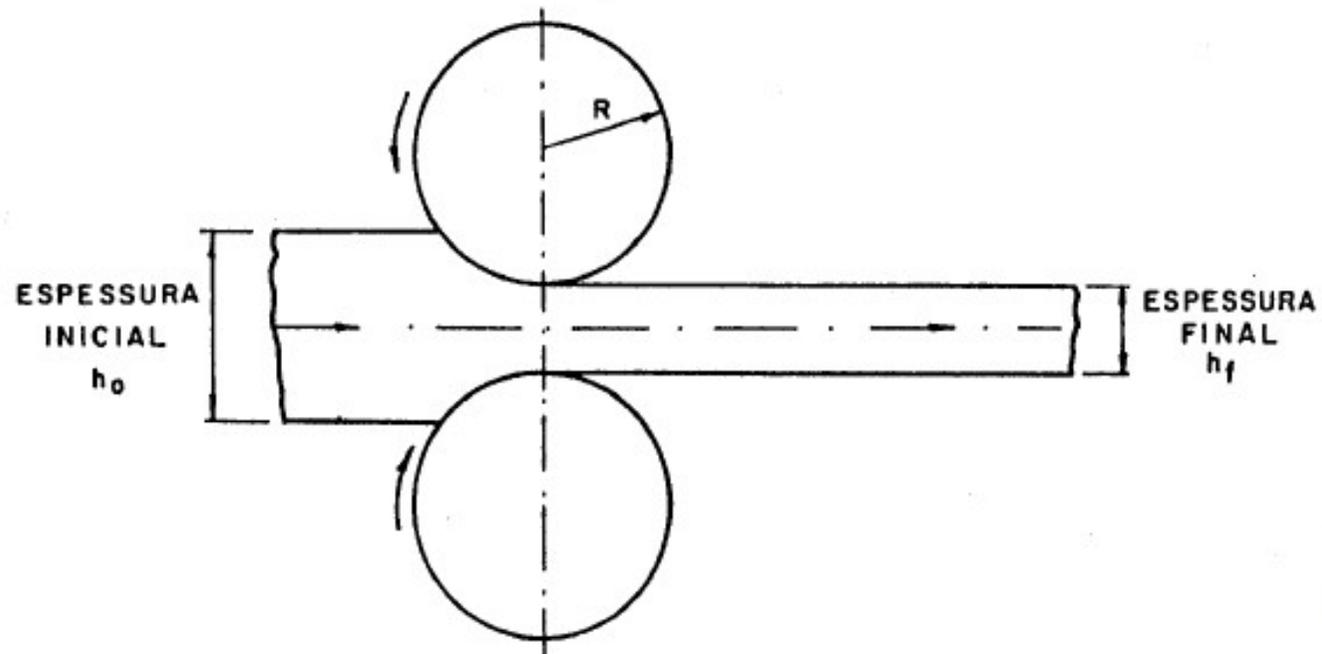


Laminação

Conformação plástica através da passagem de um corpo sólido entre dois cilindros que giram à mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários.

Tendo o corpo da peça inicial uma dimensão maior do que a distância entre as superfícies dos cilindros, ela sofre uma deformação plástica que resulta na redução da área transversal e no aumento do seu comprimento.

Laminação



Laminação – matéria prima

A matéria prima utilizada na laminação é, geralmente, resultada da solidificação da liga através de:

- lingotamento convencional: lingote
- lingotamento contínuo: placa ou tarugo

Laminação – matéria prima

NBR 6215 – Produtos siderúrgicos : terminologia

Lingote (ingot) – Produto bruto resultante de solidificação de metal líquido em lingoteira, geralmente destinado a posterior conformação plástica.

Laminação – matéria prima

NBR 6215 – Produtos siderúrgicos : terminologia

Tarugo (billet) – ou palanquilha - Produto intermediário, não plano, obtido por (laminação a quente ou) lingotamento contínuo, de eixo longitudinal retilíneo e secção transversal geralmente retangular ou quadrada, com área igual ou inferior a 22.500 mm², com relação entre largura e espessura igual ou inferior a dois e com tolerâncias dimensionais menos restritas que as de barra.

Laminação – matéria prima

NBR 6215 – Produtos siderúrgicos : terminologia

Placa (slab) – Produto plano, com espessura superior a 80 mm, obtido por (laminação de desbaste ou) lingotamento contínuo.

Laminação – classificação

Os produtos e processos de laminação são comumente classificados em função da forma do produto e da temperatura de processo.

Laminação – classificação

Com relação à forma:

produtos planos



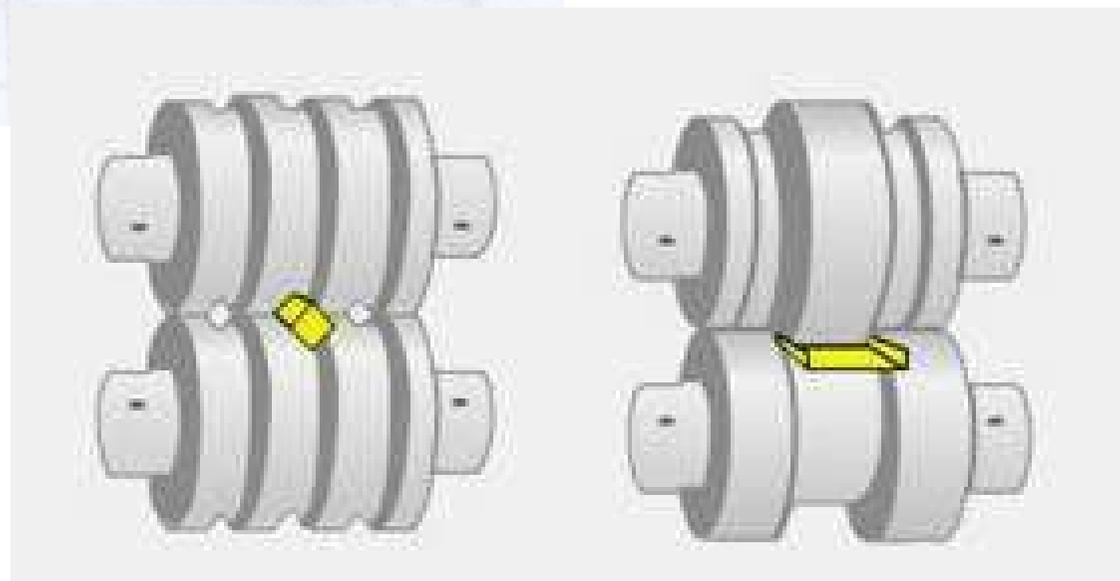
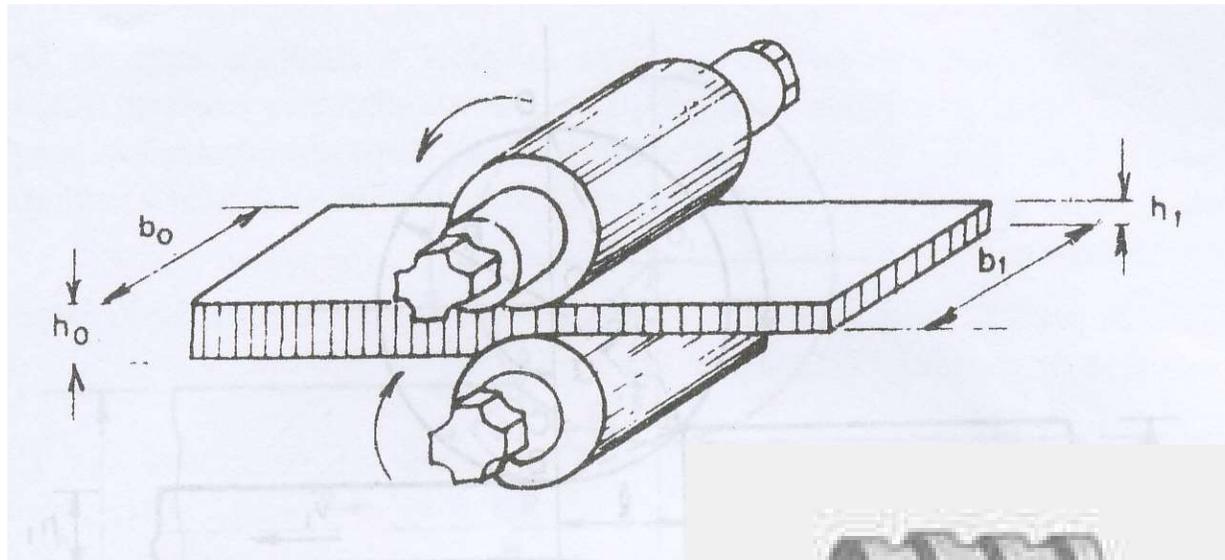
produtos de secção transversal retangular constante, com largura nominal maior que duas vezes a espessura

produtos longos

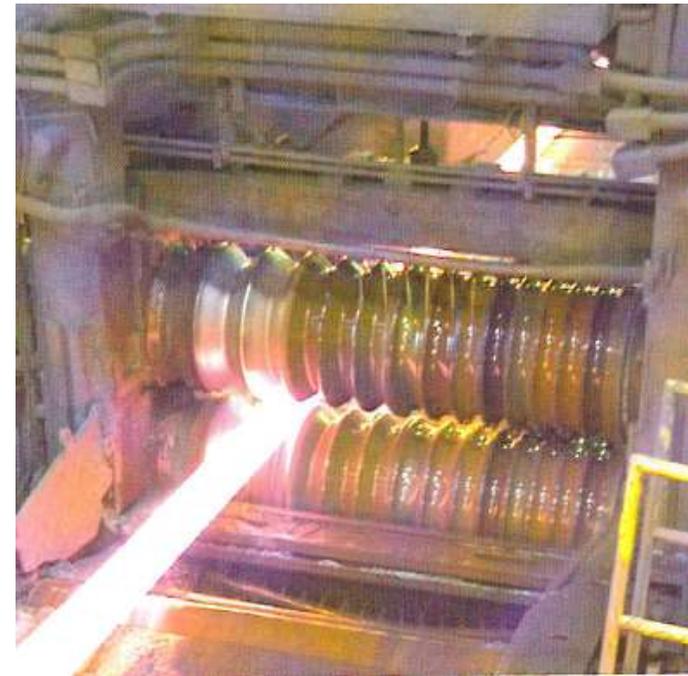


produtos de secção transversal constante que constitui figuras geométricas simples

Laminação – classificação



Laminação de planos e longos



Laminação – classificação

Com relação à temperatura:

a quente



processo efetuado a temperatura acima da temperatura de recristalização

a frio



processo efetuado a temperatura abaixo da temperatura de recristalização

Laminação – classificação



Laminação



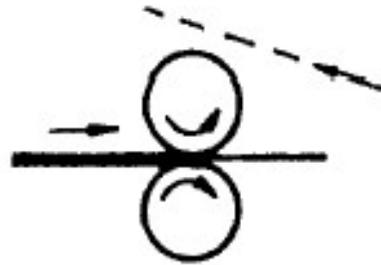
Alterações dimensionais

% redução de área

%RA = $\frac{\text{variação de área}}{\text{área inicial}} \times 100$

$$\%RA = \frac{(A_i - A_f)}{A_i} \times 100$$

Classificação dos laminadores

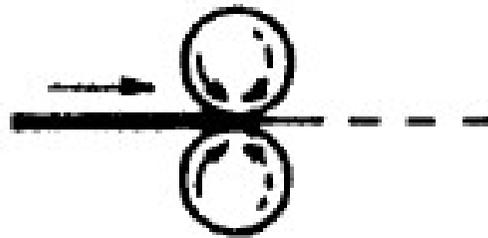


(a) LAMINADOR DUO DE
RETORNO POR CIMA

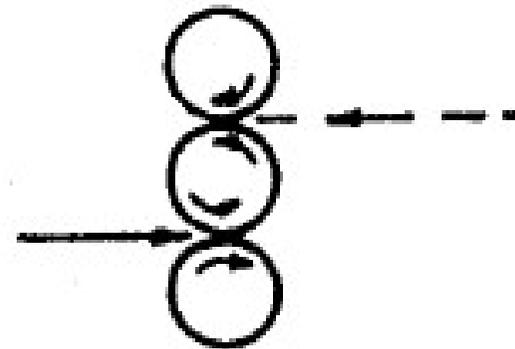


(b) LAMINADOR DUO CONTÍNUO

Classificação dos laminadores

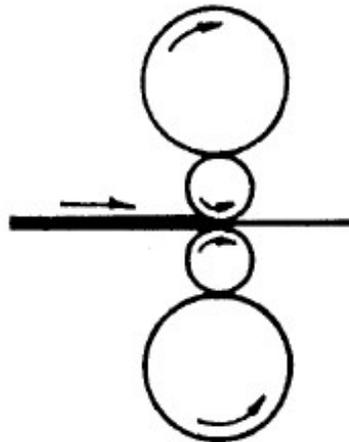


(c) LAMINADOR DUO
REVERSÍVEL

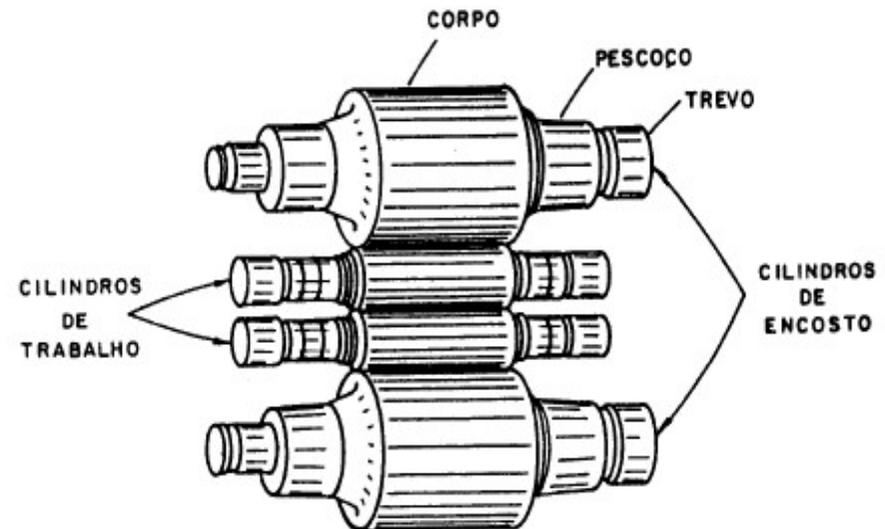


(d) LAMINADOR TRIO

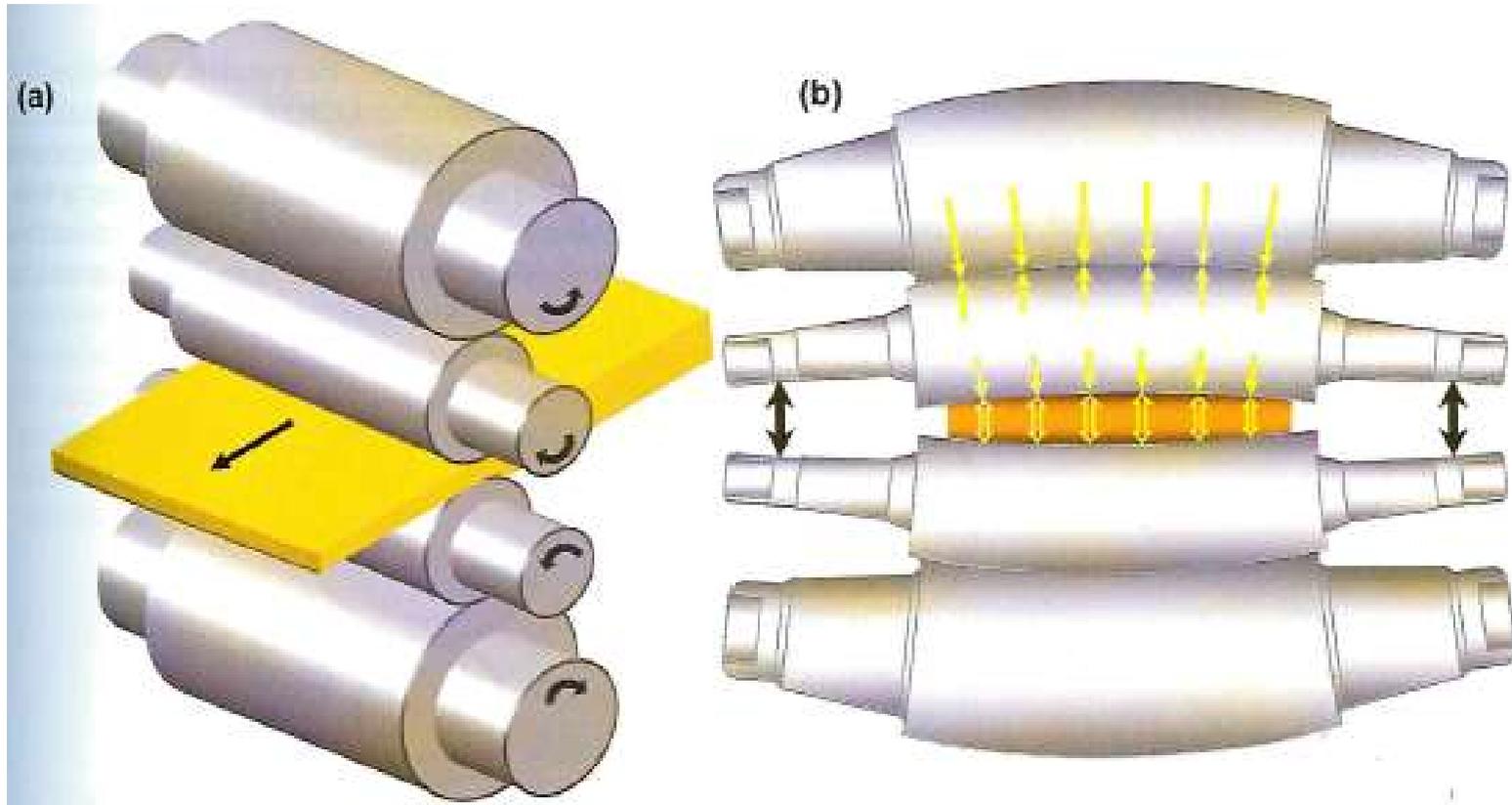
Classificação dos laminadores



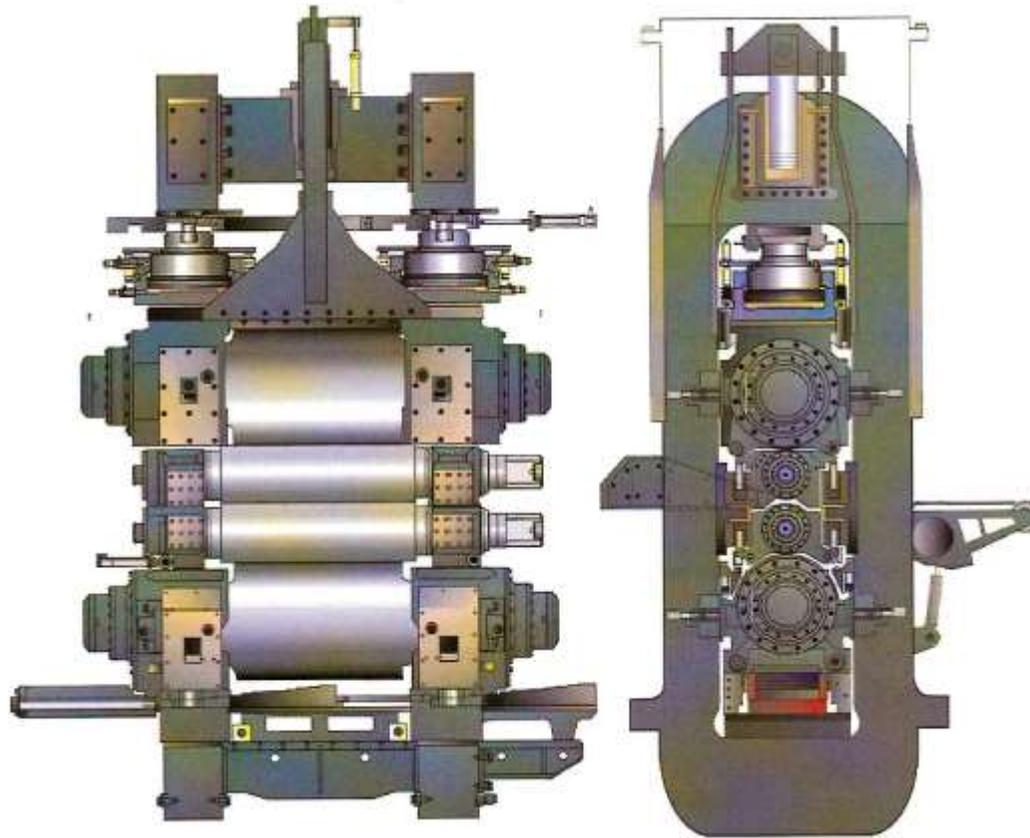
(f) LAMINADOR QUADRUO



Laminador quádruo



Laminador quádruo



Deformação plástica



Figure 7.10 Slip lines on the surface of a polycrystalline specimen of copper that was polished and subsequently deformed. 173 \times . [Photomicrograph courtesy of C. Brady, National Bureau of Standards (now the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD).]

Encruamento

Alteração nas propriedades mecânicas em função da realização de deformação plástica a frio.

- aumento do limite de escoamento
- aumento do limite de resistência
- redução da ductilidade
- aumento da dureza

Em função da redução da mobilidade das discordâncias

Produtos laminados



Produtos laminados



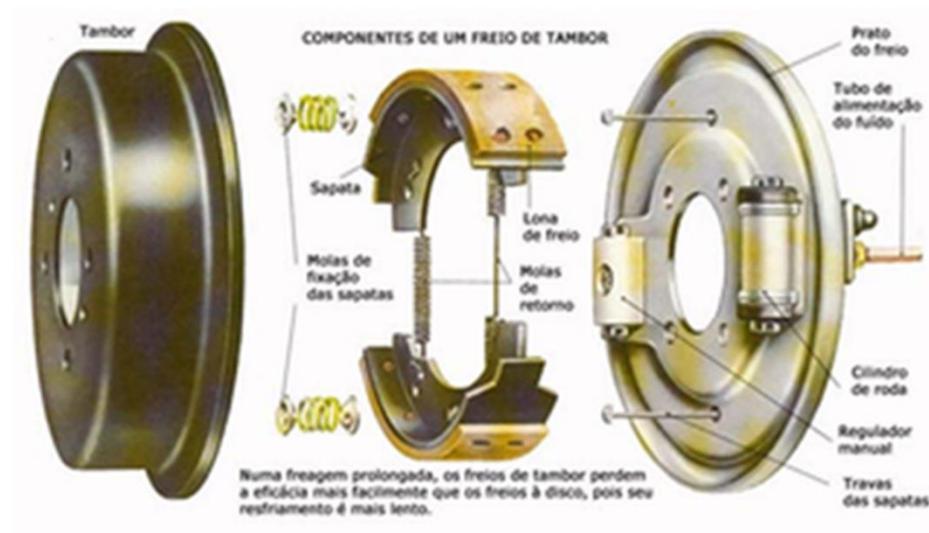
Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



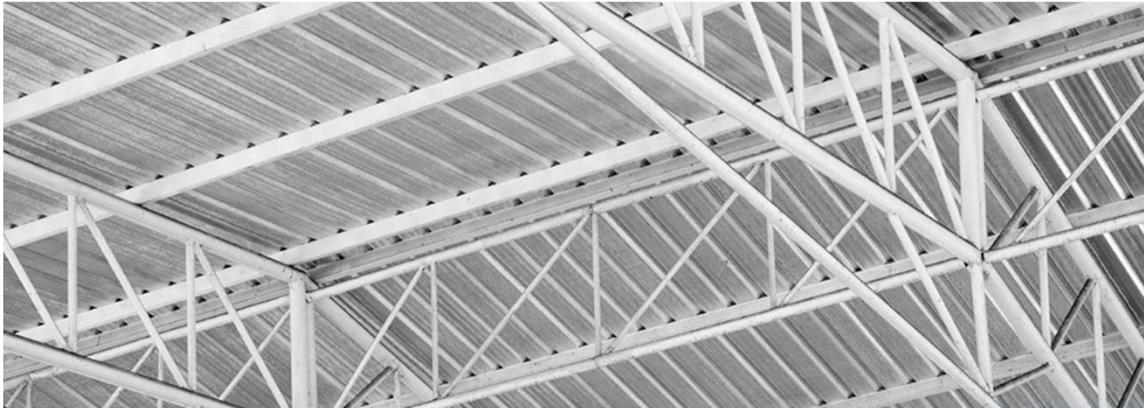
Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados



Produtos laminados

