

AÇOS

Noções básicas com enfoque de ciência dos materiais

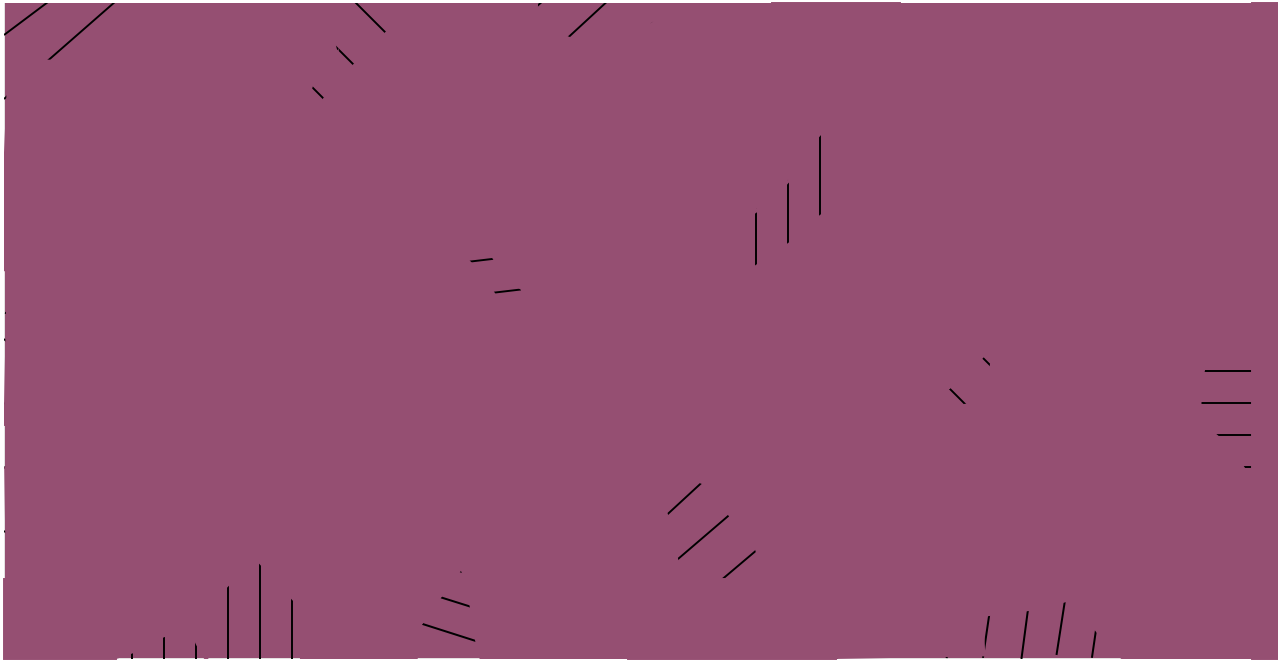
Ligação metálica

- Íons metálicos possuem 1, 2 ou 3 elétrons de valência que são compartilhados com o metal como um todo → **elétrons livres**.
- Existe a possibilidade de movimentação dos elétrons ao longo do metal formando uma nuvem de elétrons.
- Ligação não direcional.
- Os elétrons atuam como cola na ligação.

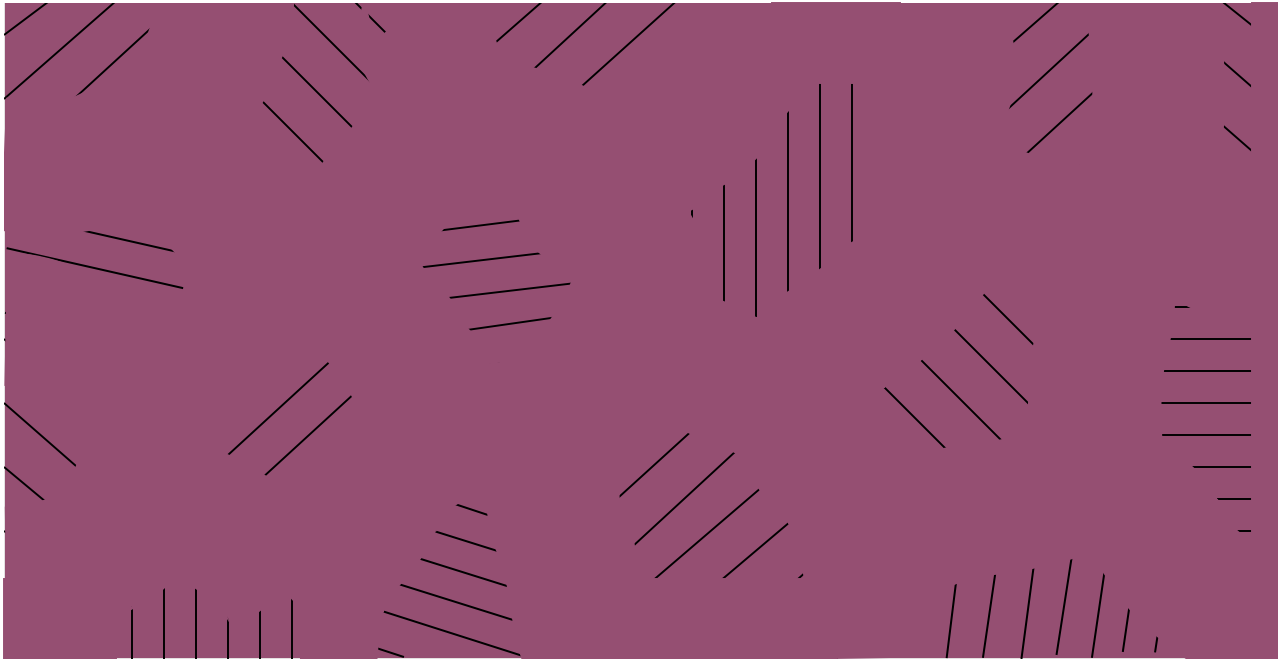
Características básicas dos metais

- Bons condutores de energia (calor e eletricidade).
- São opacos.
- Apresentam brilho quando polidos.
- Elevada densidade (elevado fator de empacotamento).
- Facilidade de organização de estrutura cristalina.

Estrutura cristalina dos metais



Estrutura cristalina dos metais



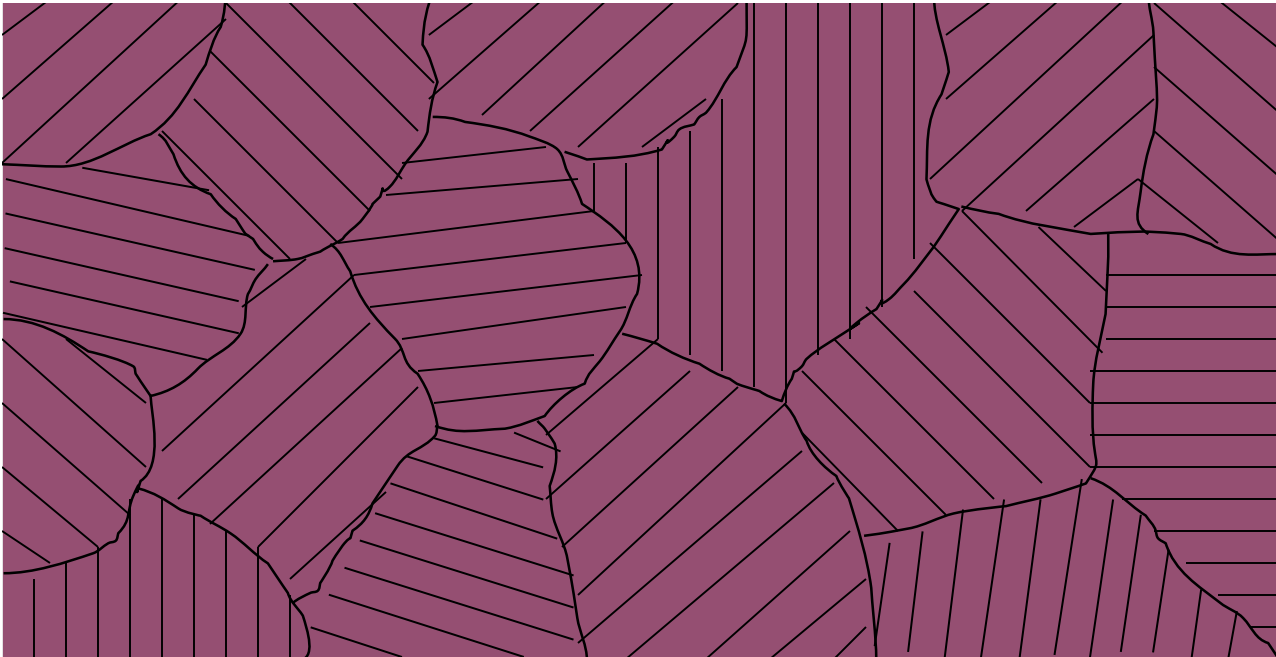
Estrutura cristalina dos metais



Estrutura cristalina dos metais



Estrutura cristalina dos metais

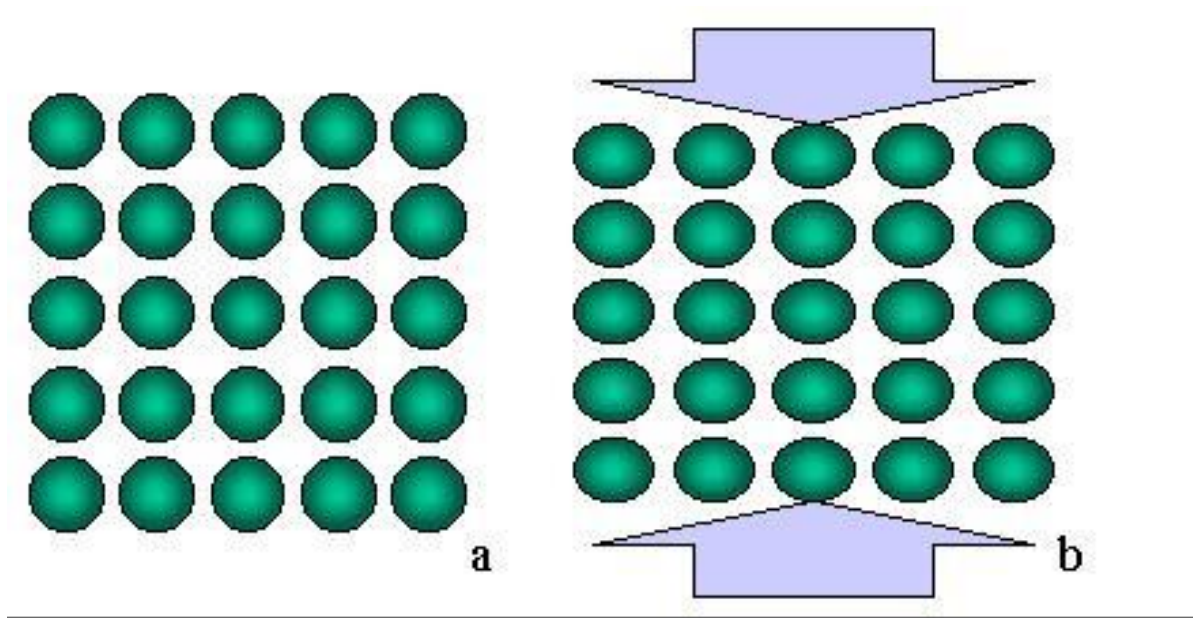


Estrutura cristalina dos metais

- Polifásica: orientação dos cristais formando grãos
 - MATERIAIS ISOTRÓPICOS
- Contorno dos grãos é a fase com maior concentração de defeitos (corrosão inter-cristalina)

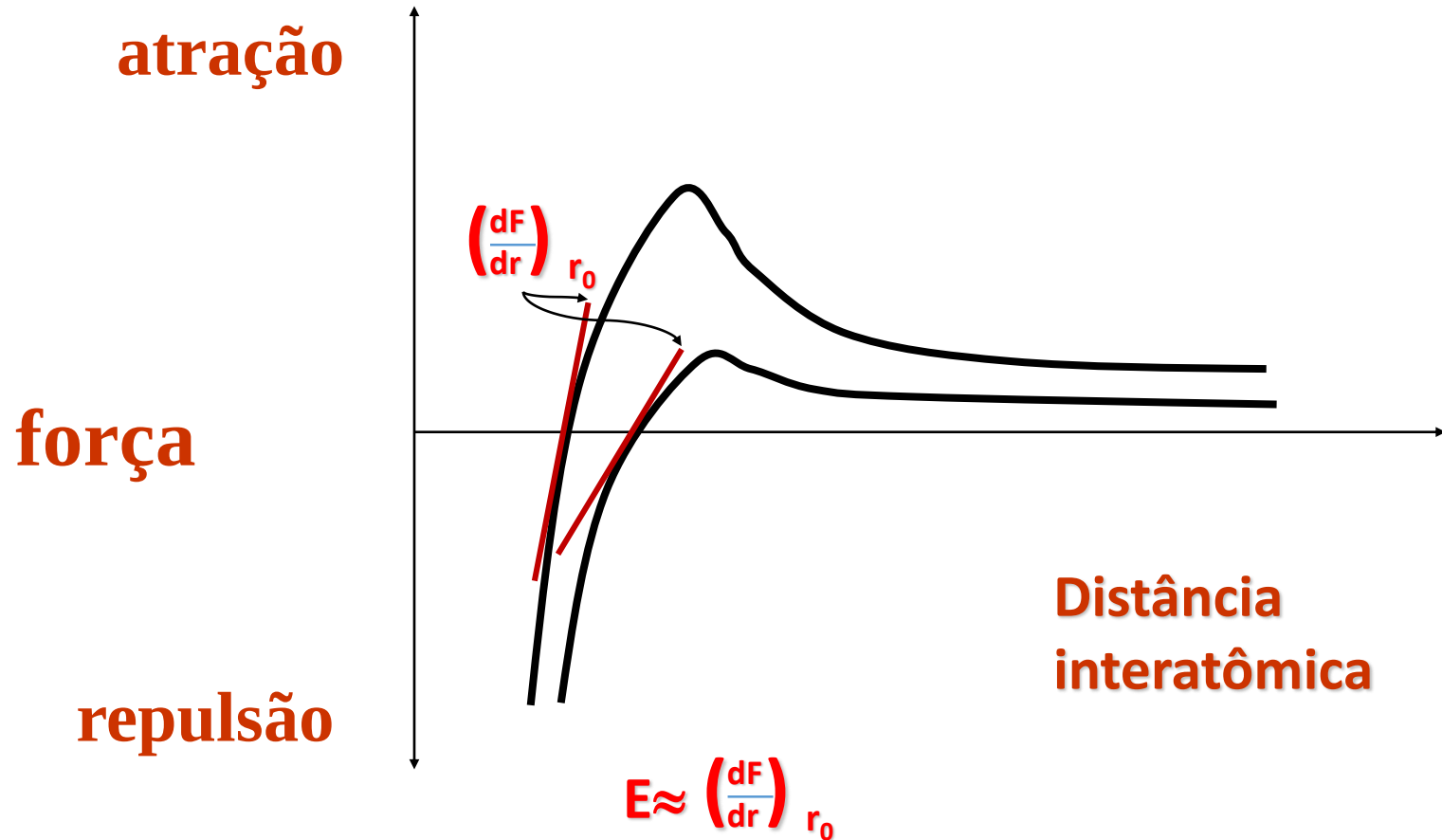
Comportamento mecânico

Deformação elástica dos metais



Deformação elástica de um cristal

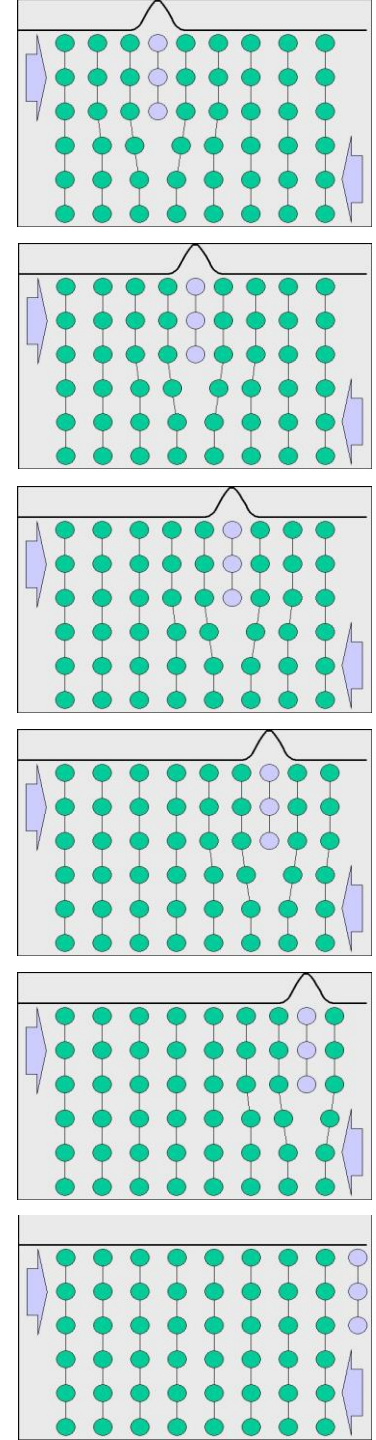
Vinculação de força e energia de ligação e E



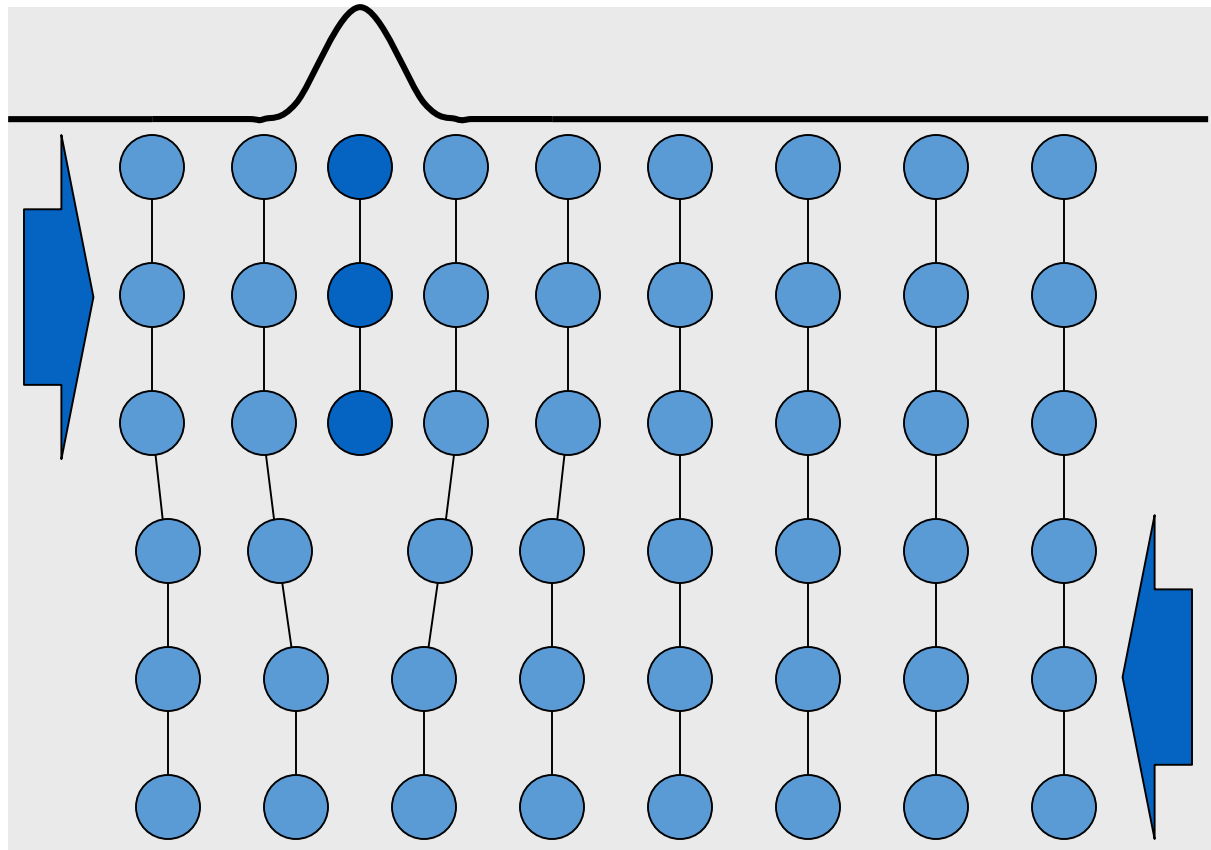
$$E_{\text{aço}} \approx 210 \text{ GPa}$$

Deformação plástica dos aços

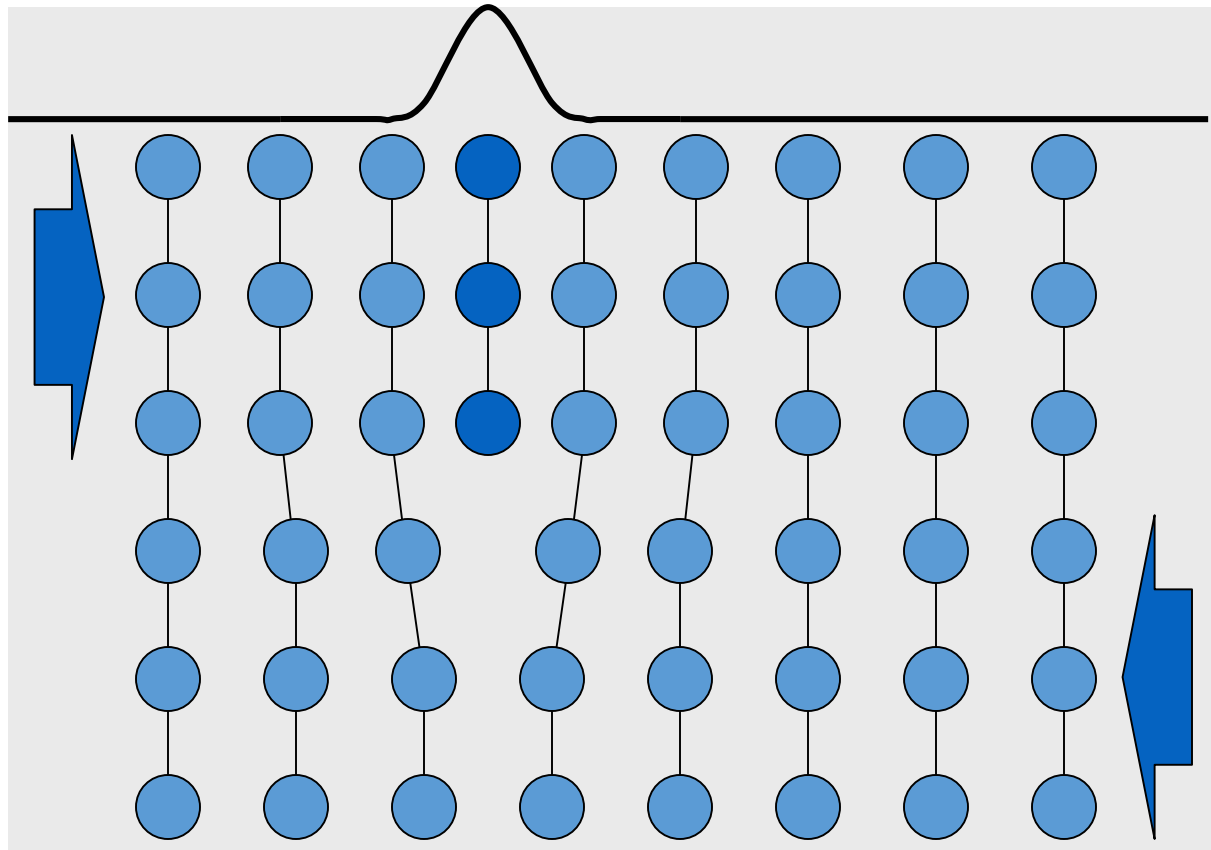
- **Exemplo:**
- **Propagação progressiva de discordâncias:**
- **Movimento de lagarta ou**
- **Escorregamento de dobra de tapete**



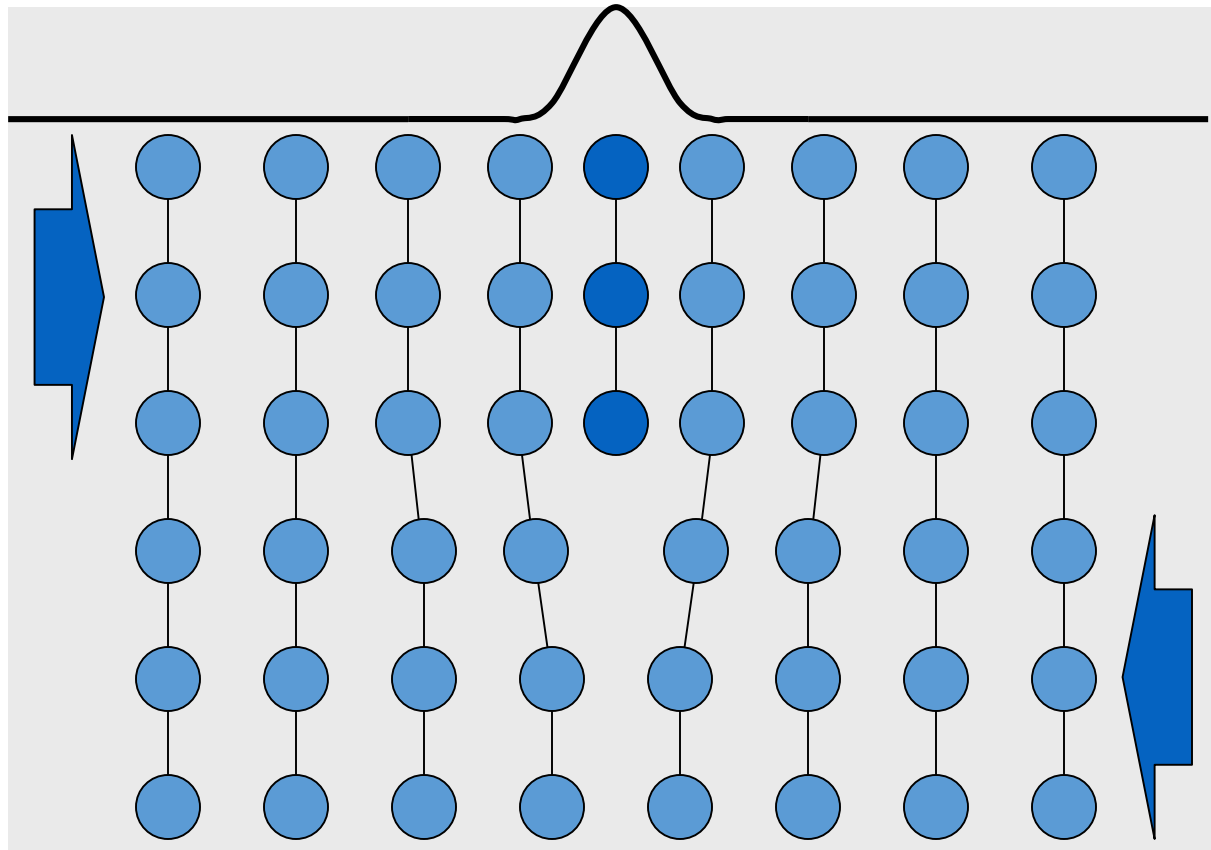
Movimento de discordância → deformação plástica



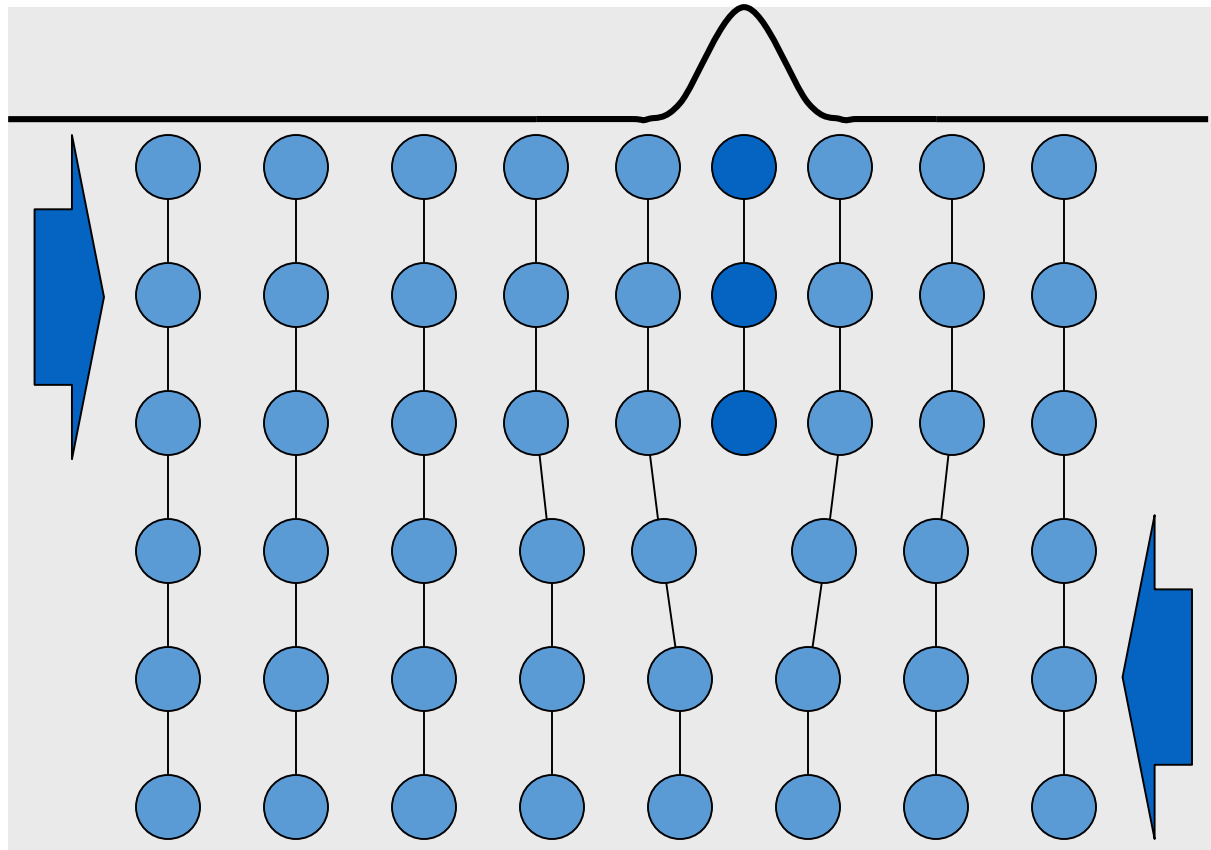
Movimento de discordância → deformação plástica



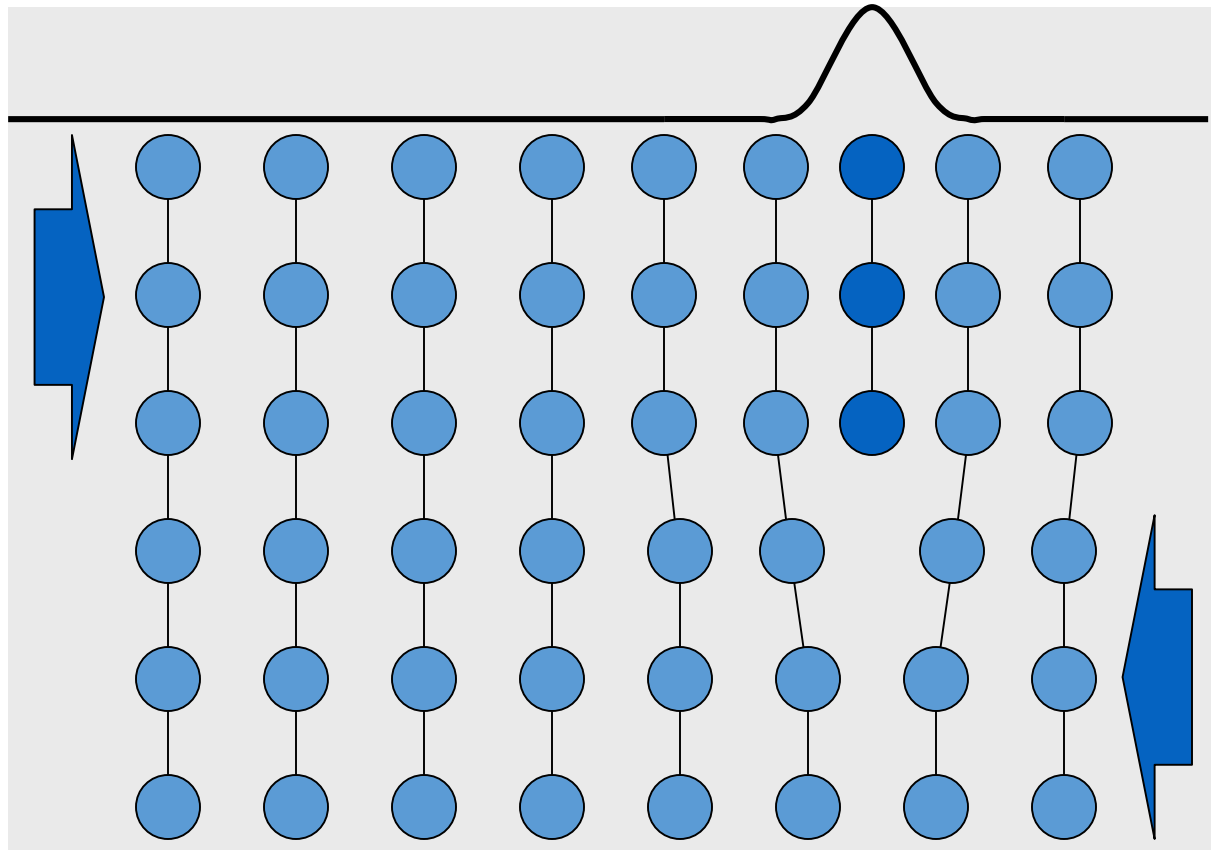
Movimento de discordância → deformação plástica



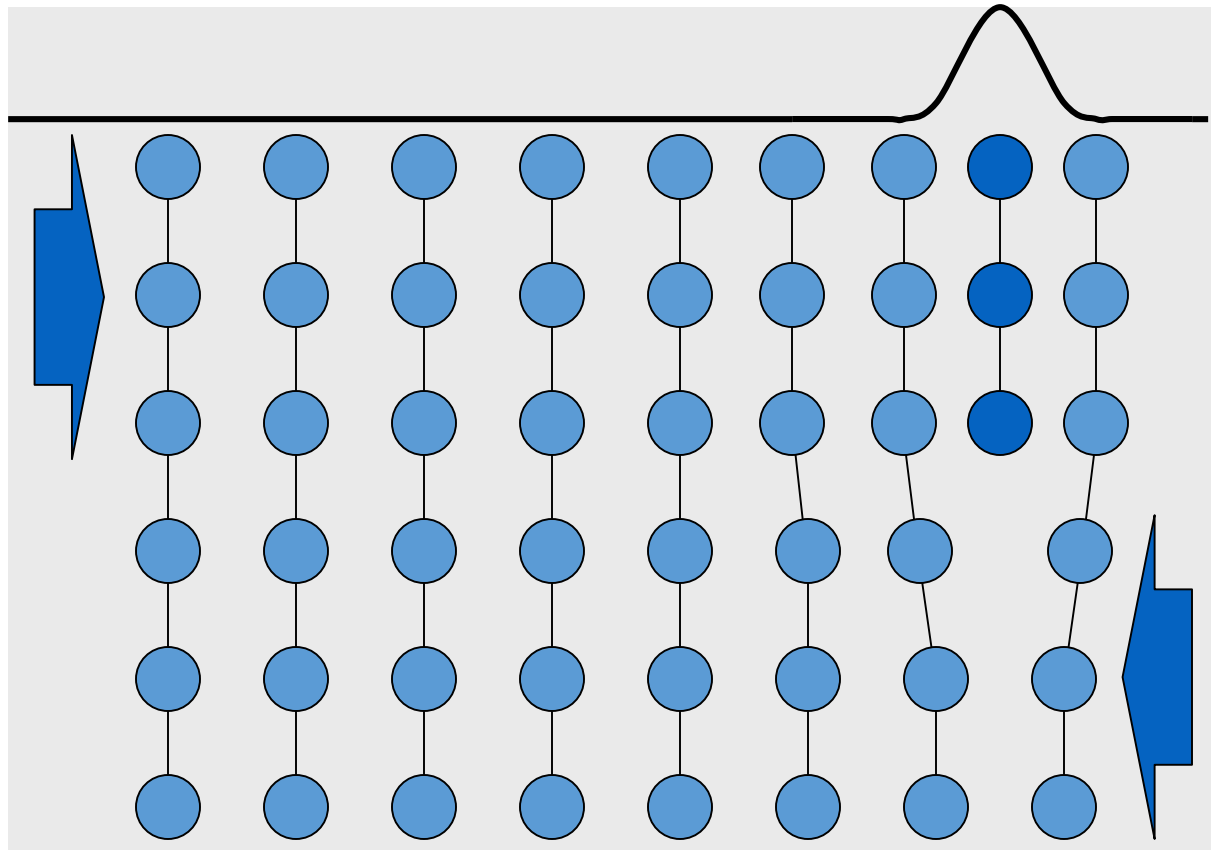
Movimento de discordância → deformação plástica



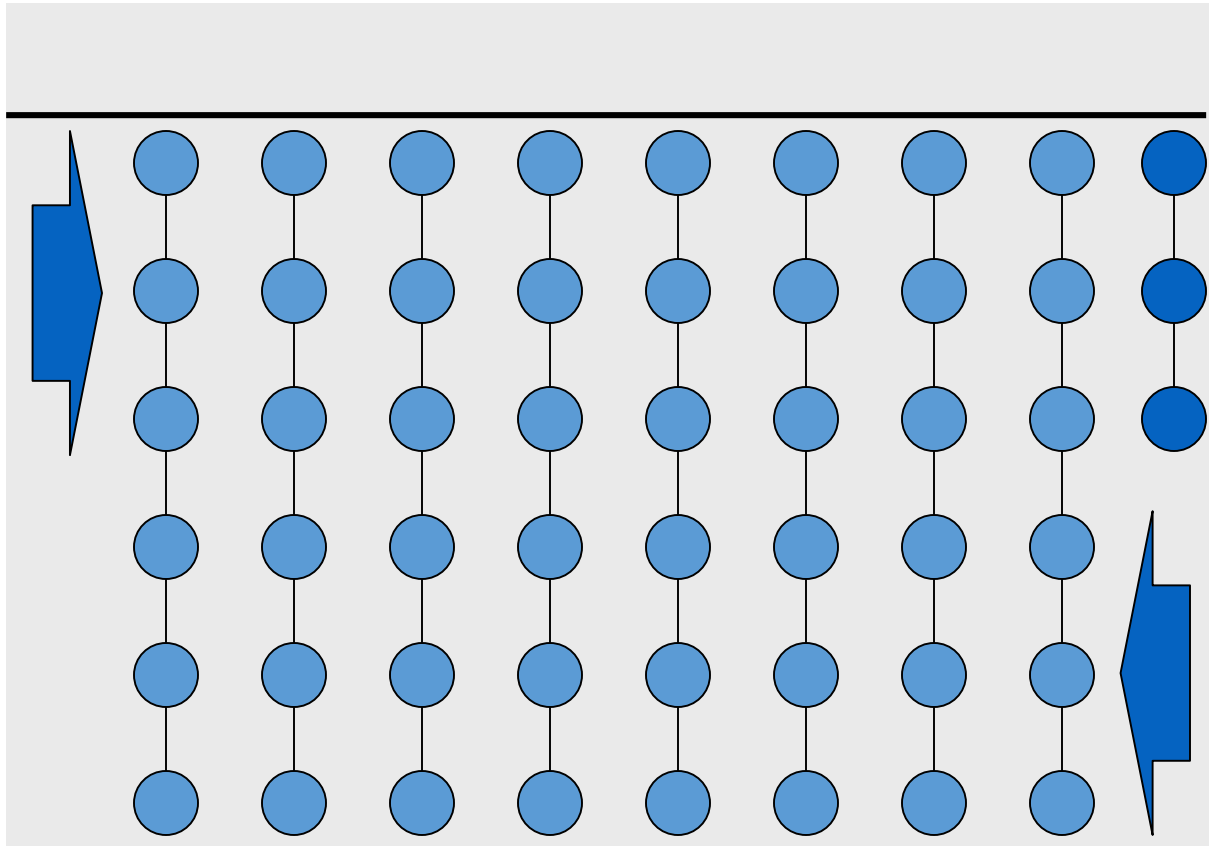
Movimento de discordância → deformação plástica



Movimento de discordância → deformação plástica



Movimento de discordância → deformação plástica

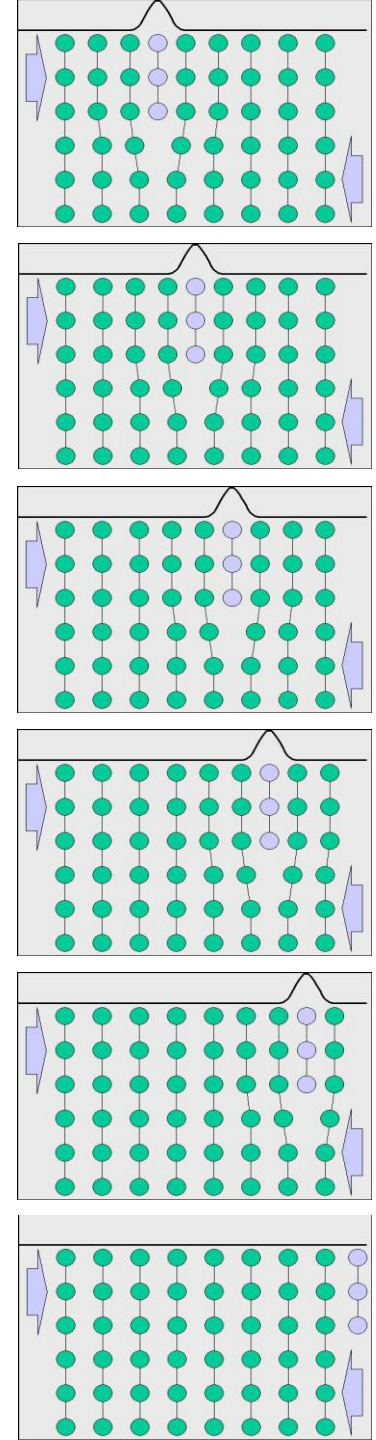


Deformação plástica dos metais

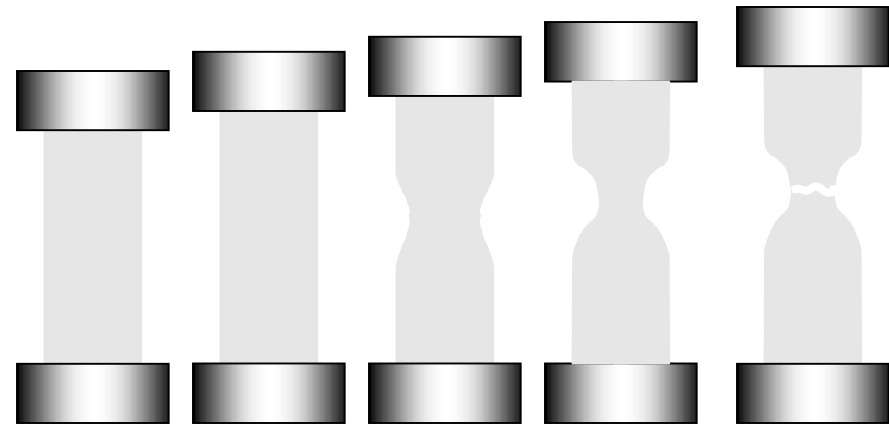
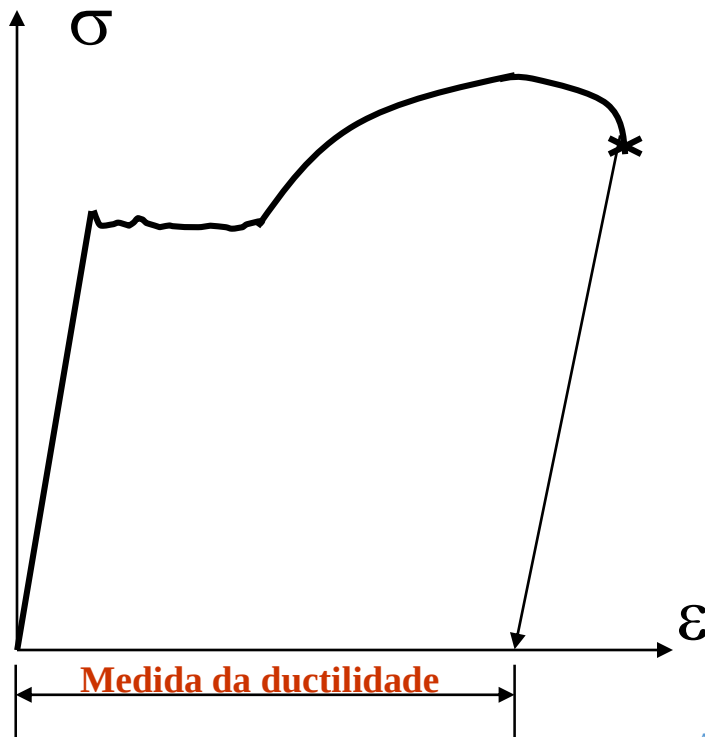
Maneiras de diminuir a deformação plástica (bloqueio de movimento de discordâncias):

- 1. Encruamento (pré-indução de uma deformação plástica) e/ou**
- 2. Inserção de elementos de liga como o carbono (solução)**
- 3. Diminuição do tamanho dos grãos (bloqueio para movimentação das discordâncias)**

Aços para concreto



Comportamento mecânico dos metais



Material elasto-plástico

Fabricação do aço para concreto armado

- Matéria prima básica: sucata
- A sucata é fundida em fornos elétricos
- Passa para um forno panela e é enviado para o lingotamento contínuo

Tratamentos dos aços

- decapagem

- elimina óxidos provenientes da laminação
- banhos ácidos



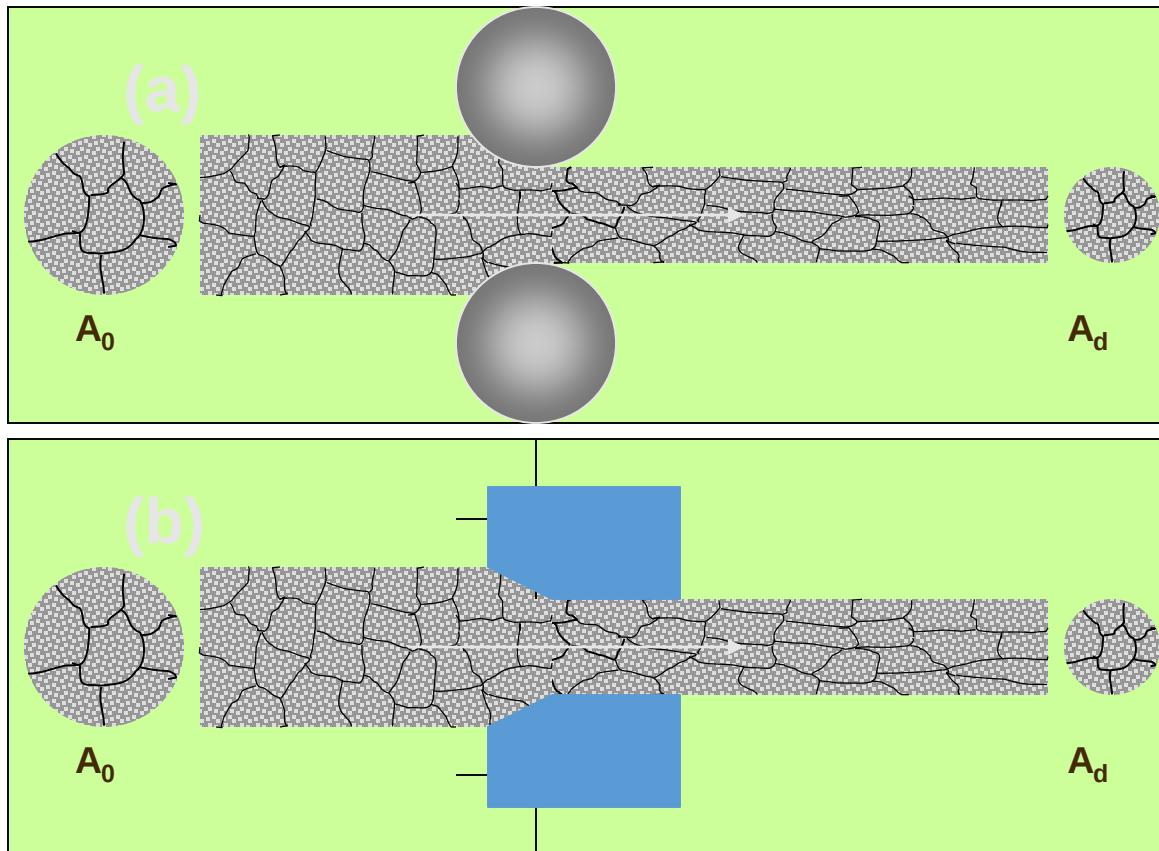
www.ikkdobrasil.com.br

- encruamento

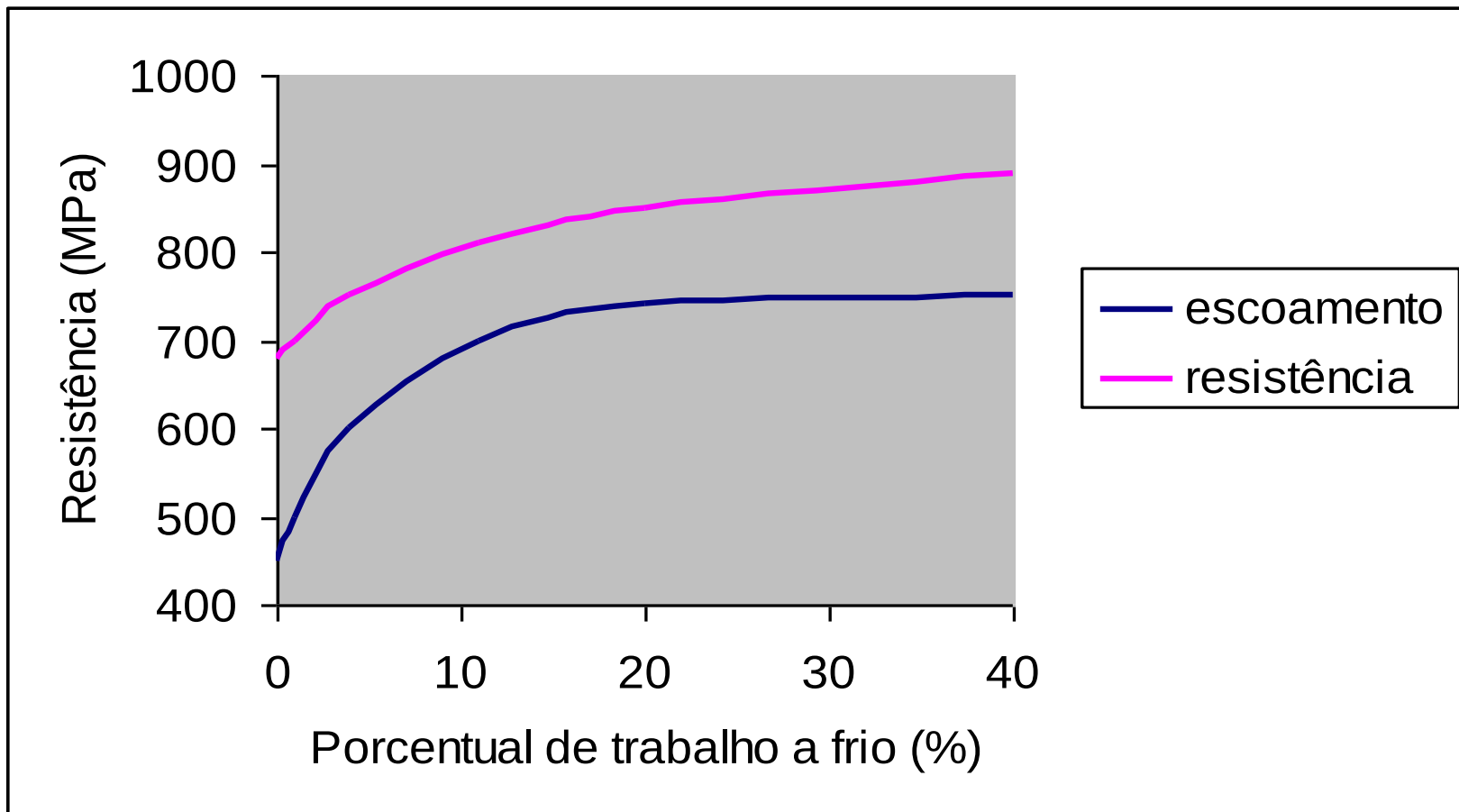
- deformação mecânica
- a frio
- grãos são deformados
- > resist. mecânica
- > dureza
- < ductilidade
 - < estrição
 - < alongamento
- < resistência a corrosão
- **reversível**

Porcentual de trabalho a frio (%TF)

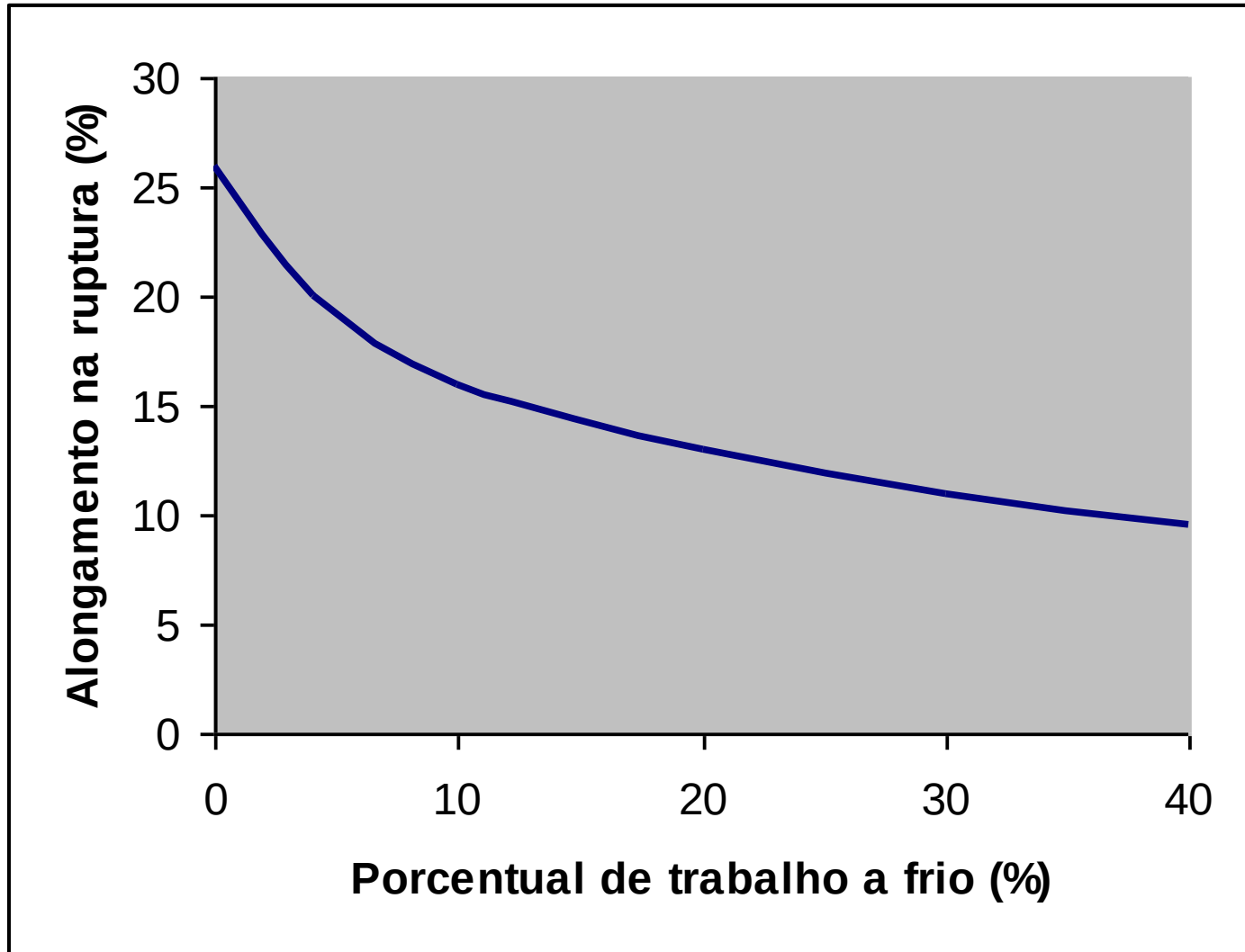
- $\%TF = 100 \times (A_0 - A_d) / A_0$
- Onde,
- A_0 = área original da seção reta antes da trefilação e
- A_d = área reduzida da seção reta após a trefilação



Efeito do encruamento no comportamento do aço

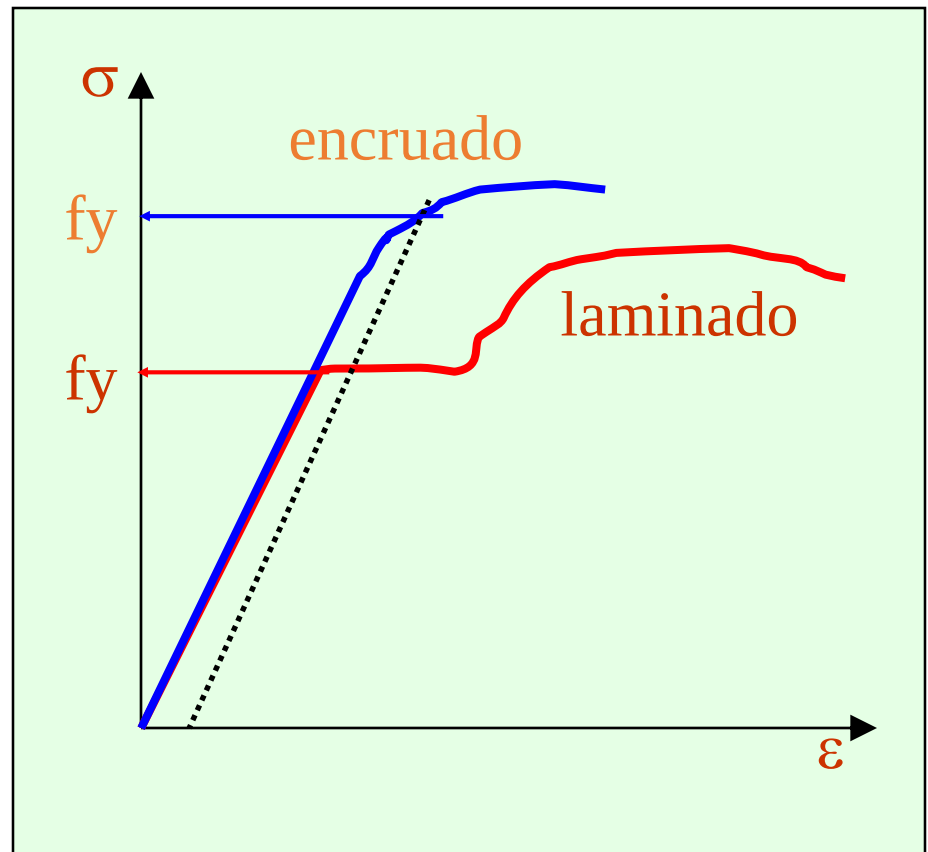


Efeito do encruamento no comportamento do aço



Efeito do encruamento

- Elevação do limite elástico $\rightarrow$ aumento da capacidade de trabalho.
- Amplia o potencial de um aço de micro-estrutura não refinada
- Ligeiro aumento na resistência mecânica.



AÇOS PARA CONCRETO ARMADO

Especificações

Normalização

- NBR 7480 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
- Publicação: 2007.
- Normaliza sobre:

BARRAS: $\phi \geq 5\text{mm}$ laminação a quente

FIOS: $\phi \leq 10\text{mm}$ obtidos por trefilação

Classificação

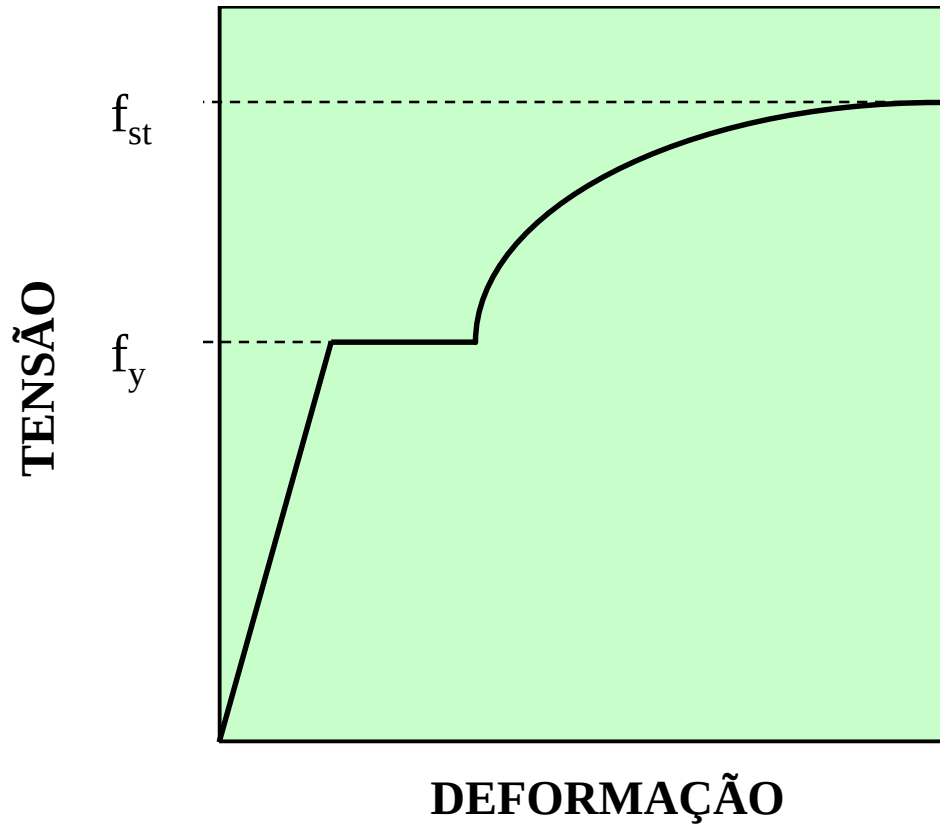
- BARRAS CA-25 e CA-50
- FIOS CA-60

CA = Aço destinado ao concreto armado

25, 50 e 60 = Valor característico da resistência de escoamento

Tensão de escoamento

- LAMINADO



Processos de produção de aços para concreto - Trefilação

- Deformação plástica a frio
- Encruamento e acerto de bitola
- Aumenta o limite elástico do material e reduz a ductilidade.
- Fios para CA
- Cordoalhas e fios para CP

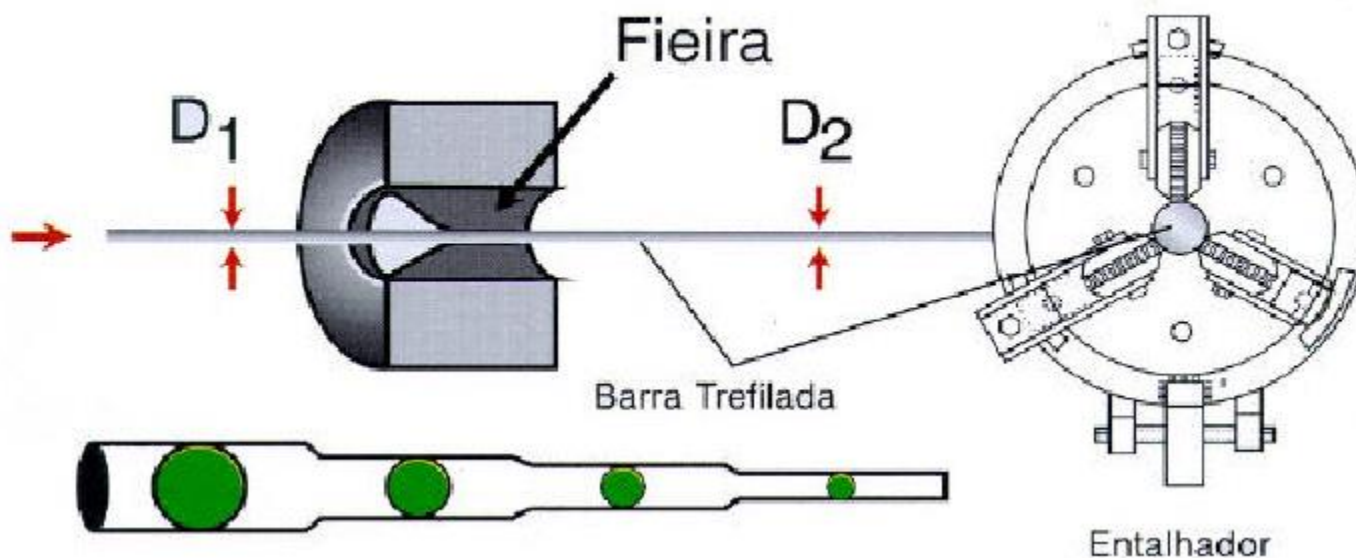


Aço CA 60

www.gerdau.com.br

Processos de produção de aços para concreto - Trefilação

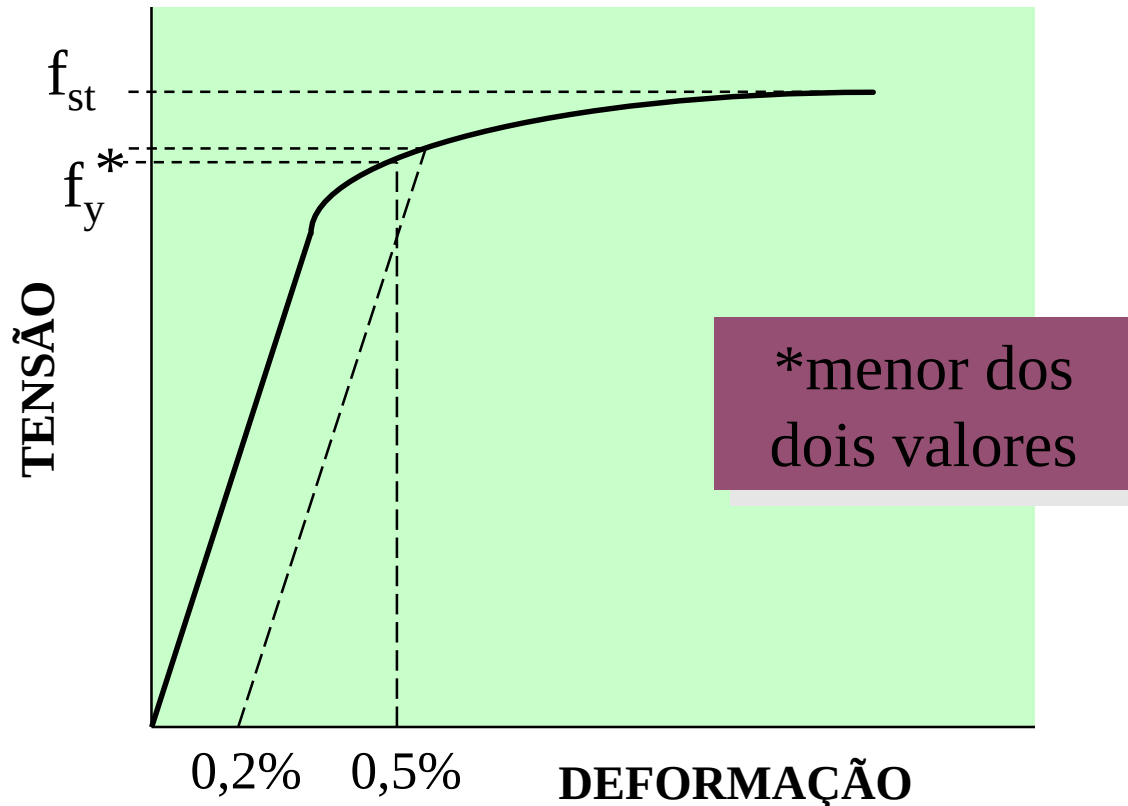
Esquema de Trefilação



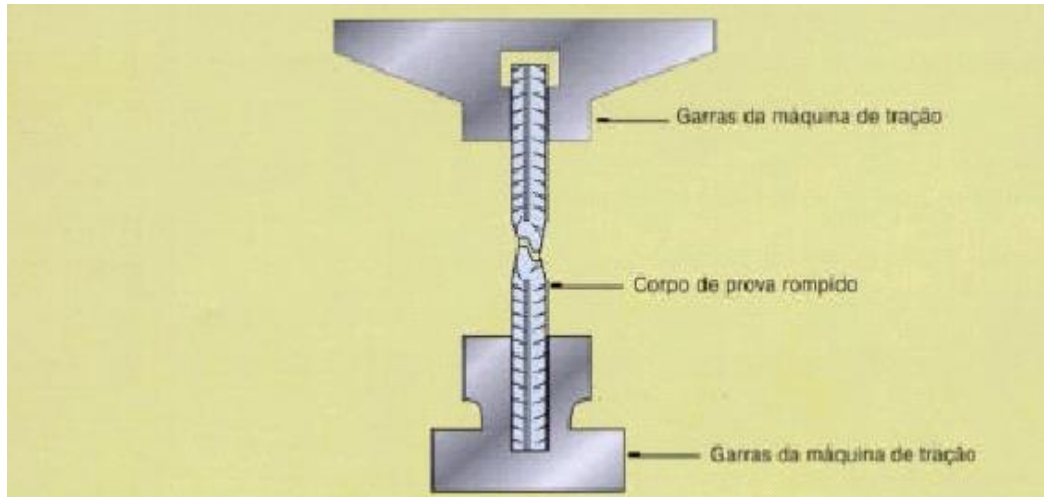
http://www.belgomineira.com.br/content/produtos/pdf/Belgo50_60.pdf

Tensão de escoamento

- Trefilado e alguns laminados

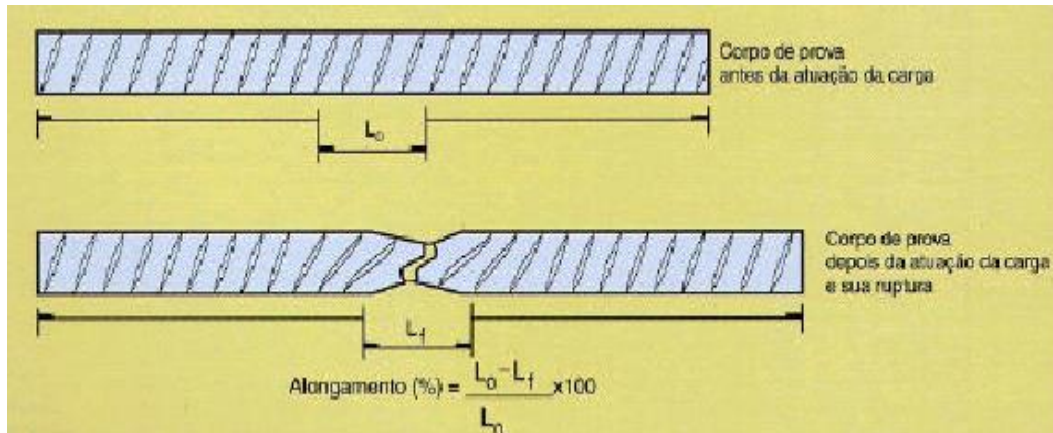


Determinação das propriedades mecânicas à tração



NBR 6152

“Material Metálico
-Determinação das Propriedades
Mecânicas à Tração - Método de
Ensaio”



Determinação das propriedades mecânicas à tração

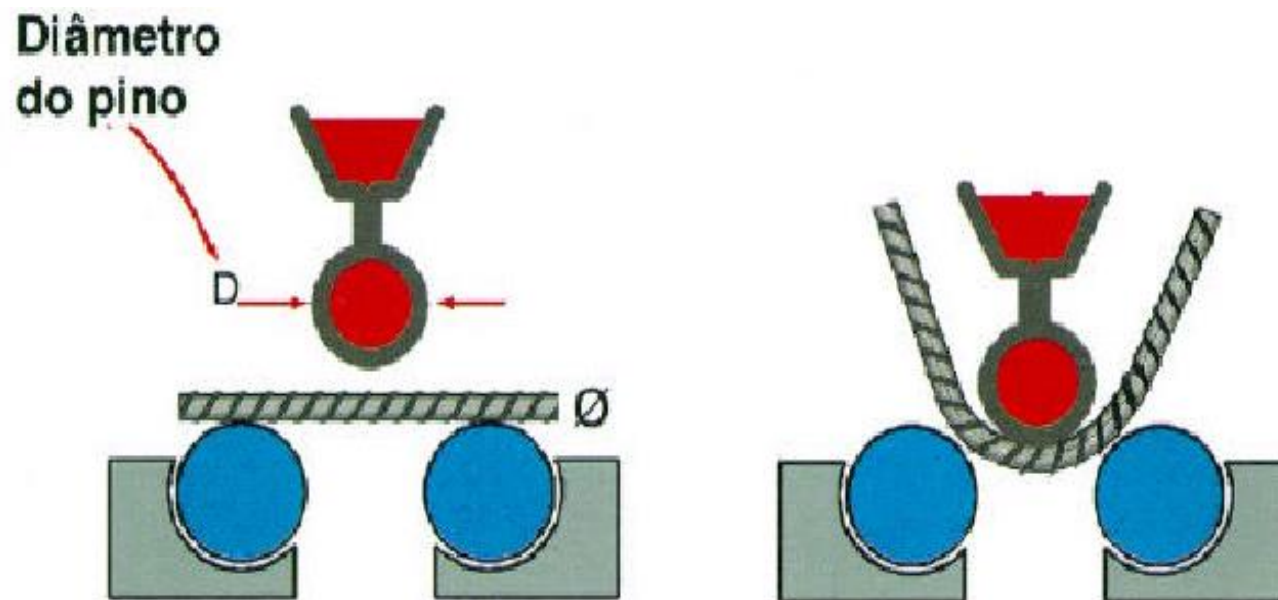
Determina-se os valores de f_y , f_{st} e alongamento em 10Φ

Valores de entrada: massa e comprimento da barra para cálculo da área média através da massa específica

Marcação da barra para cálculo de alongamento

NBR 6152

Ensaio de dobramento



http://www.belgomineira.com.br/content/produtos/pdf/Belgo50_60.pdf

Ensaio de dobramento semiguiado

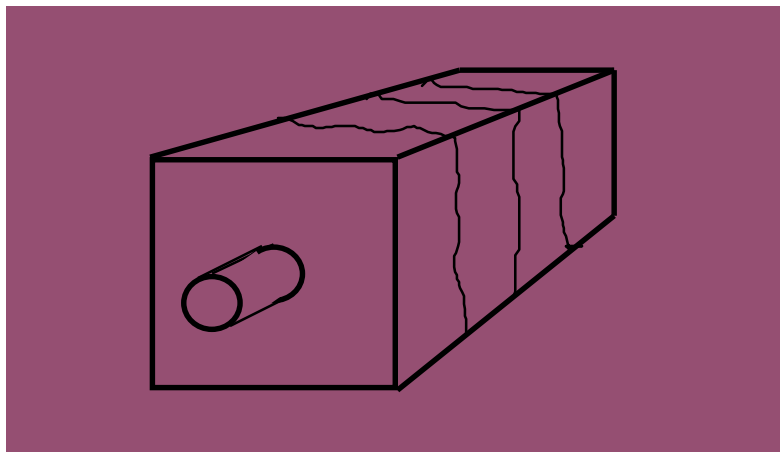
- Corpo-de-prova é dobrado a 180°
- ruptura ou fissuração na zona tracionada
- Esforços de montagem
- Aço laminado ou trefilado
- Diâmetro do pino

$\phi < 20\text{mm}$	$\phi \geq 20\text{mm}$	
2 ϕ	4 ϕ	CA25
4 ϕ	6 ϕ	CA50
5 ϕ		CA60

NBR 6153

Determinação do coeficiente de conformação superficial

- Avalia a aderência da barra e do fio de aço ao concreto pelo espaçamento de fissuras
- Comparativo entre a barra nervurada e lisa
- Não é um ensaio de recebimento



NBR 7477

Propriedades mecânicas

Cate- goria	Ensaio de tração (mínimos)			Ensaio de dobramento	Aderência
	f_y (MPa)	f_{st} (MPa)	Along. 10ϕ (%)	Pino $\phi < 20\text{mm}$	Coefic. de conf. $\phi > 10\text{mm}$
CA-25	250	1,20 f_y	18	2 ϕ	1,0
CA-50	500	1,10 f_y	8	4 ϕ	1,5
CA-60	600	1,05 f_y e >660	5	5 ϕ	1,5

Ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado

- Submete o corpo de prova a esforços cíclicos
- Não é um ensaio de recebimento
- Destinado a caracterizar o material em condições específicas
- Do que depende a fadiga?
- Temperatura
- Proximidade da tensão aplicada com a de ruptura
- Número de ciclos

• **NBR 7478**

Tolerâncias para a massa

Massa

Barras

6% $\phi_{\text{nom}} > 10 \text{ mm}$

10% $\phi_{\text{nom}} < 10 \text{ mm}$

Fios: 6%

Comprimento

nominal = 11m

Tolerância = 9%

Permite-se 2% de barras curtas com $L > 6,0\text{m}$

AÇO PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO *Armado*

NORMALIZAÇÃO – BITOLAS CA25 E CA50

Bitola (mm)	CA25 e CA50		
	Pesos lineares (kg/m)		
	mínimo	nominal	máximo
	- 10%	0%	+ 10%
6,3	0.220	0.245	0.269
8	0.355	0.395	0.434
	- 6%	0%	+ 6%
10	0.580	0.617	0.654
12,5	0.906	0.963	1.021
16	1.484	1.578	1.673
20	2.318	2.466	2.614
22	2.805	2.984	3.163
25	3.622	3.853	4.084
32	5.935	6.313	6.692

www.ferrericon.coml

-Fios e Barras de aço para
concreto armado

NBR 7480

AÇO PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO *Armado* NORMALIZAÇÃO – BITOLAS CA60

Bitola (mm)	CA60		
	Pesos lineares (kg/m)		
	mínimo	nominal	máximo
	- 6%	0%	+ 6%
3.4	0.067	0.071	0.075
4.2	0.102	0.109	0.115
5.0	0.145	0.154	0.163
6.0	0.209	0.222	0.235
7.0	0.284	0.302	0.320
8.0	0.371	0.395	0.418
9.5	0.523	0.558	0.589

<http://www.ferrericon.com/WhatIs.html>

-Fios e Barras de aço para
concreto armado Aços para concreto

NBR 7480

ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

- Isenção de defeitos e dentro das tolerâncias
- Conformidade dos requisitos de desempenho avaliados pelos ensaios de tração e dobramento
- No caso de rejeição pelos resultados de ensaio faz-se uma única contraprova com nova amostra.