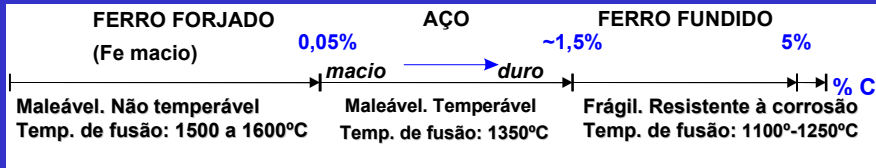
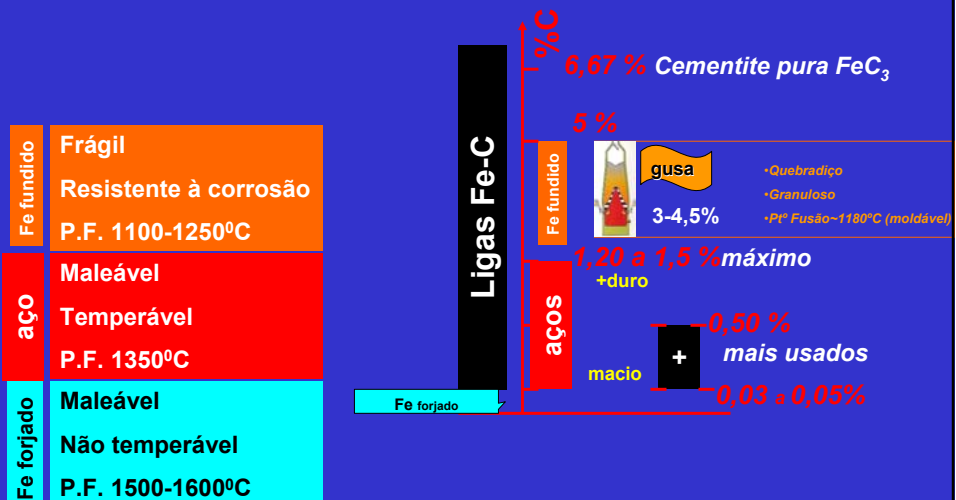




Classificação dos produtos siderúrgicos



Classificação dos produtos siderúrgicos





Mas as propriedades das ligas de Ferro e do aço são determinadas por:

Teor de C

Mas também por:

Teor de Silício

Manganês

Elevada resistência mecânica

Níquel

Vanádio

Molibdênio

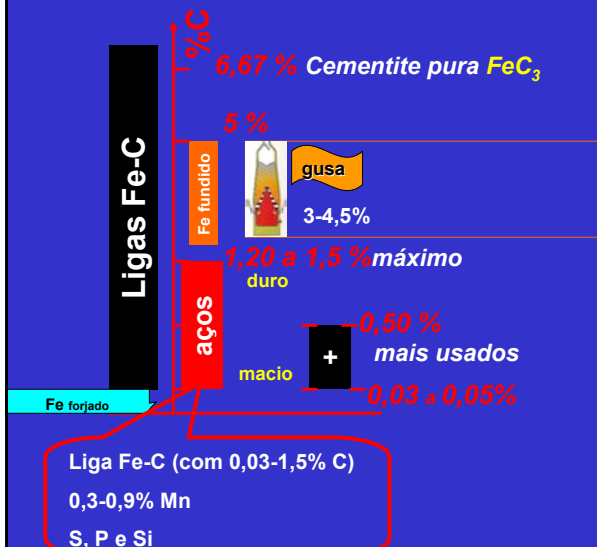
Elevada resistência e tenacidade

Crômio

Elevada resistência corrosão (aços inoxidáveis)



Liga Fe-C





TRATAMENTOS DOS AÇOS

- Reduzir/eliminar tensões internas
- Conferir determinadas propriedades

A
P
Ó
S

Laminagem a quente

Aços naturais

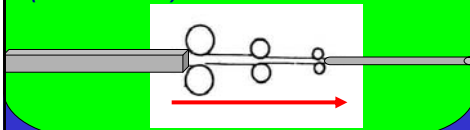
Se
TRATAMENTOS
posteriores

Aços tratados

Arrefecimento ao ar

TRATAMENTOS DOS AÇOS

Laminagem a quente (hot rolling)
Operação efectuada a uma temperatura superior à de recristalização do aço e pela qual se transforma o bilete/lingote (metal vazado) em varões.



- mecânicos
- térmicos
- termo-mecânicos
- termo-químicos
- superficiais



TRATAMENTOS DOS AÇOS

• mecânicos

processos de deformação a Quente ou a Frio melhoram propriedades mecânicas

• térmicos

processos de aquecimento e arrefec^{to} modificam a sua estrutura melhorando características mecânicas sem alterar composição química

termo-
mecânicos

t. térmicos + mecânicos em determinada fase de produção melhoram muito resistência

termo- químicos

superficiais



TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

•térmicos

•termo-mecânicos

•termo- químicos

p. térmicos + químicos
modificam composição química
de uma **película superficial**

•superficiais

processos que originam
depósitos na superfície
melhoram qualidades
superficiais



TRATAMENTOS DOS AÇOS

originadas por
arrefecimento desigual, etc.

remoção das tensões internas
aumento ou diminuição da dureza
melhoria da ductilidade
aumento da resist. à tracção e ao desgaste
melhoria das condições de fabrico
melhoria da resistência à corrosão
melhoria da resistência ao calor
melhoria das prop. eléctricas e magnéticas

•melhoria de uma prejudica outras

Ex: aumento da resistência (tratamento mecânico a frio)
conduz geralmente a uma diminuição ductilidade



TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

+importantes

•térmicos

•termo-
mecânicos

•termo- químicos

•superficiais

•Laminagem A quente $> T_{\text{recristalização}}$ mas $< T_{\text{fusão}}$

A frio $< T_{\text{recristalização}}$

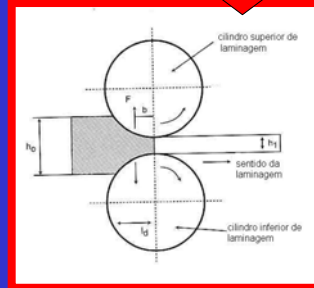


•Trefilagem e Estiragem

...

•TEMPCORE

Recozimento,
Normalização, Têmpera e
Revenido ...



TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

•térmicos

•termo-
mecânicos

•termo- químicos

•superficiais

•TEMPCORE

Recozimento,
Normalização, Têmpera e
Revenido ...



•têrmicos

Recozimento, Normalização, Têmpera e Revenido, Tempcore

TEMPCORE

Após a última caixa de laminagem



- Caudal regulável
 - Temperatura regulável
- Passagem m^o rápida
 arrefecimento superficial do varão que se torna cinzento
 Logo depois o varão volta ao rubro por aquecimento da superfície pelo núcleo interior
 arrefece depois lentamente até à temperatura ambiente



•Têrmicos TEMPCORE



Varões para
betão armado

A 400 NR SD
A 500 NR SD

ductilidade especial

Special
Ductility

A 400N e
A500N só
previsto R
(REBAP)

A 400 NR SD e A 500 ...
comparando
A 400 NR e A 500...

- a mesma composição química
- a mesma laminagem
- tratamento térmico efectuado em diferentes condições: diferente grau de arrefecimento através da regulação do caudal de água da caixa de arrefecimento.

O t. térmico é que diferencia estes 4 tipos de aço



O t. térmico é que diferencia estes 4 tipos de aço

A400NR

A400NR SD

A500NR

A500NR SD

- A mesma composição química
- O mesmo tipo de laminagem
- Tratamento térmico diferente

Produtos diferentes

Em termos de resistência

A400NR

A400NR SD

Em termos de ductilidade

A500NR

A500NR SD

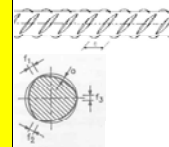


	Varões para betão armado (mais usados)				A500 ER Ductilidade normal (A500 EL só para redes) LNEC E 456-2000
	A400 NR Alta ductilidade LNEC E 449-1998	A400 NR SD Ductilidade especial LNEC E 455-2002	A500 NR Alta ductilidade LNEC E 450-1998	A500 NR SD Ductilidade especial LNEC E 460-2002	
R_e mínimo; k (5%)	400 MPa	400 MPa R_e/400 ≤ 1,20 (90%)	500 MPa	500 MPa R_e/500 ≤ 1,20 (90%)	500 MPa (R _{e0,2%})
R_m mínimo; k (5%)	460MPa	460MPa	550MPa	550MPa	550MPa
R_m/R_e Mínimo; k (10%) Máximo; k (90%)	1,08	1,15 1,35	1,08	1,15 1,35	1,05
A_{gt} Extensão total na força máxima; mínimo; k (10%)	3%	8%	5%	8%	2,5%
Soldabilidade	Sim pois C _{eq} < 0,52 *	Sim pois C _{eq} < 0,52 *	Sim pois C _{eq} < 0,52 *	Sim pois C _{eq} < 0,52 *	Sim pois C _{eq} < 0,45 *
Diâmetros (mm)	8 10 12 16 20 25 32 40	8 8 10 12 16 20 25 32 40	6 8 10 12 16 20 25 32 40	6 8 10 12 16 20 25 32 40	6 8 10 12 e outros para redes
Superfície rugosa de alta aderência					

O tratamento térmico é que diferencia estes 4 tipos de aço!

Em termos de resistência e

em termos de ductilidade



3 séries de nervuras transversais



	A400 NR Alta ductilidade LNEC E 449-1998	Varões para betão A400 NR SD Ductilidade especial LNEC E 455-2002
R_e mínimo; k (5%)	400 MPa	400 MPa $R_e/400 \leq 1,20$ (90%)
R_m mínimo; k (5%)	460MPa	460MPa
R_m/R_e Mínimo; k (10%)	1,08	1,15
Máximo; k (90%)	-	1,35
A_{gt} Extensão total na força máxima; mínimo; k (10%) estabilidade	5%	8%
Diametros (mm)	Sim: pois C ₁ < 0,52 * 8 8 10 12 16 20 25 32 40	Sim: pois C ₁ < 0,52 * 8 8 10 12 16 20 25 32 40
Superfície rugosa de alta		

Por ex:

$A_{gt} > 5\%$

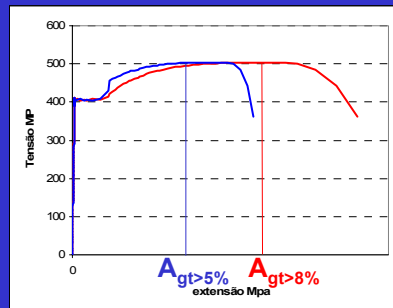
A400 NR

alta ductilidade

A400NR SD

ductilidade especial

$A_{gt} > 8\%$



Diferenças na ductilidade



A400 NR
A500 NR
ductilidade alta

Diferenças na ductilidade

A400 NR SD
A500 NR SD
ductilidade especial

Características mecânicas mínimas A400 NR (E449 1998)

R_e (1) MPa	R_m (1)	A_{gt} (2)	R_m/R_e (2)
400	460	5%	1,08

- (1) Valores característicos referentes ao quantilho de 5%
- (2) Valores característicos referentes ao quantilho de 10%

Características mecânicas A400 NR SD (E455 2002)

R_e (1)MPa	$R_e/400$ (3)	A_{gt} (2)	R_m/R_e (2)	R_m/R_e (3)
400	1,20	8%	1,15	1,35

- (1) Valor característico mínimo referente ao quantilho de 5%
- (2) Valor característico mínimo referente ao quantilho de 10%
- (3) Valor característico máximo referente ao quantilho de 90%



A500 NR Alta ductilidade LNEC E 450-1998	A500 NR SD Ductilidade especial LNEC E 460-2002
500 MPa	500 MPa $R_{e,500} \leq 1,20 (90\%)$
550MPa	550MPa
1,08	1,15
-	1,35
5%	8%
Sim pois $C_{Mn} < 0,52 *$	Sim pois $C_{Mn} < 0,52 *$
6 8 10 12 16 20 25 32 40	6 8 10 12 16 20 25 32 40

Diferenças na ductilidade

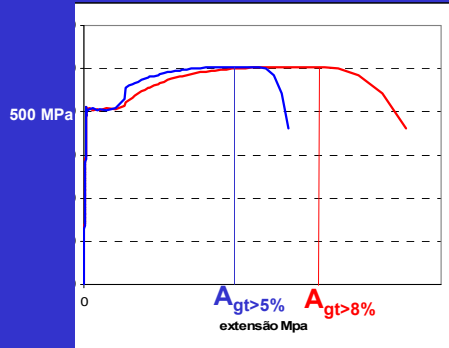
Por ex:

$A_{gt} > 5\%$

A500 NR
alta ductilidade

$A_{gt} > 8\%$

A500NR SD
ductilidade especial



TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

•térmicos

•termo-
mecânicos

•termo- químicos

•superficiais

•TEMPCORE

Recozimento,
Normalização, Têmpera e
Revenido ...





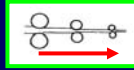
TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

+importantes



•Laminagem



A quente $> T_{\text{recristalização}}$ mas $< T_{\text{fusão}}$

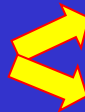
A frio $< T_{\text{recristalização}}$

•Trefilagem e Estiragem



processos de deformação do aço que melhoram as propriedades mecânicas

Impõe-se deformação permanente



aumento da tensão de rotura por tracção

aumento da tensão limite de elasticidade

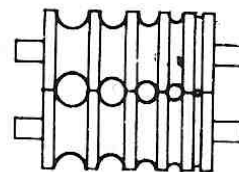
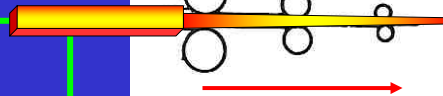
•mecânicos

•Laminagem

A quente

temperatura $> T_{\text{recristalização}}$ mas $< T_{\text{fusão}}$

Bilete entra ao rubro e é apanhado pelos cilindros
É comprimido e estirado ao passar entre os cilindros



Calibres e cilindros de laminagem para varões

•Diminuição progressiva da secção

•Aumento do seu comprimento

•Aumento da velocidade dos cilindros nas caixas

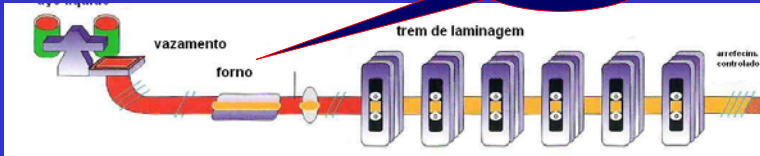
Últimas caixas
80-120m/s!



•Laminagem A quente

Trem de laminagem – sucessão de caixas com cilindros com calibres diversos até se obter o perfil e dimensão desejados.

Aqui a quente

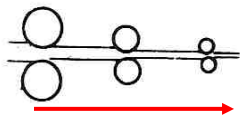


Maia : mx. 19 caixas; última caixa: MARCAÇÃO
Por ex: Ø 10 mm — 19 caixas Ø 32 mm — 13 caixas



•Laminagem A frio $T_{recristalização}$

tratamento mecânico a frio pode ser seguido por t. térmico para permitir o desaparecimento das tensões internas



Materia prima:
aço laminado a quente
Trem de laminagem a frio:
4 ou 5 caixas de laminagem

Emulsão refrigerante/lubrificante para:

- Eliminar o calor produzido durante a laminação
- Manter o atrito reduzido
- Evitar desgaste excessivo dos cilindros





TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

•Laminagem A frio $< T_{\text{recristalização}}$

Matéria prima:
aço laminado a quente



Trem de laminagem a frio:
4 ou 5 caixas de laminagem



TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

•Laminagem A frio $< T_{\text{recristalização}}$

Trem de laminagem a frio:
4 ou 5 caixas de laminagem



Última caixa com impressão das nervuras

Por ex:

A500 ER

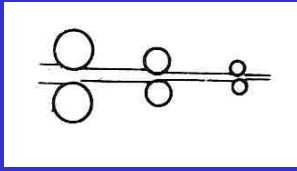




TRATAMENTOS DOS AÇOS

• mecânicos

• Laminagem A frio $< T_{\text{recristalização}}$



TRATAMENTOS DOS AÇOS

• mecânicos

• Laminagem



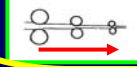


TRATAMENTOS DOS AÇOS

aço para
betão
armado

•mecânicos

•Laminagem



A quente

A frio

A400NR A400NR SD
A500NR A500NR SD

A500ER

•Estiragem e Trefilagem



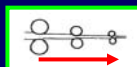
...



TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

•Laminagem

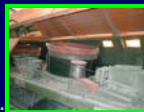


A quente

A frio



•Trefilagem e Estiragem



Estiragem aplicação de tracção às barras ou fios. Tem o inconveniente dos materiais não ficarem homogéneos, tanto em dimensões como no alongamento que tiveram, apresentando variações da secção em diferentes zonas

Trefilagem consiste na estiragem através de **fleiras**: o metal é forçado a passar por orifícios de moldagem - a fleira - sendo simultaneamente traccionado





Trefilagem consiste na estiragem através de fieiras: o metal é forçado a passar por orifícios de moldagem - a fieira - sendo simultaneamente traccionado

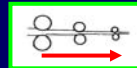
- As passagens sucessivas nas fieiras vão diminuir o diâmetro do fio até à dimensão pretendida.
- Obtêm-se fios bem calibrados com prop. + homogêneas (menos inconvenientes que estiragem).
- Processo utilizado para armaduras **pré-esforçadas**.



TRATAMENTOS DOS AÇOS

•mecânicos

•Laminagem



A quente
A frio

•Estiragem e Trefilagem



MATÉRIA PRIMA
aço laminado a quente

para Laminagem a frio
Estiragem e trefilagem