

Ligas Ferrosas [13]

Ligas ferrosas
(aços e ferros fundidos)



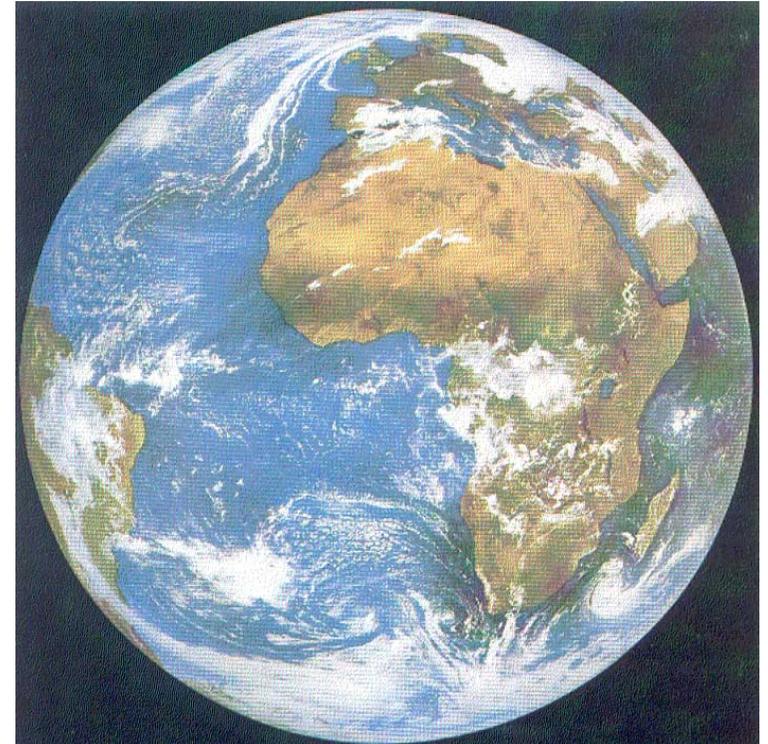
Materiais de
engenharia

Motivos:

- histórico
- disponibilidade
- custo
- propriedades mecânicas

Brasil:

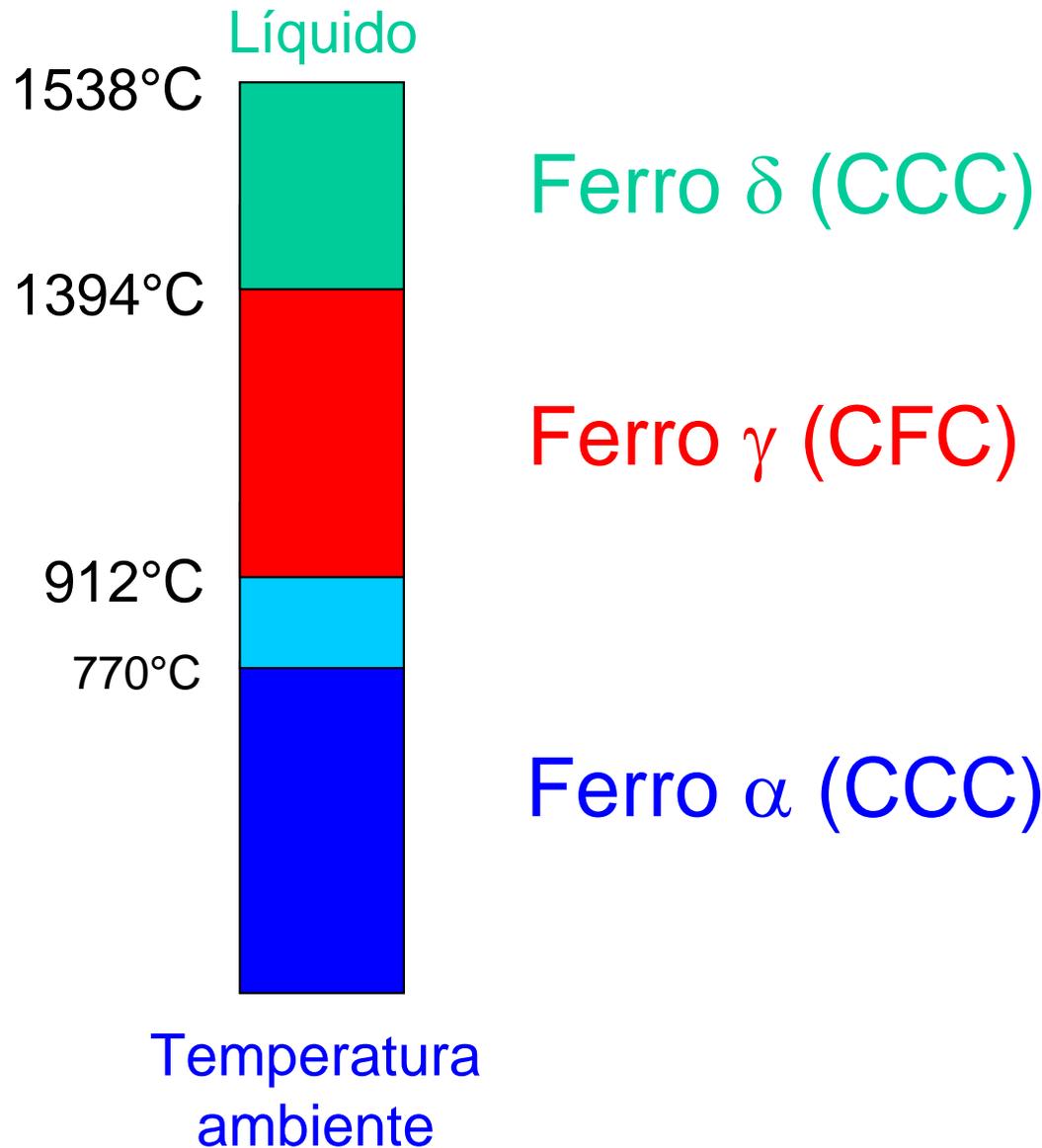
- 9º produtor mundial de aço (2008)
- 33,7 milhões de toneladas (2,5%)
- receita > US\$ 6 bilhões



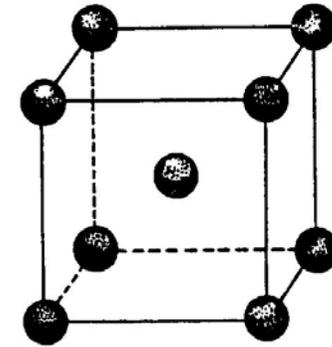
- 1) Oxigênio
- 2) Silício
- 3) Alumínio
- 4) Ferro

Ligas Ferrosas

➤ Alotropia do ferro puro:

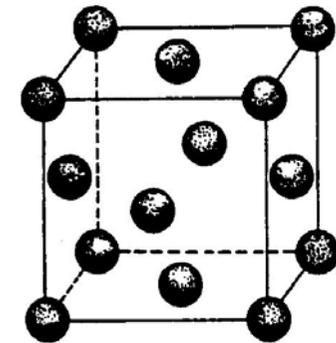


Cúbico de corpo centrado



$$a_0 = 2,93 \text{ \AA} (\delta)$$
$$a_0 = 2,86 \text{ \AA} (\alpha)$$

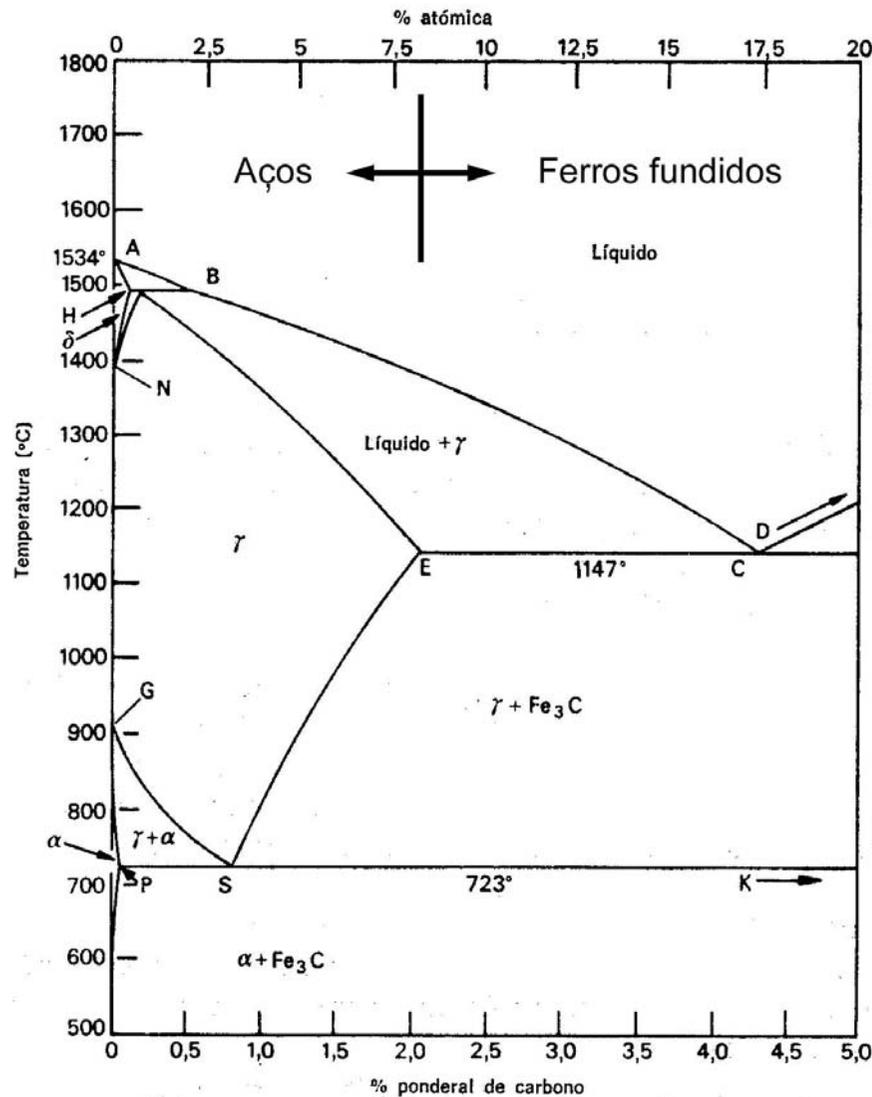
Cúbico de face centrada



$$a_0 = 3,64 \text{ \AA}$$

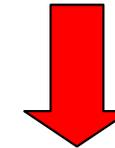
Ligas Ferrosas

➤ Diagrama de equilíbrio Fe-C:



Aços: $C < 2,1\%p$
Ferros Fundidos: $C > 2,1\%p$

Transformação de fase



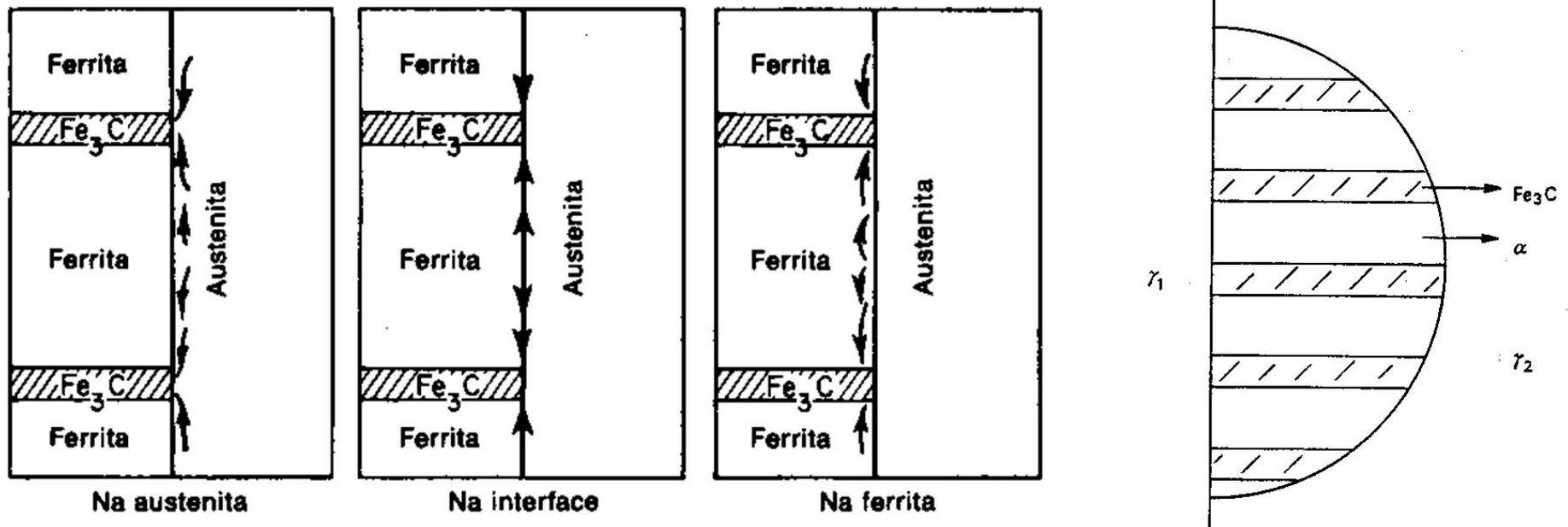
Propriedades mecânicas

Principais fases:

- austenita (CFC)
- ferrita (CCC)
- cementita (ortorrômbica)

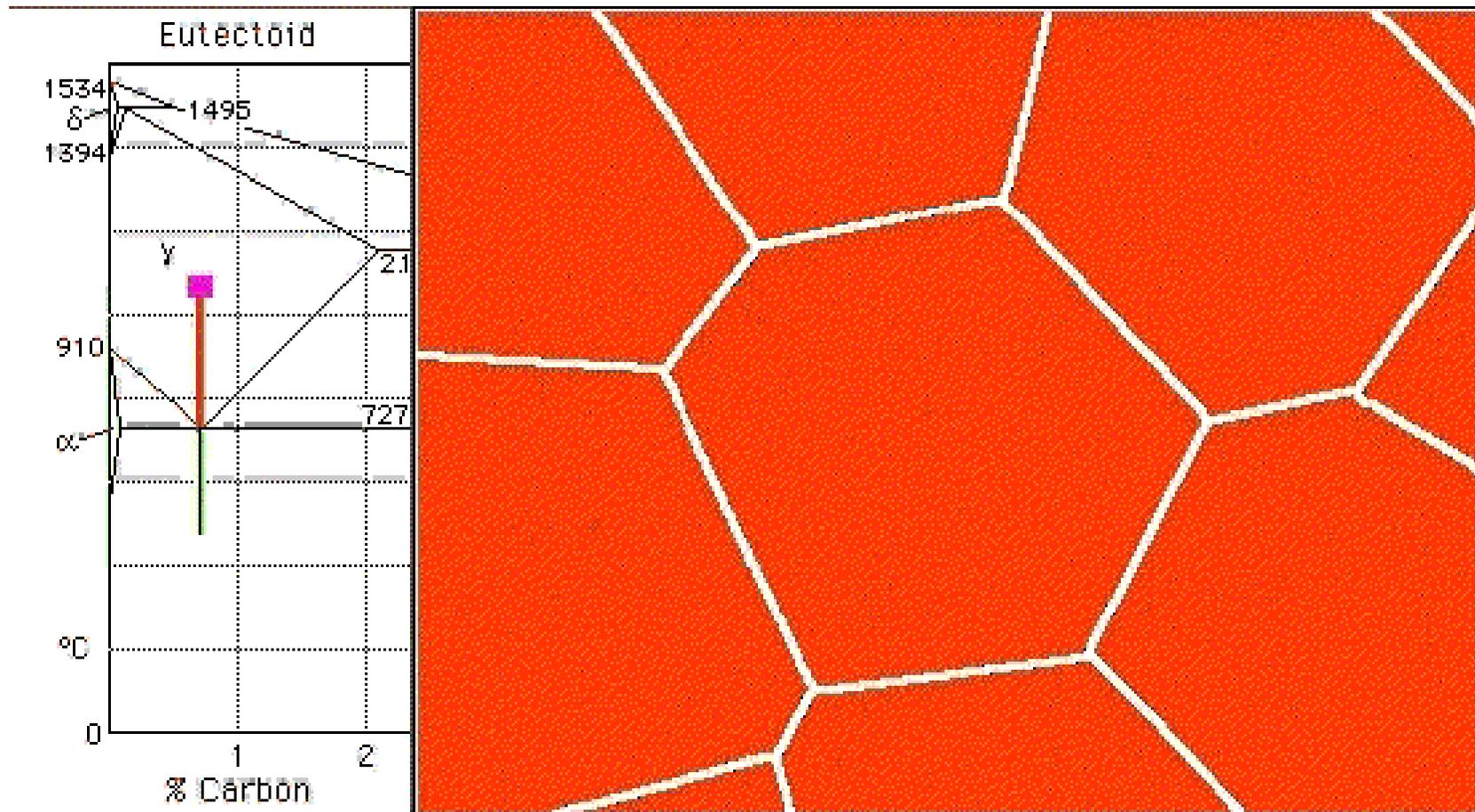
Ligas Ferrosas

- Reação eutetóide \longrightarrow aço com 0,8%p de C
$$\gamma \leftrightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$$
- Cementita (Fe_3C) \longrightarrow formação favorecida pela menor solubilidade do carbono no Fe_α
- Mecanismo de controle: difusão do carbono



Ligas Ferrosas

- Transformação de fase em aço eutetóide:



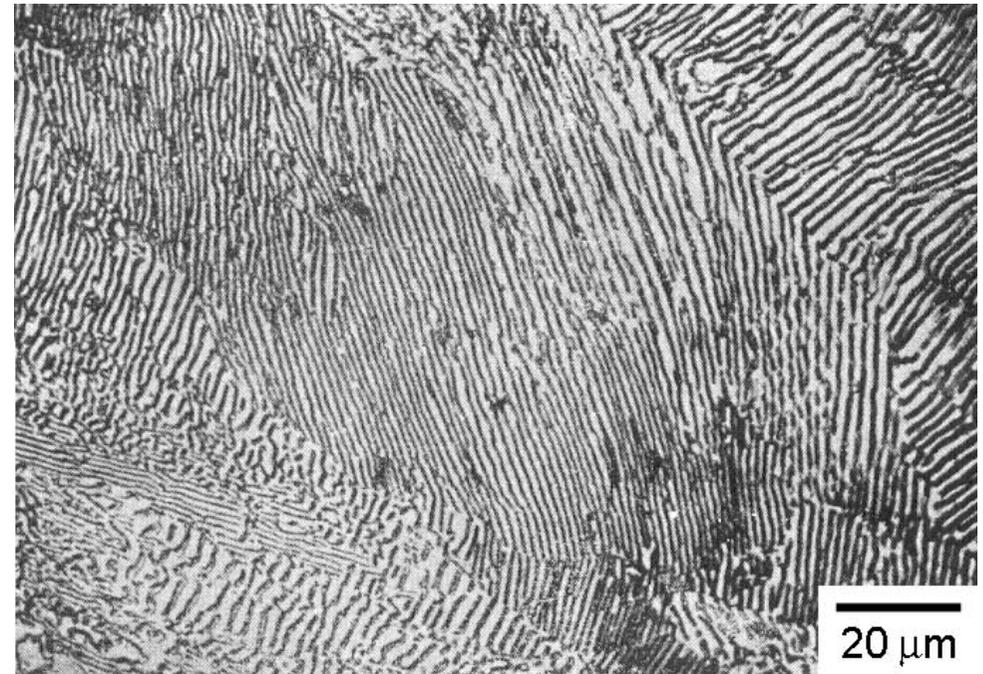
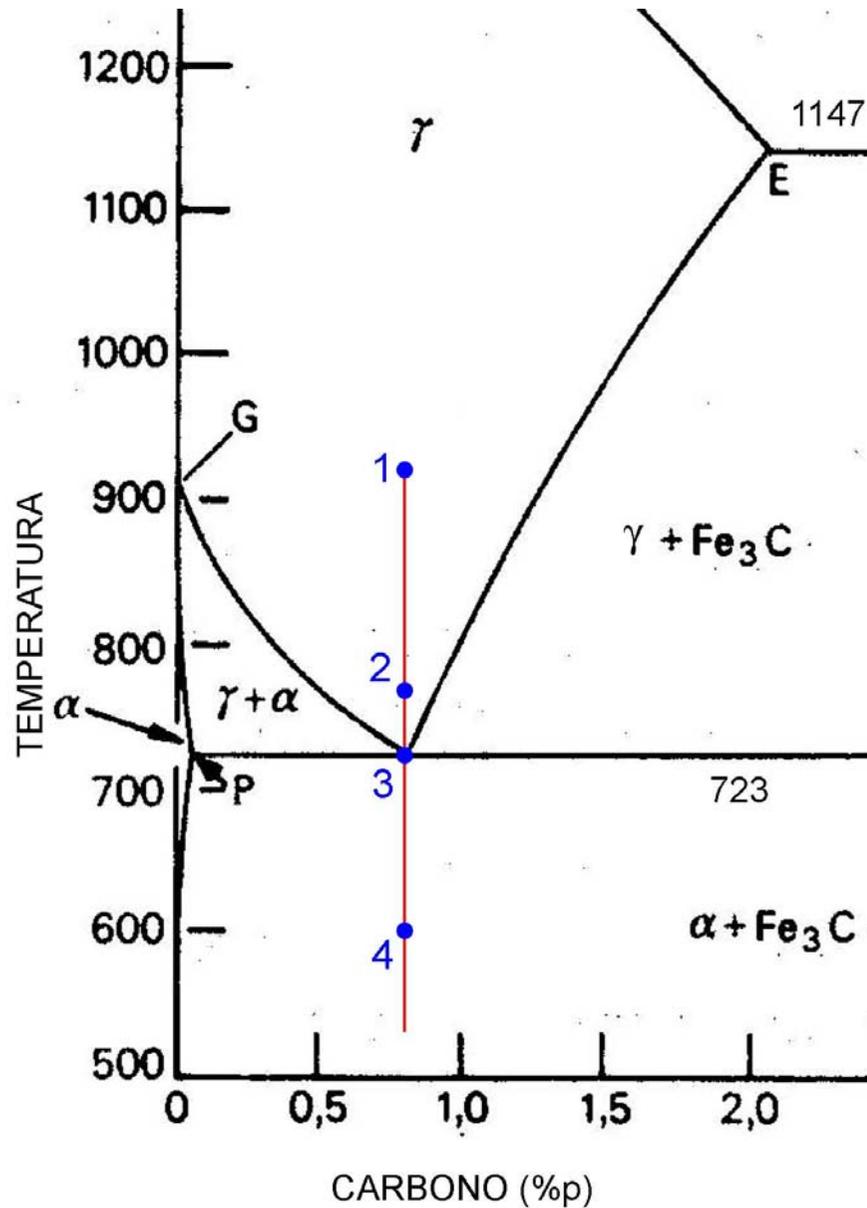
austenita



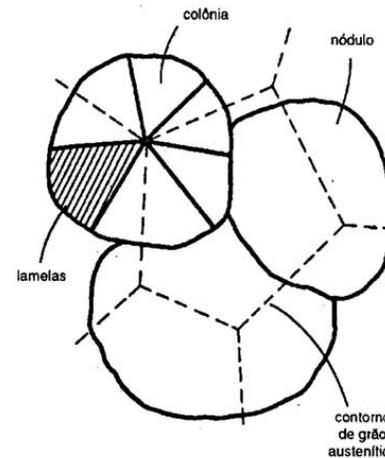
perlita (ferrita + cementita)

Ligas Ferrosas

➤ Microestrutura do aço eutetóide:



Colônias de perlita em aço

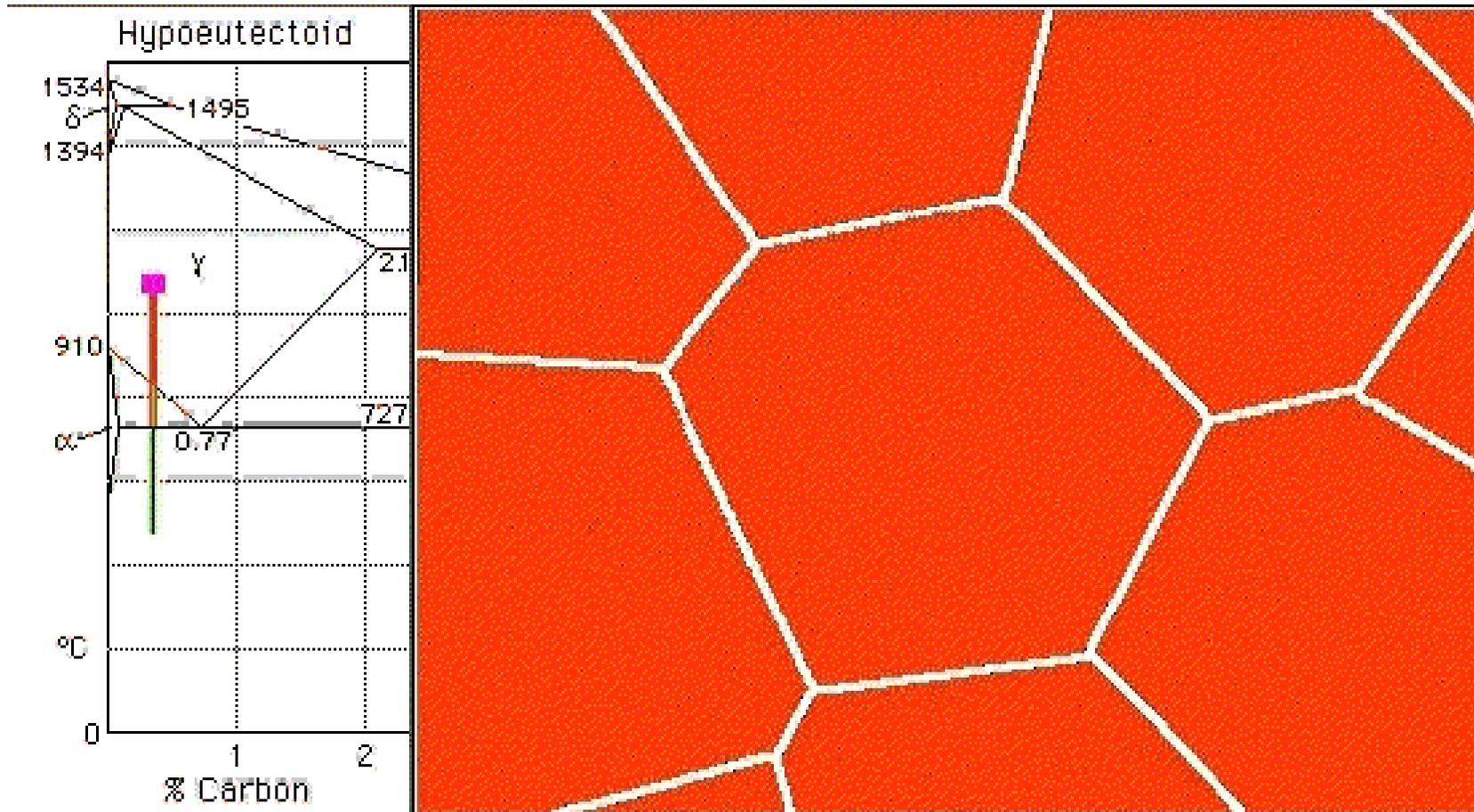


Morfologia da perlita em aços



Ligas Ferrosas

- Transformação de fase em aço hipoeutetóide:



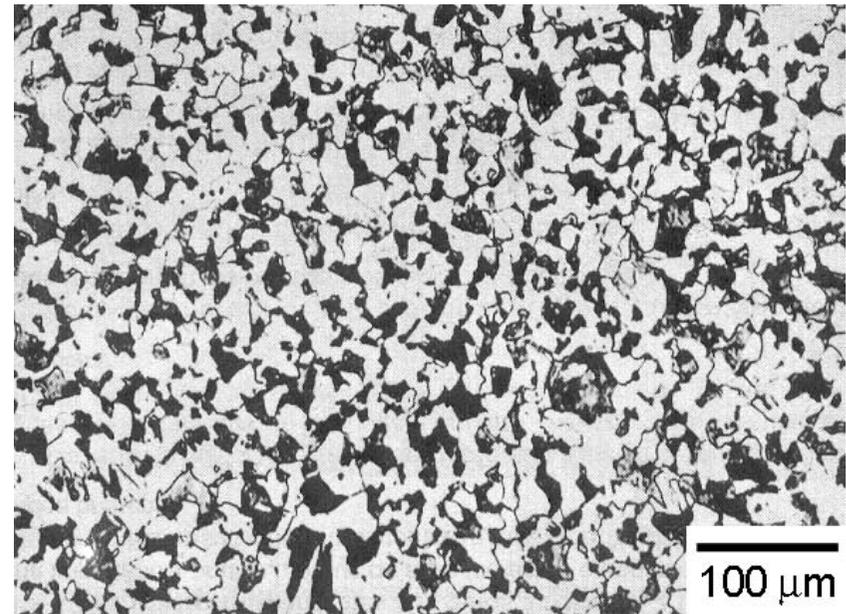
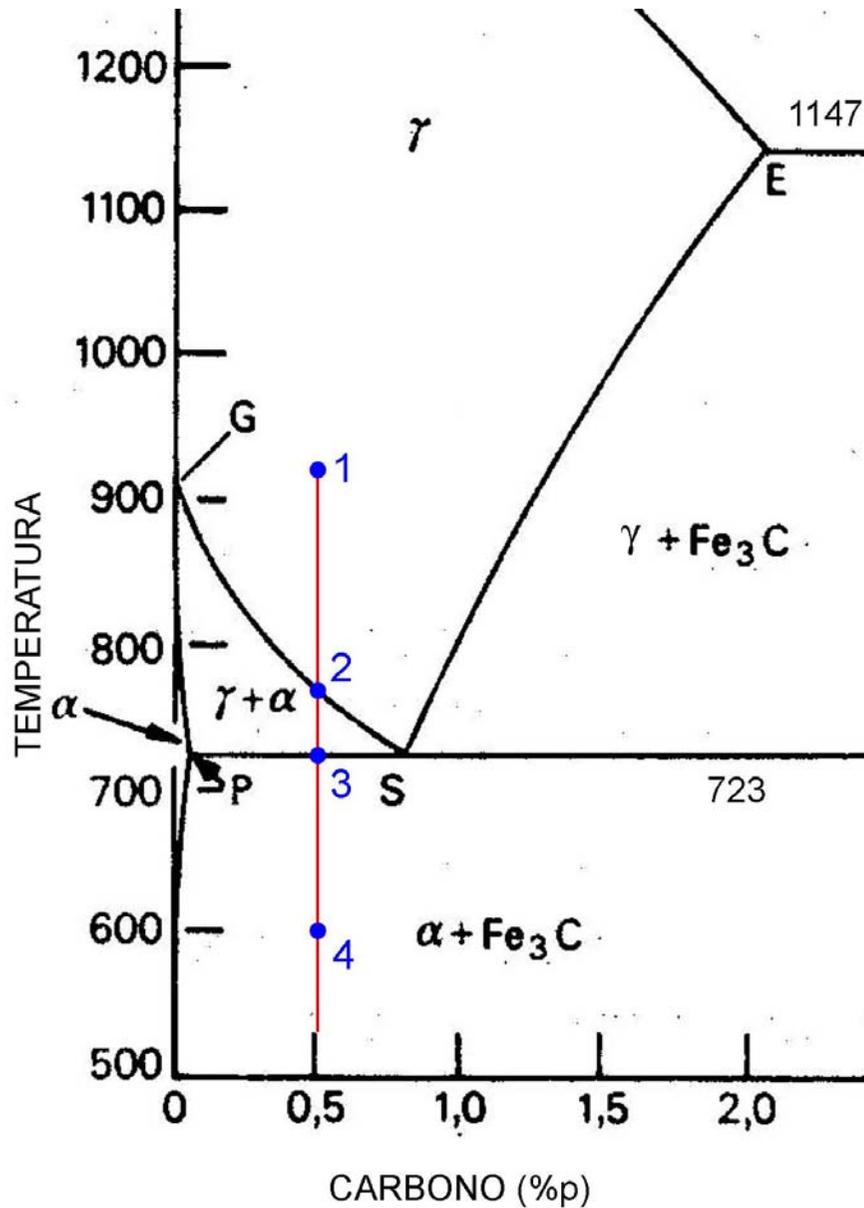
austenita



ferrita + perlita

Ligas Ferrosas

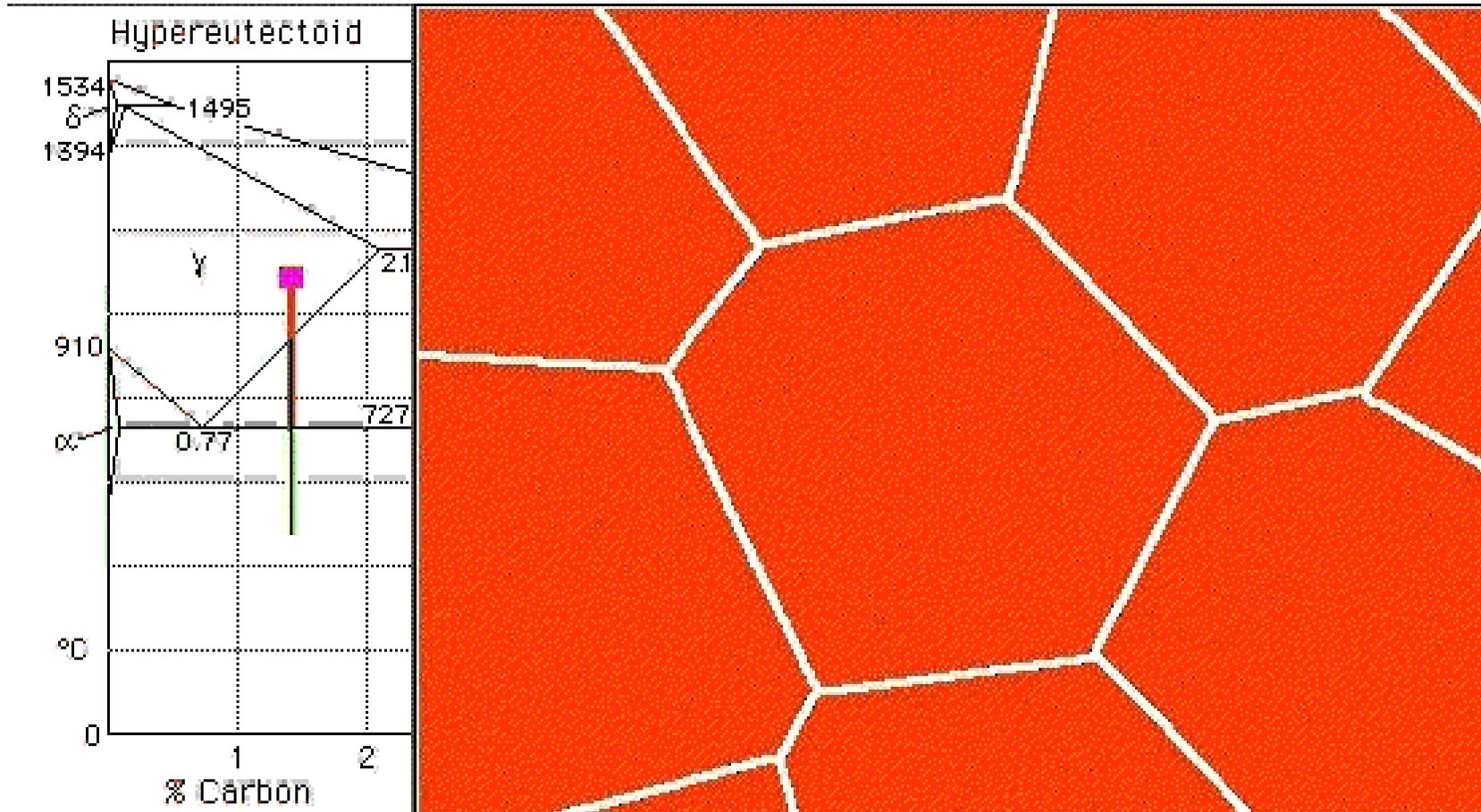
➤ Microestrutura do aço hipoeutetóide:



**Colônias de perlita
envolvidas por grãos de
ferrita pró-eutetóide**

Ligas Ferrosas

- Transformação de fase em aço hipereutetóide:



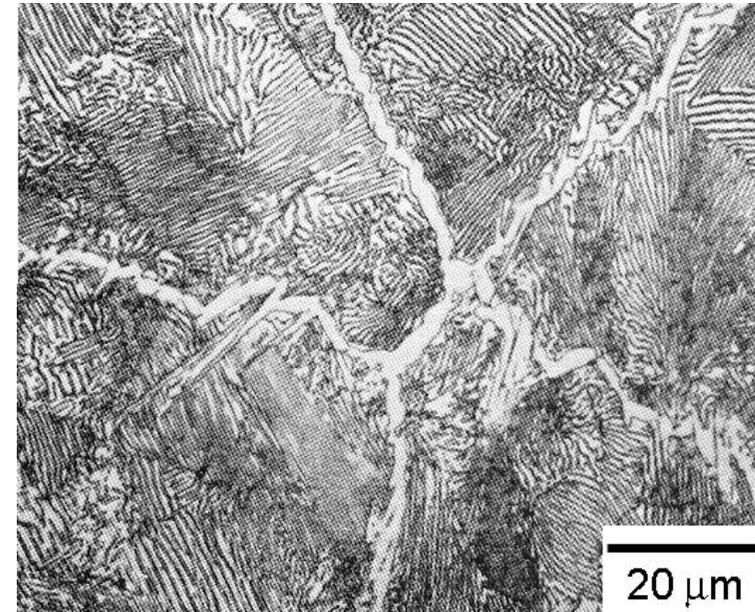
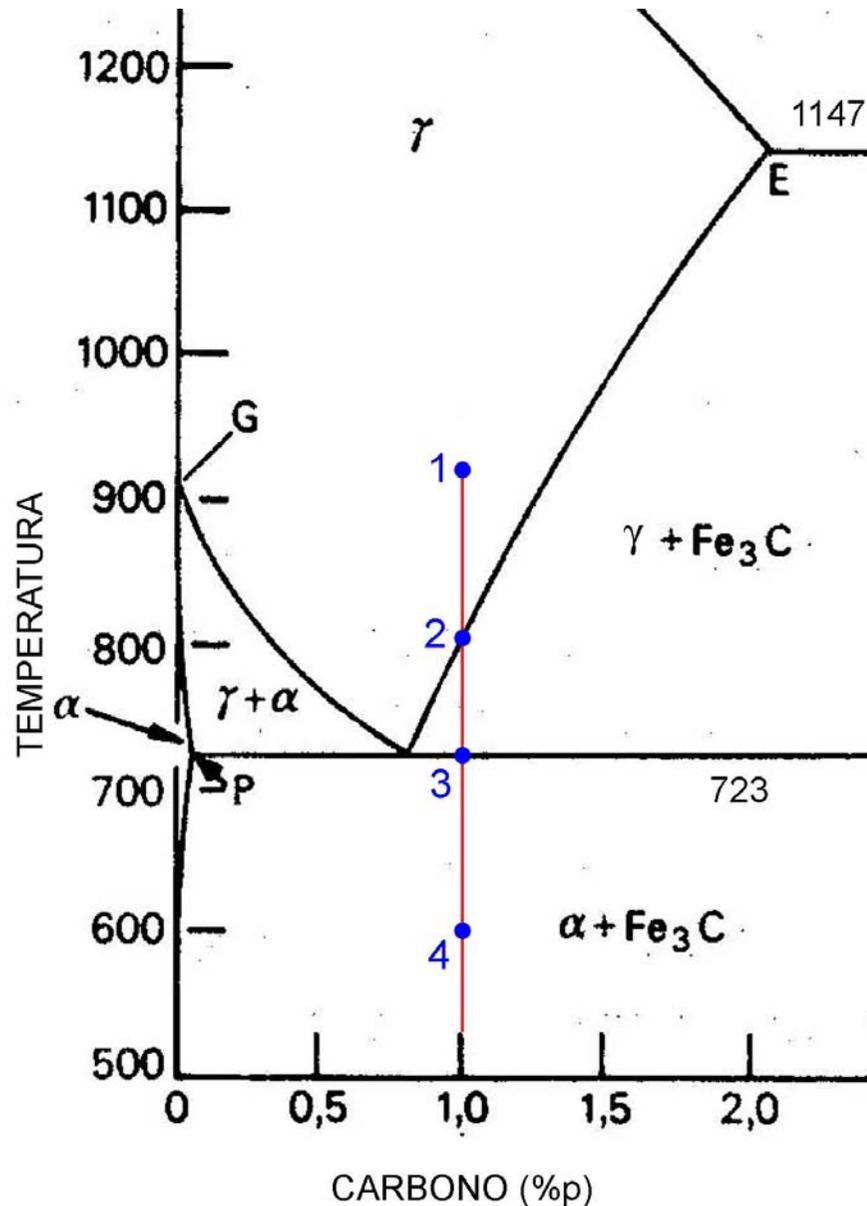
austenita



cementita + perlita

Ligas Ferrosas

➤ Microestrutura do aço hipereutetóide:



**Colônias perlíticas
envolvidas em
filmes de cementita**

Ligas Ferrosas

➤ Propriedades Mecânicas dos aços-carbono:

➤ **C < 0,8%p** → aço hipoeutetóide

➤ **C = 0,8%p** → aço eutetóide

➤ **C > 0,8%p** → aço hipereutetóide

Carbono %	Limite de escoamento		Limite de resistência à tração		Alongamento em 2'' %	Estricção %	Dureza Brinell
	kfg/mm ²	MPa	kfg/mm ²	MPa			
0,01	12,5	125	28,5	275	47	71	90
0,20	25,0	250	41,5	405	37	64	115
0,40	31,0	300	52,5	515	30	48	145
0,60	35,0	340	67,0	660	23	33	190
0,80	36,5	355	80,5	785	15	22	220
1,00	36,5	355	75,5	745	22	26	195
1,20	36,0	350	71,5	705	24	39	200
1,40	35,0	340	69,5	685	19	25	215

Ligas Ferrosas

Bibliografia:

- **Chiaverini, V.** Tratamentos Térmicos das Ligas Ferrosas. ABM, São Paulo, 1987.
- **Colpaert, H.** Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1974.
- **Hume-Rothery, W.** Estrutura das Ligas de Ferro. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1968.
- **Honeycombe, R. W. K.** Aços: Microestrutura e Propriedades. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1984.
- **Van Vlack, L. H.** Princípios de Ciência dos Materiais. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1970.