

Diagrama Fe-Fe₃C (aços ao carbono) (AISI/SAE 10xx)

Eutectic	$L \rightarrow \alpha + \beta$	
Peritectic	$\alpha + L \rightarrow \beta$	
Monotectic	$L_1 \rightarrow L_2 + \alpha$	
Eutectoid	$\gamma \rightarrow \alpha + \beta$	
Peritectoid	$\alpha + \beta \rightarrow \gamma$	

Composição Química dos Aços:

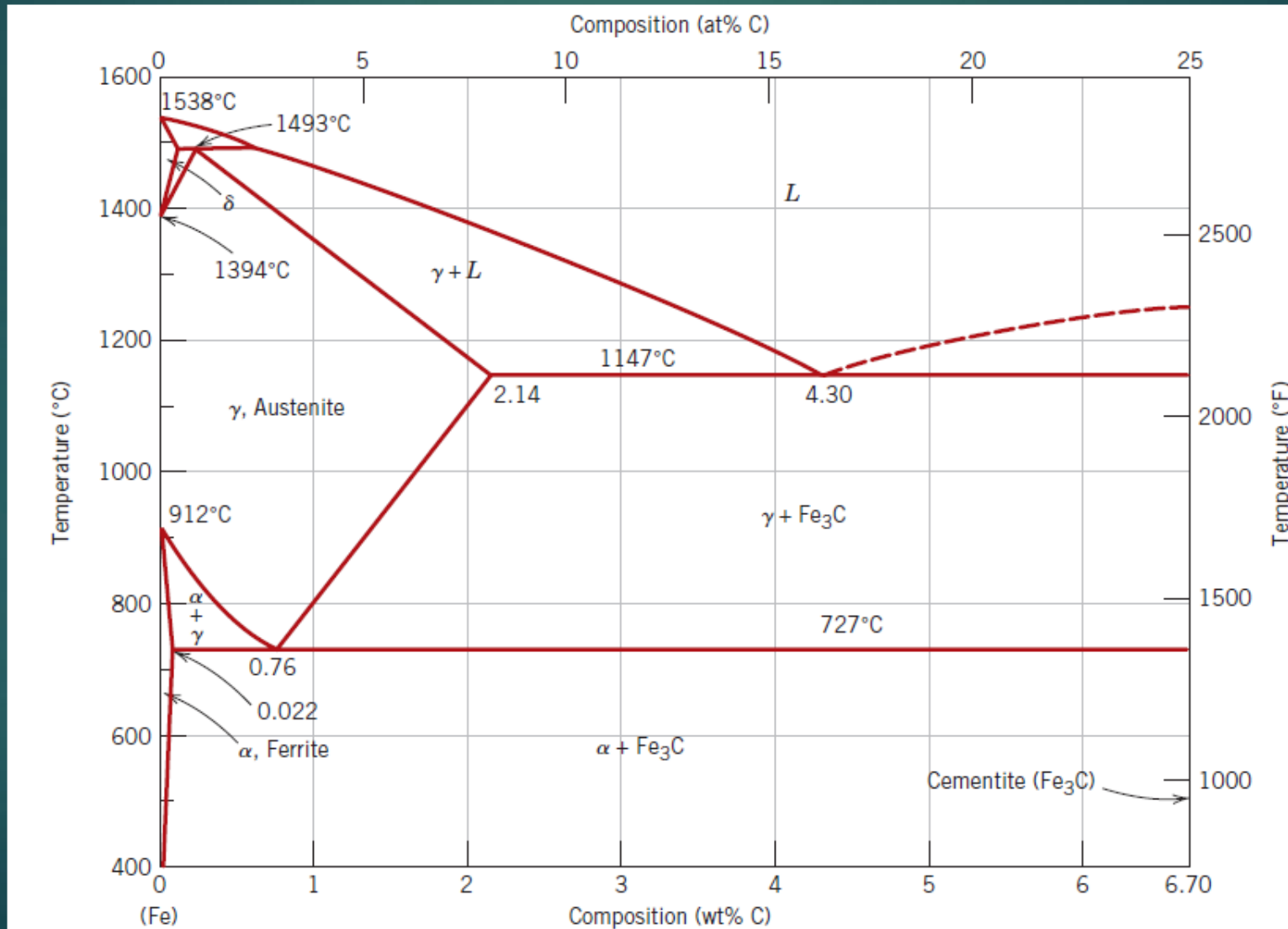
Fe: Base

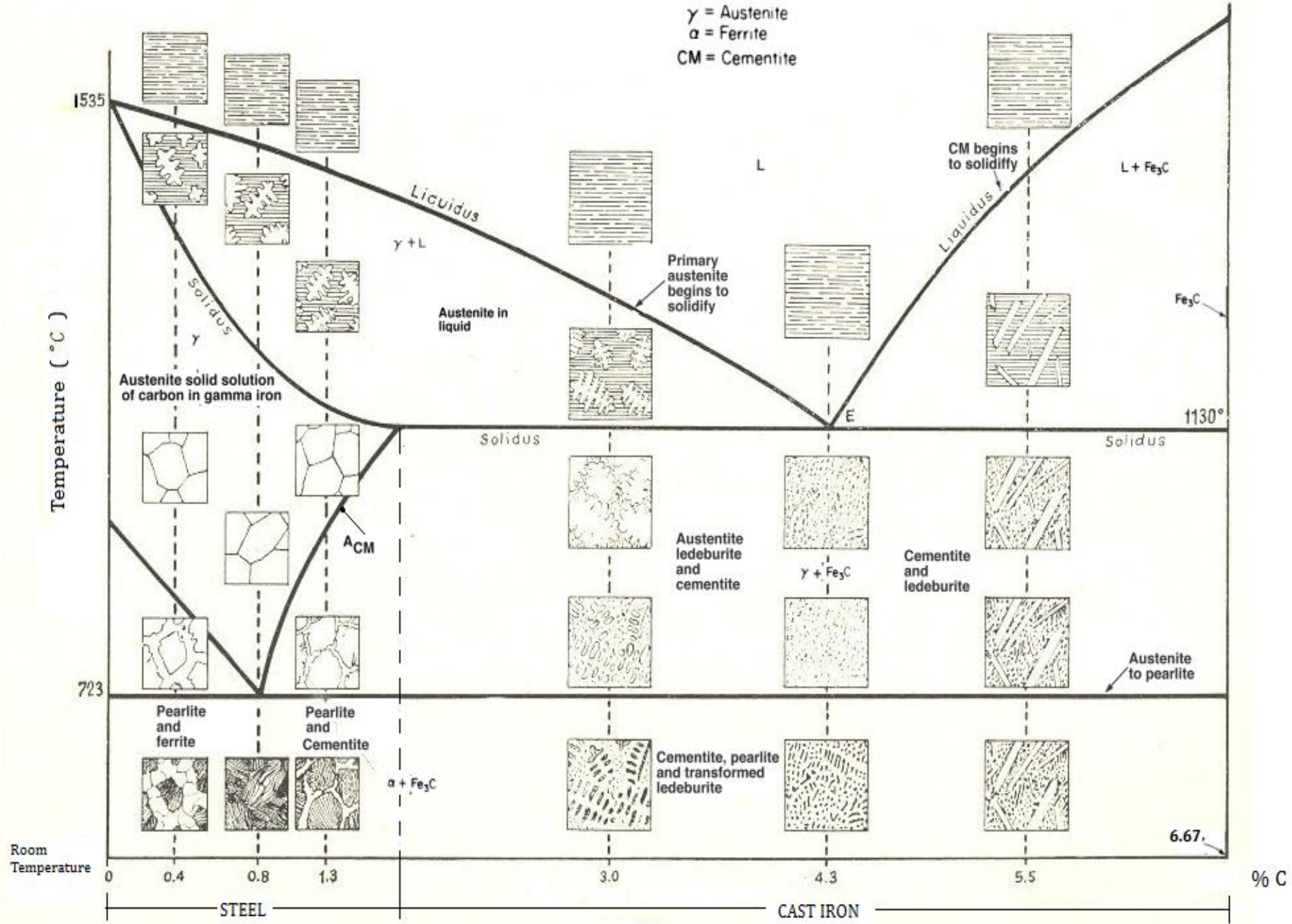
+

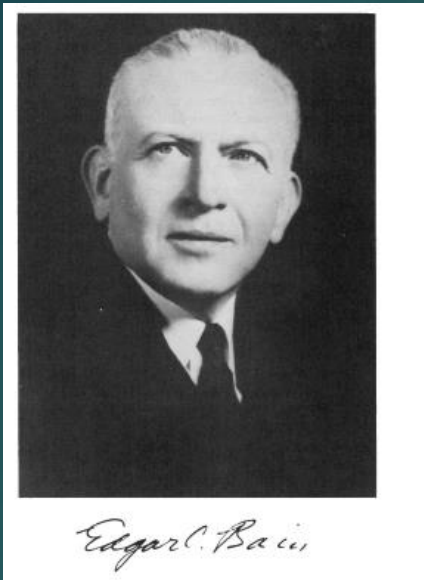
Elementos de Liga:

C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, W, V, Ti, Nb

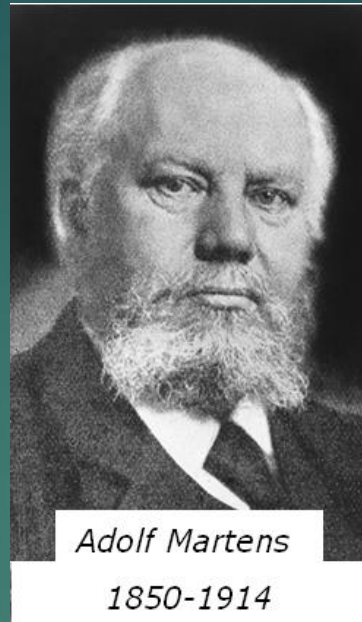
○ diagrama Fe-Fe₃C



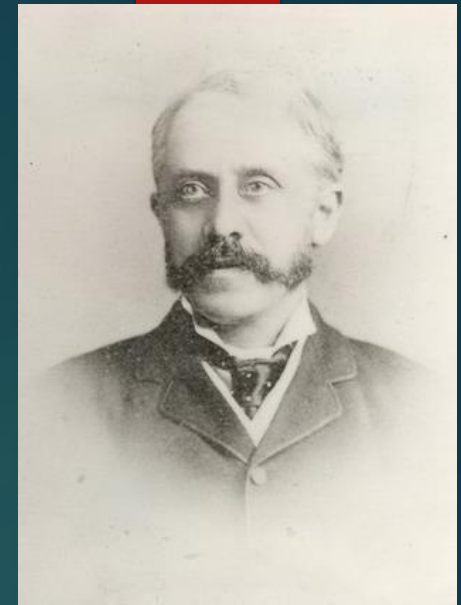




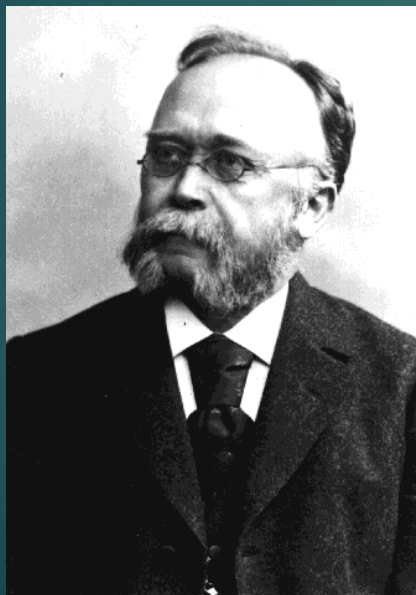
Edgar Bain 1891-1971



Adolf Martens
1850-1914

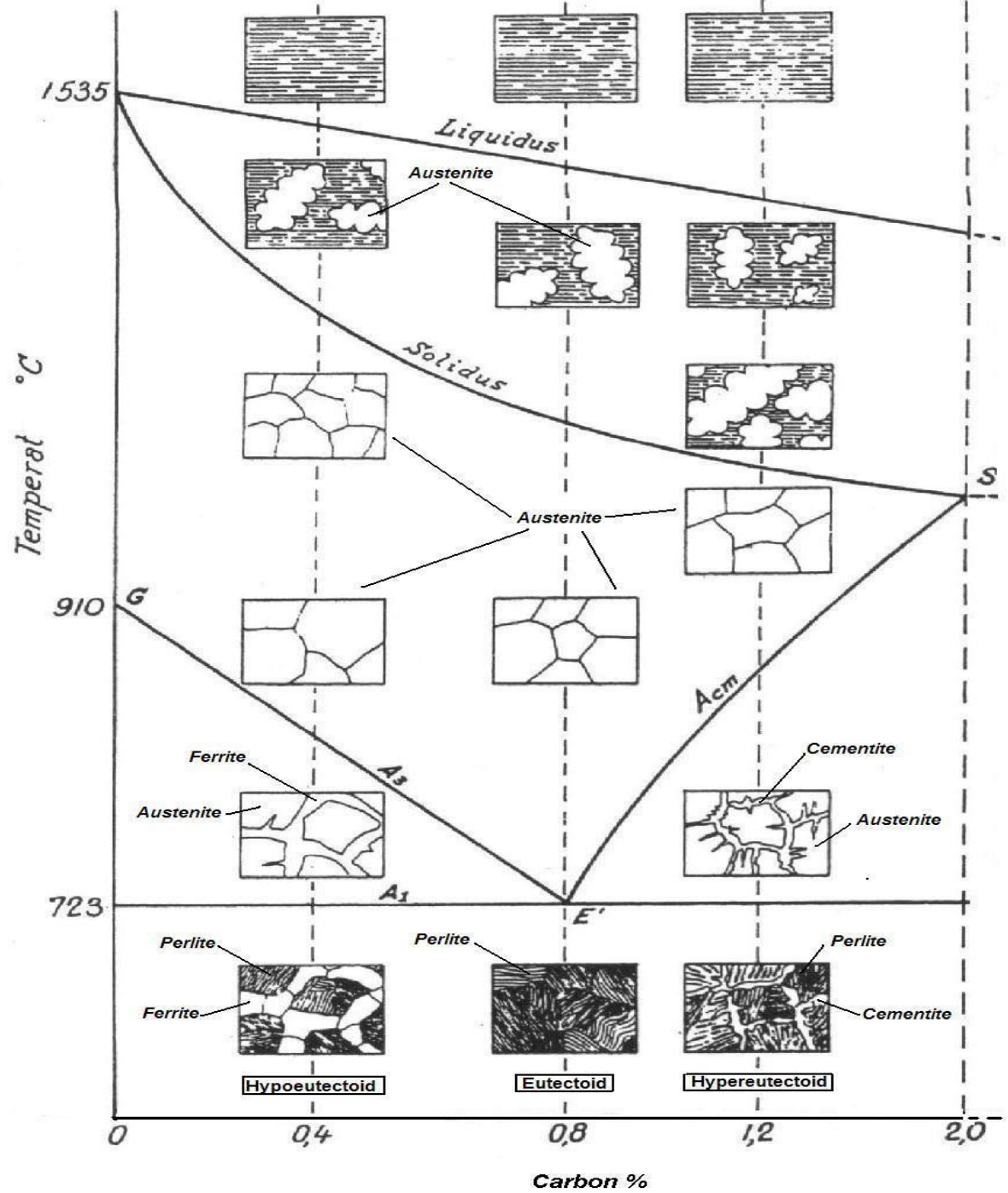


Sir William Chandler Roberts-Austen (1843-1902).



Adolf Ledebur (1837-1916).



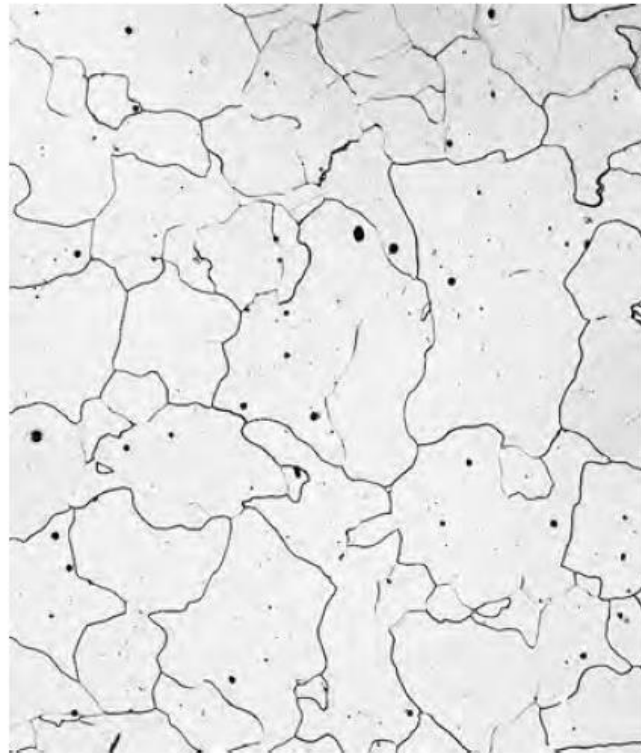


A1:
 Temperatura de
 equilíbrio de início de
 austenitização

A3: Temperatura de
 equilíbrio de fim de
 austenitização

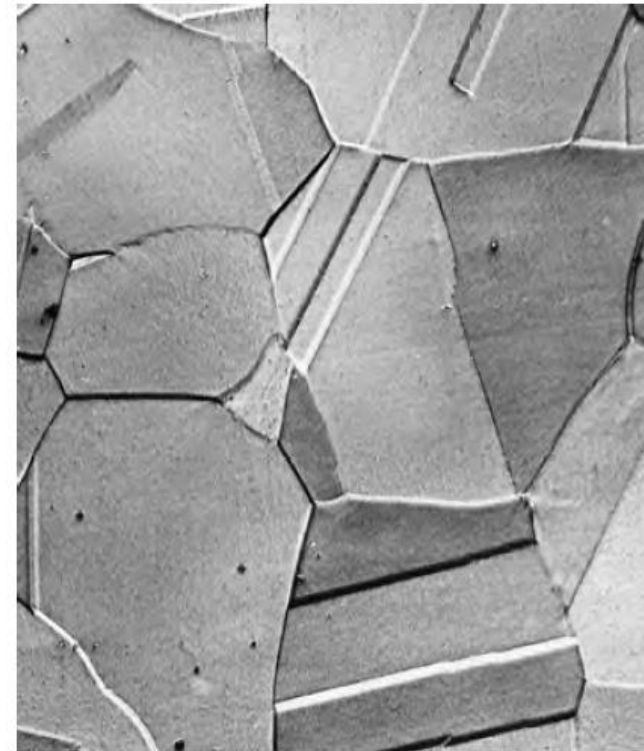
Ferrita e Austenita

Figure 9.25
Photomicrographs of
(a) α ferrite (90 \times)
and (b) austenite
(325 \times). (Copyright
1971 by United
States Steel
Corporation.)



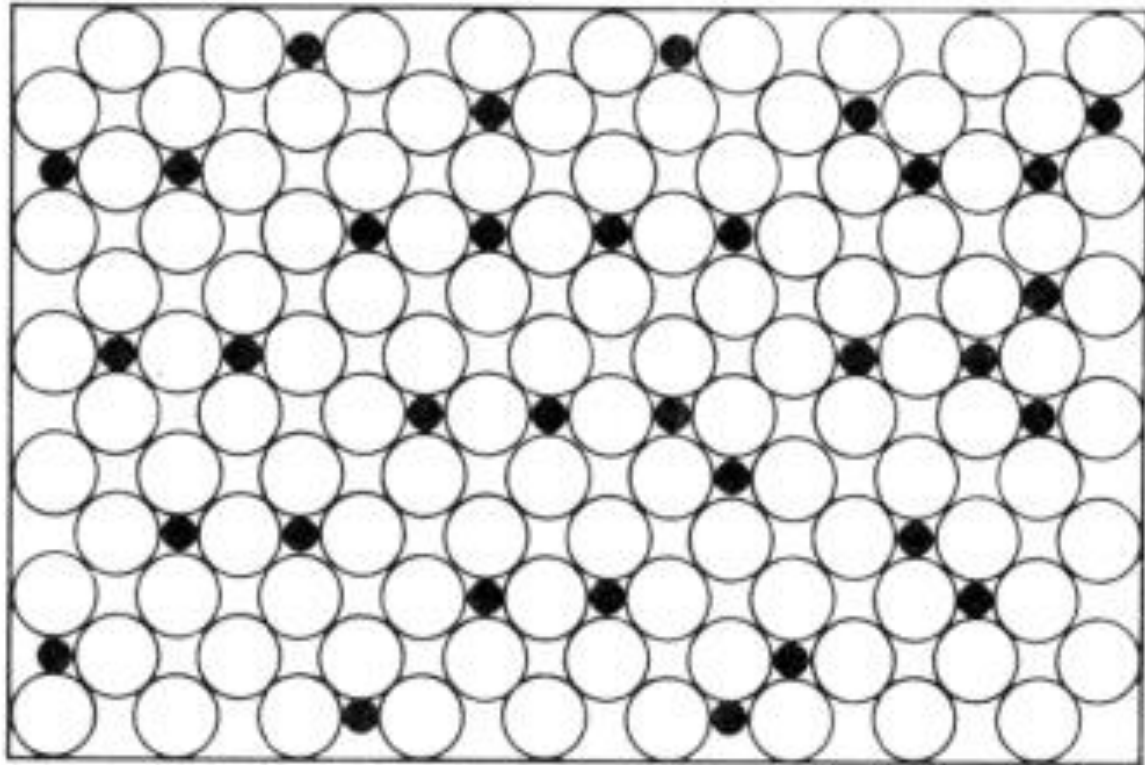
(a)

Ferrita ou Fe- α (CCC)



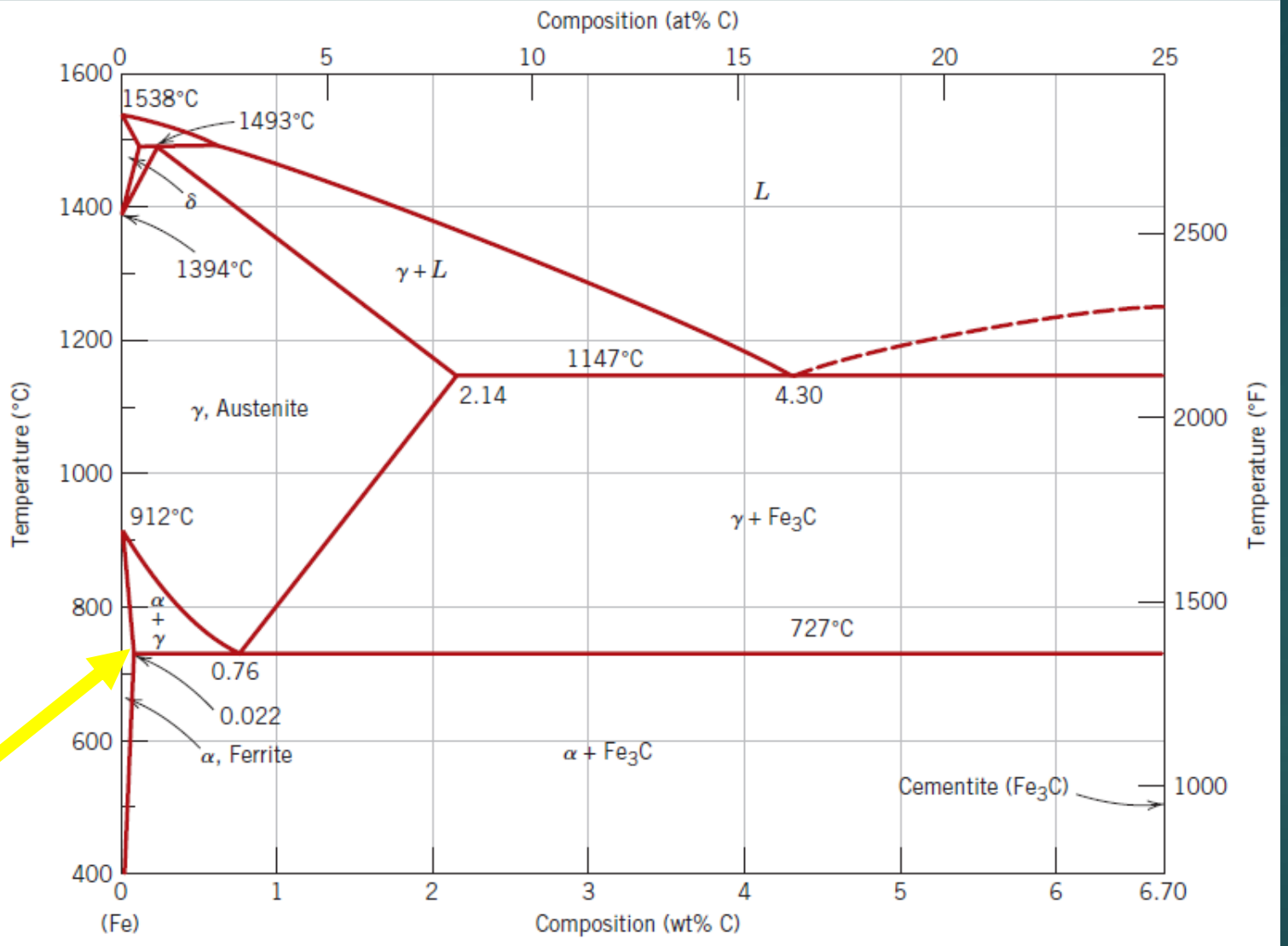
(b)

Austenita ou Fe- γ (CFC)



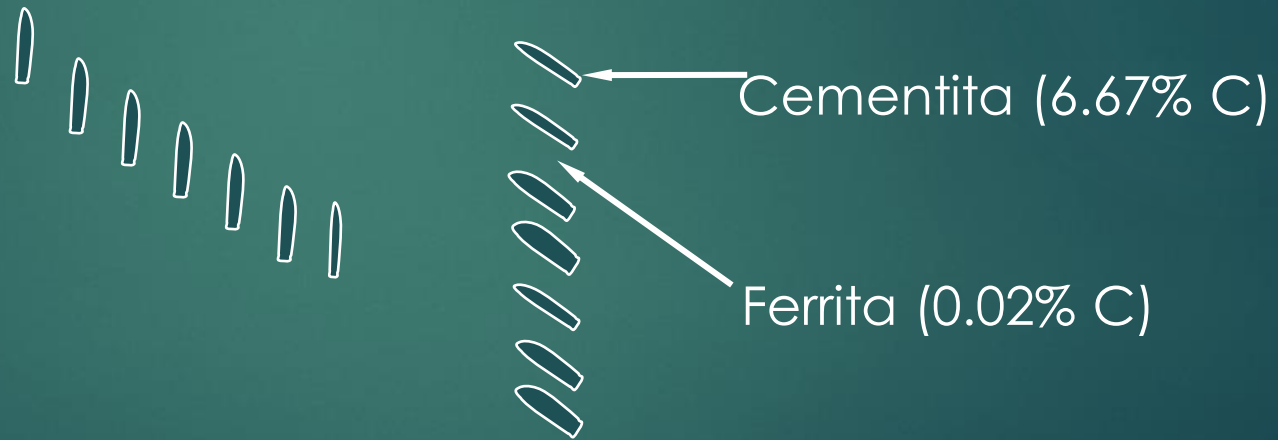
Solução sólida intersticial do carbono na austenita

A solubilidade do carbono na ferrita é muito pequena (máximo 0,008%) e pode ser considerada nula em muitos casos práticos.

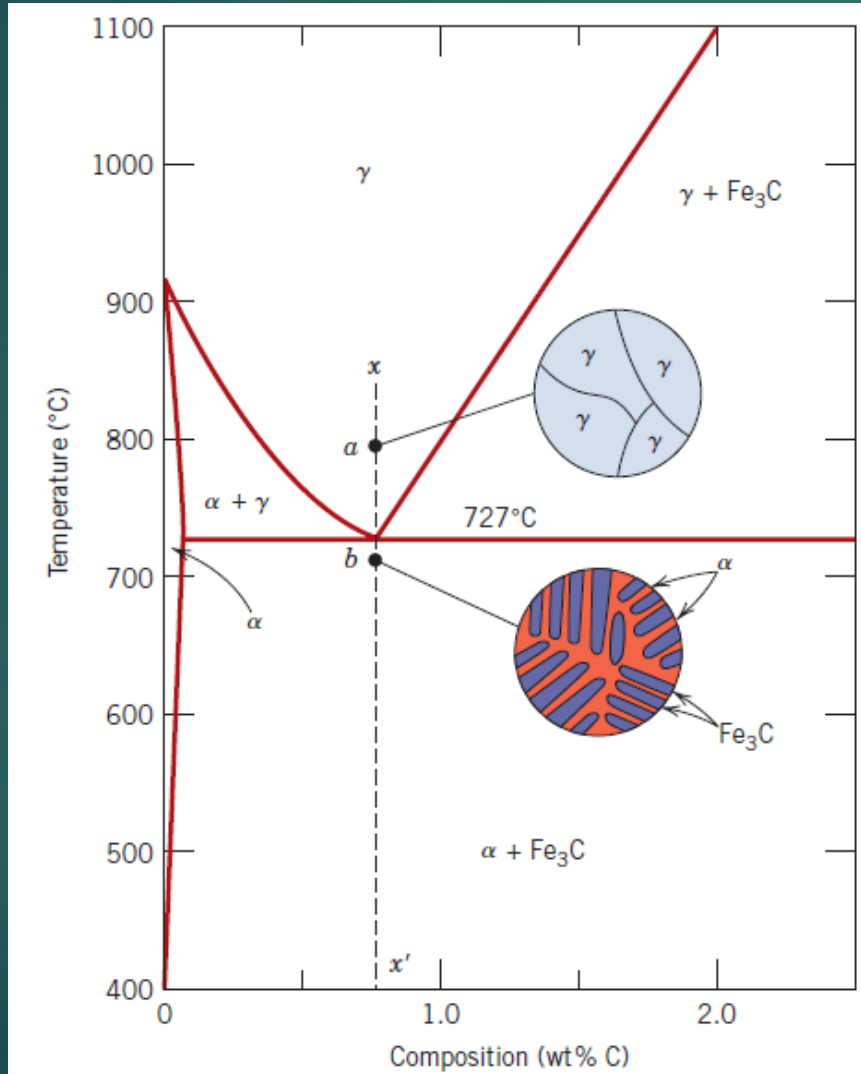


Estrutura da perlita

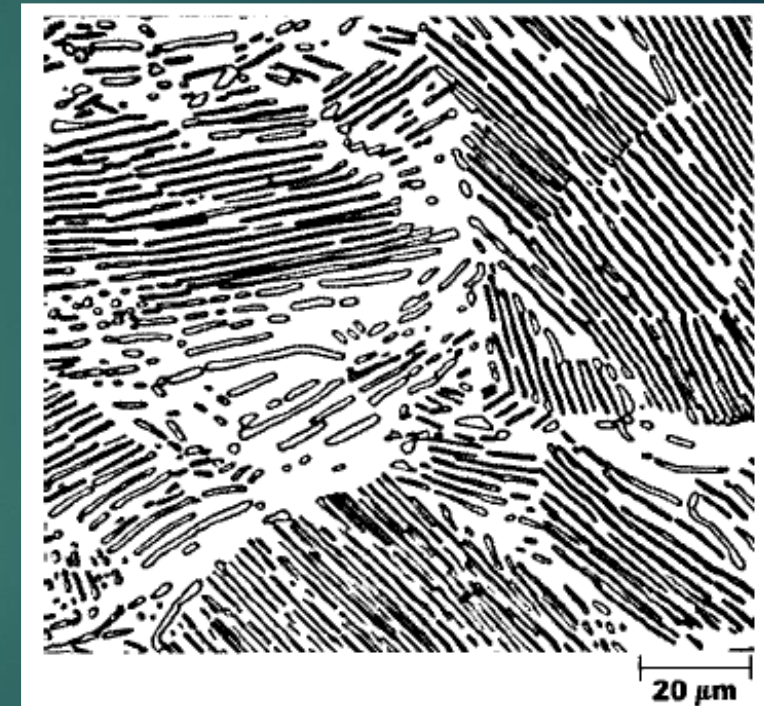
Perlita (0.8% C em média)



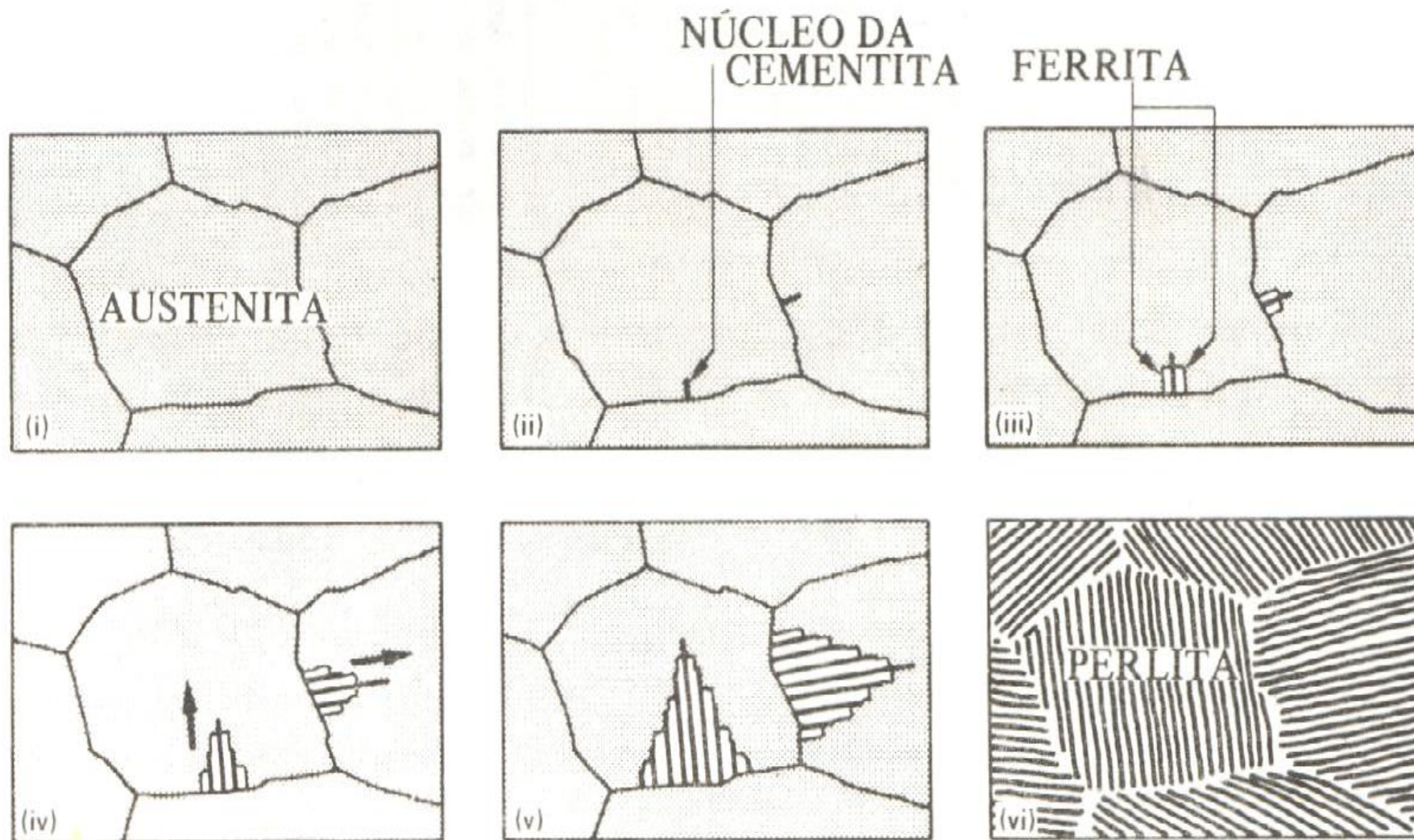
O eutetóide Fe-Fe₃C (perlita)

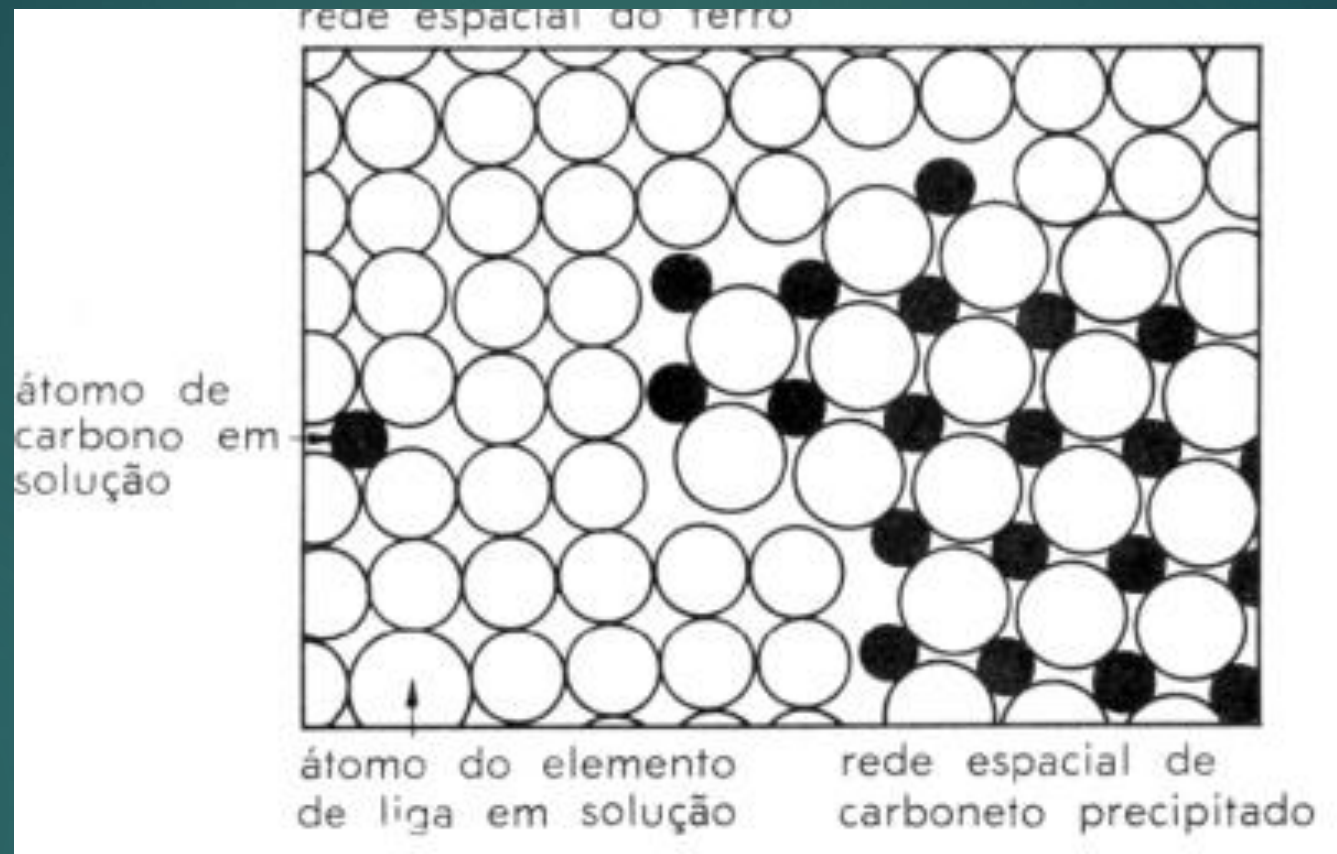


Aço AISI/SAE 1080



Lamelas de ferrita e cementita





Solução sólida intersticial do carbono na ferrita e precipitação de carbonetos.

Crescimento da perlita

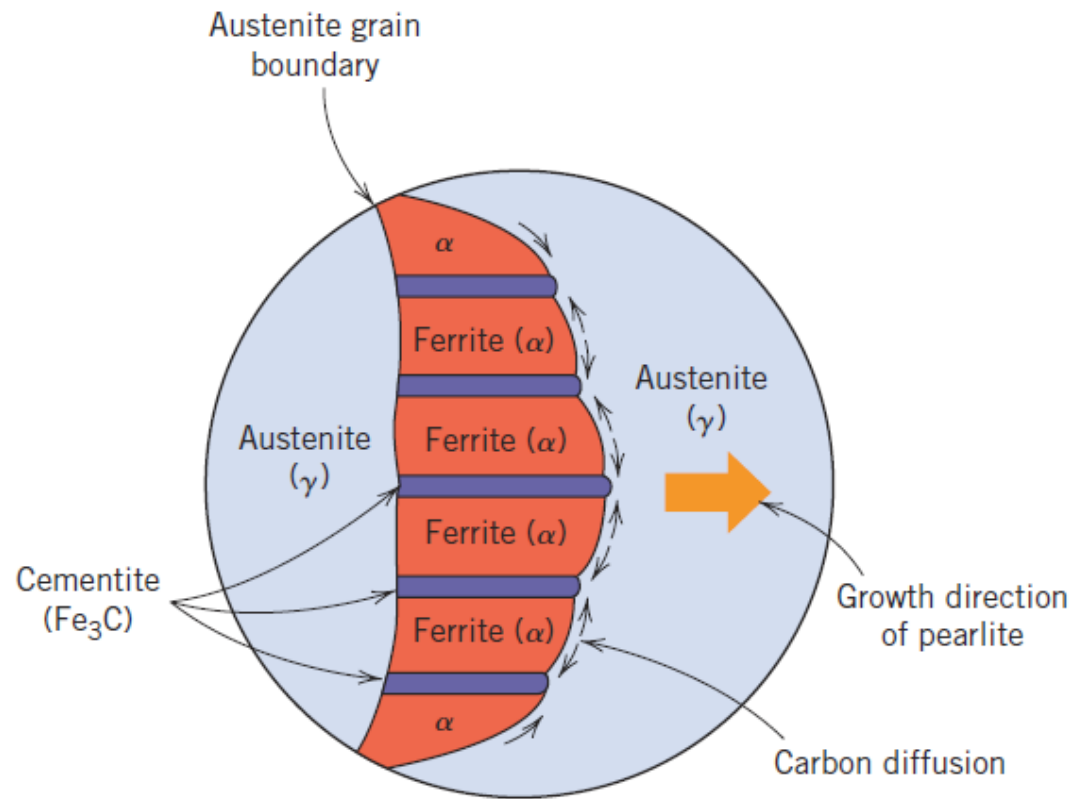
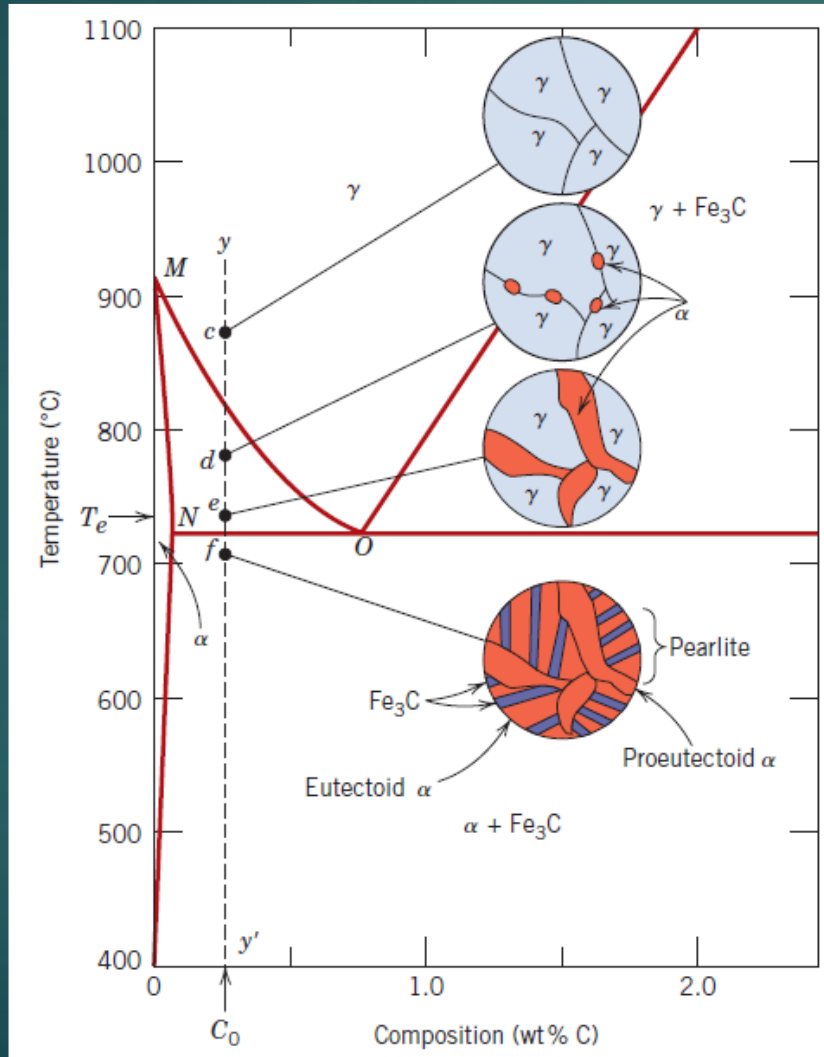


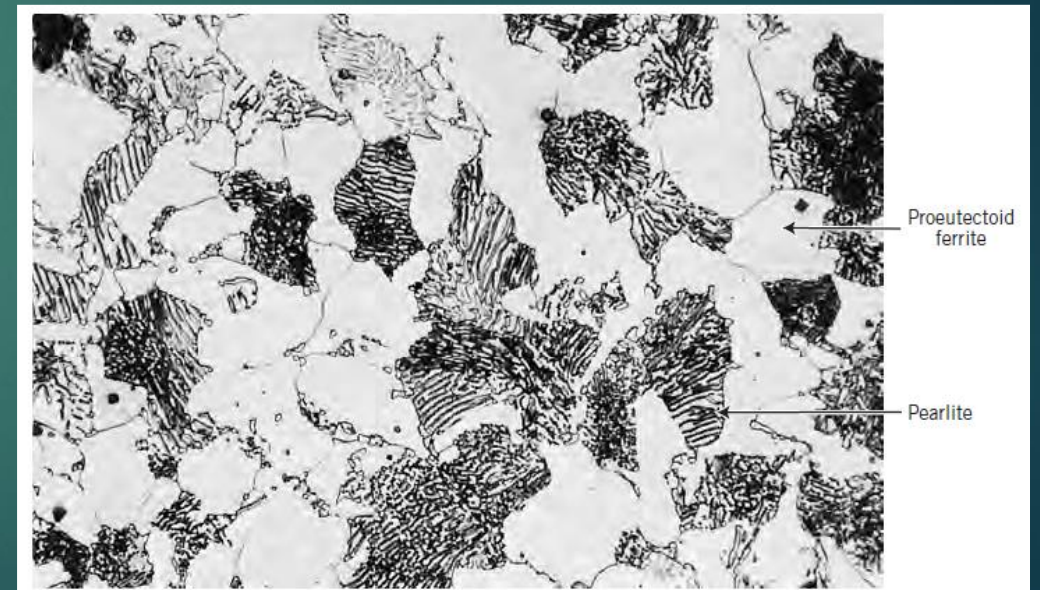
Figure 9.28 Schematic representation of the formation of pearlite from austenite; direction of carbon diffusion indicated by arrows.

Microestrutura hipoeutetóide

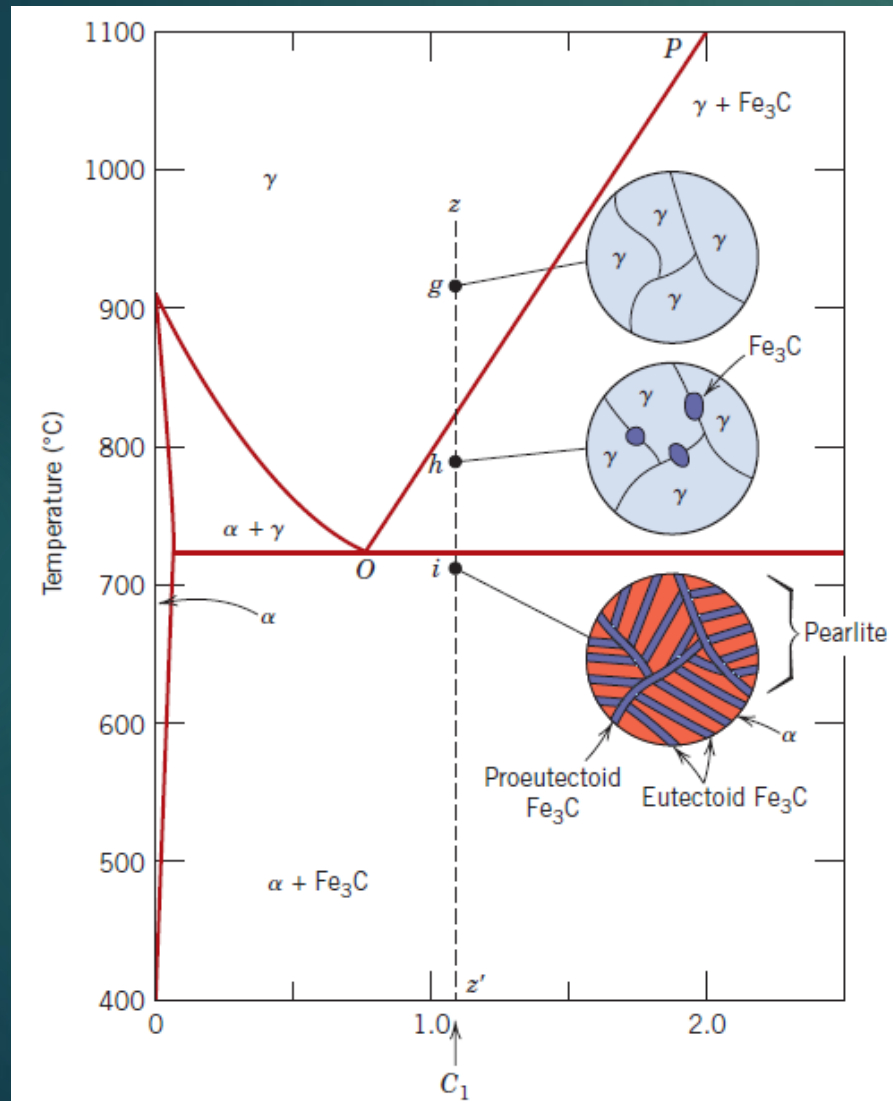


Aços hipoeutetóides

AISI/SAE 10xx com $xx < 80$

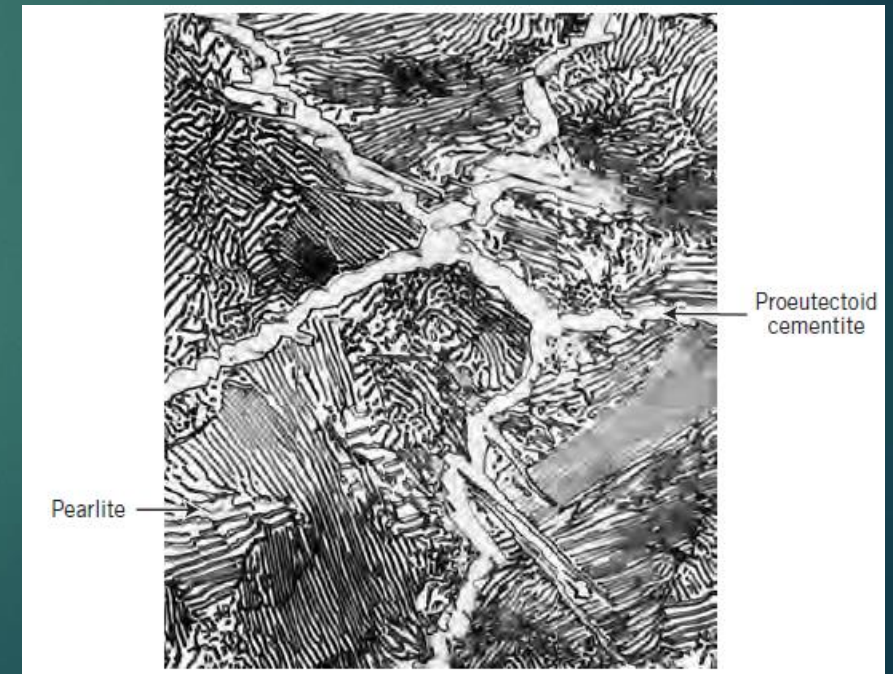


Microestrutura Hipereutetóide

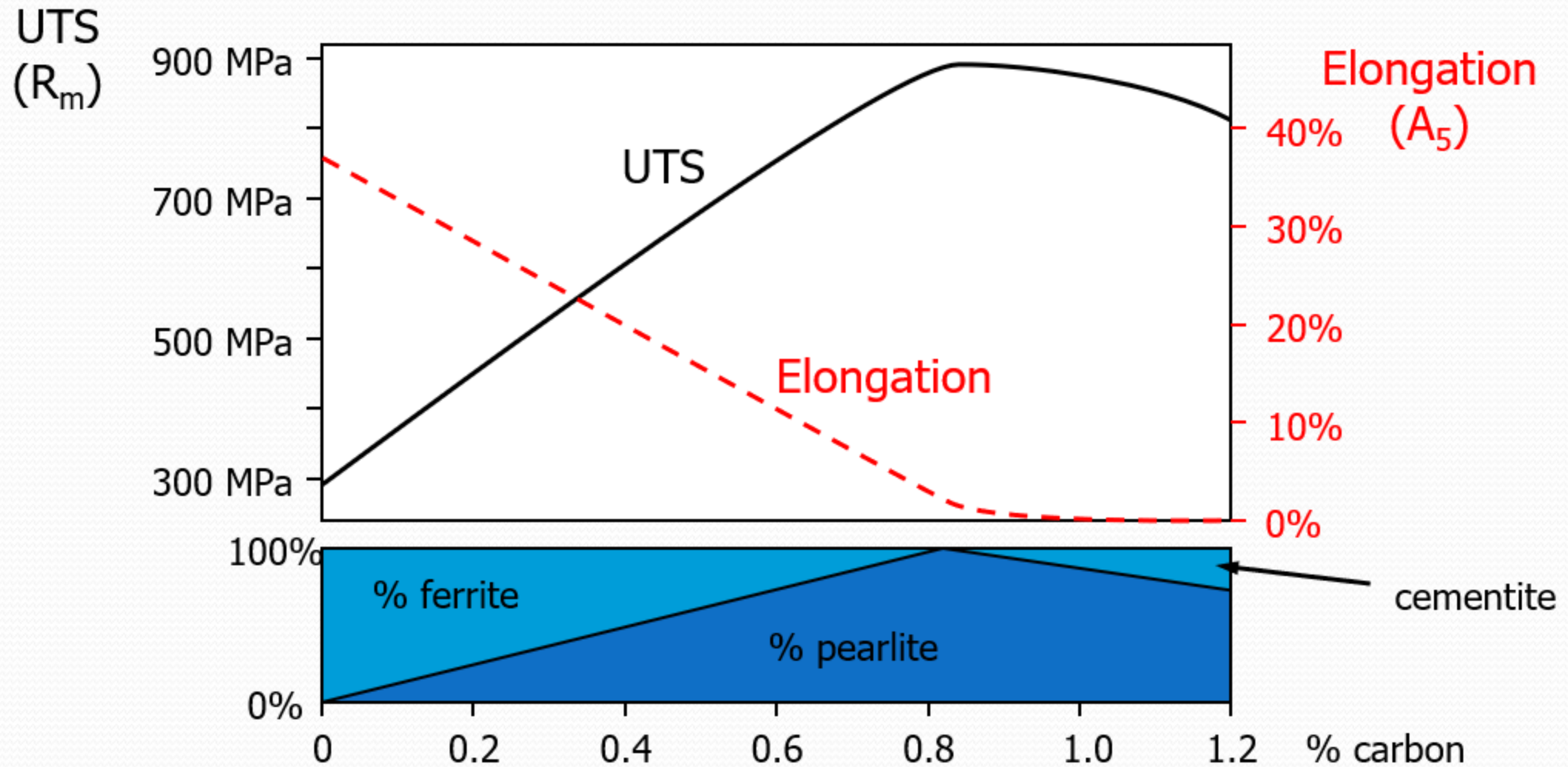


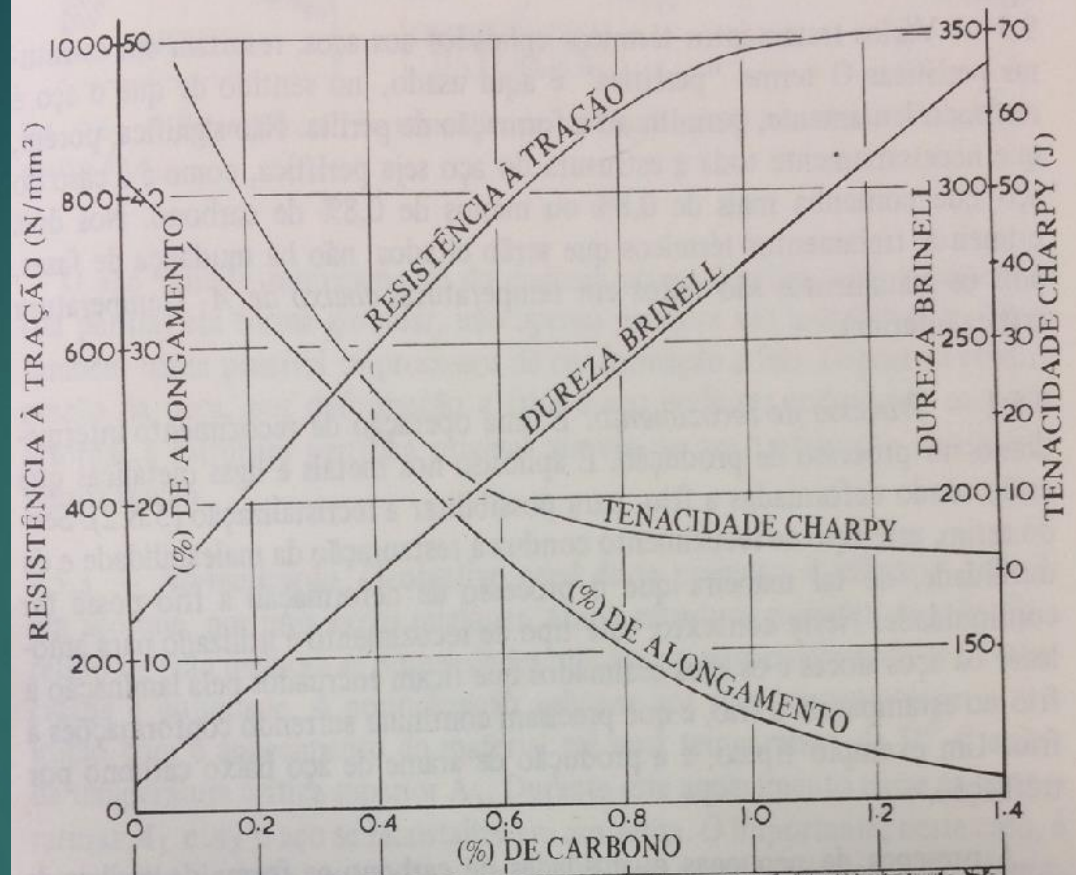
Aços hipereutetóides

AISI/SAE 10xx com xx > 80

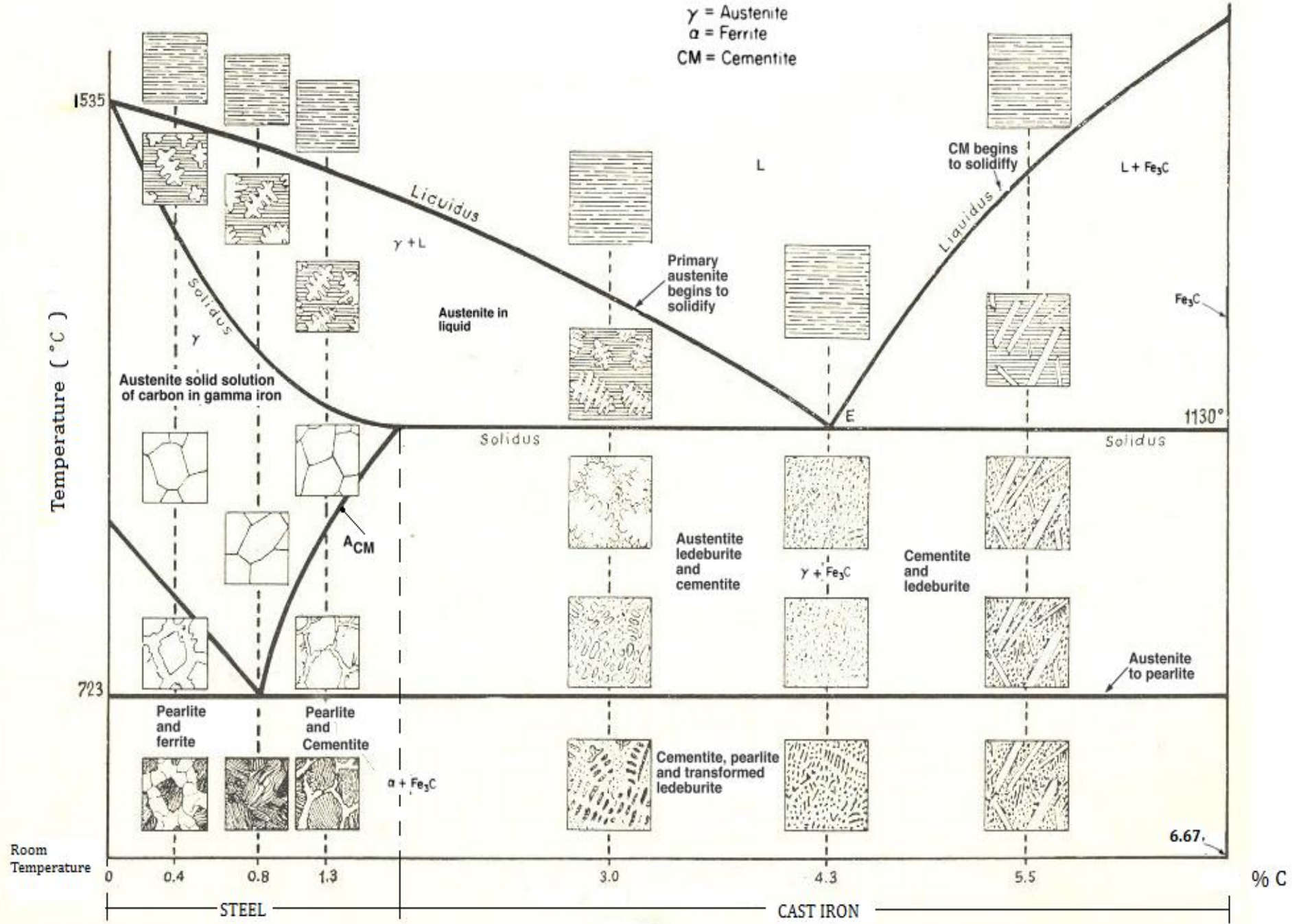


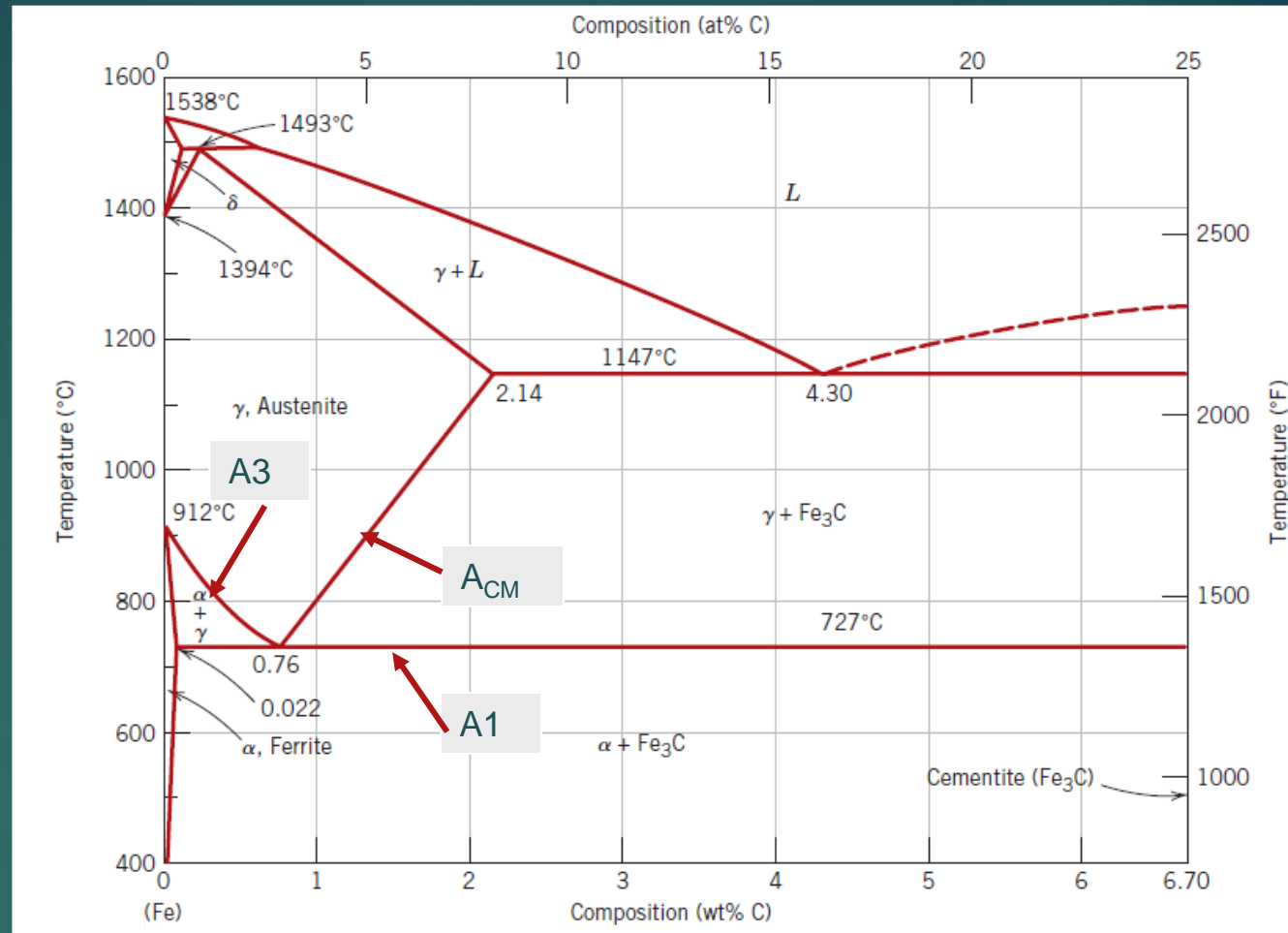
Efeito da porcentagem de perlita





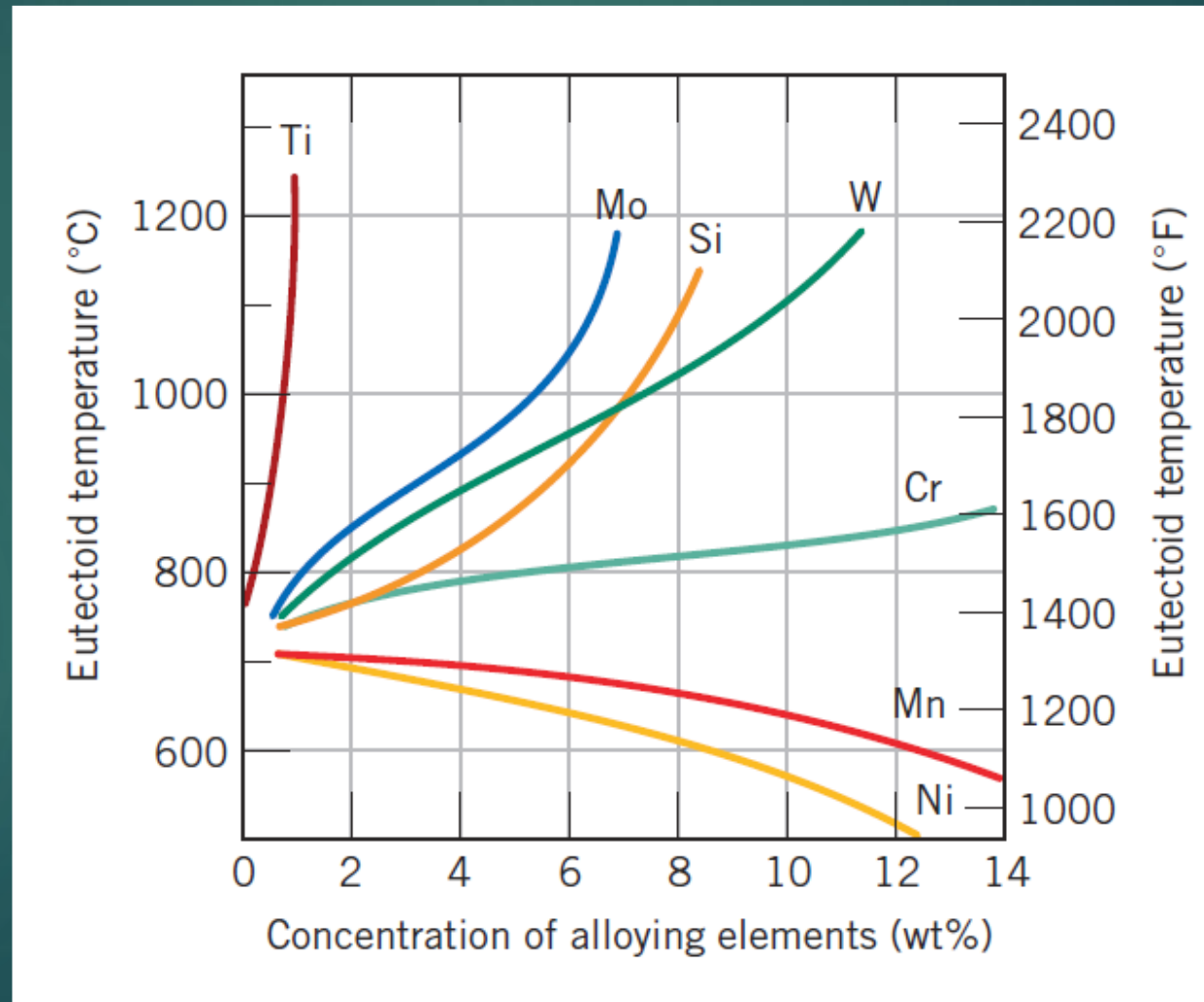
- | | | | |
|--|---|---|---|
| <p>CARROCERIAS DE AUTOMÓVEIS</p> <p>REBITES</p> <p>PREGOS</p> <p>ARAME</p> | <p>CONEXÕES</p> <p>VERGALHÕES</p> <p>EIXOS</p> <p>HASTES</p> <p>ENGRENAGENS</p> | <p>TALHADEIRAS A FRIO</p> <p>FOLHAS DE TESOURA</p> <p>ALGUMAS FERRAMENTAS MANUAIS</p> | <p>ALARGADORES DE FUROS</p> <p>ESCREADORES</p> <p>NAVALHAS</p> <p>LIMAS</p> |
| <p>FOLHAS DE FLANDRES</p> <p>PARAFUSOS</p> <p>R.S.J.</p> | <p>CHAVES DE FENDA</p> <p>TRILHOS</p> | <p>MATRIZES</p> <p>TORNEIRAS</p> <p>BROCAS</p> | <p>GUMES CORTANTES</p> <p>SERRAS</p> |

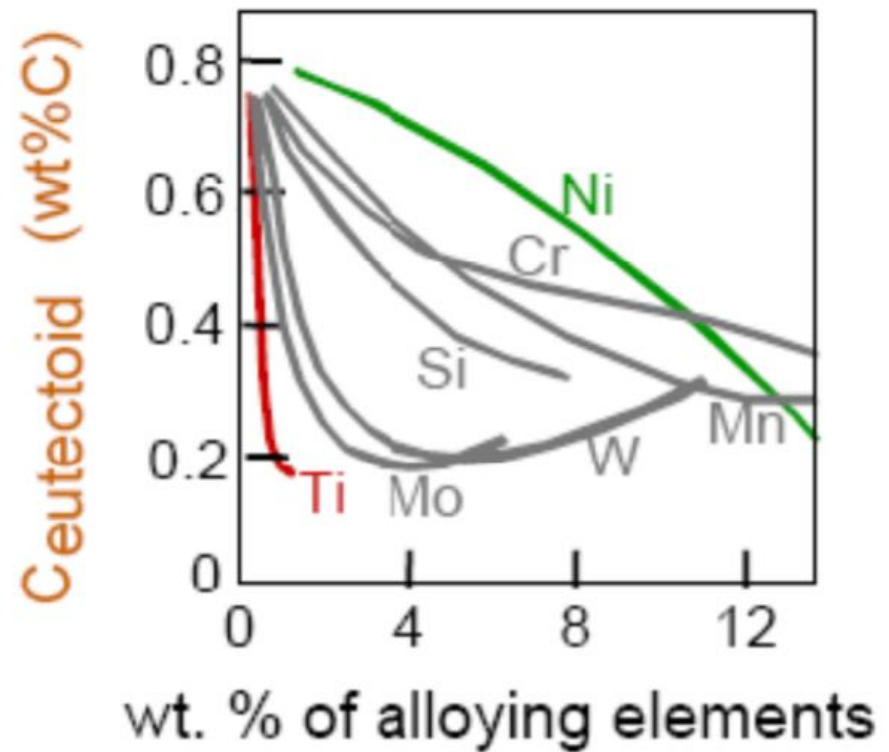
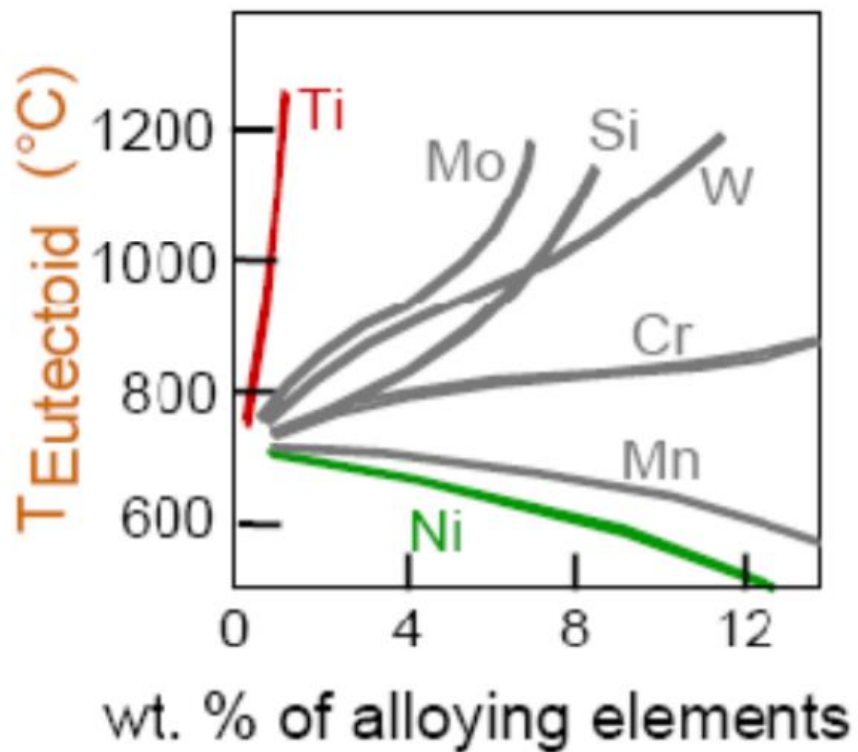




Temperaturas críticas mais importantes no diagrama Fe-Fe₃C

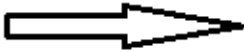




Influência dos elementos de liga no diagrama Fe-Fe₃C









SAE/AISI/ABNT

XXXX

1XXX  Aço -carbono
10XX  Aço-carbono comum
11XX  Teores diferenciados de S
12XX  Teores diferenciados de S e P
13XX  Alto teor de Mn (1,6 a 1,9%)


2XXX  Aços ao Ni

3XXX  Aços ao Cr-Ni

4XXX  Aços ao Mo
40XX  Mo 0,15 a 0,3%
41XX  Mo-Cr
43XX  Mo, Cr, Ni

5XXX  Aços ao Cr

6XXX  Aços ao Cr -V

8XXX  Aços ao Ni-Cr-Mo

9XXX  Outros

AÇOS AO CARBONO

Baixo Carbono
(%C ≤ 0,3)

- **Grande ductilidade**
- **Bons para extenso trabalho mecânico e para soldadura**
- **Construção de pontes, edifícios, navios, caldeiras, e peças de grandes dimensões em geral**
- **Não temperáveis**

Médio Carbono
(0,3 ≤ %C ≤ 0,7)

- **Temperados e revenidos atingem boas tenacidade e resistência**
- **Usados em veios, engrenagens, bielas, carris, etc**

Alto Carbono
(%C ≥ 0,7)

- **Elevadas dureza e resistência depois de têmpera**
- **Pequenas ferramentas de baixo custo**
- **Componentes agrícolas sujeitos a desgaste**
- **Molas, engrenagens, comes e excêntricos**

Os aços ao carbono podem ainda ser obtidos no estado de "laminado a frio" (cold finished) ou de "laminado a quente" (hot finished), este último para %C ≤ 0,25.

APLICAÇÕES DOS AÇOS AO CARBONO

AERONAVES

- Apenas no trem de aterragem (AISI 4340)

NAVIOS

- Aço “doce” com %C entre 0,18 e 0,23 para facilitar a soldagem

AUTOMÓVEIS

- Casca: 1006, 1008
- Suspensão e direção: 1021~1046
- Motor:
- Transmissão:

MOLAS

- 5160, 1050, 1070, 1095 temp. e revenidos

REPERTÓRIO DE AÇOS AO CARBONO



Algumas recomendações na seleção de aços ao carbono

- **a e b devem ser usados para peças que levarão extensa deformação plástica**
- **NUNCA SOLDAR AÇOS COM %C SUPERIORES A 0,3**
- **c e j são por vezes usados para obter melhor resist. sem t.t.**
- **Peças laminadas a frio devem ser encomendadas com recozido**
- **d~f devem usar-se quando peças requerem usinagem**
- **g~j usam-se para endurecimento superficial**
- **k~l são para têmpera total**

PROPRIEDADES DOS AÇOS-CARBONO

28

- ▶ **A resistência aumenta com o teor de Carbono**
- ▶ **A ductilidade diminui com o teor de Carbono**
- ▶ **São aços de relativa baixa dureza**
- ▶ **Oxidam-se facilmente**
- ▶ **Suas propriedades deterioram-se a baixas e altas temperaturas**
- ▶ **São os mais usados e de mais baixo custo**

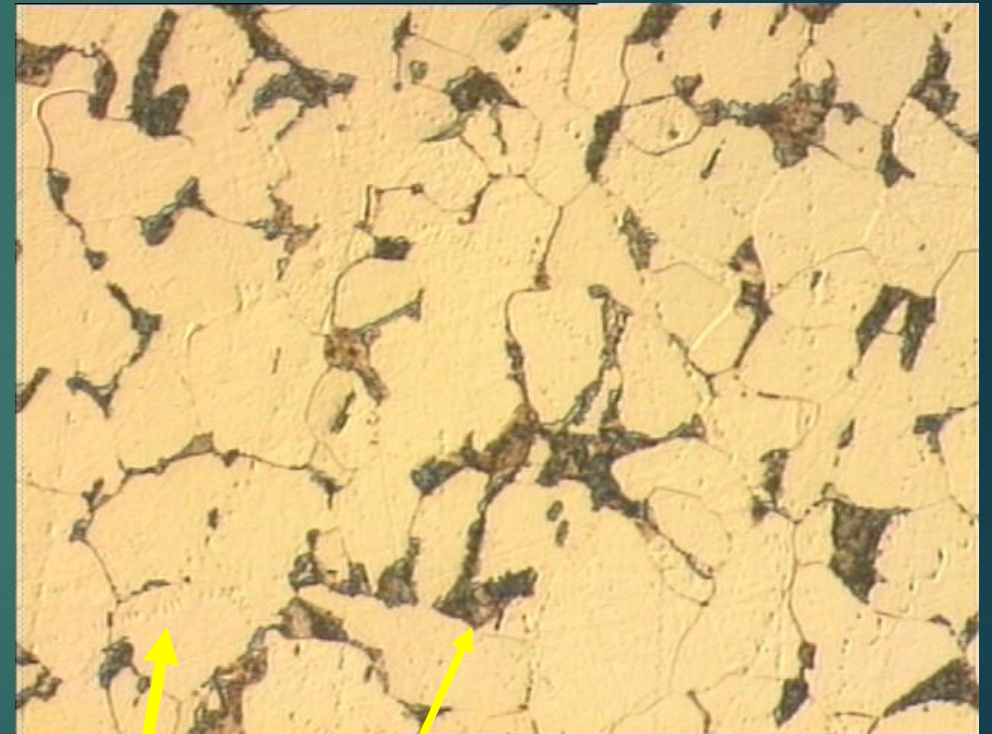
PROPRIEDADES DOS AÇOS BAIXO CARBONO

AÇO BAIXO CARBONO → < 0,35% C

- ▶ Estrutura é usualmente ferrítica e perlítica
- ▶ São fáceis de conformar e soldar
- ▶ São aços de baixa dureza e alta ductilidade

MICROESTRUTURA DOS AÇOS BAIXO TEOR DE CARBONO

30



Ferrita Perlita

APLICAÇÕES TÍPICAS DOS AÇOS BAIXO CARBONO

- ▶ **Entre as suas aplicações típicas estão as chapas automobilística, perfis estruturais e placas utilizadas na fabricação de tubos, construção civil, pontes e latas de folhas-de-flandres.**



- ▶ Geralmente é utilizado na fabricação de latas para acondicionamento de certos alimentos e de óleos, além de utensílios domésticos e industriais devido à sua alta resistência à corrosão, mas também tem aplicações para embalagens de tintas e outros produtos químicos.
- ▶ Antigamente também eram empregadas em latas de refrigerantes e cervejas, mas o material foi substituído pelo alumínio.^[1]

AÇO MÉDIO CARBONO → 0,3-0,6% C

- ▶ São aços de boa temperabilidade em água
- ▶ Apresentam a melhor combinação de tenacidade e ductilidade e resistência mecânica e dureza
- ▶ São os aços mais comuns, tendo inúmeras aplicações em construção :

rodas e equipamentos ferroviários, engrenagens, virabrequins e outras peças de máquinas que necessitam de elevadas resistências mecânica e tenacidade.

PROPRIEDADES DOS AÇOS MÉDIO

CARBONO RESFRIADOS LENTAMENTE

MICROESTRUTURA DOS AÇOS MÉDIO TEOR DE CARBONO RESFRIADOS LENTAMENTE

34



Ferrita

Perlita

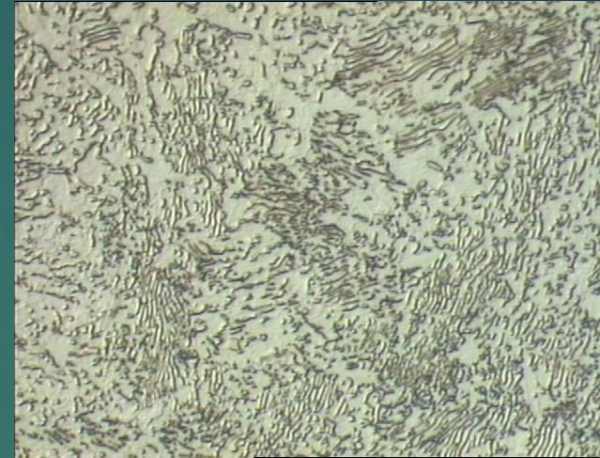
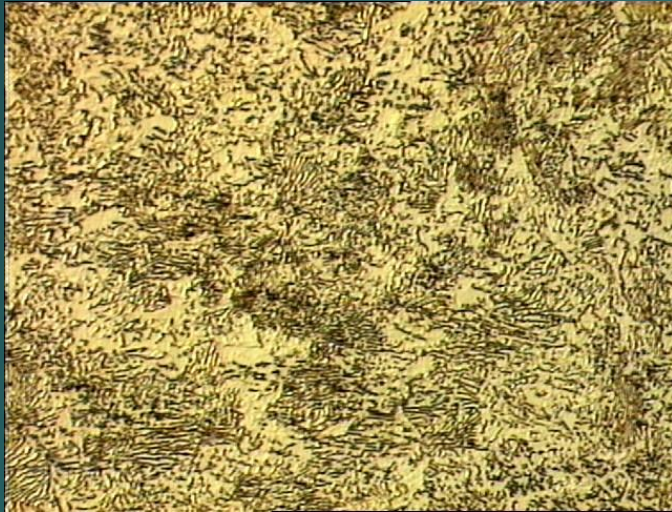
AÇO ALTO CARBONO → > 0,6% C

35

- ▶ **Apresentam baixa conformabilidade e tenacidade**
- ▶ **Apresentam alta dureza e elevada resistência ao desgaste**
- ▶ **Quando temperados são frágeis**



PROPRIEDADES DOS
AÇOS ALTO CARBONO



Somente Perlita

MICROESTRUTURA DOS AÇOS ALTO TEOR
DE CARBONO RESFRIADOS LENTAMENTE

CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS

QUANTO

- Composição química
- Estrutura
- Propriedades ou Aplicação

CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS

38

▶ **Aço-Carbono** → - sem elemento de liga

QUANTO A COMPOSIÇÃO

(elementos residuais: Si, Mn, P, S)

Alto, baixo e médio teor de carbono

▶ **Aço-Liga** baixa liga (máximo 3-3,5%)
 média liga

alta liga (teor total mínimo de 10-12%)

AÇO-LIGA OU AÇOS LIGADOS

CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS ALTO TEOR DE LIGA

- ▶ Aços inoxidáveis
- ▶ Aços refratários (resistentes ao calor)
- ▶ Aços para ferramentas

São classificados de maneira diferente

Aços Inoxidáveis

➤ Aços inoxidáveis:

- Martensíticos: 403, 410, 414, 416, 420, 422, 431, 440
- Ferríticos: 405, 409, 430, 434, 436, 442, 446, 18-2, 26-1S
- Austeníticos: 301, 302, 303, 304, 309, 310, 316, 317, 321, 347
- Endurecíveis por precipitação: 17-4PH, 15-5PH, 17-7-PH, A286
- Duplex e superduplex: 318, CD4MCu, 325, S32760.

