



Introdução a ciência dos materiais

Diagramas Fe-C

Monitoria (25/04/2025)

João Victor Mendes

ESCOPO

01

FASES E MICROESTRUTURA FE-C

02

DIAGRAMAS DE FASE FE-C

03

EXERCÍCIO PARA ENTREGAR

1- FASES E MICROESTRURAS PARA LIGAS DE FE-C

a) Fases nas Ligas Ferro-Carbono

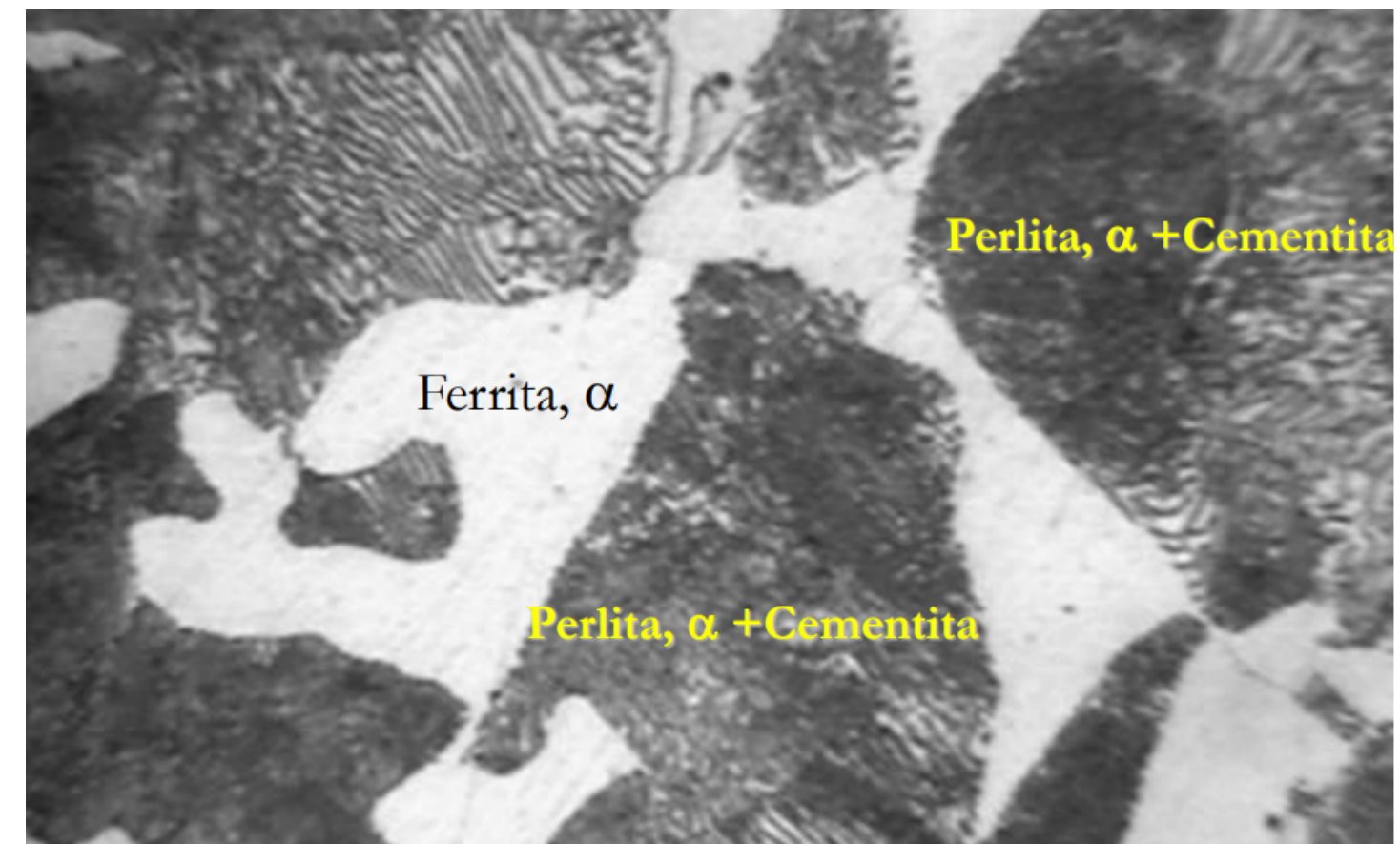
- **Ferrita (α):** É essencialmente uma solução sólida intersticial de uma pequena quantidade de carbono dissolvido em ferro de estrutura cristalina CCC (cúbico de corpo centrado).

Estrutura Cristalina: Possui a mesma estrutura cristalina que o ferro puro à temperatura ambiente, que é a CCC. Essa estrutura não é muito eficiente em termos de empacotamento atômico.

Solubilidade do Carbono: A ferrita tem uma baixa solubilidade de carbono.

Estabilidade: A ferrita é estável à temperatura ambiente e é a fase predominante nos aços de baixo carbono.

Propriedades Mecânicas: A ferrita é relativamente dúctil. É a fase mais macia das microestruturas do aço. Possui baixa resistência à tração, mas alta ductilidade.



Microestrutura: Em micrografias, a ferrita aparece tipicamente como regiões claras ou brancas, contrastando com outras fases ou microconstituintes presentes.

1- FASES E MICROESTRURAS PARA LIGAS DE FE-C

a) Fases nas Ligas Ferro-Carbono

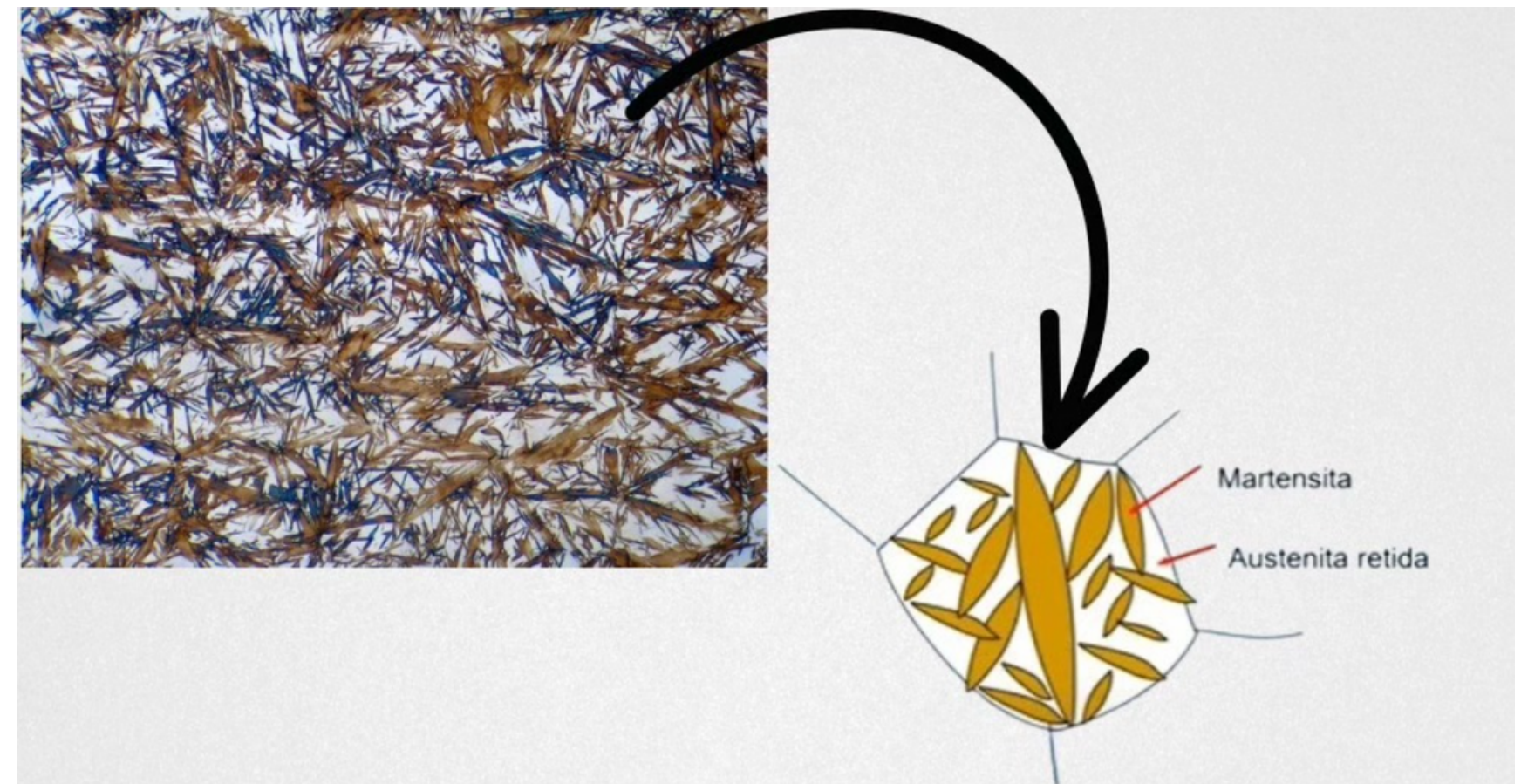
- **Austenita (γ):** É uma solução sólida intersticial de carbono em ferro, mas, diferentemente da ferrita, possui uma estrutura cristalina CFC (cúbico de face centrada).

Estrutura Cristalina: austenita tem uma estrutura cristalina CFC, o que permite que a austenita dissolva uma quantidade significativamente maior de carbono.

Solubilidade do Carbono: A austenita tem uma alta solubilidade de carbono, com uma solubilidade máxima de 2,11% em peso a 1148°C.

Estabilidade: A austenita é estável em altas temperaturas. Pode ser estável em temperaturas ambientes com a adição de elementos de liga

Propriedades Mecânicas: A austenita é geralmente é dúctil em altas temperaturas, o que facilita a conformação de aços a quente.



Microestrutura: A austenita pura não é frequentemente observada à temperatura ambiente em aços carbono não ligados devido à sua tendência de se transformar em ferrita e perlita durante o resfriamento lento

1- FASES E MICROESTRURAS PARA LIGAS DE FE-C

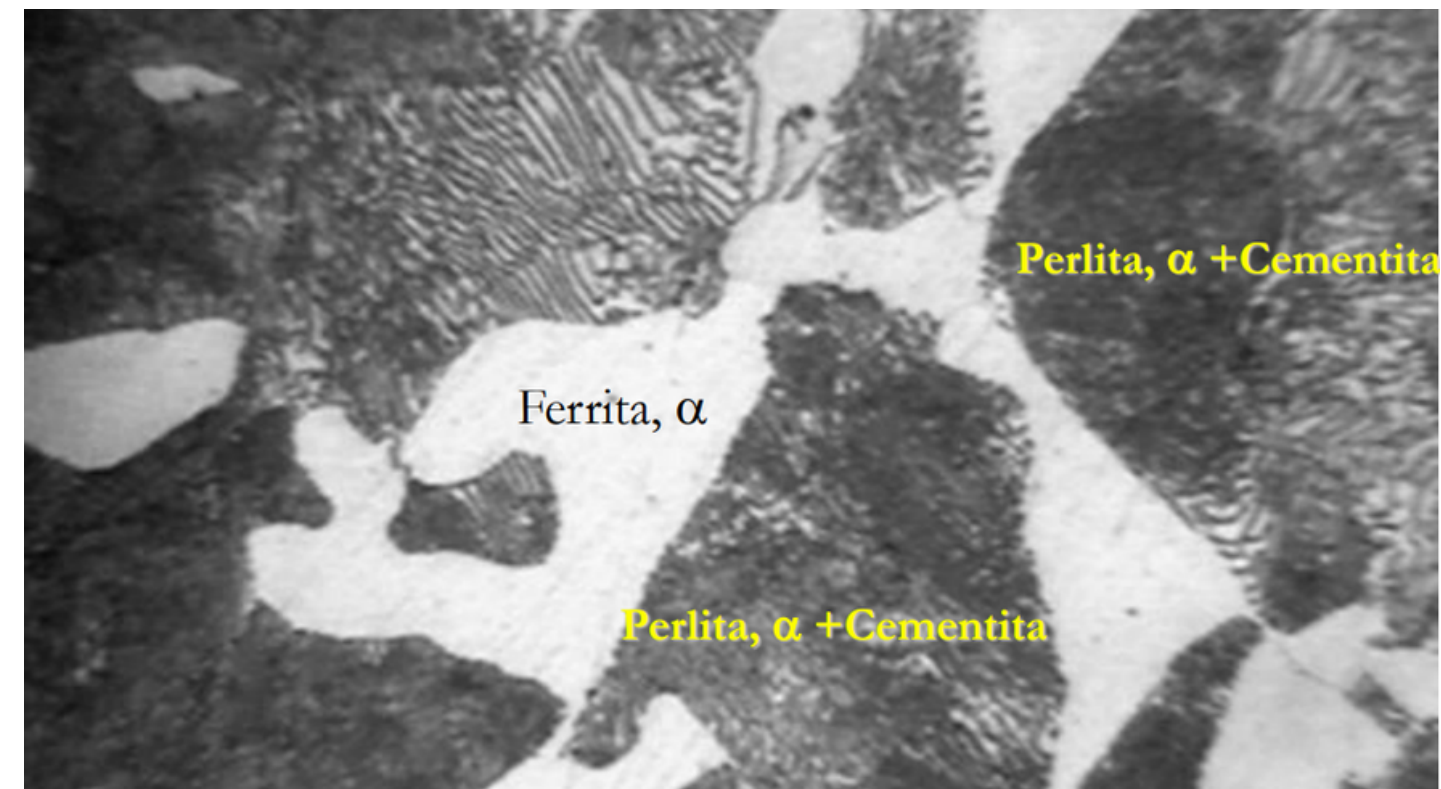
a) Fases nas Ligas Ferro-Carbono

- **Cementita (Fe_3C):** É um composto intermetálico com uma composição química definida: Fe_3C . Desempenha um papel fundamental nas propriedades mecânicas dos aços.

Estrutura Cristalina: A cementita possui uma estrutura cristalina ortorrômbica complexa.

Estabilidade: A cementita é metaestável, o que significa que, termodinamicamente, ela tenderia a se decompor em ferro (α) e carbono (grafite). No entanto, essa decomposição é muito lenta em condições normais de temperatura, então a cementita pode existir por longos períodos.

Propriedades Mecânicas: A cementita é extremamente dura e frágil. É a fase mais dura das microestruturas do aço. Sua presença aumenta a resistência ao desgaste e a dureza do aço, mas diminui significativamente a tenacidade e a ductilidade.



Microestrutura: A cementita pode aparecer em várias formas na microestrutura do aço, dependendo do processamento térmico e da composição da liga. Pode estar presente como lamelas na perlita, partículas esferoidizadas ou precipitados nos contornos de grão.

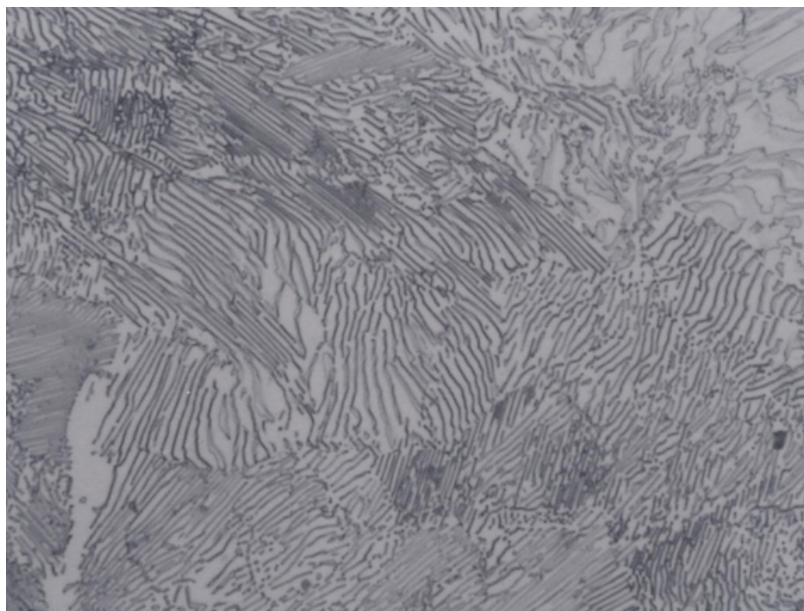
1- FASES E MICROESTRURAS PARA LIGAS DE FE-C

a) Fases nas Ligas Ferro-Carbono

- **Perlita:** É um microconstituente eutetóide muito comum nos aços. Não é uma fase única, mas sim uma estrutura lamelar (em forma de lâminas) alternada de ferrita (α) e cementita (Fe_3C).

Estrutura Lamelar: A perlita é caracterizada por sua morfologia distinta, onde lâminas finas de ferrita e cementita se alternam.

Propriedades Mecânicas: As propriedades mecânicas da perlita estão entre as da ferrita (macia e dúctil) e da cementita (dura e frágil). A perlita é mais forte que a ferrita, mas menos dura que a cementita.



A perlita grosseira se forma quando a austenita é resfriada lentamente através da temperatura eutetóide. O resfriamento lento permite maior tempo para a difusão dos átomos, resultando em lâminas mais espessas de ferrita e cementita.



A perlita fina se forma quando a austenita é resfriada mais rapidamente. O resfriamento rápido restringe a difusão atômica, resultando em lâminas mais finas e mais próximas de ferrita e cementita.

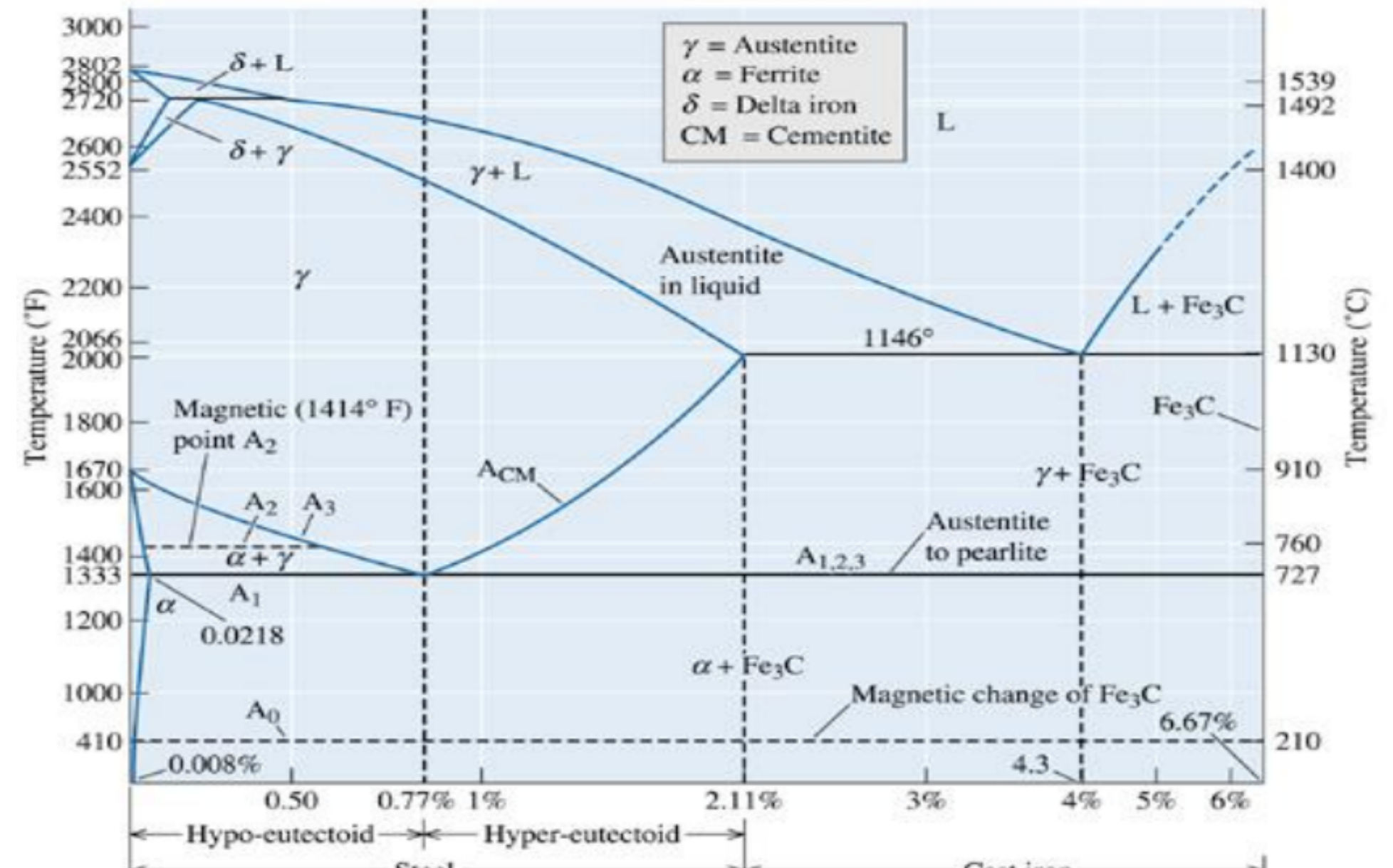
2- DIAGRAMAS DE FASE FE-C

Classificação quanto ao teor de carbono

- **Aço:** São ligas ferro-carbono com um teor de carbono de até 2,0% em peso. Os aços podem conter outros elementos de liga em várias quantidades. Eles são conhecidos por sua resistência, tenacidade e capacidade de serem deformados e soldados.
- **Ferro fundido:** São ligas ferro-carbono com um teor de carbono acima de 2,0%. O alto teor de carbono torna os ferros fundidos mais duros e frágeis do que os aços. Eles têm boa capacidade de fundição, o que os torna adequados para peças complexas que são difíceis de fabricar por outros meios.

Classificação quanto ao ponto eutetóide

- Ponto eutetóide é um ponto invariante onde uma reação eutetóide ocorre. Uma reação eutetóide é uma transformação de fase sólida na qual uma fase sólida é transformada em duas outras fases sólidas

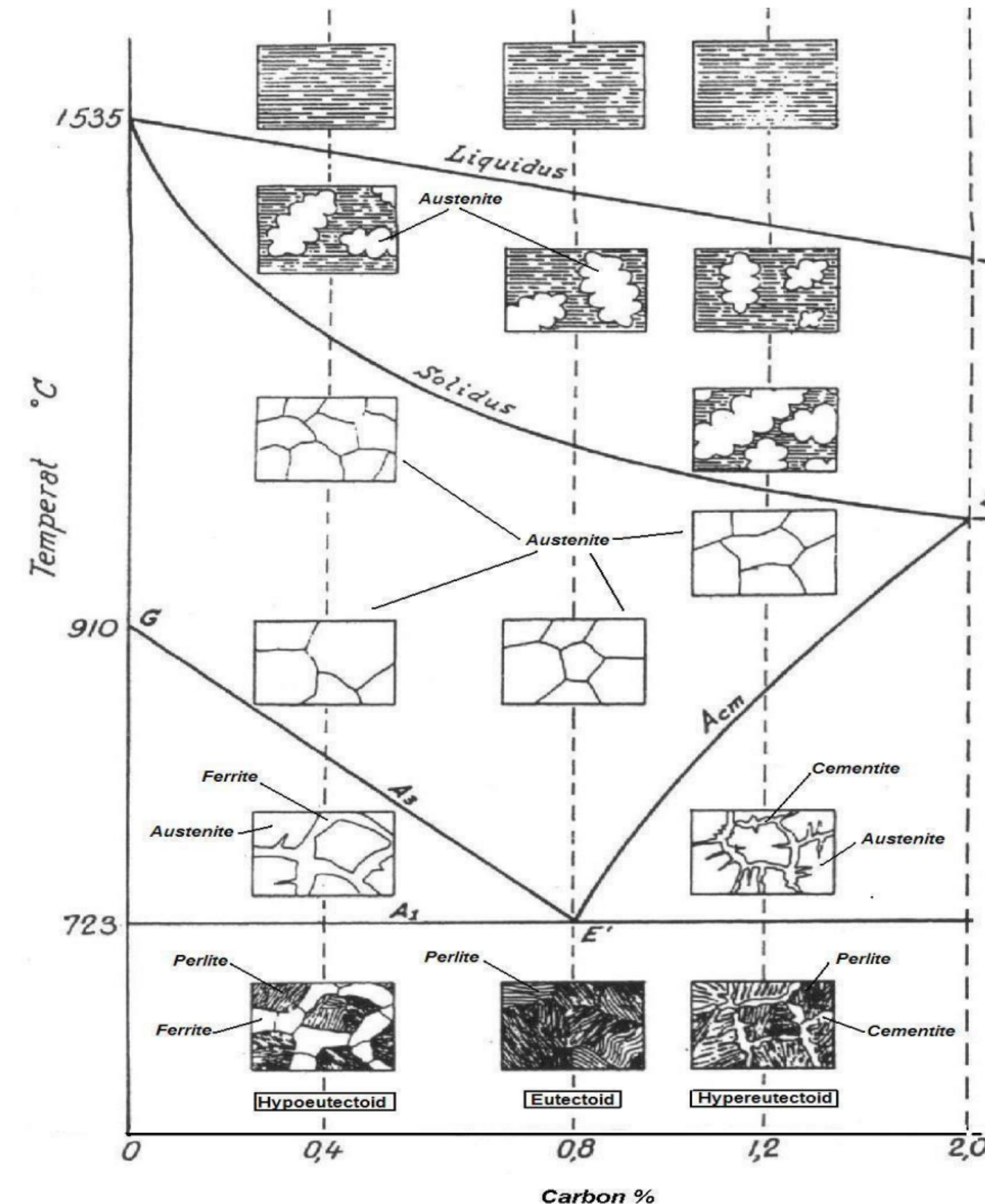


- **Hipoeutetóide:** Aços hipoeutetóides são aqueles que contêm menos de 0,76% de carbono
- **Hipereutetóide:** Aços hipereutetóides são aqueles que contêm entre 0,76% e 2,14% de carbono.

2- DIAGRAMAS DE FASE FE-C

Microestruturas eutetóides

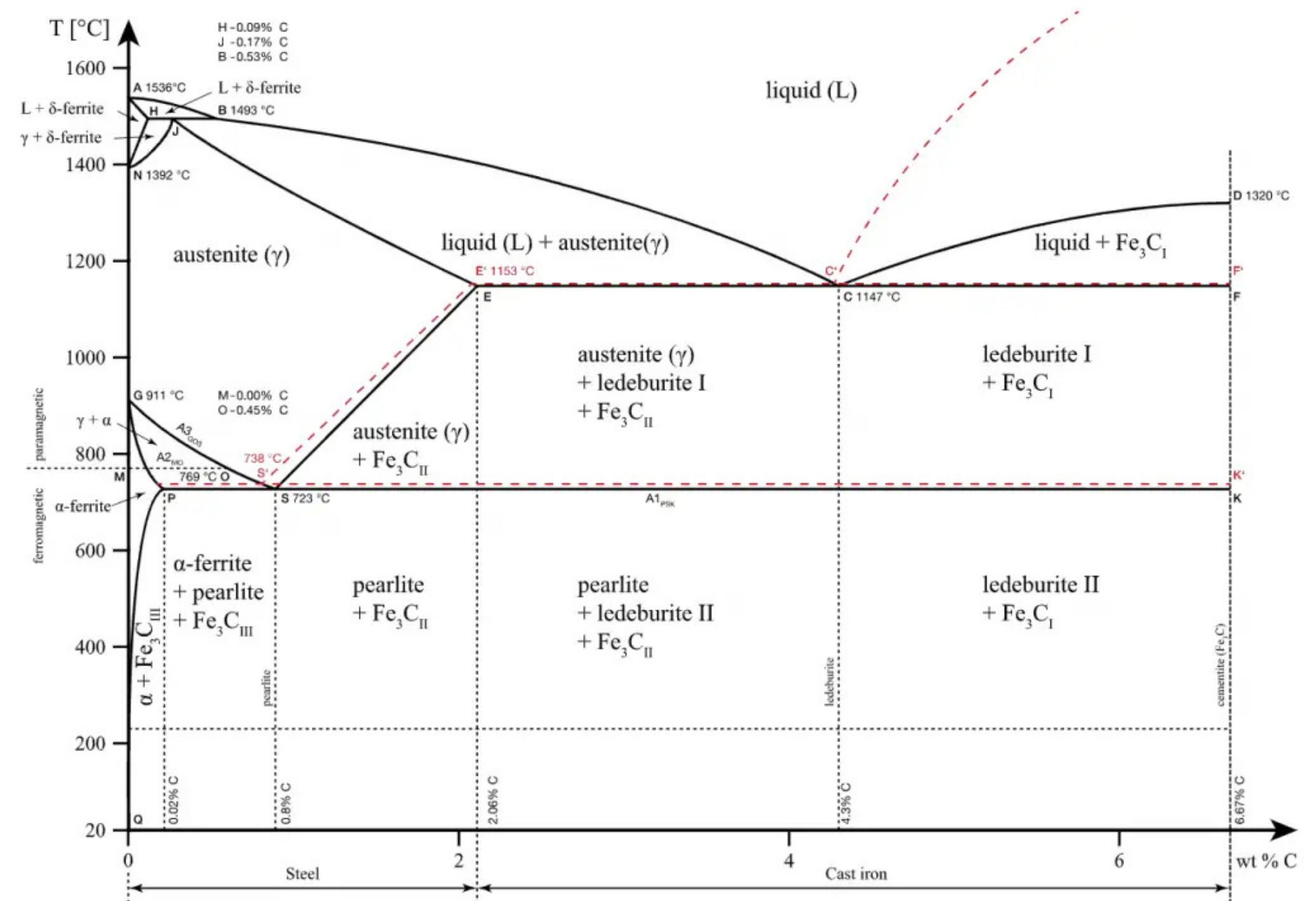
- **Aços hipoeutetóides:** A microestrutura consiste em ferrita proeutetóide (primária) e perlita. A ferrita proeutetóide se forma antes da reação eutetóide, nos contornos de grão da austenita.
- **Aços hipereutetóides:** A microestrutura consiste em cementita proeutetóide (primária) e perlita. A cementita proeutetóide também se forma nos contornos de grão da austenita, antes da reação eutetóide.



2- DIAGRAMAS DE FASE FE-C

Classificação quanto ao ponto eutético

- Ponto eutético é um ponto invariante onde ocorre uma reação eutética. Uma reação eutética é uma transformação de fase onde um líquido se transforma diretamente em duas fases sólidas.
- **Hipoeutética:** Ligas hipoeutéticas são aquelas que contêm menos de 4,3% de carbono.
- **Hipereutética:** Ligas hipereutéticas são aquelas que contêm mais de 4,3% de carbono.
- **Ligas hipoeutéticas:** A microestrutura consiste em austenita (γ) proeutética (primária) e ledeburita. A austenita proeutética se forma antes da reação eutética, diretamente do líquido.
- **Ligas hipereutéticas:** A microestrutura consiste em cementita (Fe_3C) primária e ledeburita. A cementita primária se forma antes da reação eutética, diretamente do líquido.



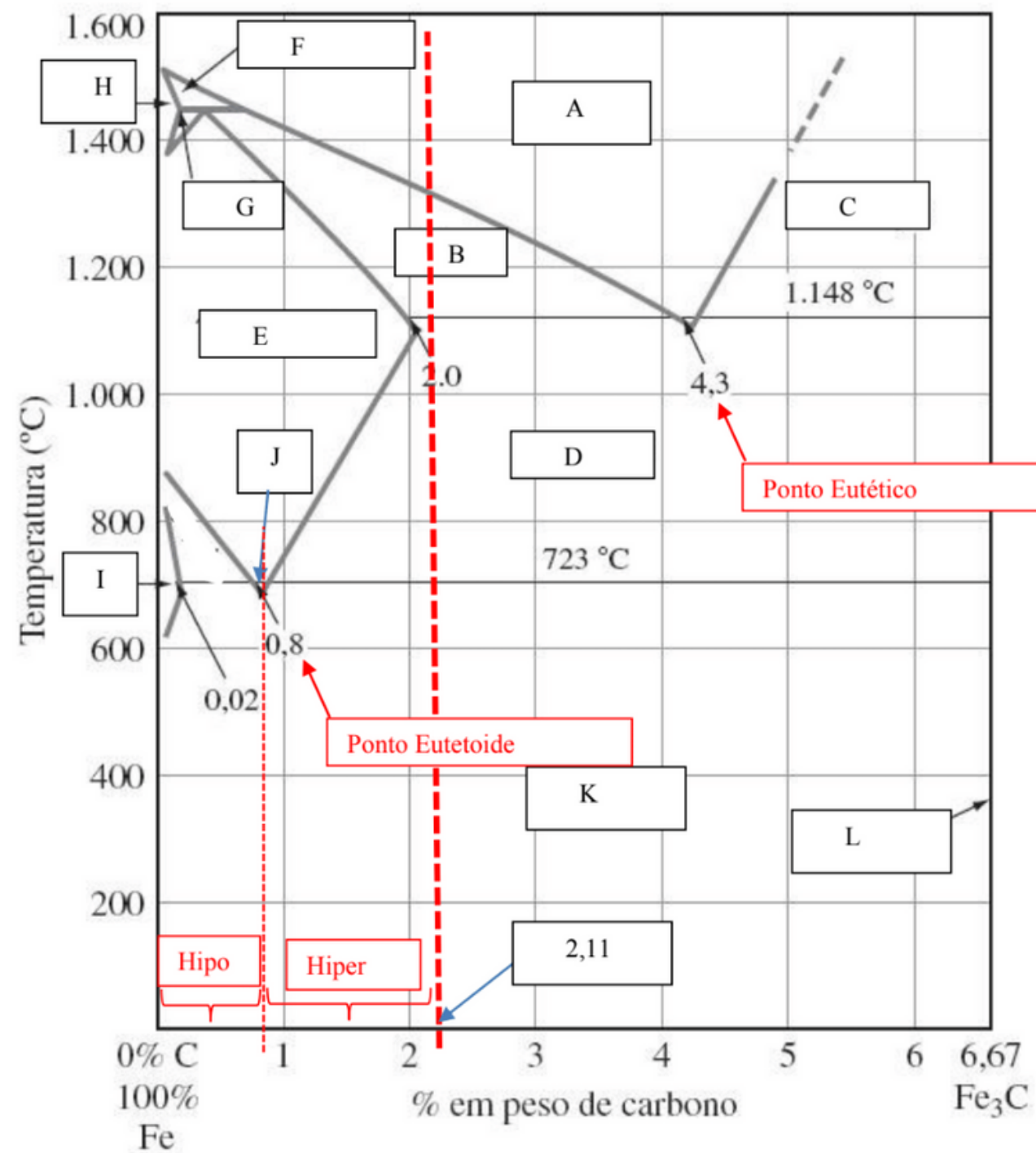
- **Ledeburita** é um microconstituente eutético que se forma em ferros fundidos. É uma mistura de austenita e cementita e se solidifica a partir da fase líquida.

3- EXERCÍCIO PARA ENTREGA

Orientações

- Nome completo + N° USP
- Data de hoje
- Entrega via Edisciplinas até às 21:00

Exercício 1: Identifique as fases, microconstituintes e composto intermetálico metaestáveis nos campos das letras de A a L, informando o nome da microestrutura, se houver



Exercício 2: Calcule os percentuais ferrita pró-eutetóide (primário) a uma temperatura de 1200 °F para um aço 1035.

