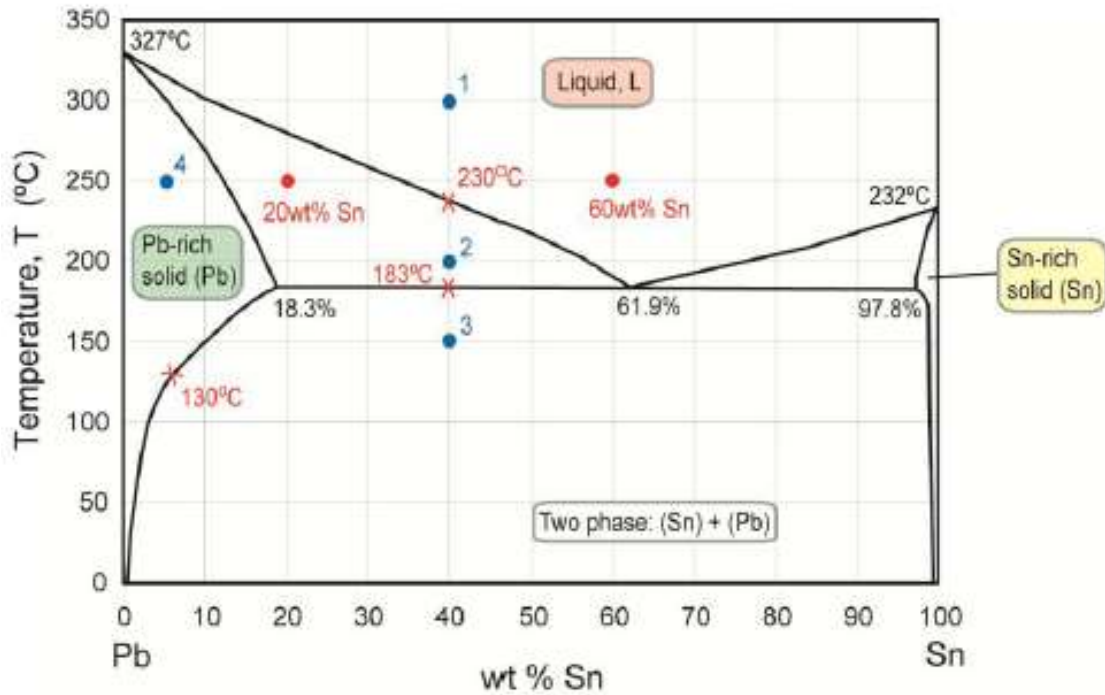


## GABARITO DOS EXERCÍCIOS DE REVISÃO

### ASSUNTO: Aula 3 – Diagrama binário eutético

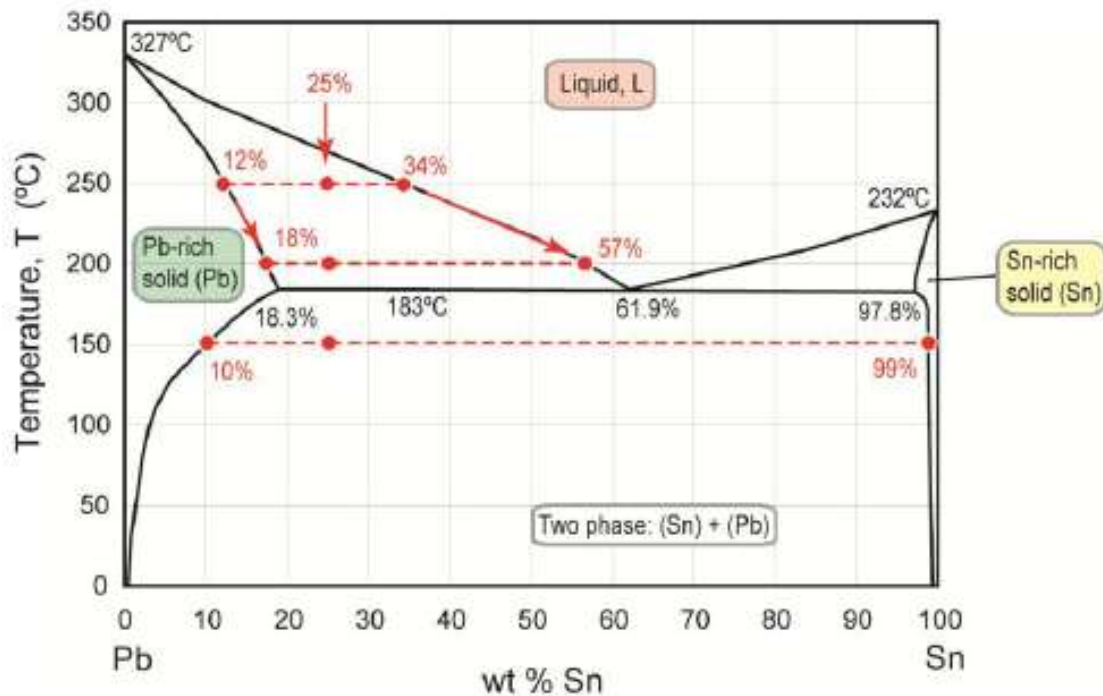
**1) Resposta:**

- a. A composição no ponto 1 é 60%p Pb - 40%p Sn; a temperatura 300°C.



- b. De acordo com a figura acima: Pb – 60%p Sn: fase líquido; Pb – 20%p Sn: fase líquido + fase  $\alpha$  (Pb).
- c. A aproximadamente 230°C: O campo da fase líquido muda para as fases do ponto 2 (fase líquido + fase  $\alpha$  (Pb)). A 183°C: a fase líquido + fase  $\alpha$  (Pb) se transformam nas fases do ponto 3 ( $\alpha$  (Pb) +  $\beta$  (Sn)).
- d. Composição: Pb – 5%p Sn; Temperatura: 250°C. A fase inicial é  $\alpha$  (Pb). A uma temperatura aproxima de 130°C: muda para a fase final ( $\alpha$  (Pb) +  $\beta$  (Sn)).

**2) Resposta:**



- A 250°C: Fase Pb (12%p Sn) e fase líquido (34%p Sn).
- A 200°C: Fase Pb (18%p Sn) e fase líquido (57%p Sn).
- A 150°C: Fase Pb (10%p Sn) e fase Sn (99%p Sn).
- Olhar figura acima. Como as composições das fases mudam com a temperatura, a composição global é mantida devido à mudança das proporções das fases.

### ASSUNTO: Aula 5 – Diagrama binário eutetóide (Fe-C)

#### 1) Resposta:

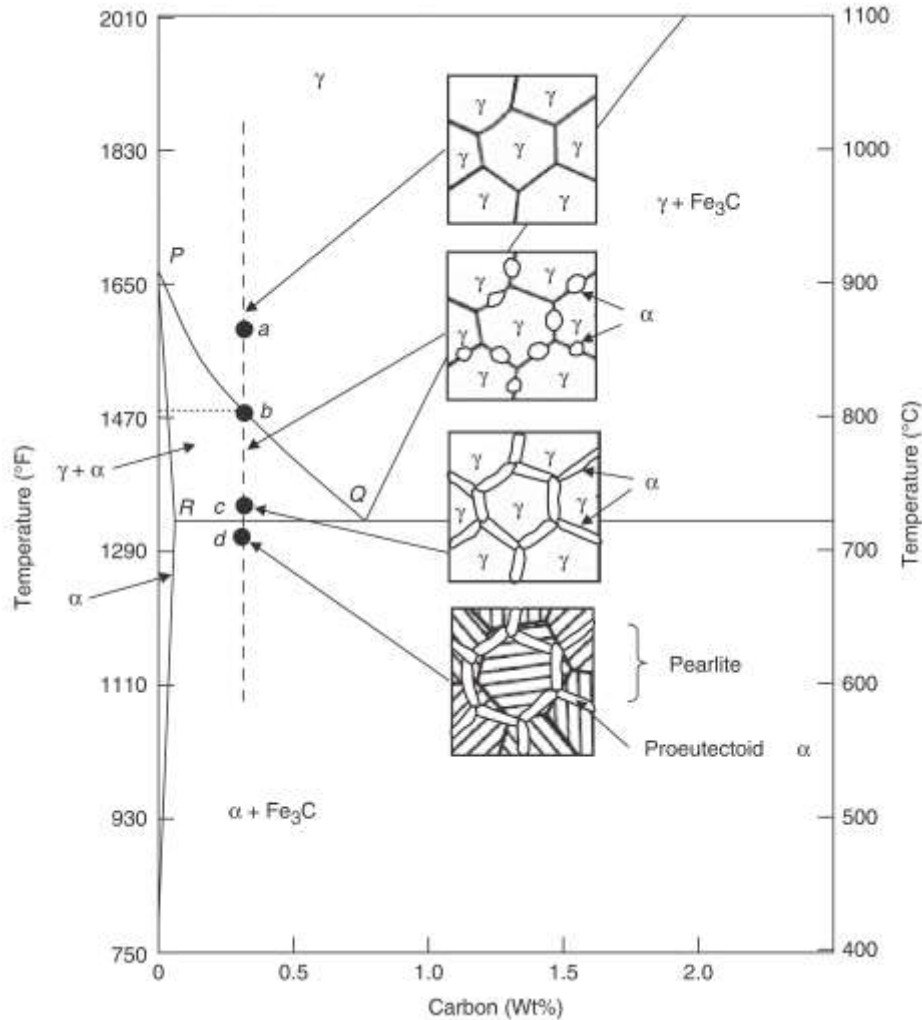
a) Liga hipoeutetóide:

#### Descrição do resfriamento:

Após a solidificação, a altas temperaturas, tal como o ponto “a”, a liga se encontra no campo da austenita, uma fase única. Quando a liga é resfriada até cerca de 800°C (1475°F) (ponto “b”), a liga entra no campo de duas fases  $\gamma + \alpha$ . Pequenas partículas de ferrita começam a se formar ao longo dos contornos de grão da austenita. Esta ferrita é chamada de ferrita proeutetóide, pois se forma antes da temperatura eutetóide. Isto está em contraste com a ferrita eutetóide que se forma na temperatura eutetóide como parte do microconstituente perlita ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ). Durante o resfriamento da liga através da região da fase  $\alpha + \gamma$ , a composição da fase ferrítica sofre mudanças com a temperatura ao longo do limite de fase  $\alpha$ - ( $\alpha + \gamma$ ), a linha de “PR”, e torna-se ligeiramente mais rica em carbono. A alteração na composição da austenita é mais drástica, procedendo ao longo do limite -  $\gamma$  ( $\alpha + \gamma$ ), linha “PQ”, à medida que a temperatura é reduzida. Como a liga resfria ainda dentro do campo  $\alpha + \gamma$  (ponto “c”), as partículas de ferrita se tornam maiores em tamanho e mais espessas ao longo dos contornos de grão da austenita. Quando a liga é finalmente resfriada através da temperatura eutetóide (ponto “d”), toda austenita remanescente se

transforma em perlita. Uma vez que esta reação não afeta a ferrita proeutetóide, que já se formou nos contornos de grão da austenita, a microestrutura final é de perlita no interior dos grãos rodeados por ferrita proeutetóide nos contornos de grão anteriores da austenita.

Desenho da microestrutura:

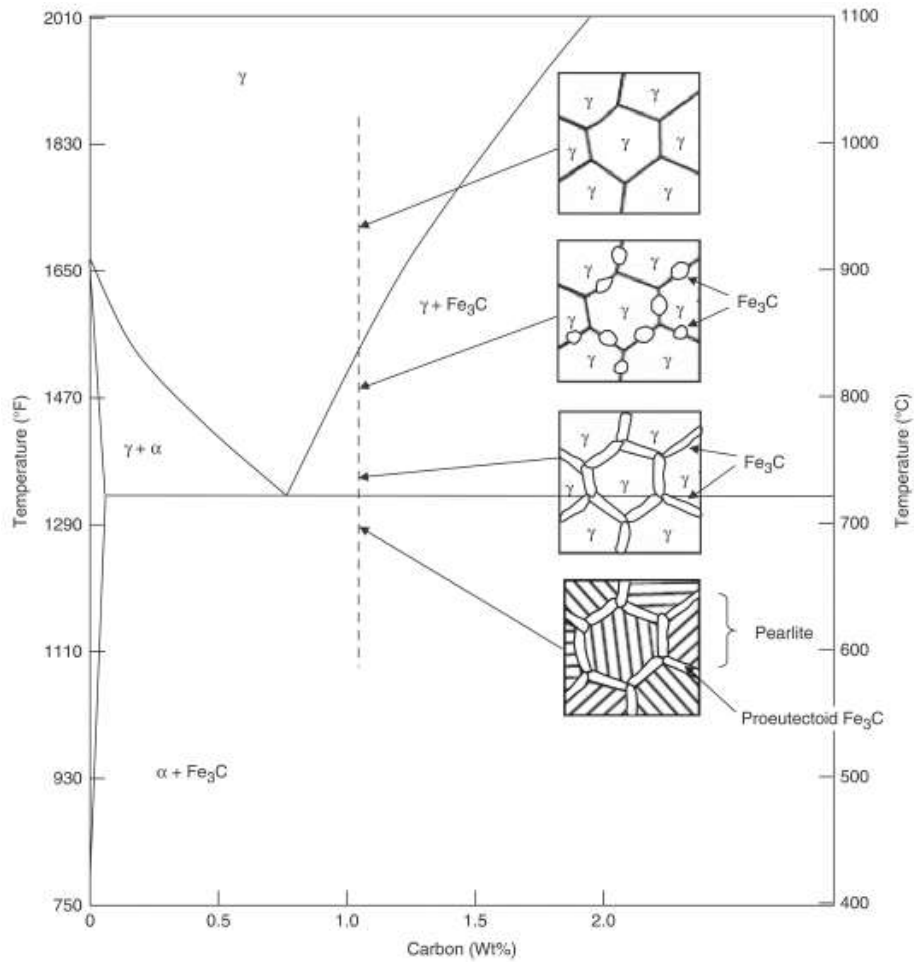


b) Liga hipereutetóide:

Descrição do resfriamento:

As transformações de aços hipereutetóides, aqueles contendo 0,077 a 2% em peso de C, é exatamente análoga aos dos aços hipoeutetóides, exceto que, neste caso, formas de cementita (Fe<sub>3</sub>C) proeutetóide nos contornos de grão. Este diagrama de fase também ilustra porque aços hipereutetóides só podem ser utilizadas quando é necessária uma dureza extrema, tal como em ferramentas de corte. Note-se que a cementita forma uma rede contínua ao longo dos contornos de grão austenítico anteriores. Porque cementita é um composto duro e quebradiço, estes aços têm muito pouca ductilidade e podem ser propensos a falhas súbitas.

Desenho da microestrutura:



2) **Respostas:**

a) Reação eutética: um líquido gera duas outras fases sólidas distintas. Reação eutetóide: uma fase sólida gera duas outras fases sólidas.

b) Ponto eutético:  $L (4,30\text{wt}\% \text{ C}) \leftrightarrow \gamma (2,14\text{wt}\% \text{ C}) + \text{Fe}_3\text{C} (6,7\text{wt}\% \text{ C})$  à  $T = 1148^\circ\text{C}$

Ponto eutetóide:  $\gamma (0,76\text{wt}\% \text{ C}) \leftrightarrow \alpha (0,022\text{wt}\% \text{ C}) + \text{Fe}_3\text{C} (6,7\text{wt}\% \text{ C})$  à  $T = 727^\circ\text{C}$

3) **Resposta:**

Eutetóide  $\rightarrow$  perlita  $\rightarrow$  lamelas alternadas de ferrita (macia e dúctil) e cementita (dura e frágil);

Hipoeutetóide  $\rightarrow$  ferrita proeutetóide + perlita (lamelas alternadas de ferrita e cementita);

Hipereutetóide  $\rightarrow$  cementita proeutetóide + perlita (lamelas alternadas de ferrita e cementita);

4) **Respostas:**

a) 1300°C

b)  $\gamma$  (austenita)

c) 1148°C

d) Fases presentes: austenita ( $\gamma$ ) e fase líquida (L).

Composições: austenita (2,1wt% de C) e fase líquida (4,3wt% de C)

As proporções relativas devem ser calculadas pela regra da alavanca como mostrado abaixo:

$$\% \text{ de } \gamma = \frac{4,3 - 3,0}{4,3 - 2,1} * 100 = 59,1\% \text{ de } \gamma \text{ (austenita)}$$

$$\% \text{ de } L = \frac{3,0 - 2,1}{4,3 - 2,1} * 100 = 40,9\% \text{ de } L \text{ (líquido)}$$

e) Fases presentes: cementita e ferrita (ligeiramente inferior à temperatura da reação eutetóide);

i. Toda a ferrita está contida na perlita (microconstituente eutetóide formado por uma microestrutura lamelar de ferrita e cementita, originária da austenita, através de uma reação eutetóide).

ii. Apenas parte da cementita está contida no microconstituente eutetóide.

Composições: ferrita ( $\alpha$ ) = 0,022wt% C e cementita ( $Fe_3C$ ) = 6,7wt% C

As proporções relativas de cementita e de ferrita podem ser calculadas pela regra da alavanca, como apresentado a seguir:

$$\% \text{ de } \alpha = \frac{6,7 - 3,0}{6,7 - 0,022} * 100 = 55,4\% \text{ de } \alpha \text{ (ferrita)}$$

$$\% \text{ de cementita} = \frac{3,0 - 0,022}{6,7 - 0,022} * 100 = 44,6\% \text{ de } Fe_3 \text{ (cementita)}$$

A proporção relativa da microestrutura perlítica, composta por ferrita e por cementita, pode ser calculada pela regra da alavanca. Consideramos a microestrutura perlítica como sendo um constituinte, e fazemos o cálculo da regra da alavanca, tem-se:

$$\% \text{ de perlita} = \frac{6,7 - 3,0}{6,7 - 0,76} * 100 = 62,22\% \text{ de perlita}$$

Sabendo que toda ferrita pertence ao microconstituente perlita é possível saber a % de cementita na perlita:

$$\% \text{ de cementita na perlita} = 62,22\% \text{ (de perlita)} - 55,4\% \text{ (de } \alpha) = 6,9\%$$

Assim, consegue-se determinar a % de cementita proeutetóide, que será:

$$\% Fe_3 \text{ proeutetóide} = 44,6\% \text{ (de } Fe_3 \text{ total)} - 6,9\% \text{ (de } Fe_3 \text{ na perlita)} = 37,7\%$$