

## P2 de CTM – 2013.2

Nome:

Matrícula:

Assinatura:

Turma:

### OBS:

Esta prova contém 8 páginas e 9 questões. Verifique antes de começar.

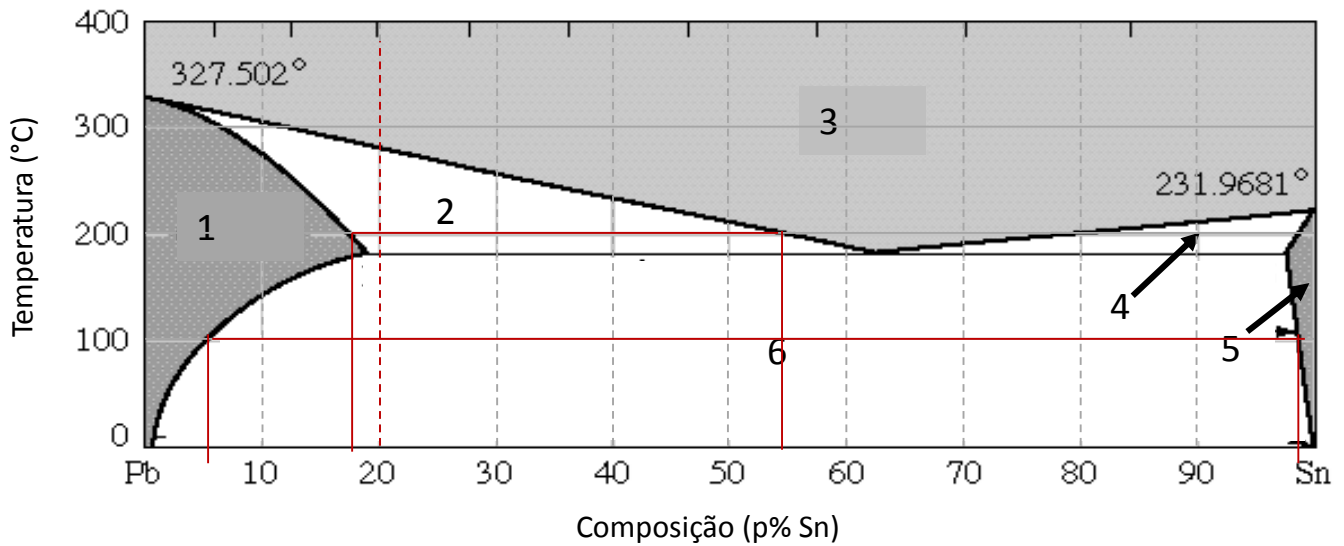
Todas as respostas devem ser justificadas.

Não é permitido usar calculadora.

As questões podem ser resolvidas a lápis,  
mas os resultados finais devem ser escritos com caneta.

| Questão    | Pontos |
|------------|--------|
| 1) 2,5     |        |
| 2) 1,5     |        |
| 3) 1,5     |        |
| 4) 1,2     |        |
| 5) 1,0     |        |
| 6) 0,5     |        |
| 7) 0,5     |        |
| 8) 0,5     |        |
| 9) 0,8     |        |
| TOTAL 10,0 |        |

1) (2,5) Considere o diagrama de fases abaixo em que as diversas regiões foram numeradas.



a. (0,6) Preencha a tabela abaixo associando os números das regiões com a(s) fase(s) presente(s).

| Região | Fase(s)                   |
|--------|---------------------------|
| 1      | $\alpha$                  |
| 2      | $\alpha + \text{líquido}$ |
| 3      | <b>líquido</b>            |
| 4      | $\beta + \text{líquido}$  |
| 5      | $\beta$                   |
| 6      | $\alpha + \beta$          |

b. (1,0) Considere a liga com 80p% Pb – 20p% Sn. Calcule a composição química e a fração das fases a 200°C e a 100°C. Marque os pontos pertinentes no gráfico, realize todos os cálculos e registre seus resultados na tabela abaixo. Use a página a seguir para registrar seu raciocínio.

| Temperatura | Composição Química de Fases | Fração de Fases |
|-------------|-----------------------------|-----------------|
| 200°C       | $\alpha$ (18% Sn)           | <b>0,95</b>     |
|             | L (55% Sn)                  | <b>0,05</b>     |
| 100°C       | $\alpha$ (5% Sn)            | <b>0,84</b>     |
|             | $\beta$ (97% Sn)            | <b>0,16</b>     |

c. **(0,9)** Quais são os valores máximos de solubilidade de estanho no chumbo e de chumbo no estanho e a que temperatura estes valores são atingidos? Justifique sua resposta baseado no diagrama de fases.

- O limite de solubilidade de Sn na fase  $\alpha$  (rica em Pb) é ~ 19%

- O limite de solubilidade de Pb na fase  $\beta$  (rica em Sn) é ~ 4%

Estes limites de solubilidade são atingidos na temperatura eutética.

Item b) Cálculos pela regra da alavanca

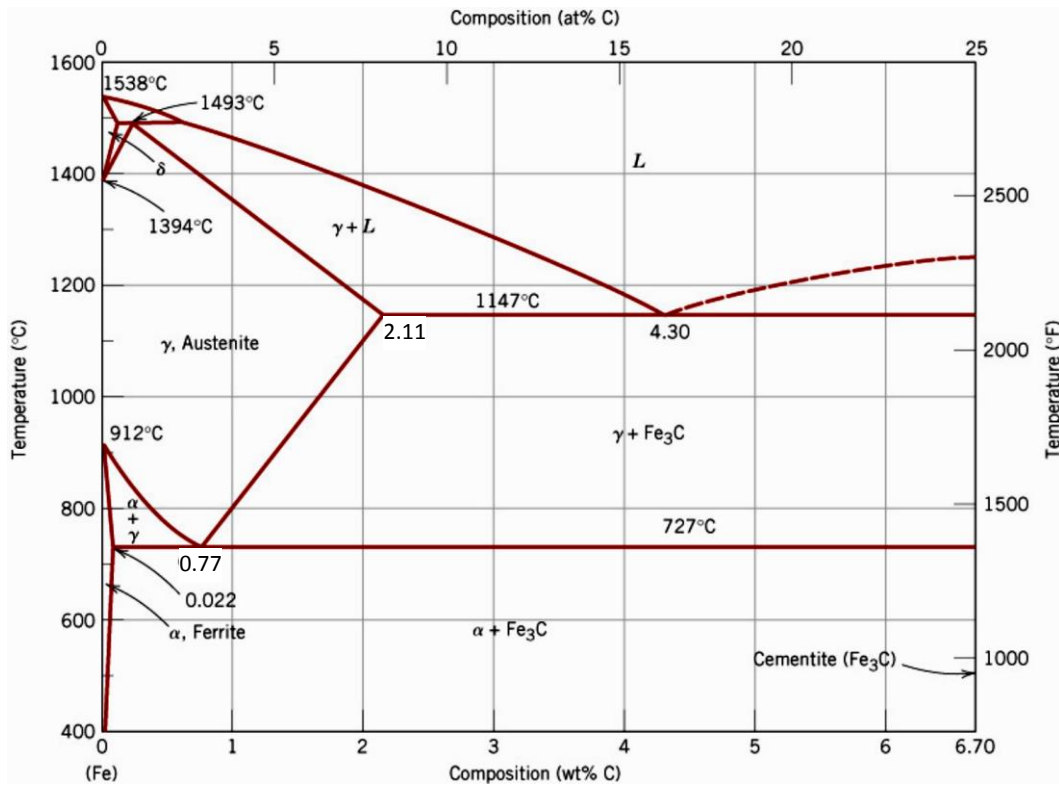
$$200^{\circ}\text{C} - W_{\alpha} = (C_L - C_0)/(C_L - C_{\alpha}) = (55 - 20)/(55 - 18) = 35/37 = 0,95$$

$$100^{\circ}\text{C} - W_{\alpha} = (C_{\beta} - C_0)/(C_{\beta} - C_{\alpha}) = (97 - 20)/(97 - 5) = 77/92 = 0,84$$

2) (1,5) 2,5kg de austenita contendo 0,65%C em peso, foram resfriados até uma temperatura logo abaixo de 727°C. Responda:

- (0,5) Qual é a fase pró-eutetóide que se forma?
- (0,5) Quantos kilos de ferrita e cementita se formam?
- (0,5) Quantos kilos de perlita e da fase pró-eutetóide se formam?

OBS: TODOS OS CÁLCULOS DEVERÃO SER DISCRIMINADOS. NÃO SERÃO ACEITAS RESPOSTAS SEM A FINALIZAÇÃO DO CÁLCULO. O VALOR 0,022 PODE SER APROXIMADO PARA ZERO.



a) (0,5) Qual é a fase pró-eutetóide que se forma?

- ferrita (α)

b) (0,5) Quantos kilos de ferrita e cementita se formam?

$$W_{\alpha} = (6,7 - 0,65) / (6,7 - 0) = 0,90$$

$$W_{\text{cementita}} = (0,65 - 0) / (6,7 - 0) = 0,10$$

$$\text{ferrita } (\alpha) = 0,90 \times 2,5 \text{ kg} = 2,25 \text{ kg}$$

$$\text{cementita} = 0,10 \times 2,5 \text{ kg} = 0,25 \text{ kg}$$

c) (0,5) Quantos kilos de perlita e da fase pró-eutetóide se formam?

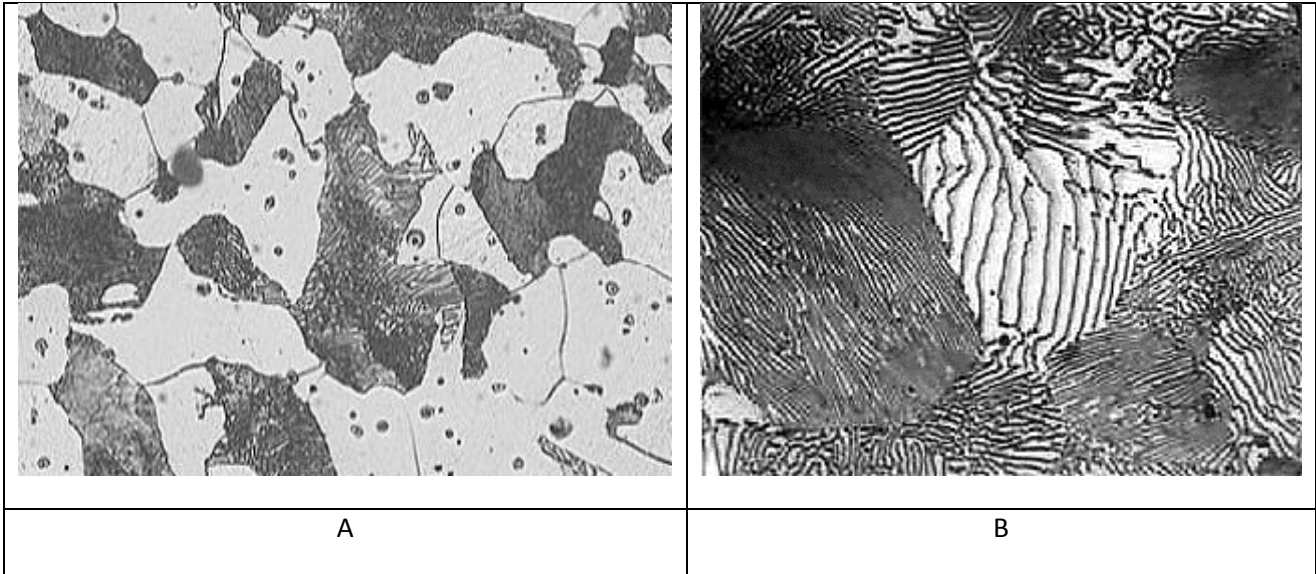
$$W_{\text{ferrita pr\u00f3}} = (0,77 - 0,65) / (0,77 - 0) = 0,16$$

$$W_{\text{perlita}} = (0,65 - 0) / (0,77 - 0) = 0,84$$

$$\text{ferrita } (\alpha) \text{ pr\u00f3-eutet\u00f3ide} = 0,16 \times 2,5 \text{ kg} = 0,4 \text{ kg}$$

$$\text{perlita} = 0,84 \times 2,5 \text{ kg} = 2,1 \text{ kg}$$

3) (1,5) Abaixo estão as micrografias de dois aços (A e B), sendo que um deles contém 0,1% e o outro 0,8% de carbono em peso. Com base no diagrama de fases da questão acima, associe as micrografias com as composições e identifique as fases (ou suas combinações) presentes. Indique as fases nas figuras. JUSTIFIQUE SUAS RESPOSTAS.



**O aço A (0,1 %p C) é hipoeutetóide e contém ferrita pró-eutetóide e perlita (ferrita + cementita eutetóides).**

**O aço B (0,8 %p C) é hipereutetóide, porém muito próximo à composição eutetóide. Desta forma, na sua microestrutura predomina perlita (ferrita + cementita eutetóides), enquanto o segundo constituinte é cemenita pró-eutetóide.**

4) (1,2) Um compósito foi fabricado com uma fração volumétrica de 0,50 de fibras de carbono ( $E = 400$  GPa) alinhadas unidirecionalmente em uma matriz epóxi ( $E = 5$  GPa). Esse compósito tem uma seção transversal circular de  $10 \text{ mm}^2$  e está submetido a uma tensão de  $81 \text{ MPa}$  na direção das fibras.

a. (0,4) Calcule a carga à qual o compósito está submetido;

$$F = \sigma \times A = 81 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 10 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 810 \text{ N}$$

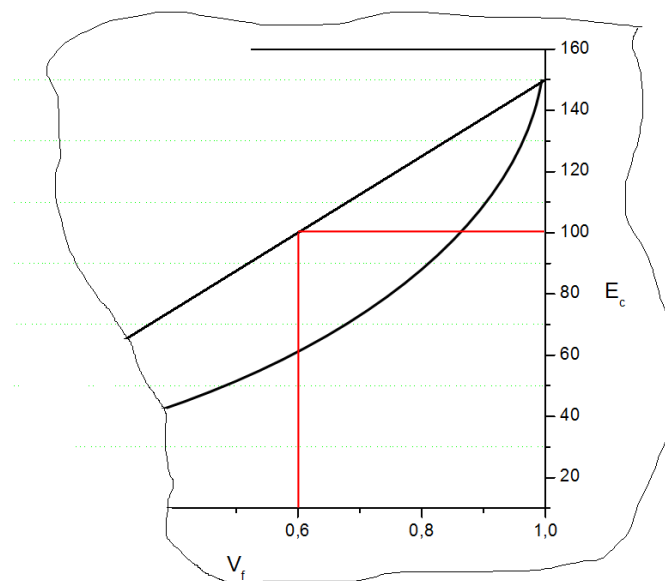
b. (0,8) Calcule a razão entre as cargas suportadas pelas fibras e pela matriz;

$$F_f/F_m = E_f V_f / E_m V_m = 400 \text{ GPa} \times 0,5 / 5 \text{ GPa} \times 0,5 = 200/2,5 = 80$$

5) (1,0) A figura abaixo mostra parte do gráfico da variação do módulo de elasticidade em função da fração volumétrica de fibras para um compósito. Sabendo que o módulo de elasticidade do compósito, calculado usando a condição de isodeformação, vale 100 GPa, qual foi a matriz usada nesse compósito (dentre as listadas na tabela)?

Explicitite seus cálculos – respostas sem cálculos não serão consideradas.

| Matriz        | E(GPa) |
|---------------|--------|
| Borracha      | 0,5    |
| Polipropileno | 2,5    |
| Epóxi         | 5,0    |
| Magnésio      | 25,0   |



$$E_c = E_f V_f + E_m V_m \text{ (isodeformacao)}$$

Lendo o valor de  $V_f$  correspondente a  $E_c = 100$  GPa e aplicando na fórmula e identificando o valor de  $E_f = 150$  GPa no gráfico para  $V_f = 1$ :

$$100 \text{ GPa} = 150 \text{ GPa} \times 0,6 + E_m \times 0,4$$

$$E_m = 10 \text{ GPa}/0,4 = 25 \text{ GPa (Magnésio)}$$

- 6) (0,5) Para o semicondutor Si dopado com 100 ppb (ou  $10^{15}$  at/cm<sup>3</sup>) de um dopante pentavalente:
- a.  $n = p$
  - b.  $n \gg p$
  - c.  $p \gg n$
  - d. NRA
- 7) (0,5) Num semicondutor intrínseco:
- a. Não existem buracos
  - b. Não existem elétrons livres
  - c. Existe o mesmo número de elétrons livres e buracos
  - d. Não existem nem elétrons livres, nem buracos.
- 8) (0,5) A dopagem que provoca um nível aceitador no semicondutor Si é formada adicionando-se dopantes com a valência:
- a. 6
  - b. 5
  - c. 4
  - d. 3
- 9) (0,8) Das afirmações abaixo apenas uma é falsa. Escolha a afirmação falsa e explique porque ela é incorreta.
- a. A banda de valência é definida como a última banda completamente preenchida por elétrons, à temperatura do zero absoluto, e a banda de condução é a próxima banda parcialmente preenchida, ou completamente vazia.
  - b. Um LED é constituído por junção PN que, polarizada diretamente, emite luz devido ao fenómeno de recombinação dos pares elétrons-buracos na região da junção.
  - c. A cor da radiação emitida por um LED depende da energia do gap. Maiores energia de gap (faixa de 2,8 eV) estão associadas à região do vermelho e menores energia de gap (1,8 eV) à região do azul.
  - d. A concentração de elétrons na banda de condução de um material semicondutor depende da temperatura e da energia do gap do material semicondutor.

RESPOSTA – AFIRMATIVA FALSA C

Justificativa: **As maiores energias de gap (2,8 eV) estão associadas à região azul e as menores energias de gap (1,8 eV) estão associadas à região vermelha do espectro visível. Isto porque a energia da luz emitida, que é igual à energia do gap, é diretamente proporcional à frequência da luz e inversamente proporcional a seu comprimento de onda. Assim, gap maior implica em menor comprimento de onda, no caso o da luz azul.**



