

PROCESSO SELETIVO – 02 / 2021

Área de Conhecimento: Ciência dos Materiais

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

**QUESTÃO 1:** Inúmeras propriedades dos materiais cristalinos são influenciadas pela presença de defeitos ou imperfeições em suas estruturas.

- (a) O que se entende por defeitos ou imperfeições na estrutura cristalina dos materiais?  
(b) Entre os defeitos pontuais diferencie os defeitos pontuais substitucionais e intersticiais, apresentando os principais fatores que favorecem a formação de um em relação ao outro.  
(c) Entre os materiais com estrutura CCC e CFC qual deles seria o mais propenso a ter defeitos intersticiais? Explique sua resposta.

**(a)** A definição de defeitos em materiais cristalinos é apresentada na introdução do capítulo 4 – Imperfeições em sólidos.

“.....Por defeitos cristalinos designamos uma irregularidade na rede cristalina com uma ou mais das suas dimensões na

ordem do diâmetro atômico. A classificação de imperfeições cristalinas é feita, frequentemente, de acordo com a geometria

ou com a dimensionalidade do defeito..... defeitos pontuais, defeitos lineares, defeitos interfaciais, ou contornos, que são

bidimensionais. As impurezas nos sólidos também são discutidas, uma vez que os átomos de impurezas podem existir

como defeitos pontuais.... “

**(b)** No capítulo 4 são apresentados os conceitos de defeitos pontuais. Na presença de impurezas, são descritos os defeitos

substitucionais e intersticiais. “...Defeitos pontuais, em razão da presença de impurezas, são encontrados nas soluções

sólidas, e podem ser de dois tipos, substitucional e intersticial. Nos defeitos substitucionais, os átomos de soluto ou

átomos de impurezas repõem ou substituem os átomos hospedeiros. Várias características dos átomos do soluto e do

solvente determinam o grau no qual o primeiro se dissolve no segundo. Essas características são expressas como quatro

regras de Hume-Rothery...” Na sequência devem ser citados os quatro fatores que são o tamanho dos átomos, tipo de

estrutura cristalina, fator de eletronegatividade e valência.

Na sequência o livro texto apresenta as principais diferenças entre solução sólida substitucional e intersticial.

**(c)** Na sequência do mesmo texto é comentado que os materiais metálicos possuem fator de empacotamento atômico

relativamente elevado, o que significa que os espaços vazios (interstícios) são relativamente pequenos. Consequentemente,

o diâmetro atômico de uma impureza intersticial deve ser substancialmente menor que a do átomo hospedeiro.

O texto descreve que a formação dos defeitos intersticiais depende não só do fator de empacotamento, mas também do

tamanho do vazio presente (interstício). Neste sentido a estrutura CFC, apesar de possuir um fator de empacotamento

maior, possui interstícios maiores. (pode-se considerar também informações capítulo diagramas de fase, que explica a

diferença de solubilidade do carbono no ferro para as fases ferrita e austenita)

Capítulo 04 – Callister, pág. 45 - 62

\*O padrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/página do livro utilizado.

**Membros da Banca:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**Avaliador 1 (Marilena Valadares Folgueras)**  
**(Ricardo de Medeiros)**

**Avaliador 2**

\_\_\_\_\_  
**Presidente da Banca (Julio Cesar Giubilei Milan)**  
**PROCESSO SELETIVO – 02 / 2021**

**Área de Conhecimento: Ciência dos Materiais**

### PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

**QUESTÃO 2:** O balanço entre as forças atrativas e repulsivas define a distância de equilíbrio entre átomos e está associado ao tipo de ligação química formada nos diferentes materiais. A representação das curvas de força de interação entre átomos (que podem ser associados também às curvas de energia potencial) em função da distância interatômica, é frequentemente utilizada para explicar a relação entre ligações químicas e propriedades dos materiais. Explique como estas curvas podem ser utilizadas para explicar a relação entre força/energia de ligação e propriedades como

- (a) temperatura de fusão
- (b) módulo de elasticidade
- (c) coeficiente de expansão térmica dos materiais.

<i>Capítulo , Callister 2 – item Força e energia de ligação. "...</i>
<i>Materiais que possuem grandes energias de ligação em geral também possuem temperatura de fusão elevadas.....a rigidez</i>
<i>mecânica (módulo de elasticidade) depende da forma da curva de força x separação interatômica.....um vale profundo e</i>
<i>estreito na curva de energia x separação interatômica está relacionado com um baixo coeficiente de expansão térmica e</i>
<i>com alterações dimensionais relativamente pequenas em resposta a mudanças de temperatura.</i>
<i>Callister, cap. 2 pag. 12 - 13</i>

\*O padrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/página do livro utilizado.

**Membros da Banca:**

\_\_\_\_\_  
**Avaliador 1 (Marilena Valadares Folgueras)**  
**(Ricardo de Medeiros)**

**Avaliador 2**

\_\_\_\_\_  
**Presidente da Banca (Julio Cesar Giubilei Milan)**

PROCESSO SELETIVO – 02 / 2021

Área de Conhecimento: Ciência dos Materiais

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

**QUESTÃO 3:** Considere o diagrama de equilíbrio de fases ferro-carbono (Fe-C), apresentado abaixo.

Qual a importância deste diagrama de equilíbrio de fases em Engenharia de Materiais?

Defina corretamente os seguintes termos: ferrita- $\alpha$ , ferrita- $\delta$ , austenita, perlita e cementita.

Indique quais fases estão presentes nas áreas indicadas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) no diagrama.

Enuncie todas as transformações isotérmicas que o diagrama apresenta, indicando as temperaturas a que ocorrem, as composições químicas das fases envolvidas e as designações pelas quais são conhecidas.

<i>Callister, cap. 9, pag 169</i>	
<i>Existe uma forte correlação entre a microestrutura e as propriedades mecânicas, e o desenvolvimento da microestrutura</i>	
<i>em uma liga esta relacionado às características do seu diagrama de fases. Ademais, os diagramas de fases fornecem</i>	
<i>informações valiosas sobre os fenômenos da fusão, fundição, cristalização e outros.</i>	
Ferrita – ou ferro $\alpha$ , forma alotrópica do ferro puro com estrutura cristalina CCC - pag 189	
Ferrita $\delta$ - – ou ferro $\alpha$ , forma alotrópica do ferro puro com estrutura cristalina CCC. Virtualmente é a mesma que a ferrita mas existe em uma faixa de temperatura mais alta – pag. 190	
Austenita - ou ferro $\gamma$ , forma alotrópica do ferro puro com estrutura cristalina CFC - pag 189	
Perlita – microestrutura bifásica, produto da reação eutetóide no aço. Consiste de camadas alternadas (ou lamelas)	
de ferrita $\alpha$ e cementita	
Cementita – ou $Fe_3C$ composto intermediário de carbeto de ferro	
1	$\gamma$ (austenita) + L (líquido)
2	$\gamma$ (austenita)
3	$\gamma$ (austenita) + $Fe_3C$ (cementita)
4	$\gamma$ (austenita) + Ferrita $\alpha$
5	Ferrita $\alpha$ + $Fe_3C$ (cementita)
6	Ferrita $\alpha$
7	Ferrita $\delta$
8	L (líquido)
Reação peritética -	0,16 %p C, 1495 °C , Ferrita $\delta$ + L (líquido) $\rightarrow$ $\gamma$ (austenita) – pag. 186
Reação eutetóide -	0,77p C, 727 °C , $\gamma$ (austenita) $\rightarrow$ Ferrita $\alpha$ + $Fe_3C$ (cementita) – pag. 186

Reação eutética - 4,3%p C, 1148 °C , L (líquido) →  $\gamma$  (austenita) + Fe<sub>3</sub>C (cementita) – pag. 178

\*O padrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/página do livro utilizado.

**Membros da Banca:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**Avaliador 1 (Marilena Valadares Folgueras)**  
**(Ricardo de Medeiros)**

**Avaliador 2**

\_\_\_\_\_  
**Presidente da Banca (Julio Cesar Giubilei Milan)**  
**PROCESSO SELETIVO – 02 / 2021**

**Área de Conhecimento: Ciência dos Materiais**

**PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA**

**QUESTÃO 4:** Considere o resfriamento, suficientemente lento para garantir condições de equilíbrio, de duas ligas Fe-C, uma com 0,4 % C e outra com 1,2% C (percentagem em peso) desde o estado líquido até à temperatura mais baixa indicada no diagrama.

Obs.: Use o diagrama Fe-C apresentado na questão anterior.

Indique as temperaturas de início e de fim de solidificação, assim como as composições químicas dos primeiros núcleos sólidos e do último líquido a solidificar.

Indique as fases que a liga é constituída à temperatura mais baixa do diagrama, assim como as respectivas composições químicas. Indique como obter as proporções de cada fase.

Faça um esboço da microestrutura final destas ligas.

Callister, cap. 9, pag 169		
0,4 %p C –	Temperatura início de solidificação: aproximadamente 1530 °C	
	Temperatura final de solidificação: 1495 °C	
	Composição química do primeiro sólido a se formar: aproximadamente 0,05 %p C	
	Composição química do último líquido a se solidificar: aproximadamente 0,6 %p C	
1,2 %p C –	Temperatura início de solidificação: aproximadamente 1450 °C	
	Temperatura final de solidificação: aproximadamente 1320 °C	
	Composição química do primeiro sólido a se formar: aproximadamente 0,4 %p C	
	Composição química do último líquido a se solidificar: aproximadamente 2,5 %p C	
À temperatura mais baixa indicada no diagrama de fases, a liga com 0,4 %p C é constituída de ferrita pró eutetóide mais perlita, a ferrita pró eutetóide com aproximadamente 0 %p C e a perlita com 0,77 %p C		
já liga com 1,24 %p C é constituída de cementita pró eutetóide mais perlita, a cementita pró eutetóide com 6,7 %p C e a perlita com 0,77 %p C		
Para calcular a quantidade de cada fase é utilizada a regra da alavanca, traçando-se uma linha de amarração a temperatura desejada e com apoio na composição da liga. Toma-se o braço oposto da fase desejada e divide-se pelo comprimento total da linha de amarração.		
Esboço para a liga com 0,4 %p C	-	pag. 192 – Callister
Esboço para a liga com 1,2 %p C	-	pag. 194 – Callister

\*O padrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/página do livro utilizado.

**Membros da Banca:**

\_\_\_\_\_

**Avaliador 1 (Marilena Valadares Folgueras)**  
**(Ricardo de Medeiros)**

**Avaliador 2**

\_\_\_\_\_

**Presidente da Banca (Julio Cesar Giubilei Milan)**



**PROCESSO SELETIVO – 02 / 2021**

**Área de Conhecimento: Ciência dos Materiais**





**PROCESSO SELETIVO – 02 / 2021**

**Área de Conhecimento: Ciência dos Materiais**

**PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA**

**QUESTÃO 6:** Descreva as diferenças entre os ensaios de dureza Rockwell, Brinell e Vickers. Quais as vantagens e desvantagens de cada técnica de ensaio de dureza?

<i>Pag. 95 – Callister. A tabela 6.4 descreve as principais características de cada ensaio de dureza</i>
<i>Como tipo de penetrador, forma da impressão e a fórmula para cálculo.</i>
<i>Ainda convém destacar que a dureza Rockwell mede a dureza em função da profundidade de</i>
<i>Penetração, enquanto a dureza Brinell e a dureza Vickers medem a dureza em função da área</i>
<i>Da impressão. A dureza Rockwell possui várias escalas com cargas e penetradores diferentes</i>
<i>A serem aplicados conforme a dureza do material avaliado. A dureza Brinell também se utiliza de</i>
<i>De penetradores esféricos de materiais e diâmetros diferentes e com cargas distintas de acordo</i>
<i>Com a dureza do material a ser ensaiado. A dureza Vickers utiliza sempre o mesmo penetrador</i>
<i>Podendo ser utilizadas cargas diferentes, também de acordo com a dureza do material ensaiado.</i>
<i>O ensaio Rockwell possui vantagem de leitura dos resultados mais fácil e rápida e desvantagem</i>
<i>De se utilizar escalas diferentes para materiais com dureza diferentes. O ensaio Vickers possui</i>
<i>A vantagem de utilizar sempre o mesmo penetrador e a mesma escala, mesmo para materiais</i>
<i>Com dureza muito diferentes. A dureza Brinell também possui uma única escala porém</i>
<i>Penetradores de materiais e tamanhos diferentes e cargas diferentes de acordo com a dureza do</i>
<i>Material avaliado. Garcia cap. 4 pag. 115-157. Souza – cap. 4 pag. 103-137</i>

\*O padrão de resposta deve estar fundamentado nas bibliografias exigidas pelo Edital, para evitar problemas o professor deverá citar o capítulo/página do livro utilizado.

**Membros da Banca:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**Avaliador 1 (Marilena Valadares Folgueras)**  
**(Ricardo de Medeiros)**

**Avaliador 2**

\_\_\_\_\_  
**Presidente da Banca (Julio Cesar Giubilei Milan)**