

# LISTA DE EXERCÍCIOS

## ECM I 2020

### DIAGRAMAS DE FASE

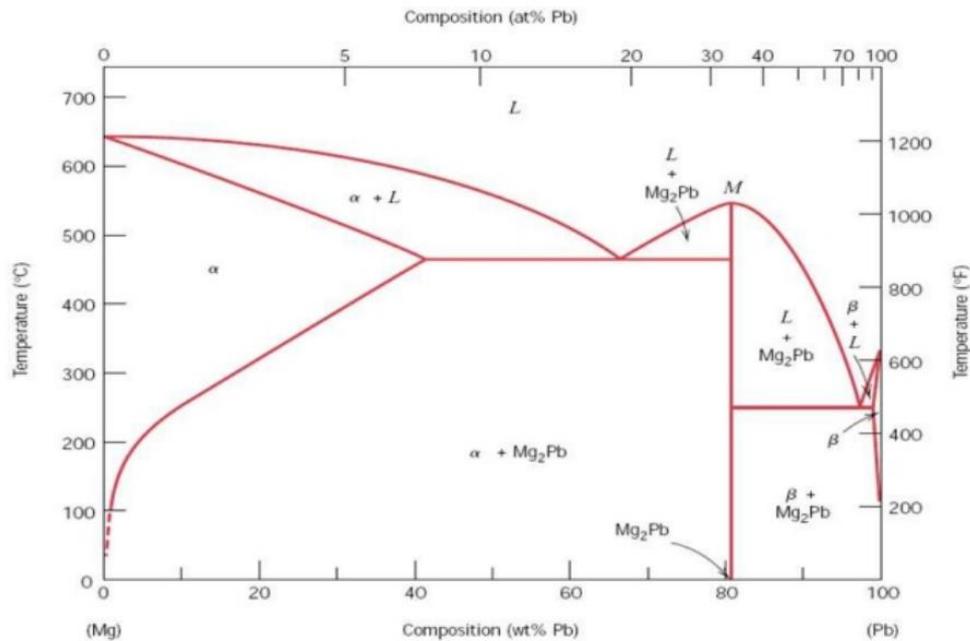
Diagramas de fase em condição de equilíbrio.

O sistema Ferro-Carbono.

- 1). Abaixo são dadas as temperaturas solidus e liquidus para o sistema germânico-silício. Construa o diagrama de fases para esse sistema e identifique cada região.

<i>Composição (%p Si)</i>	<i>Temperatura Solidus (°C)</i>	<i>Temperatura Liquidus (°C)</i>
0	938	938
10	1005	1147
20	1065	1226
30	1123	1278
40	1178	1315
50	1232	1346
60	1282	1367
70	1326	1385
80	1359	1397
90	1390	1408
100	1414	1414

2). Para uma liga com 85%p Pb-15%p Mg, faça esboços esquemáticos das microestruturas que seria observada para condições de resfriamento muito lento nas seguintes temperaturas: 600°C (1110°F), 500°C (930°F), 270°C (520°F) e 200°C (390°F). Identifique todas as fases e identifique as suas composições aproximadas



3). (a). Qual é a distinção entre aços hipoeutetóides e hipereutetóides?

(b). Em um aço hipoeutetóide, existem tanto a ferrita eutetóide como a ferrita proeutetóide. Explique a diferença entre elas. Qual será a concentração de carbono em cada uma?

4). Explique sucintamente por que uma fase proeutetóide se forma ao longo dos contornos de grãos da austenita

5). Qual é a concentração de carbono em uma liga ferro-carbono para a qual a fração de ferrita total é de 0,94?

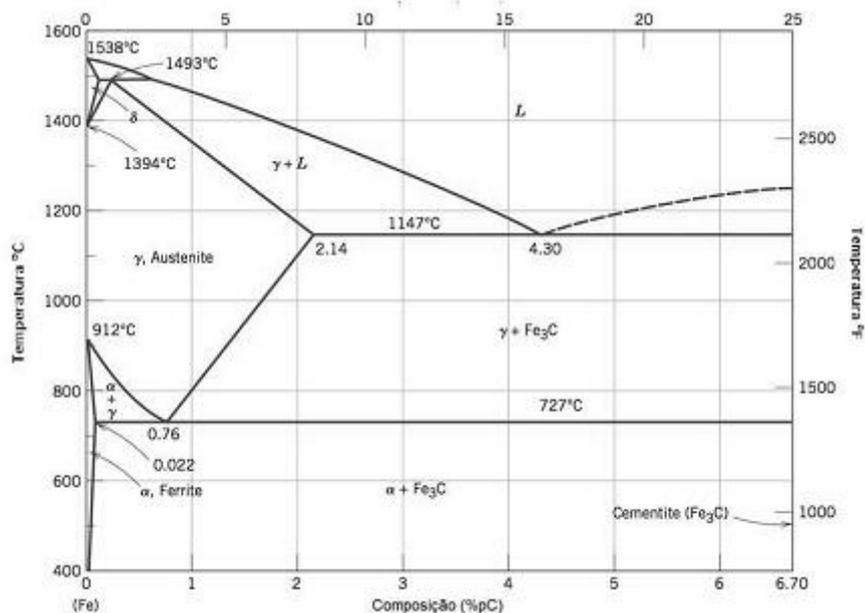
6). Qual é a fase proeutetóide para uma liga ferro-carbono na qual as frações mássicas de ferrita total e cementita total são de 0,92 e 0,008, respectivamente? Por quê?

7). Considere 1,0Kg de austenita contendo 1,15%p C, resfriada até abaixo de 727°C (1341°F). (9.53)

(a). Qual é a fase proeutetóide?

(b). Quantos quilogramas se formam de cementita e de ferrita total?

- (c). Quantos quilogramas se formam de fase proeutetóide e de perlita?
- (d). Esboce esquematicamente e identifique a microestrutura resultante.
- 8). Calcule as frações mássicas de ferrita proeutetóide e de perlita que se formam em uma liga ferro-carbono que contém 0,25%p C.
- 9). A microestrutura de uma liga ferro-carbono cansite em ferrita proeutetóide e perlita; as frações mássicas desses microconstituintes são de 0,20 e 0,80, respectivamente. Determine a concentração de carbono nessa liga.
- 10). As frações mássicas de ferrita total e cementita total em uma liga ferro-carbono são de 0,88 e 0,12, respectivamente. Informar se essa é uma liga hipoeutetóide ou hipereutetóide. Por quê?
- 11). Considere 2,0 Kg de uma liga com 99,6%, Fe-0,4%p C que é resfriada a uma temperatura imediatamente abaixo da eutetóide.
- (a). Quantos quilogramas de ferrita proeutetóide se formam?
- (b). Quantos quilogramas de ferrita eutetóide se formam?
- (c). Quantos quilogramas de cementita se formam?



(Fonte: CALLISTER JR. W. D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Tradução Sérgio Murilo Stamile Soares. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589p.)

- 12). Calcule a fração mássica máxima de cementita proeutetóide possível para uma liga ferro-carbono hipereutetóide.
- 13). Para uma liga ferro-carbono de composição 5%p C-95%p Fe, faça os esboços esquemáticos da microestrutura que seria observada para condições de resfriamento muito lenta às seguintes temperaturas: 1175°C (2150°F),

1145°C (2095°F), e 700°C (1290°F). Identifique as fases e indique as suas composições aproximadas.

## PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS METAIS

### Deformação elástica

### Deformação plástica

**1).** Um bastão cilíndrico com 100 mm de comprimento e diâmetro de 10,0 mm deve ser deformado utilizando-se uma carga de tração de 27.500 N. Ele não deve experimentar deformação plástica ou redução em diâmetro superior a 0,0075 mm. Dos materiais listados a seguir, quais são possíveis candidatos? Justifique a(s) sua(s) escolha(s).

<i>Material</i>	<i>Módulo de Elasticidade (GPa)</i>	<i>Limite de Escoamento (MPa)</i>	<i>Coefficiente de Poisson</i>
Liga de alumínio	70	200	0,33
Liga de latão	101	300	0,35
Liga de aço	207	400	0,27
Liga de titânio	107	650	0,36

**2).** A figura a seguir (Fig. 6.21) mostra o comportamento tensão-deformação de engenharia em tração para uma liga de aço.

**(a).** Qual é o módulo de elasticidade?

**(b).** Qual é o limite de proporcionalidade?

**(c).** Qual é o limite de escoamento para uma pré-deformação de 0,002?

**(d).** Qual é o limite de resistência à tração?

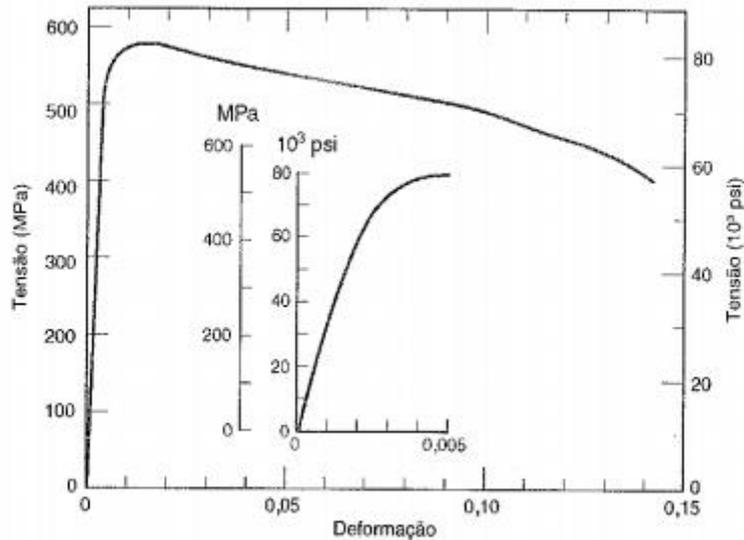


Fig. 6.21 Comportamento tensão-deformação em tração para um aço carbono simples.

**3).** Um corpo de prova cilíndrico, feito em alumínio, tem diâmetro de 12,8 mm (0,505 pol) e comprimento útil de 50,80 mm (2,0 pol) e está sendo puxado em tração. Utilize as características carga-alongamento tabuladas abaixo para completar os problemas a seguir:

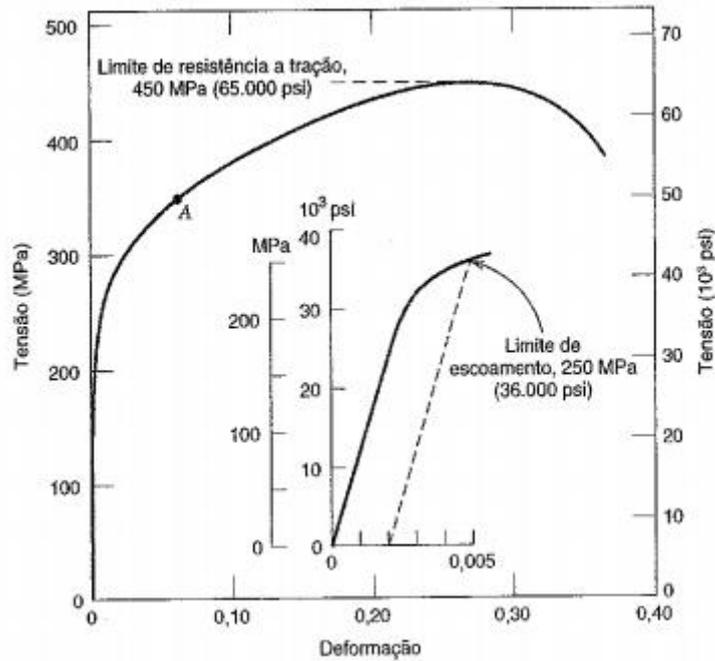
<i>Carga</i>		<i>Comprimento</i>	
<i>lb<sub>f</sub></i>	<i>N</i>	<i>pol.</i>	<i>mm</i>
0	0	2,000	50,800
1.650	7.330	2,002	50,851
3.400	15.100	2,004	50,902
5.200	23.100	2,006	50,952
6.850	30.400	2,008	51,003
7.750	34.400	2,010	51,054
8.650	38.400	2,020	51,308
9.300	41.300	2,040	51,816
10.100	44.800	2,080	52,832
10.400	46.200	2,120	53,848
10.650	47.300	2,160	54,864
10.700	47.500	2,200	55,880
10.400	46.100	2,240	56,896
10.100	44.800	2,270	57,658
9.600	42.600	2,300	58,420
8.200	36.400	2,330	59,182

Fratura

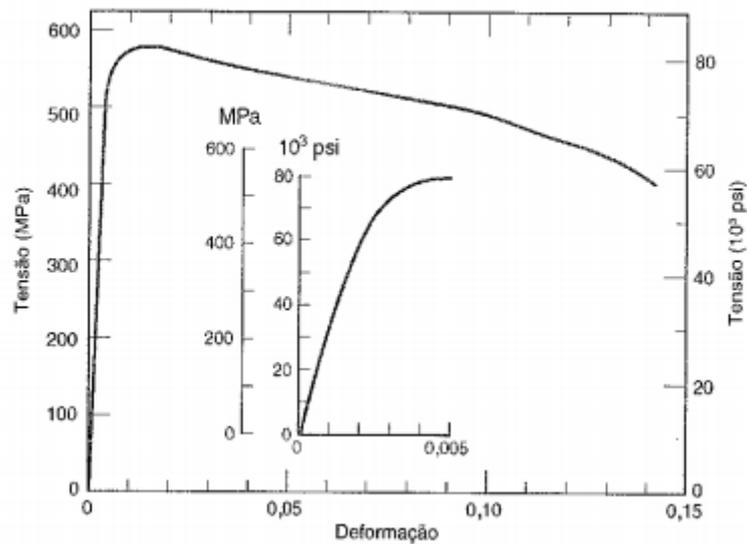
- Plote os dados na forma de tensão de engenharia em função de deformação de engenharia.
- Compute o módulo de elasticidade.
- Determine o limite de escoamento para uma pré deformação de 0,002.
- Determine o limite de resistência à tração desta liga

4). Estime as durezas Brinell e Rockwell para os seguintes materiais:

(a). O latão naval para o qual o comportamento tensão-deformação está mostrado a seguir.



(b). O aço para o qual o comportamento tensão-deformação está mostrado a seguir



## FALHAS

**Fratura dúctil**

**Fratura frágil**

**Fadiga**

**Fluência**

**1).** Tabulados a seguir estão os dados que foram coletados a partir de uma série de ensaios de impacto Charpy com uma liga de aço temperado 4140:

<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Energia de Impacto (J)</i>
100	89,3
75	88,6
50	87,6
25	85,4
0	82,9
-25	78,9
-50	73,1
-65	66,0
-75	59,3
-85	47,9
-100	34,3
-125	29,3
-150	27,1
-175	25,0

**(a).** Plote os dados na forma da energia de impacto em função da temperatura.

**(b).** Determine uma temperatura de transição dúctil-frágil como sendo aquela temperatura que corresponde à média entre as energias de impacto máxima e mínima.

**(c).** Determine uma temperatura de transição dúctil-frágil como sendo aquela na qual a energia de impacto é 70 J.

**2).** Tabulados abaixo encontra-se dados que foram coletados a partir de uma série de ensaios de Charpy com um ferro fundido dúctil:

<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Energia de Impacto (J)</i>
-25	124
-50	123
-75	115
-85	100
-100	73
-110	52
-125	26
-150	9
-175	6

**(a).** Plote os dados na forma de energia de impacto em função da temperatura.

- (b). Determine uma temperatura de transição dúctil-frágil como sendo aquela temperatura que corresponde à média entre as energias de impacto.
- (c). Determine uma temperatura de transição dúctil-frágil como sendo aquela temperatura na qual a energia de impacto é de 80 J.
- 3). Explique sucintamente por que as ligas metálicas CCC e HC podem experimentar uma transição dúctil-frágil com a diminuição de temperatura, enquanto ligas CFC não experimentam esse tipo de transição.
- 4). Escreva brevemente sobre uma ou duas técnicas de ensaio não destrutivos que sejam usadas para detectar e medir defeitos internos e/ou superficiais em ligas metálicas
- 5). Cite pelo menos duas situações nas quais a possibilidade de uma falha é parte integrante do projeto de um componente ou produto.
- 6). Os dados de fadiga para uma liga de latão são dados na seguinte tabela:

<i>Amplitude da Tensão (MPa)</i>	<i>Ciclos até a Fratura</i>
310	$2 \times 10^5$
223	$1 \times 10^6$
191	$3 \times 10^6$
168	$1 \times 10^7$
153	$3 \times 10^7$
143	$1 \times 10^8$
134	$3 \times 10^8$
127	$1 \times 10^9$

- (a). Faça um gráfico  $\sigma$ -N (amplitude da tensão em função do logaritmo do número de ciclos até a fratura) usando os dados fornecidos na tabela.
- (b). Determine a resistência à fadiga para 500.000 ciclos
- (c). Determine a vida em fadiga para 200 Mpa.
- 7). Três corpos de prova de fadiga, idênticos, representados por A, B e C, são fabricados a partir de uma liga não ferrosa. Cada um está sujeito a um dos ciclos de tensão máxima-mínima listados abaixo; as frequências são as mesmas para todos os três ensaios.

<i>Corpo de Prova</i>	$\sigma_{\text{máx}}$ (MPa)	$\sigma_{\text{mín}}$ (MPa)
A	+450	-350
B	+400	-300
C	+340	-340

- (a). Classifique as vidas em fadiga desses três corpos de prova em ordem decrescente, da mais longa para a mais curta.
- (b). Então, justifique essa classificação usando um gráfico esquemático  $\sigma$ -N.

- 8).** Cite cinco fatores que podem levar à dispersão em dados de vida em fadiga.
- 9).** Explique sucintamente a diferença que existe entre as estrias e as marcas de praia da fadiga, tanto em termos de **(a)**. dimensões como de **(b)**. origem.
- 10).** Liste quatro medidas que podem ser tomadas para aumentar a resistência à fadiga de uma liga metálica.
- 11). Forneça a temperatura aproximada na qual a deformação por fluência se torna uma consideração importante para cada um dos seguintes metais: níquel, cobre, ferro, tungstênio, chumbo e alumínio.
- 12).** Cite três técnicas metalúrgicas/de processamentos que são empregadas para aprimorar a resistência à fluência de ligas metálicas.