



**Faculdade de Ciência e Tecnologia  
Universidade Fernando Pessoa**

# **Exercícios de Ciências dos Materiais**

Isabel Abreu  
Maria Alzira Dinis

UFP – 2005/2006

## ESTRUTURA ATÓMICA E LIGAÇÕES

1. Calcule:
  - a. A massa em gramas de um átomo de cobre;
  - b. O número de átomos de cobre em 1 g de cobre.  
(Dados: Massa atômica do Cu = 63,54 g/mol; N° de Avogadro =  $6,02 \times 10^{23}$  átomos/mol)
  
2. Um composto intermetálico tem a fórmula química global  $Ni_xAl_y$ , onde x e y são números inteiros, e contém 42,04% em massa de níquel e 57,96% em massa de alumínio. Qual é a fórmula mais simples possível deste alumineto de níquel?  
(Dados: Massa atômica do Ni = 58,71 g/mol; Massa atômica do Al = 26,98 g/mol)
  
3. Num conjunto de átomos de níquel, 70% dos átomos possuem 30 neutrões e 30% dos átomos possuem 32 neutrões. O número atômico do níquel é 28. Calcular a massa atômica média do níquel.
  
4. Determine o número total de electrões na camada M.
  
5. Escreva as configurações electrónicas dos elementos seguintes: ferro, n° atômico = 26 e samário, n° atômico = 62.
  
6. Indique se são falsas ou verdadeiras as seguintes afirmações.
  - a. O número quântico principal (n) só pode assumir valores positivos inteiros entre 1 e 3.
  - b. O número quântico azimutal (l) pode assumir valores de 0, 1, 2, ..., n-1.
  - c. Os valores permitidos para o número quântico de spin ( $m_s$ ) estão compreendidos entre -1 e 1.
  - d. O germânio é o elemento número 32 da tabela periódica, um electrão de uma das orbitais p da sua última camada electrónica poderá assumir o seguinte conjunto de números quânticos:  $n = 4, l = 2, m_l = 0, m_s = +1/2$ .
  
7. Escreva a configuração electrónica dos seguintes iões:  $Cr^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  e  $Cr^{6+}$ . (n° atômico do crómio = 24).
  
8. Calcule: a força de Coulomb atractiva entre um par de iões  $Na^+$  e  $Cl^-$  que se tocam, a força repulsiva e o valor da constante b. Admita que o raio iónico do ião  $Na^+$  é 0,095 nm e o do ião  $Cl^-$  é 0,181 nm, e que  $n = 9$  para o NaCl.  
(Dados: Carga do electrão =  $1,60 \times 10^{-19}$  C, Permittividade do vácuo =  $8,85 \times 10^{-12}$  C<sup>2</sup>/(Nm<sup>2</sup>))
  
9. Calcule a energia potencial total de um par de iões  $Na^+Cl^-$ . Utilize o valor de b obtido no cálculo da força repulsiva do par de iões  $Na^+Cl^-$  do exercício 8.
  
10. Sabendo-se que a força atractiva entre o par de iões  $Mg^{2+}$  e  $S^{2-}$  é  $1,49 \times 10^{-8}$  N e que o raio do ião  $S^{2-}$  é 0,184 nm, calcule o valor do raio iónico do ião  $Mg^{2+}$ , em nanómetros.

11. Calcule: a força de Coulomb atractiva entre um par de iões  $K^+$  e  $Cl^-$  que se tocam, a força repulsiva e o valor da constante  $b$ . Admita que o raio iónico do ião  $K^+$  é 0,133 nm e o do ião  $Cl^-$  é 0,181 nm, e que  $n = 9$  para o  $KCl$ .
12. Calcule a energia potencial total de um par de iões  $K^+Cl^-$ . Utilize o valor de  $b$  obtido no cálculo da força repulsiva do par de iões  $K^+Cl^-$  do exercício 11.
13. Sabendo-se que a força atractiva entre o par de iões  $Na^+$  e  $F^-$  é  $4,439 \times 10^{-9}$  N e que o raio do ião  $Na^+$  é 0,095 nm, calcule o valor do raio iónico do ião  $F^-$ , em nanómetros.
14. Calcule a percentagem de carácter iónico dos compostos semicondutores  $GaAs$  (13-15) e  $ZnSe$  (12-16), utilizando a equação de Pauling.  
(Eletronegatividades:  $X_{Ga} = 1,8$ ;  $X_{As} = 2,2$ ;  $X_{Zn} = 1,7$ ;  $X_{Se} = 2,5$ )

### ESTRUTURAS CRISTALINAS

15. Na estrutura cristalina CCC, quantos átomos existem por célula unitária?
16. Qual é o número de coordenação dos átomos na estrutura cristalina CCC?
17. Qual é a relação entre o comprimento da aresta  $a$  da célula unitária CCC e o raio dos átomos?
18. A 20 °C, o bário é CCC e o parâmetro de rede 0,5019 nm. Calcule o valor do raio de um átomo de bário, em nanómetros.
19. A 20 °C, o ferro apresenta a estrutura CCC, sendo o raio atómico 0,124 nm. Calcule o parâmetro de rede  $a$  da célula unitária do ferro.
20. Na estrutura cristalina CFC, quantos átomos existem por célula unitária?
21. Qual é o número de coordenação dos átomos na estrutura cristalina CFC?
22. Qual é a relação entre o comprimento da aresta  $a$  da célula unitária CFC e o raio dos átomos?
23. O cobre é CFC e o parâmetro de rede 0,3615 nm. Calcule o valor do raio de um átomo de cobre, em nanómetros.
24. Na estrutura cristalina HC, quantos átomos existem por célula unitária?
25. Qual é o número de coordenação dos átomos na estrutura cristalina HC?

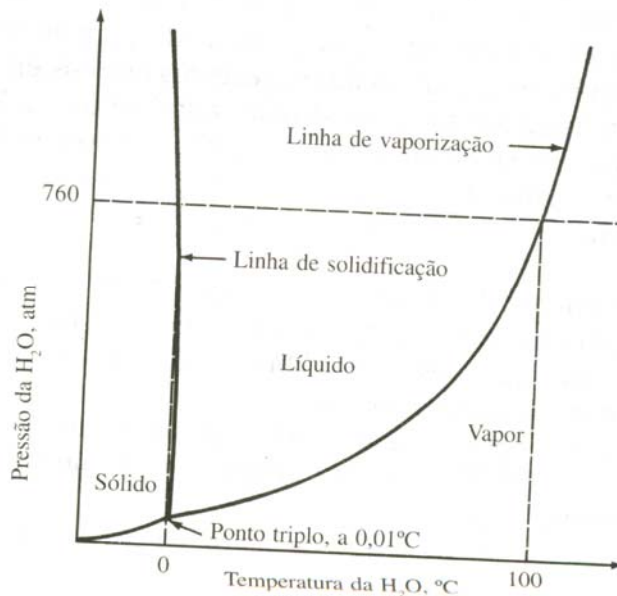
26. Calcule o factor de empilhamento das seguintes células unitárias: CCC, CFC e HC (considere que os átomos são esferas rígidas).
27. Calcule o volume da célula unitária da estrutura cristalina do zinco, utilizando os seguintes dados: o zinco puro tem estrutura cristalina HC, com os parâmetros de rede  $a = 0,2665$  nm e  $c = 0,4947$  nm.
28. A 20 °C, o cádmio é HC. Tomando o valor 0,148 nm para raio atômico do cádmio, calcule o volume da célula unitária. Considere um factor de empilhamento de 0,74.
29. O cobre tem estrutura cristalina CFC e raio atômico 0,1278 nm. Considerando que os átomos são esferas rígidas que se tocam ao longo das diagonais das faces da célula unitária CFC, calcule o valor teórico da densidade do cobre, em gramas por centímetro cúbico. A massa atômica do cobre é 63,54 g/mol.
30. A 20 °C, o nióbio tem estrutura CCC sendo o parâmetro de rede 0,33007 nm e a densidade 8,60 g/cm<sup>3</sup>. Calcule o valor da massa atômica do nióbio.
31. Calcule o valor da densidade, em gramas por centímetro cúbico, da prata cuja estrutura é CFC com parâmetro de rede  $a = 0,40856$  nm, e cuja massa atômica é 107,87 g/mol.
32. A densidade do chumbo é 11,36 g/cm<sup>3</sup>, a sua massa atômica é de 207,19 g/mol, e a estrutura cristalina é CFC. Calcule, o parâmetro de malha e o raio atômico do chumbo.
33. Calcule a variação de volume teórica, que acompanha a transformação polimórfica do ferro puro da estrutura cristalina CFC para a estrutura cristalina CCC. Considere o modelo atômico de esferas rígidas e suponha que não ocorre variação de volume atômico antes e após a transformação.
34. Em arrefecimento, o titânio, sofre a 882 °C, uma transformação polimórfica, passando a estrutura cristalina de CCC para HC. Calcule a percentagem de variação de volume que ocorre nesta transformação. A 882 °C, o parâmetro de rede da célula unitária CCC é 0,332 nm, e a célula unitária HC tem  $a = 0,2950$  nm e  $c = 0,4683$  nm.
35. Em aquecimento, o ferro puro sofre, a 912 °C uma transformação polimórfica passando de CCC para CFC. Calcule a percentagem de variação de volume associada; a 912 °C, a célula unitária CCC tem um parâmetro de rede  $a = 0,293$  nm e a célula unitária CFC  $a = 0,363$  nm.

### DEFEITOS CRISTALINOS

36. O cobre e o níquel satisfazem a seguinte condição para dissolução sólida completa: os raios atômicos não diferem mais de 15%? ( $r_{\text{Cu}}=0,128\text{nm}$  e  $r_{\text{Ni}}=0,125\text{nm}$ )
37. Calcule o raio do maior interstício na rede do ferro- CFC. O raio atômico do ferro na rede CFC é  $0,129\text{nm}$ , e os maiores interstícios surgem entre os átomos em vértices adjacentes.

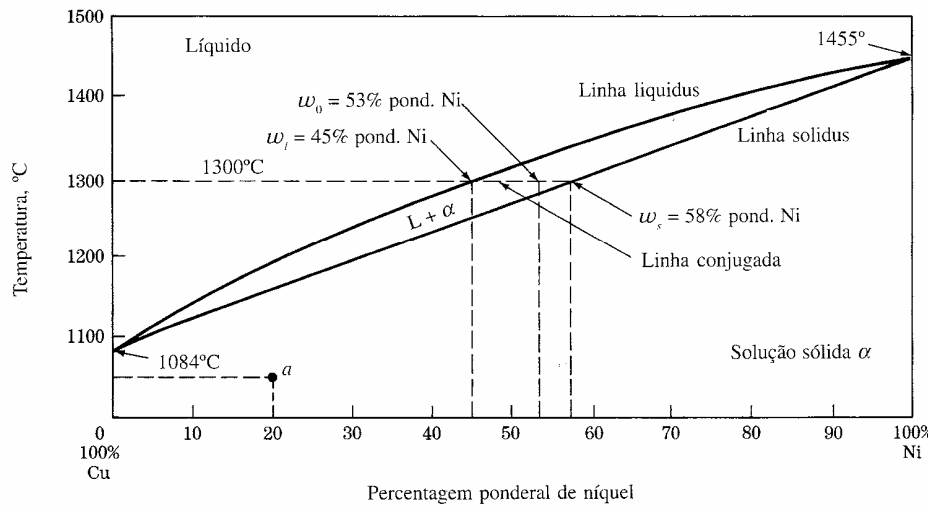
### DIAGRAMAS DE FASE

38. Em relação ao diagrama de equilíbrio de fases, pressão-temperatura, para a água pura (ver figura 1), responda às seguintes questões:
- Quantos graus de liberdade existem no ponto triplo?
  - Quantos graus de liberdade existem ao longo da linha de solidificação?



**Fig. 1**

39. Considere uma liga com 70% de Ni e 30% de Cu (ver figura 2).
- Faça a análise das fases presentes em equilíbrio à temperatura de  $1350^{\circ}\text{C}$ . Na análise das fases inclua:
    - Quais são as fases presentes?
    - Qual é a composição química de cada uma das fases?
    - Qual é a proporção de cada uma das fases?
  - Faça uma análise semelhante para a temperatura de  $1500^{\circ}\text{C}$ .

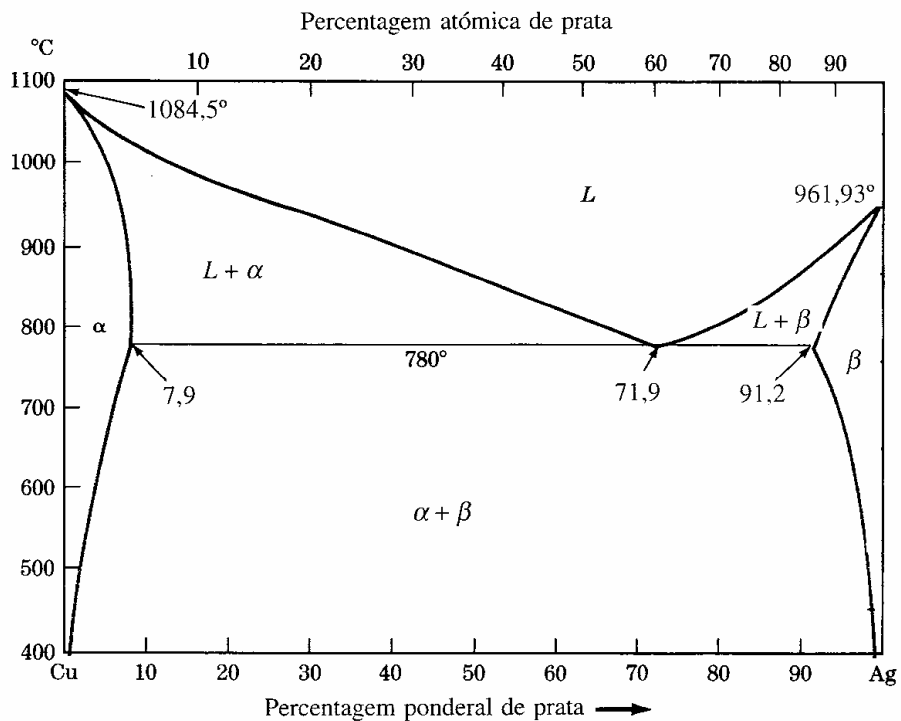


**Fig. 2**

40. Considere uma liga com 75% de Cu e 25% de Ag, às seguintes temperaturas (a) 1000°C, (b) 800°C, (c) 780°C+ $\Delta T$  e (d) 780°C- $\Delta T$ . (Figura 3).

Na análise das fases inclua:

- i. Quais são as fases presentes?
- ii. Qual é a composição química de cada uma das fases?
- iii. Qual é a proporção de cada uma das fases?
- iv. Esboços das microestruturas, usando campos circulares.



**Fig. 3**

41. Se 750 g de uma liga com 80% de Ag e 20% de Cu for arrefecida lentamente desde 1000°C até uma temperatura imediatamente inferior a 780°C (Figura 3):
- Quantos gramas de líquido e beta pró-eutético estão presentes a 800°C?
  - Quantos gramas de líquido e beta pró-eutético estão presentes a 780°C+ $\Delta T$ ?
  - Quantos gramas de alfa estão presentes na estrutura eutética a 780°C- $\Delta T$ ?
  - Quantos gramas de beta estão presentes na estrutura eutética a 780°C- $\Delta T$ ?
42. Considere uma liga Fe-Ni com 4,1%Ni (Figura 4), que é arrefecida lentamente desde 1550°C até 1450°C. Qual a percentagem ponderal da liga que solidifica através da reacção peritética?

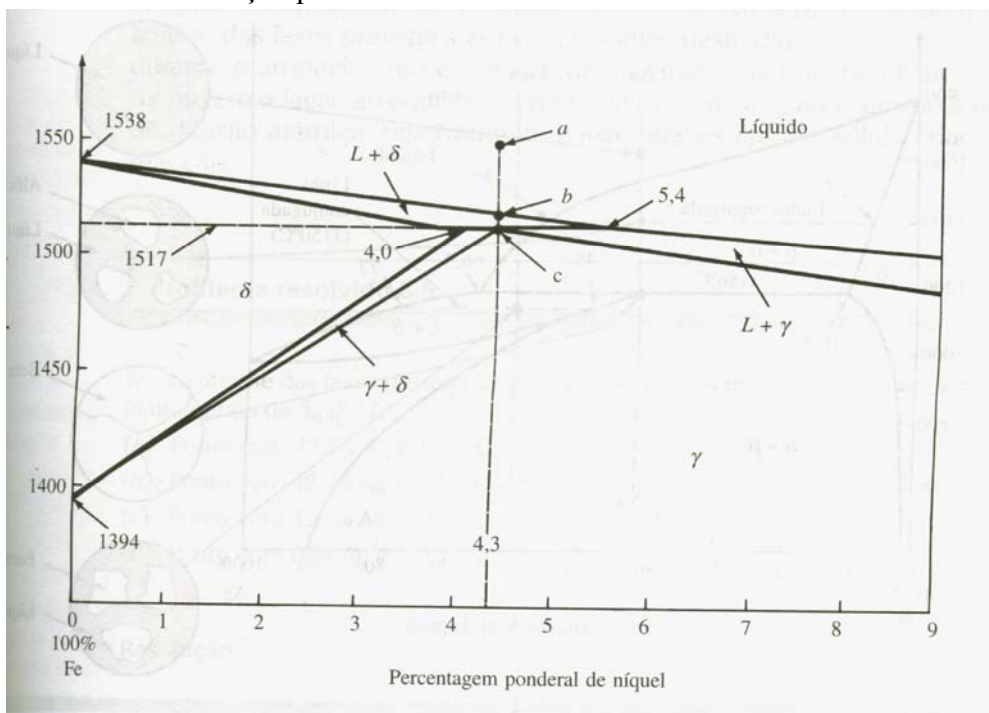


Fig. 4

43. Considere uma liga Fe-Ni com 5,2%Ni (Figura 4), que é arrefecida lentamente desde 1550°C até 1450°C. Qual a percentagem ponderal da liga que solidifica através da reacção peritética?
44. Determine a percentagem em peso e as composições de cada uma das fases presentes na liga Fe-Ni com 4,1%Ni (Figura 4) a 1517°C+ $\Delta T$ .
45. Determine a composição da liga do sistema Fe-Ni (Figura 4) que apresenta uma estrutura com 45% de  $\delta$  e 55% de  $\gamma$ , a uma temperatura imediatamente abaixo da temperatura peritética.

46. No sistema cobre-chumbo (Figura 5), determine as proporções e composições das fases presentes numa liga com 10% Pb, às seguintes temperaturas: (a) 1000°C, (b) 955°C+  $\Delta T$ , (c) 955°C-  $\Delta T$  e (d) 200°C.
47. Determine as proporções e composições das fases presentes numa liga Cu-Pb (Figura 5) com 70% Pb, às seguintes temperaturas: (a) 955°C+  $\Delta T$ , (b) 955°C-  $\Delta T$  e (c) 200°C.
48. Qual é a composição média de uma liga Cu-Pb que, a 955°C+  $\Delta T$ , é constituída por 30% da fase  $L_1$  e 70% da fase  $\alpha$ ?

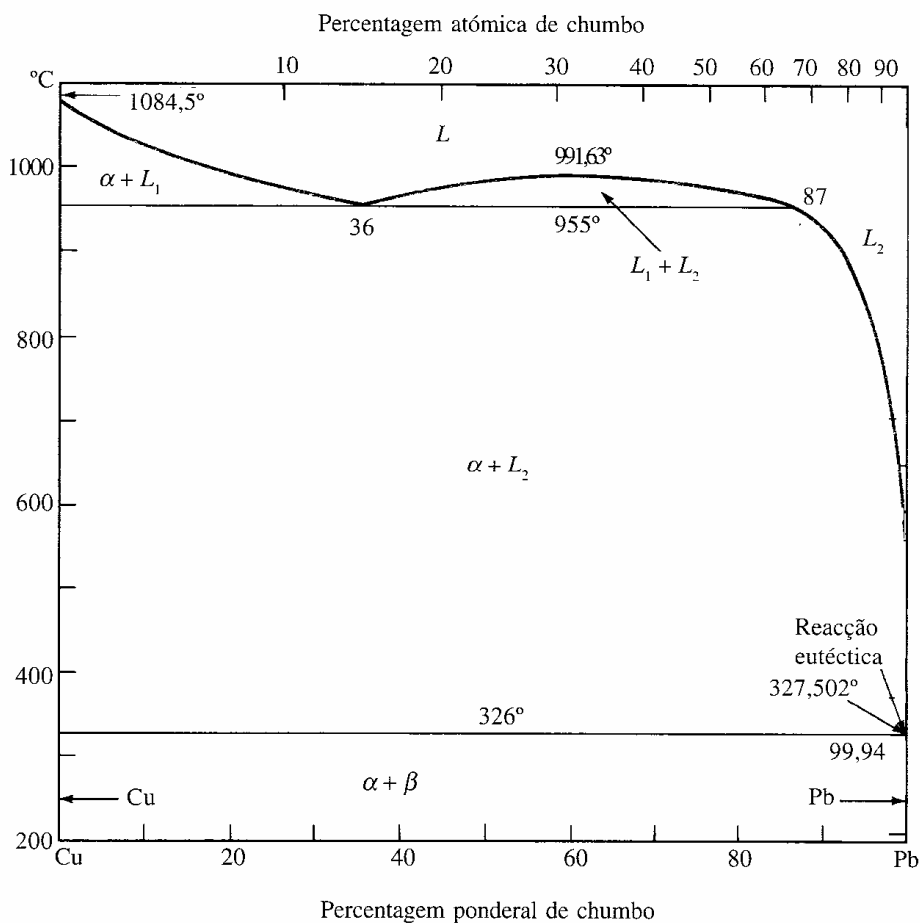
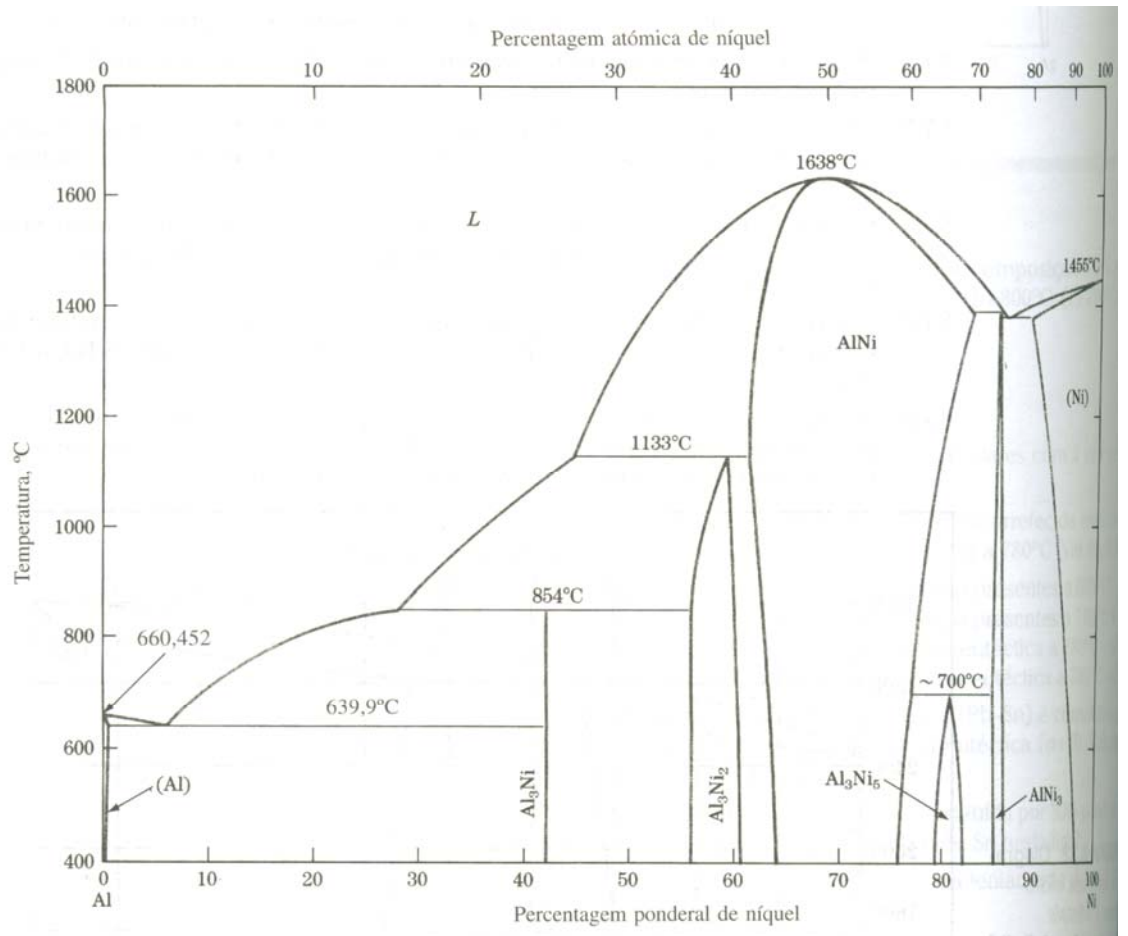


Fig. 5

49. Considere o diagrama de fases alumínio-níquel representado na figura 6. Em relação a este diagrama de fases:
- Determine as coordenadas de composição e temperatura das reacções invariantes.



- b. Escreva as equações das reacções trifásicas invariantes e indique os respectivos nomes.



**Fig. 6**

50. Nos diagramas de fases binários, quantos graus de liberdade existem nos pontos de reacção invariante?

**MATERIAIS METÁLICOS – ENSAIOS MECÂNICOS**

51. Uma barra com 1,25 cm de diâmetro é submetida a uma carga de 2500 kg. Calcule a tensão na barra, em megapascal.
52. Um provete redondo de um aço-carbono 1030 com 12,7 mm de diâmetro é traccionado até à fractura. O diâmetro do provete na superfície de fractura foi de 8,7 mm. Calcule o coeficiente de estricção.
53. Compare a tensão e deformação nominal com a tensão e deformação real de um aço de baixo carbono que apresenta as seguintes características num ensaio de tracção: carga aplicada ao provete = 75 620 N; diâmetro inicial do provete = 12,7 mm; diâmetro do provete sob a carga de 75 620 N = 12,0 mm.
54. Os valores seguintes de tensão – deformação foram obtidos com um aço-carbono com 0,2% C.

| Tensão (MPa) | Deformação (mm/mm) | Tensão (MPa)   | Deformação (mm/mm) |
|--------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 0            | 0                  | 524            | 0,08               |
| 207          | 0,001              | 517            | 0,10               |
| 379          | 0,002              | 503            | 0,12               |
| 413          | 0,005              | 475            | 0,14               |
| 469          | 0,01               | 448            | 0,16               |
| 496          | 0,02               | 386            | 0,18               |
| 510          | 0,04               | 351 (fractura) | 0,19               |
| 517          | 0,06               |                |                    |

- Trace a curva de tensão – deformação
  - Determine a tensão de tracção máxima da liga
  - Determine a deformação até à fractura
  - Determine a tensão de cedência (tensão para a qual ocorreu uma deformação plástica de 0,2%)
  - Determine o módulo de elasticidade
55. Um provete de um aço-carbono 1040 com 10 mm de diâmetro está sujeito a uma carga de 50 000 N. Calcule a deformação elástica recuperada após remoção da força de tracção. (Dados: módulo de elasticidade = 200 GPa; tensão de cedência = 600 MPa; tensão de tracção máxima = 750 MPa, deformação na fractura (%) = 17 %)