



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

**EDITAL 29/2022 – CONCURSO PÚBLICO EBTT
PADRÕES DE RESPOSTA ESPERADOS DA PROVA ESCRITA
(1ª FASE)
ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA - TIMÓTEO**
Publicado em 19/05/2022

QUESTÃO 01 – Defina e dê um exemplo para cada uma das operações metalúrgicas abaixo: **(Pontuação total: 12,0 pontos)**

- (a) Lixiviação (3,0 pontos)
- (b) Calcinação (3,0 pontos)
- (c) Redução Eletrolítica Ígnea (3,0 pontos)
- (d) Ustulação (3,0 pontos)

RESOLUÇÃO

Distribuição de pontos: Definição = 2,0 pontos e exemplo = 1,0 ponto

a)

É o processo da hidrometalurgia que consiste em dissolver a substância visada no minério em um solvente apropriado, separando-se a fase líquida da fase sólida residual e promovendo-se a precipitação daquela substância.

Ex. Reações químicas ou descrição do processo específico de um certo mineral ou metal.

b)

É o aquecimento de um material carbonatado, sem fusão, para se alcançar uma decomposição química.

Ex. Reações químicas ou descrição do processo específico de um certo mineral ou metal.

c)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

É uma operação pirometalúrgica que consiste na redução dos óxidos metálicos tendo como agente redutor a corrente contínua de uma cuba eletrolítica em temperaturas acima do ponto de fusão do metal considerado.

Ex. Reações químicas ou descrição do processo específico de um certo mineral ou metal.

d)

É o aquecimento de minerais sulfetados sólidos, com a finalidade de promover sua reação química com algum dos componentes da atmosfera circundante (ar ou oxigênio).

Ex. Reações químicas ou descrição do processo específico de um certo mineral ou metal.

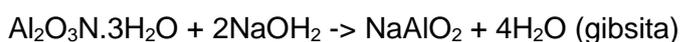
QUESTÃO 02 – Explique as 4 etapas do processo Bayer da metalurgia do Alumínio demonstrando todas equações para cada uma delas (**Pontuação total: 10,0 pontos**)

RESOLUÇÃO

Pontuação: Cada etapa = 3,0pts; Reações = 4,0pts

- Digestão

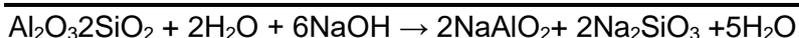
Pode ou não englobar a moagem da bauxita, no entanto, ela facilitaria o ataque da soda cáustica na alumina, já que aumenta a área de ação. Após formar uma pasta com grande concentração de sólidos, esta é autoclavada e recebe mais doses de NaOH, sob o efeito de temperaturas e pressão. Nessas condições, formam um sólido chamado lama vermelha, que é o rejeito e uma outra com parte de alumina, um líquido verde de solução rica em hidróxidos solúveis, representada nas seguintes reações:



A segunda reação mais importante na digestão é de dessilicamento (pré-dessiliciação). Na reação, a caulinita é utilizada para ilustrar a reação de minerais siliciosos com a solução do processo:



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS



Em alguns processos a sílica é removida por decantação em um tanque antes do processo de digestão, em outros a sílica é removida na saída dos digestores, por meio de hidrociclones que aliviam a pressão para a chegada do licor nos tanques flash.

- Clarificação:

Para separar as fases sólidas e líquidas obtidas até então, envolvendo processos de sedimentação/espessamento e filtração. No espessamento, decanta-se o resíduo proveniente da digestão, logo depois encaminhado para unidades de lavadores. Com isso, o resíduo é adensado, aumenta seu teor de sólidos e recupera maiores quantidades de NaOH. A lama vermelha, quando separada do líquido verde rico em hidróxidos de alumínio, é bombeada para áreas de deposição (lagos artificiais de resíduo). Essa medida permite que o material possa ser reutilizado, através da sedimentação da fração sólida, e o sobrenadante alcalino é bombeado de volta à refinaria.

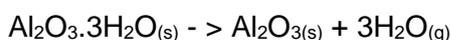
- Precipitação:

Além do esfriamento do licor verde, o hidróxido de alumínio (alumina tri-hidratada) é precipitado através de estimulação pela adição de cristais de gipsita, representada pela operação reversa à digestão:



- Calcinação (ou evaporação):

Etapa final em que a alumina é submetida, a lavagem para retirada de qualquer resquício do licor (ou da soda cáustica), em seguida é seca. Posteriormente, calcina-se a alumina a aproximadamente 1000°C, para que os cristais se desidratem e formem novos, apenas de alumina (brancos e arenosos).

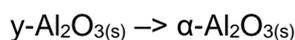




SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

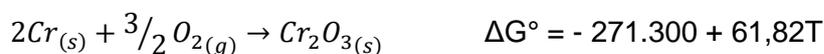


Mudança de fase após a calcinação:



QUESTÃO 03. Responda as alternativas abaixo em relação a produção de Cromo metálico a partir da Cromita (Cr_2O_3): **(Pontuação total: 12,0 pontos)**

Dados:



- a) É possível produzir cromo metálico, na temperatura de 1.000°C , através do processo de Aluminotermia? Justifique a resposta. **(4,0 pontos)**
- b) É possível produzir cromo metálico, na temperatura de 1.000°C , através do processo de Silicotermia? Justifique a resposta. **(4,0 pontos)**
- c) Analisando o resultado das letras (a) e (b), qual processo (aluminotermia ou silicotermia) seria mais viável, em termos termodinâmicos, para produzir cromo metálico? Explique sua resposta. **(4,0 pontos)**

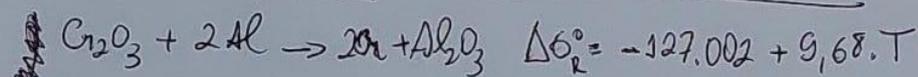
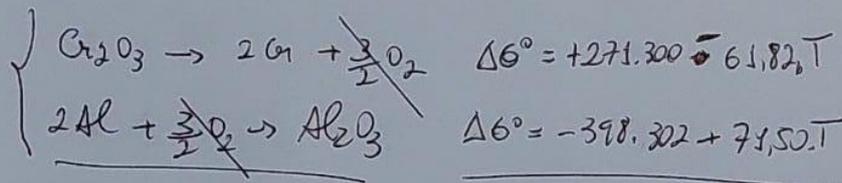
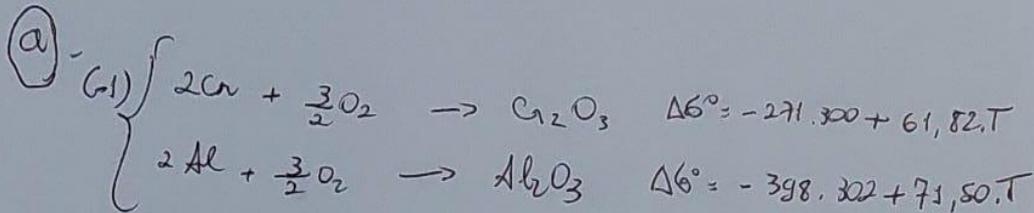
RESOLUÇÃO

Distribuição de pontos: Cálculo = 2,0 pontos e justificativa = 2,0 pontos



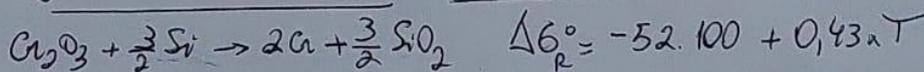
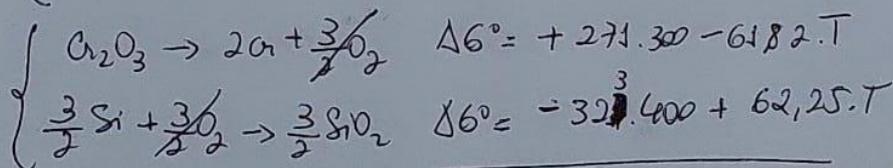
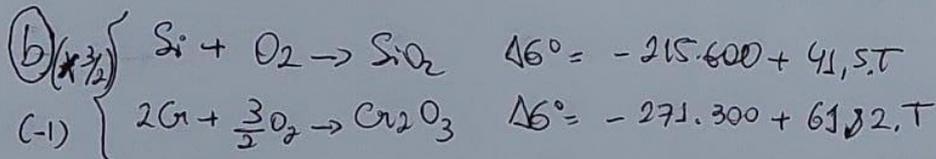
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

QUESTÃO 03:



$T = 1000^\circ C + 273 = 1273 K$

$\Delta G^\circ = -127.002 + 9,68 \times 1273 \Rightarrow \Delta G^\circ_r = -114.679,36 \text{ cal/mol}$



$T = 1273 K \Rightarrow \Delta G^\circ = -52.100 + 0,43 \times 1273 \Rightarrow \Delta G^\circ_r = -51.552,61 \text{ cal/mol}$

OBS: COLOCAR NOS DADOS DA PROVA A TRANSFORMAÇÃO DE CELSIUS (°C) = D / KELVIN (K) $\Rightarrow T(^\circ C) = T(K) + 273$

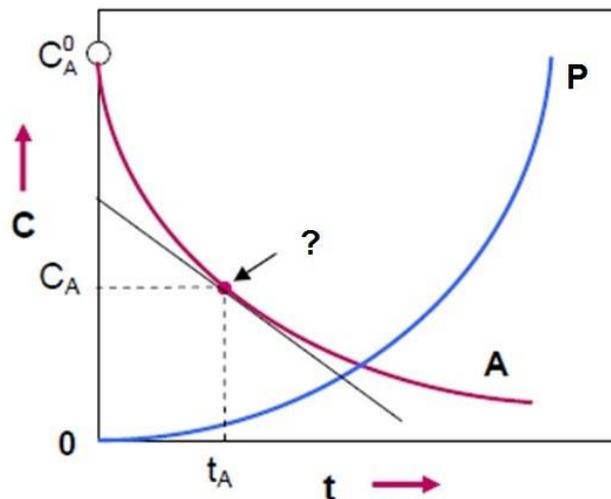


SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

C) Aluminotermia. Maior variação negativa do ΔG° , isso significa maior produção

QUESTÃO 04. Considerando uma solução líquida na qual os reagentes formam produtos de acordo com a reação homogênea e elementar: $A \rightarrow P$. Responda: **(Pontuação total: 12,0 pontos)**

- a) Como a velocidade instantânea é calculada? **(4,0 pontos)**
b) No ponto mostrado no gráfico abaixo, qual a velocidade intensiva, r_A ? **(4,0 pontos)**
c) Qual a ordem da reação e como é representada a velocidade extensiva considerando a constante k_A ? **(4,0 pontos)**



Curva de Evolução do consumo de A.

RESOLUÇÃO

- a) A velocidade instantânea é calculada pela tangente da curva no ponto com coordenadas $(C_A; t_A)$;
- b) Em processos homogêneos a variável de referência é usualmente o volume do fluido, V , ou o volume do reator, V_R . Neste caso a velocidade intensiva de reação, r , será expressa como:

$$r_A = (1/V) \cdot (dN_A/dt)$$



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

onde, r_A = velocidade intensiva de reação dada em $|\text{mol.t}^{-1}.\text{V}^{-1}|$.

Para um reator homogêneo de volume $V = \text{constante}$, pode-se anotar:

$$N_A = C_A \cdot V$$

Onde C_A é a concentração do reagente A em mol/cm^3 . Combinando as relações acima obtém-se:

$$r_A = -\frac{dC_A}{dt} \quad |\text{mol cm}^{-3} \text{ t}^{-1}|$$

c) A reação é de 1ª ordem.

$$r_A = K_A (C_A) \\ n = a+b = 1 + 0 = 1$$

QUESTÃO 05. Responda o que se pede: **(Pontuação total: 10,0 pontos)**

a) Quais são 4 fases líquidas possíveis em um processo de fusão redutora e quais são os principais componentes de suas composições? **(5,0 pontos)**

b) Em quais condições deve-se utilizar o processo de eletrofusão redutora? **(5,0 pontos)**

RESOLUÇÃO

Letra a

1. Metal líquido: metal impuro, porém com baixíssima concentração de impurezas;
2. Escória líquida: óxidos e/ou silicatos das impurezas metálicas;
3. Mate líquido: fase composta de sulfetos metálicos (Cu, Fe, Ni, etc.)
4. Speiss: arsenetos e antimonetos de metais pesados (Fe, Co, Ni, etc.).

Letra b



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

R: Especialmente quando se deseja a produção de metais altamente eletropositivos ('metais reativos'), pois estes metais tendem a reagir com a maior parte dos materiais, incluindo refratários e materiais cerâmicos a altas temperaturas. Limitando a produção destes metais via processos pirometalúrgicos.

QUESTÃO 06. Represente as reações que ocorrem na célula eletrolítica: **(Pontuação total: 12,0 pontos)**

- a) Reação de decomposição da alumina anidra **(3,0 pontos)**
- b) Reação catódica **(3,0 pontos)**
- c) Reações anódicas **(3,0 pontos)**
- d) Somatória das reações na forma iônica **(3,0 pontos)**

RESOLUÇÃO

- a) $2\text{Al}_2\text{O}_{3(l)} = 4\text{Al}^{3+}_{(l)} + 6\text{O}^{2-}_{(g)}$
- b) $4\text{Al}^{3+}_{(l)} + 12\text{e}^- = 4\text{Al}^0_{(l)}$
- c) $6\text{O}^{2-}_{(g)} = 12\text{e}^- - 3\text{O}_{2(g)}$
 $3\text{O}_{2(g)} + 3\text{C}_{(s)} = 3\text{CO}_{2(g)}$
- d) $2\text{Al}_2\text{O}_{3(l)} + 3\text{C}_{(s)} = 4\text{Al}^0_{(l)} + 3\text{CO}_{2(g)}$

QUESTÃO 07. De acordo com os dados fornecidos para a solubilidade do $\text{ZnO}_{(s)}$ em solução aquosa, considerando a hidrólise do cátion Zn^{2+} , desenvolva as seguintes questões: **(Pontuação total: 12,0 pontos)**

- a) Encontre as equações das retas que define o equilíbrio de $\text{ZnO}/\text{Zn}^{2+}$, $\text{Zn}/\text{Zn}(\text{OH})^+$, $\text{ZnO}/\text{Zn}(\text{OH})_3^-$ e $\text{ZnO}/\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$. **(3,0 pontos)**
- b) Utilize o gráfico abaixo para traçar as curvas. **(3,0 pontos)**
- c) Sublinhe a região de estabilidade do $\text{ZnO}_{(s)}$. Desconsiderar o distanciamento nas interseções. **(3,0 pontos)**
- d) Justifique o tópico anterior (letra c) **(3,0 pontos)**

Dados



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

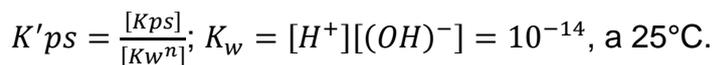
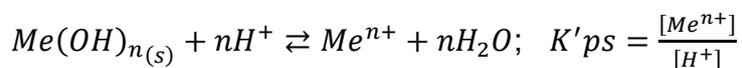
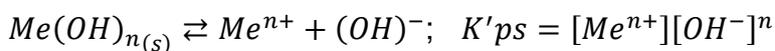
Reações Pertinentes		log K, 25°C
1 – $ZnO_{(s)} + 2H^+ \rightleftharpoons Zn^{2+} + H_2O$	K'_{ps}	11,20
2 – $Zn^{2+} + (OH)^- \rightleftharpoons Zn(OH)^+$	K_1	5,04
3 – $Zn^{2+} + 3(OH)^- \rightleftharpoons Zn(OH)_3^-$	K_3	13,90
4 – $Zn^{2+} + 4(OH)^- \rightleftharpoons Zn(OH)_4^{2-}$	K_4	15,10
5 – $H_2O \rightleftharpoons H^+ + (OH)^-$		-14,0

KC: constante de equilíbrio / ps: produto de solubilidade

A partir das reações pertinentes foram encontrados os log's dos k's (logaritmos das constantes das reações iônicas) combinadas com a equação 1:

1 – $ZnO_{(s)} + H^+ \rightleftharpoons Zn(OH)^+$	$\log K'_{ps_1}$	2,2
2 – $ZnO_{(s)} + 2H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_3^- + H^+$	$\log K'_{ps_3}$	-16,9
3 – $ZnO_{(s)} + 3H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_4^{2-} + 2H^+$	$\log K'_{ps_4}$	-29,7

Apêndice para este exercício



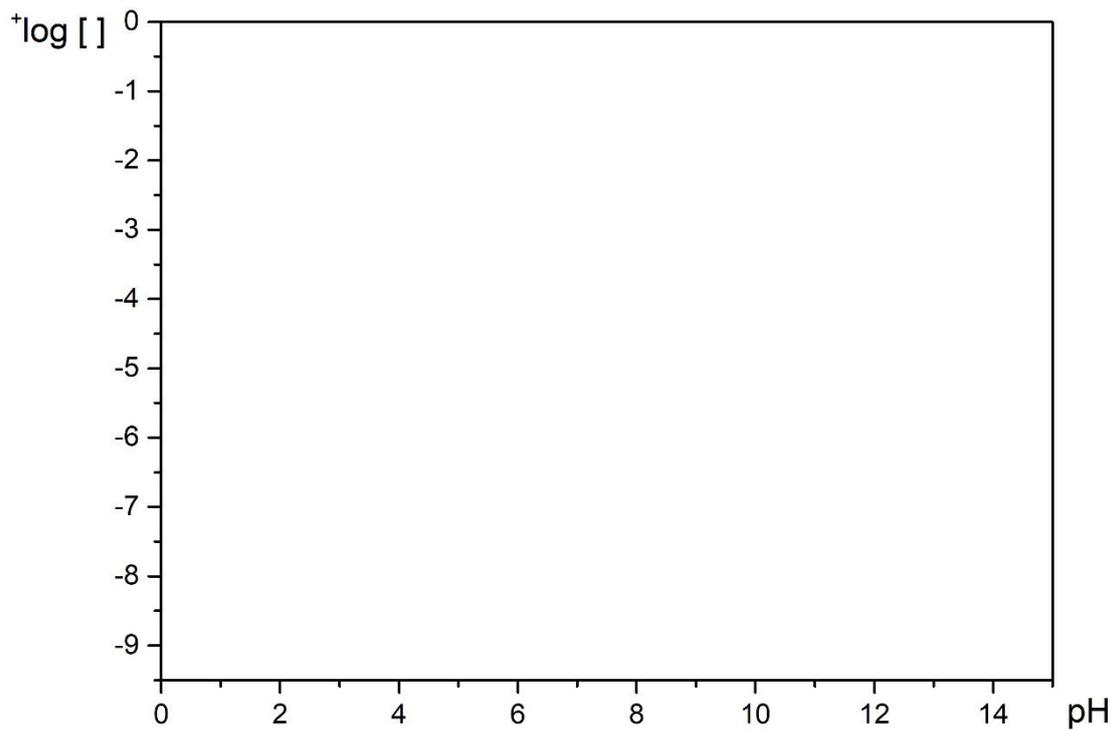
n = coeficiente iônico;

[] = concentração dos íons em solução.

Gráfico dado:



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

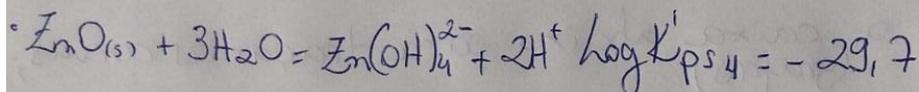
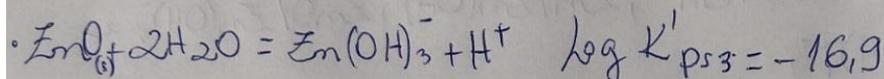
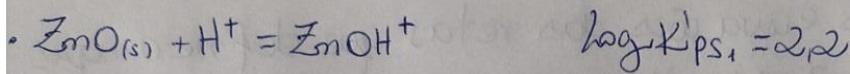


log []: Logarítimo da concentração

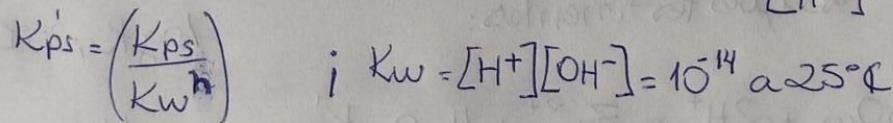
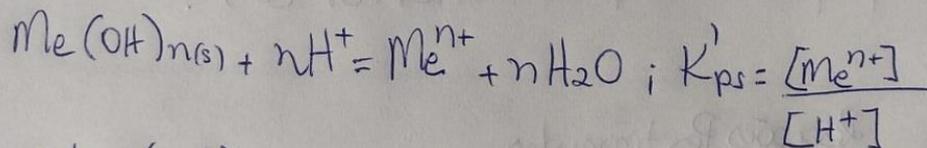
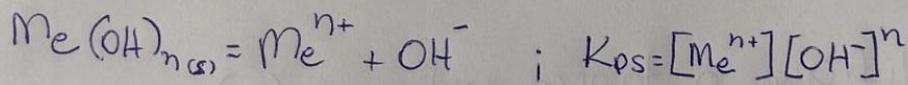


RESOLUÇÃO

A partir das reações pertinentes foram encontradas as logs K'_s (logaritmo da constante das reações iônicas) combinando com a equação 1-):



APÊNDICE PARA ESTE EXERCÍCIO:



n = coeficiente iônico ;

[] = concentração dos íons em solução



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

Solução:

a.) Para encontrar as retas deve-se ^{utilizar} as reações iônicas com o logaritmo das constantes. (1)

EXPLICADO

no apêndice tom-se que $K'_{ps} = [Me^{n+}] / [H^+]$ o log de K'_{ps} vira:

$$\log K'_{ps} = \log [Me^{n+}] - n \log [H^+]$$

se manipular a equação e sendo $\log [H^+] = -pH$

$$\log [Me^{n+}] = -n \cdot pH + \log K'_{ps} \text{ análogo a curva}$$
$$y = a \cdot x + b$$

Assim, a solução fica

• ZnO / Zn^{2+} : $([Zn^{2+}] / [H^+]^2) = K'_{ps}$

$$\log [Zn^{2+}] = -2pH + \log K'_{ps}$$
$$\log [Zn^{2+}] = -2pH + 14,2 \text{ eq. (1)}$$

• $ZnO / Zn(OH)^+$: $([Zn(OH)^+] / [H^+]) = K'_{ps}$

$$\log [Zn(OH)^+] = -pH + \log K'_{ps}$$
$$\log [Zn(OH)^+] = -pH + 2,2 \text{ eq. (2)}$$

• $ZnO / Zn(OH)_3^-$: $[Zn(OH)_3^-] \cdot [H^+] = K'_{ps}$

$$\log [Zn(OH)_3^-] = pH + \log K'_{ps}$$
$$\log [Zn(OH)_3^-] = pH - 16,9 \text{ eq. (3)}$$



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

$ZnO / Zn(OH)_4^{2-}$: $[Zn(OH)_4^{2-}] \cdot [H^+]^2 = K'_{ps 4}$ (2)
 $\log [Zn(OH)_4^{2-}] = 2pH + \log K'_{ps 4}$
 $\log [Zn(OH)_4^{2-}] = 2pH - 29,7$ eq. (4)

b.)

	$\log []$	-2	-4	-6	-7	+8	-10	-12	-14
eq (1)	pH ^{log: 11,2}	6,6	7,6	8,6	9,6	10,6			
eq (2)	pH 5,04	4,2	6,2	8,2	10,2	12,2			
eq (3)	pH 13,9	14,9(?)	12,9	10,9	8,9	6,9			
eq (4)	pH 15,0	13,85	12,85	11,85	10,85	9,85			

De acordo com:

eq (1) $pH = \frac{-1(\log [Zn^{2+}] - 11,2)}{2} = -\frac{\log [Zn^{2+}]}{2} + 5,6$

eq (2) $pH = -(\log [Zn(OH)^+] - 2,2) = -\log [Zn(OH)^+] + 2,2$

eq (3) $pH = \log [Zn(OH)_3^-] + 16,9$

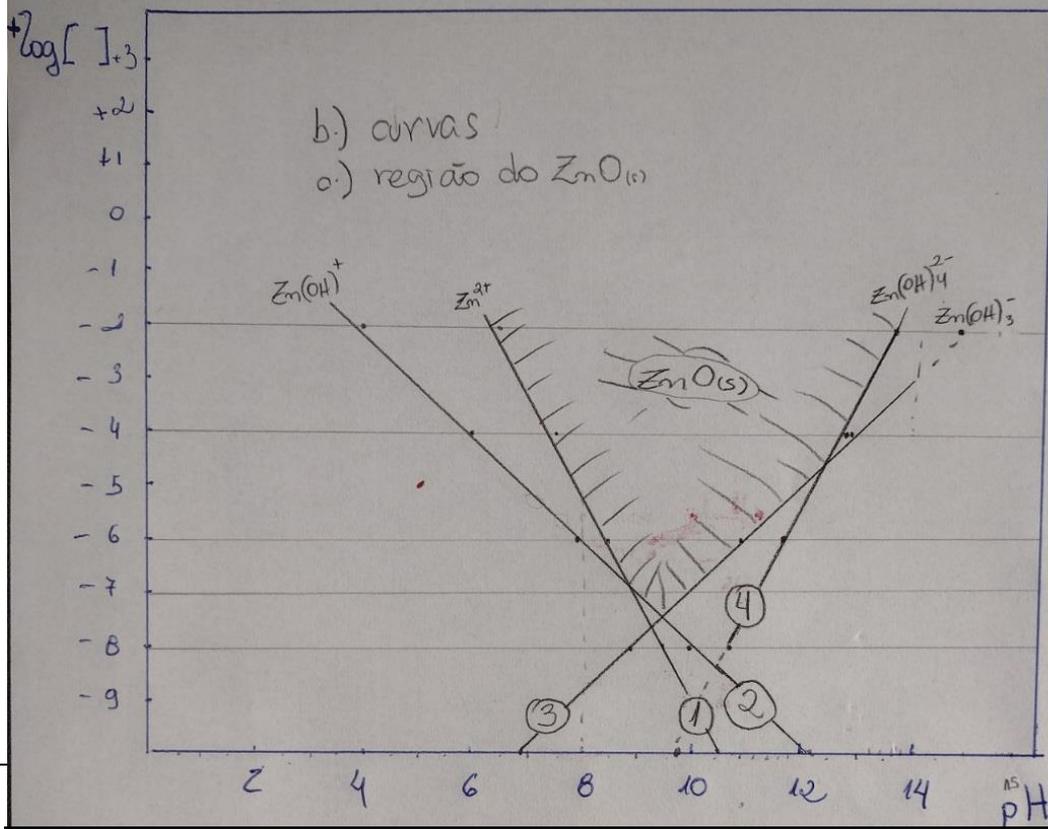
eq (4) $pH = \frac{1}{2}(\log [Zn(OH)_4^{2-}] + 29,7) = \frac{\log [Zn(OH)_4^{2-}]}{2} + 14,85$

c.) no ano 19...



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

Gráfico dado :



$log[I] = \text{logaritmo da concentração}$



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

d-) Solução: As curvas de finem o equilíbrio no sistema 3

Me(OH)_n/Meⁿ⁺ em que separam as regiões de estabilidade do íon metálico e do hidróxido insolúvel, que são definidos a partir da aplicação do princípio de Le Chatelier:

- Se o pH < pH_{eq} ou [H⁺] > [H⁺]_{eq} a reação é deslocada para a direita, portanto Meⁿ⁺ é estável.
- Se o pH > pH_{eq} ou [H⁺] < [H⁺]_{eq} a reação é deslocada para a esquerda, portanto (Me(OH)_n) é estável.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

QUESTÃO 8. Responda o que se pede: **(Pontuação total: 10,0 pontos)**

(a) Explique detalhadamente o desenvolvimento das microestruturas em um resfriamento lento, em um diagrama Pb-Sn, para as ligas C1 (linha tracejada ww'), C2 (linha tracejada xx') e C3 (linha tracejada YY'). **(5,0 pontos)**

(b) Represente esquematicamente as microestruturas formadas nos pontos indicados pelas "a", "b" e "c" (liga C1), "d", "e", "f" e "g" (liga C2) e "h" e "i" (liga C3). **(5,0 pontos)**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

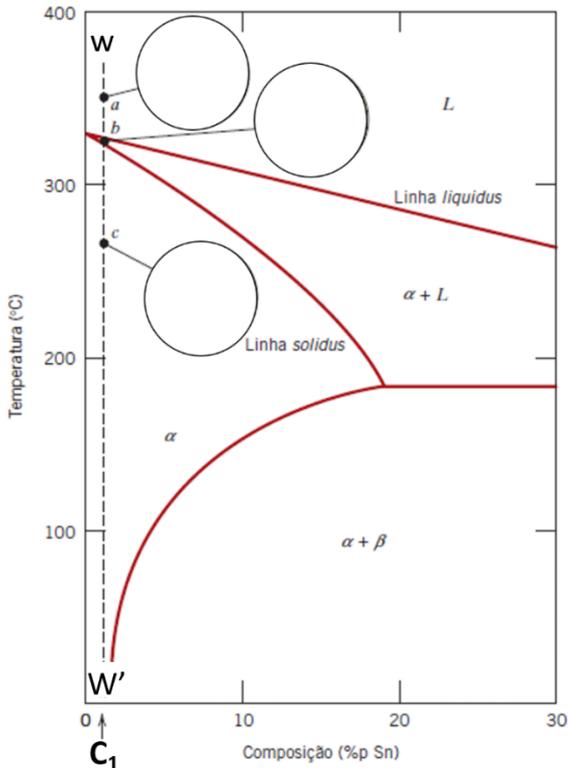


Diagrama de fases Pb-Sn - Liga C₁

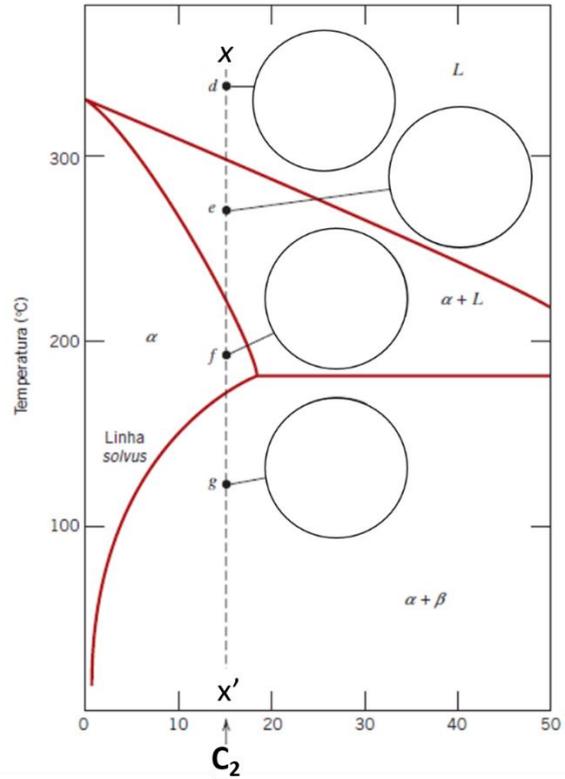
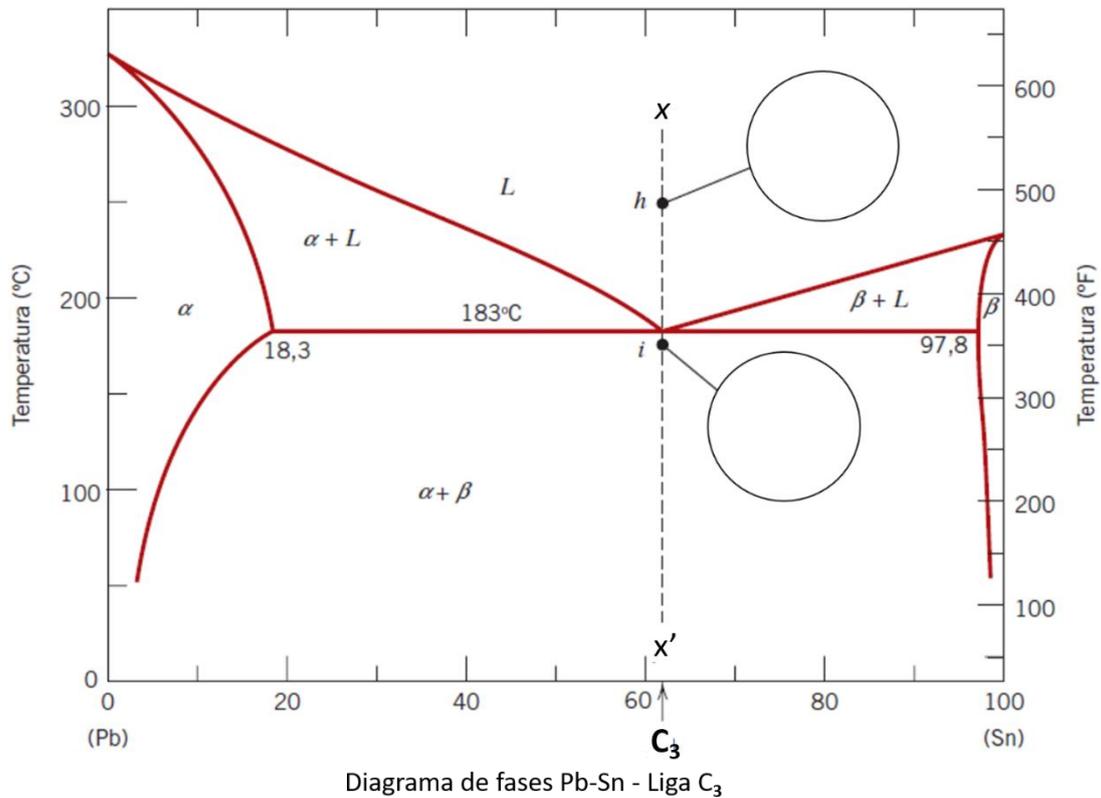


Diagrama de fases Pb-Sn - Liga C₂



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS



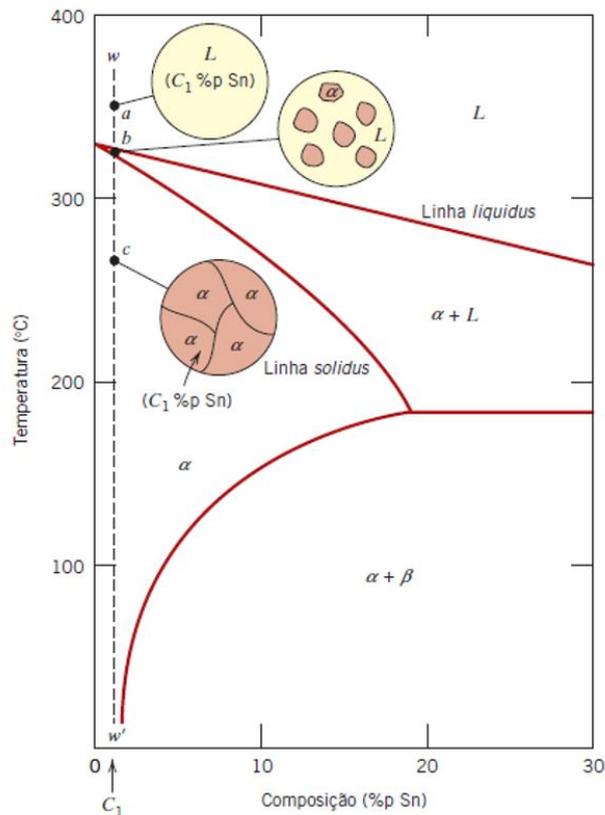
RESOLUÇÃO

LIGA C1

A liga permanece totalmente líquida e com composição C1 até a linha *liquidus* ser cruzada em aproximadamente 330°C, quando a fase α sólida começa a se formar. Ao passar por essa estreita região bifásica $\alpha + L$, a solidificação prossegue. Com o prosseguimento do resfriamento, uma quantidade maior da fase α sólida se forma. Além disso, as composições das fases líquida e sólida são diferentes, seguindo, respectivamente, ao longo das fronteiras das linhas *liquidus* e *solidus*. A solidificação atinge seu término no ponto em que a linha *ww'* cruza a linha *solidus*. A liga resultante é policristalina, com uma composição uniforme C1, e nenhuma mudança subsequente ocorrerá no resfriamento até a temperatura ambiente.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

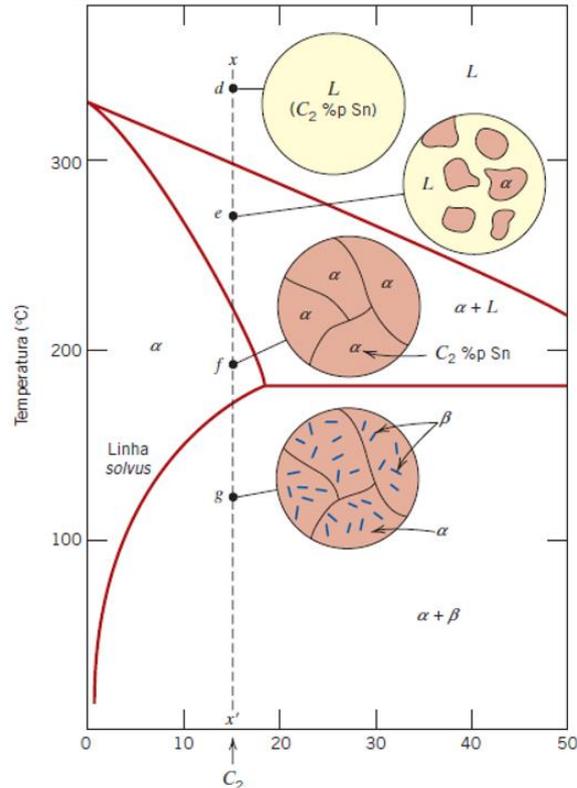


LIGA C2

Até a interseção da linha xx' com a linha solvus, as mudanças que ocorrem são semelhantes ao caso anterior, conforme passamos pelas regiões de fases correspondentes (como demonstrado pelos detalhes nos pontos d, e e f). Imediatamente acima da interseção com a linha solvus, ponto f, a microestrutura consiste em grãos de α com composição C2. Ao cruzar a linha solvus, a solubilidade sólida de α é excedida, o que resulta na formação de pequenas partículas da fase β ; essas partículas estão indicadas no detalhe da microestrutura no ponto g.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS



LIGA C3

O terceiro caso envolve a solidificação da composição eutética, 61,9 %p Sn (C3 na Figura 9.13). Vamos considerar uma liga com essa composição que seja resfriada a partir de uma temperatura na região da fase líquida (por exemplo, 250°C) ao longo da linha vertical yy9 na Figura 9.13. Conforme a temperatura é reduzida, nenhuma alteração ocorre até alcançar a temperatura do eutético, 183°C. Ao cruzar a isoterma eutética, o líquido se transforma nas duas fases α e β . Essa transformação pode ser representada pela reação



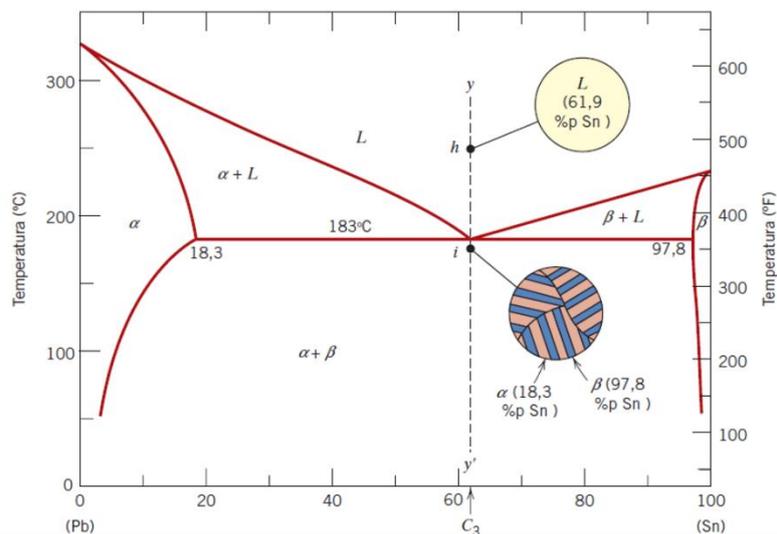
Essa redistribuição ocorre por difusão atômica. A microestrutura do sólido que resulta dessa transformação consiste em camadas alternadas (algumas vezes chamadas de lamelas) das fases α e β , as quais se formam simultaneamente durante a transformação. O resfriamento subsequente da liga desde uma posição imediatamente abaixo da



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

temperatura eutética até a temperatura ambiente resultará em alterações microestruturais de menor importância

O processo de redistribuição do chumbo e do estanho ocorre por difusão no líquido localizado imediatamente à frente da interface eutético-líquido. Os átomos de chumbo difundem-se em direção às camadas da fase α , uma vez que essa fase α é rica em chumbo (18,3 %p Sn-81,7 %p Pb); de maneira oposta, a difusão dos átomos de estanho se dá em direção às camadas da fase β , rica em estanho (97,8 %p Sn-2,2 %p Pb). A estrutura eutética se forma nessas camadas alternadas, pois nessa configuração lamelar a difusão atômica do chumbo e do estanho deve ocorrer ao longo de distâncias relativamente curtas



QUESTÃO 09. Responda o que se pede: **(Pontuação total: 10,0 pontos)**

- a) Determine se seria espontânea a fusão do Nb a 3000 K. **(4,0 pontos)**
- b) Estime a temperatura de fusão do Nb, bem como as correspondentes variações de entalpia e entropia que acompanham o processo. **(6,0 pontos)**

Dados:

$$Nb_{(s)} (2400 - 3200 \text{ K}) \quad G^\circ = 20,930 - 0,096T \text{ kJ/mol}$$

$$Nb_{(l)} (2400 - 3200 \text{ K}) \quad G^\circ = 60,570 - 0,111T \text{ kJ/mol}$$



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

RESOLUÇÃO

Título	Identificador	Data (Versão Final)	Tipo	Página
Concurso Público EBTT 2022	Edital 29/2022	19/05/2022	Abertura	22/23



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

a) $Nb(s) \rightarrow Mb(l) : \Delta G = G_{Nb, líquida} - G_{Nb, sólida}$

$$\Delta G = 60,57 - 0,1111T - (20,93 - 0,0967T)$$

$$\Delta G = 39,64 - 0,0151T$$

De $T = 3000K$, então:

$$\Delta G = 39,64 - 0,0151 \cdot 3000$$

$$\Delta G = -5,66 \text{ KJ/mol} < 0$$

O que indica que a reação (processo) será espontânea.

b) Para temperatura de fusão $Nb(s)$ e $Nb(l)$ estão em equilíbrio

$$20,93 - 0,0967T = 60,57 - 0,1111T$$

$$0,0151T = 39,64$$

$$T = \frac{39,64}{0,0151}$$

$$T = 2625 \text{ K}$$

$$T = 2625 \text{ K}$$

$$T_{\text{fusão}}^{Nb} = 2625 \text{ K}$$

Para uma transformação isotérmica: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$$\Delta G = (60,57 - 20,93) - T(0,1111 - 0,0967)$$

$$\Delta G = 39,64 - 0,0151T$$

Assim:

$$\Delta H = 39,64 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta S = 0,015 \text{ KJ/mol.K}$$

FORONI