

CIÊNCIA ALIMENTANDO O BRASIL

“Ciência alimentando o Brasil” é o tema da 13ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia - SNCT 2016 e tem por objetivo discutir a importância da qualidade dos alimentos para a população, com o desenvolvimento de pesquisa e novas tecnologias sobre a segurança alimentar.

O estilo de vida atual caracteriza-se por um padrão alimentar rico em alimentos industrializados, com excesso de gordura, sal e açúcar e pelo sedentarismo. Dessa forma, as principais causas de doenças e mortes estão relacionadas às doenças crônicas não-transmissíveis como obesidade, hipertensão, diabetes, doenças cardiovasculares e até alguns tipos de câncer.

Hoje, o controle de qualidade dos produtos alimentícios expostos ao consumo humano abrange as ações que previnem a contaminação dos alimentos, em todas as etapas do processo produtivo, abate, colheita, transporte, armazenamento e distribuição, de acordo com os requisitos sanitários exigidos pela legislação vigente, e através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Assim, para incentivar e valorizar a produção e o consumo de alimentos benéficos à saúde, como verduras, legumes e frutas, culturalmente referenciados e produzidos em nível local, devem-se articular as políticas direcionadas à produção de alimentos saudáveis, além de estimular o desenvolvimento sustentável e a geração de renda para pequenos produtores e agricultores familiares.

Assim, o desafio atual é socializar o conhecimento da ciência Química e promover o aperfeiçoamento das pesquisas, de forma a assegurar a qualidade dos produtos alimentícios, bem como contribuir para a permanente melhoria da vida em sociedade.

A Comissão.

Questão 1

Uma pesquisa feita com amostras de bebidas alcoólicas clandestinas, como cachaças e licores artesanais, apontou a presença de metanol, uma substância tóxica, logo imprópria para o consumo. Sua chama, produzida na queima, não é visível ao olho humano, mas se percebe a sensação térmica da combustão. Isto acontece porque a energia liberada na queima do metanol encontra-se nas regiões do infravermelho e do ultravioleta. Considerando a Teoria de Planck para calcular a energia de um fóton ultravioleta ($\lambda = 240 \text{ nm}$), responda:

- Qual a energia liberada na queima de 1 mL ($d = 0,79 \text{ g.mL}^{-1}$) de metanol?
- Qual o número de fótons ultravioleta emitidos na queima, considerando que 20 % da energia encontra-se nessa região do espectro?
- Um fóton de comprimento de onda 240 nm tem energia suficiente para quebrar uma ligação O=O? Explique.
- Entre o metanol e o etanol, qual apresenta maior solubilidade em água? Justifique.
- A oxidação do metanol pode ser simulada experimentalmente com dicromato de potássio em solução aquosa, produzindo formaldeído, por exemplo. Qual a equação química dessa reação?

Dados: Energias de ligação (kJ.mol^{-1})

C-H : 413,0	O=O : 467,0
C-O : 353,5	C=O : 804,0
O-H : 463,5	

Constantes: $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Questão 2

Os antiácidos são medicamentos usados para reduzir a acidez estomacal e aliviar a dor de distúrbios estomacais e duodenais, causados principalmente pela ingestão de frutas cítricas e cafeína. O “*leite de magnésia*” é um dos antiácidos mais utilizados e trata-se de uma suspensão de hidróxido de magnésio que contém de 7,0 a 8,5 g do hidróxido em cada 100 g, segundo a *United States Pharmacopeia*. Na determinação do teor de hidróxido de magnésio, a 1,0 g de amostra de leite de magnésia foi adicionado 50 mL de ácido clorídrico padronizado $0,102 \text{ mol L}^{-1}$ e duas gotas de indicador vermelho de metila. Esta solução foi titulada com 21,9 mL de solução padrão de hidróxido de sódio $0,100 \text{ mol L}^{-1}$. Com base nestas informações, resolva as questões abaixo:

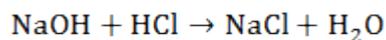
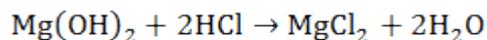
- Equacione a reação balanceada de neutralização da acidez estomacal;
- Calcule a porcentagem do hidróxido de magnésio, em massa, na amostra;
- Determine o *pH* da amostra considerando uma densidade de $2,38 \text{ g/cm}^3$ e um $K_b = 1,2 \cdot 10^{-11}$;

d) Sabendo que o hidróxido de alumínio também pode ser utilizado como antiácido, e considerando um $K_b = 1,8 \cdot 10^{-33}$, indique qual dessas bases (hidróxido de alumínio e hidróxido de magnésio) será mais eficiente para neutralizar a acidez estomacal. Justifique.

e) Sabendo que o sulfato de alumínio é utilizado, também, como agente floculante, no tratamento de água e efluentes, equacione a reação balanceada de obtenção do sulfato de alumínio a partir do hidróxido de alumínio.

Resolução:

a)



b)

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$0,102 * V_1 = 0,100 * 21,9$$

$$V_1 = 21,47 \text{ mL}$$

$$V_{\text{HCl reagiu}} = V_{\text{HCl inicial}} - V_{\text{HCl excesso}}$$

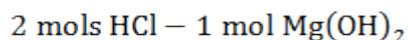
$$V_{\text{HCl reagiu}} = 50 - 21,47$$

$$V_{\text{HCl reagiu}} = 28,53 \text{ mL}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$0,102 = \frac{n}{\frac{28,53}{1000}}$$

$$n = 0,0029 \text{ mols}$$



$$0,0029 - x$$

$$x = 0,0015 \text{ mols}$$

$$n = \frac{m}{PM}$$

$$0,0015 = \frac{m}{58,32}$$

$$m = 0,085 \text{ g}$$

$$1 \text{ g} - 100\%$$

$$0,085 \text{ g} - x$$

$$x = 8,5\%$$

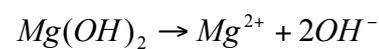
c)

$$M \cdot MM = d \cdot T \cdot 1000$$

$$M = \frac{d \cdot T \cdot 1000}{MM}$$

$$M = \frac{2,38 \cdot 0,085 \cdot 1000}{58,32}$$

$$M = 3,46 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$



$$K_b = \frac{[Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2}{[Mg(OH)_2]}$$

$$K_b = \frac{\left(\frac{1}{2}[OH^-]\right) \cdot [OH^-]^2}{[Mg(OH)_2]}$$

$$K_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{[OH^-]^3}{[Mg(OH)_2]}$$

$$2[Mg] = [OH^-] \Rightarrow [Mg] = \frac{1}{2}[OH^-]$$

$$[OH^-] = \sqrt[3]{2 \cdot K_b \cdot [Mg(OH)_2]}$$

$$[OH^-] = \sqrt[3]{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-11} \cdot 3,46}$$

$$[OH^-] = 4,36 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pOH = -\log 4,36 \cdot 10^{-4}$$

$$pOH = 3,36$$

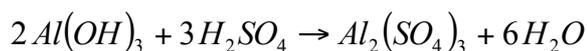
$$pH = 14 - pOH$$

$$pH = 14 - 3,36$$

$$pH = 10,64$$

d) O hidróxido de magnésio apresenta uma maior solubilidade quando comparado com a solubilidade do hidróxido de alumínio, logo será mais eficiente na neutralização da acidez estomacal.

e)



Questão 3

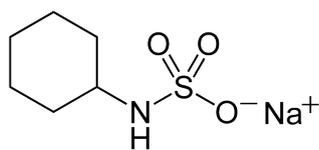
Texto 1: A alimentação é uma necessidade vital do ser humano, mas a má alimentação é responsável por diversas doenças, como por exemplo, a obesidade. A indústria alimentícia, para contornar em parte esse problema, produz alimentos “*light*” e “*diet*”. Os produtos chamados “*diet*” são aqueles especialmente formulados e que sofreram modificação no conteúdo de nutrientes. Por sua vez, os produtos “*light*” são os que apresentam uma diferença mínima, para menos, de 25 % no valor energético ou de nutrientes do produto original.

Texto 2: A água sempre se constituiu como um componente essencial à vida humana. O homem tem necessidade de água com qualidade, não somente para a proteção da saúde, como também para o desenvolvimento econômico. Entretanto, ocasionalmente, é possível perceber um sabor amargo na água potável quando o teor de íons cálcio dissolvidos está relativamente alto, sendo esta água conhecida tecnicamente como “*água dura*” ou “*água salobra*”. A presença desses íons pode causar dificuldades no processo de fluoretação, gerando turbidez na água.

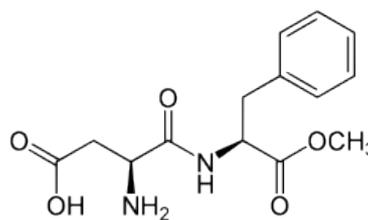
Com base nos textos acima, resolva:

a) Ao se imergir duas latinhas de refrigerante em água, sendo um comum e outro “*light*”, uma das latas afundará e a outra flutuará. Justifique o fenômeno.

b) Escreva a fórmula molecular e calcule a massa molar do ciclamato de sódio e do aspartame, utilizados como adoçantes artificiais nos alimentos “*light*” e “*diet*”, respectivamente.



(Ciclamato de sódio)



(Aspartame)

c) Indique as funções orgânicas presentes no aspartame.

d) Justifique a solubilidade do aspartame em água.

e) Considerando um sistema municipal de tratamento de água, com teor de cálcio igual a 25 ppm, e utilizando uma concentração de íons fluoreto igual a $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$, indique se haverá formação de precipitado durante o processo de fluoretação. Justifique sua resposta através de cálculos.

Dados: K_{ps} do $\text{CaF}_2 = 4,0 \cdot 10^{-11}$.

Resolução:

a) Ambas as latinhas possuem o mesmo volume, mas a diferenciação está nas massas do conteúdo, em função da massa de açúcar utilizada no processo de fabricação, que é superior ao massa do adoçante. Logo, o refrigerante comum terá uma maior massa, e sua densidade é maior que a da água, afundando.

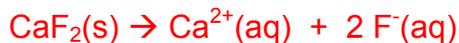
b)

	Ciclamato de sódio:	Aspartame
Fórmula molecular	$\text{C}_6 \text{H}_6 \text{N Na O}_3 \text{S}$	$\text{C}_{14} \text{H}_{18} \text{N}_2 \text{O}_5$
Massa molar	C: $6 \times 12 = 72$ H: $6 \times 1 = 6$ N: $1 \times 14 = 14$ Na: $1 \times 23 = 23$ O: $3 \times 16 = 48$ S: $1 \times 32 = 32$ MM = 195 g.mol^{-1}	C: $14 \times 12 = 168$ H: $18 \times 1 = 18$ N: $2 \times 14 = 28$ O: $5 \times 16 = 80$ MM = 294 g.mol^{-1}

c) ácido carboxílico, amina, cetona, éster

d) O aspartame, apesar de ter um cadeia carbônica longa, tem muitos átomos eletronegativos, vários deles podendo formar ligações (pontes) de hidrogênio.

e) O equilíbrio de solubilidade do CaF_2 é:



A expressão do Kps é: $K_{\text{ps}} = [\text{Ca}^{2+}] \times [\text{F}^{-}]^2$

Se o teor de cálcio é 25 ppm = 25 mg/L

O número de mol de $\text{Ca}^{2+} = \frac{25 \times 10^{-3}}{40} = 0,625 \times 10^{-3} = 6,25 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

40

Se o produto das concentrações dos íons for maior que o valor de Kps haverá precipitação, se for menor não haverá precipitação.

$$[\text{Ca}^{2+}] = 6,25 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

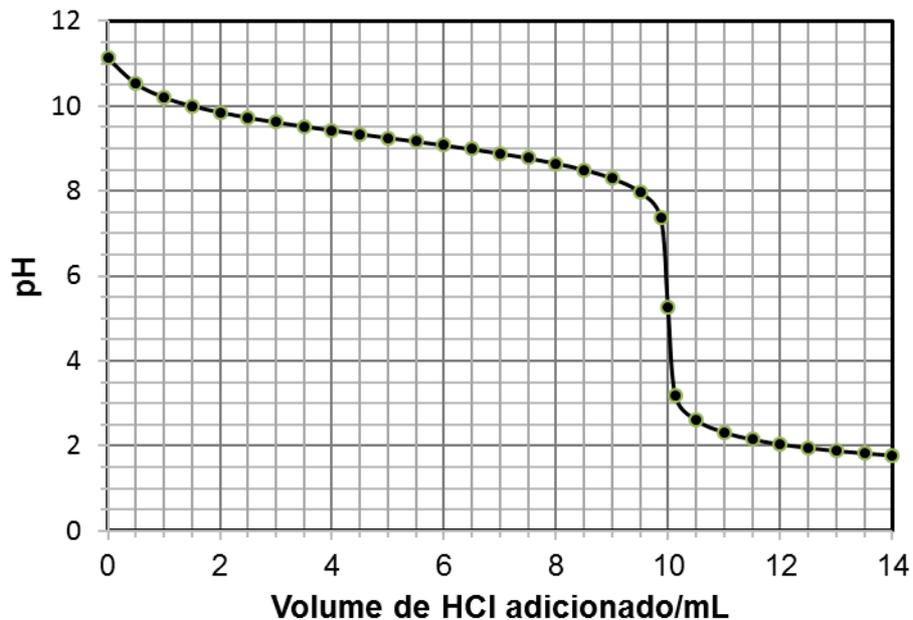
$$[\text{F}^{-}] = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Substituindo na expressão de Kps, fica: $[6,25 \times 10^{-4}] \times [2,0 \times 10^{-4}]^2 = 25 \times 10^{-12} = 2,5 \times 10^{-11}$

Esse valor é um pouco menor que o valor do Kps que é $4,0 \times 10^{-11}$, ou seja, não ocorre precipitação.

Questão 4

As indústrias alimentícias utilizam o hidróxido de amônio como agente antimicrobiano e alvejante no processo de fabricação de hambúrgueres. Depois de separarem os filés e outros cortes, retiram a gordura, tratam com hidróxido de amônio e ao final misturam com a carne moída. Durante o controle de qualidade, uma amostra foi tratada e obteve-se a curva abaixo, na titulação de 10,00 mL de hidróxido de amônio aquoso com ácido clorídrico aquoso.



Agora determine:

- A equação química balanceada para a reação de neutralização.
- A concentração original da solução de amoníaco, se 10,00 mL desta solução foram titulados com ácido clorídrico $0,0925 \text{ mol L}^{-1}$.
- Em que ponto da curva de titulação o $pH = pK_a$. Justifique sua resposta.
- O valor do pH no ponto de equivalência desta titulação.
- O valor de $[H^+]$ no final da titulação.

Resposta:

Usando o gráfico tem-se o $pH_{inicial} \approx 11,1$, logo pode-se determinar a concentração molar de OH^- :

$$pOH = 14 - pH = 14 - 11,1 = 2,9$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2,9} \approx 1,273 \text{ mol L}^{-1}$$

Usando a fórmula da equação da constante básica:

$$K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_4OH]}$$

E como $[OH^-] = [NH_4^+]$, a concentração original da solução de amoníaco é dada por:

$$[NH_4OH] = \frac{[OH^-]^2}{K_b} = \frac{(1,273 \text{ mol L}^{-1})^2}{1,8 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}} = 0,09 \text{ mol L}^{-1}$$

- Em que ponto da curva de titulação o $pH = pK_a$. Justifique sua resposta.

Resposta:

Usando a constante de hidrólise da água, temos $K_w = K_a K_b = 10^{-14}$

$$K_a = \frac{10^{-14}}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1,8 \times 10^{-5}} = 5,56 \times 10^{-10}$$

$$pK_a = -\log(5,56 \times 10^{-10}) \approx 9,25$$

Logo, $pH = 9,25$, ou seja, graficamente o volume está entre 4,5 a 5,0 mL.

Mas, o volume correto para o $pH = pK_a$ pode ser calculado pela igualdade entre as concentrações molares de NH_4^+ e NH_4OH , ou seja, pela equação de equilíbrio, temos:

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]}$$

Substituindo $K_w = [H^+][OH^-]$ na equação anterior, fica:

$$[H^+] = \frac{K_w}{K_b} \frac{[NH_4^+]}{[NH_4OH]} = K_a \frac{[NH_4^+]}{[NH_4OH]}$$

$$pH = pK_b - \log\left(\frac{[NH_4^+]}{[NH_4OH]}\right)$$

Para $pH = pK_a$ temos que:

$$[NH_4OH] = [NH_4^+]$$

E fazendo $[HCl] = [NH_4^+]$, pode-se calcular o volume de ácido adicionado:

$$\frac{[NH_4OH]_i \times V_{NH_4OH} - [HCl] \times V_{HCl}}{V_{NH_4OH} + V_{HCl}} = \frac{[HCl] \times V_{HCl}}{V_{NH_4OH} + V_{HCl}}$$

$$V_{HCl} = \frac{[NH_4OH]_i \times V_{NH_4OH}}{2 \times [HCl]} = \frac{(0,09 \text{ mol L}^{-1}) \times (10 \text{ mL})}{2 \times 0,0925 \text{ mol L}^{-1}} = 4,86 \text{ mL}$$

b) O valor do pH no ponto de equivalência desta titulação.

Resposta:

Cálculo do volume de titulante necessário para atingir o ponto de equivalência:

$$n(NH_4OH) = n(HCl)$$

$$[NH_4OH] \times V(NH_4OH) = [HCl] \times V(HCl)$$

$$V_{eq}(HCl) = \frac{(0,09 \text{ mol L}^{-1}) \times (10 \text{ mL})}{0,0925 \text{ mol L}^{-1}} \approx 9,73 \text{ mL}$$

Logo,

$$[NH_4^+]_{eq} = \frac{[HCl] \times V_{eq}(HCl)}{V(NH_4OH) + V_{eq}(HCl)} = \frac{(0,0925 \text{ mol L}^{-1}) \times (9,73 \text{ mL})}{10 \text{ mL} + 9,73 \text{ mL}} = 0,0456 \text{ mol L}^{-1}$$

Nesse ponto ocorre a reação de equilíbrio da hidrólise do íon amônio:



Então a constante de equilíbrio fica:

$$K_a = \frac{[NH_4OH][H^+]}{[NH_4^+]}$$

Como $[\text{NH}_4\text{OH}] = [\text{H}^+]$ e $[\text{NH}_4^+] = [\text{NH}_4^+]_{eq} - [\text{H}^+]$

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{NH}_4^+]_{eq} - [\text{H}^+]}$$

$$\frac{10^{-14}}{1,8 \times 10^{-5}} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,0456 - [\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+]^2 + 5,56 \times 10^{-10} [\text{H}^+] - 2,53 \times 10^{-11} = 0$$

$$[\text{H}^+] = 5,03 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log(5,03 \times 10^{-6}) = 5,3$$

c) O valor de $[\text{H}^+]$ no final da titulação.

No final da titulação temos:

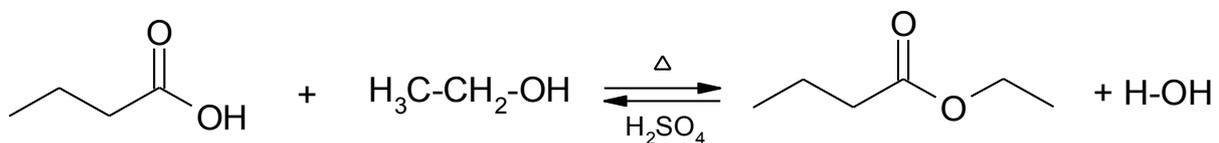
$$[\text{H}^+] = \frac{[\text{HCl}] \times V_{\text{HCl}} - [\text{NH}_4\text{OH}] \times V_{\text{NH}_4\text{OH}}}{V_{\text{HCl}} + V_{\text{NH}_4\text{OH}}}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{(0,0925 \text{ mol L}^{-1}) \times (14 \text{ mL}) - (0,09 \text{ mol L}^{-1}) \times (10 \text{ mL})}{14 \text{ mL} + 10 \text{ mL}} = 0,0165 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log(0,0165 \text{ mol L}^{-1}) = 1,78$$

Questão 5

As essências naturais de frutas geralmente são formadas por misturas de substâncias voláteis, responsáveis pelo odor e sabor. Essas substâncias são chamadas de flavorizantes e na indústria alimentícia, são produzidas em grande quantidade, substituindo as naturais. A produção da essência de abacaxi, por exemplo, usada em preparados para bolos, é obtida através da reação de esterificação, realizada com aquecimento intenso e sob refluxo. Com base nas estruturas abaixo, determine:



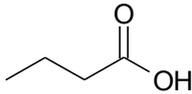
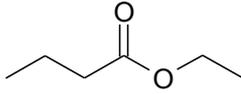
- O nome sistemático e a função de cada substância orgânica envolvida na reação.
- As reações de esterificação são reversíveis. Discuta os fatores que alteram o equilíbrio da reação, deslocando-o para o lado dos produtos.
- Considerando a utilização de 13,2 g do ácido carboxílico e um rendimento de 75%, qual a massa do éster produzida na reação.

d) Em função das forças intermoleculares, discuta a polaridade das substâncias orgânicas envolvidas na reação e a respectiva solubilidade em água.

e) O octanoato de etila é um flavorizante utilizado na indústria alimentícia como essência de laranja. Equacione a reação de produção do octanoato de etila.

Resolução:

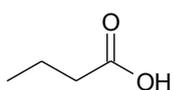
a)

		$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$	
Nome sistemático	ácido butanoico	etanol	butanoato de etila
Função	ácido carboxílico	álcool	éster

b) Usando-se em excesso um dos reagentes (ou aumentando a concentração de um dos reagentes)

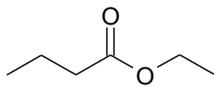
(ou acrescentando um sal higroscópico para absorver a água a medida que esta se forma)

c) Massa molar e rendimento teórico.



$$\begin{array}{l} \text{C: } 4 \times 12 = 48 \\ \text{H: } 8 \times 1 = 8 \\ \text{O: } 2 \times 16 = 32 \end{array}$$

88 g



$$\begin{array}{l} \text{C: } 6 \times 12 = 72 \\ \text{H: } 12 \times 1 = 12 \\ \text{O: } 2 \times 16 = 32 \end{array}$$

116

$$\begin{array}{l} 88 \text{ g} \dots\dots\dots 116 \text{ g} \\ 13,2 \text{ g} \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = 17,4 \text{ g}$$

Rendimento prático:

$$\begin{array}{l} 17,4 \text{ g} \dots\dots\dots 100\% \\ y \dots\dots\dots 75\% \end{array}$$

$$y = 13,05 \text{ g}$$

d) O ácido carboxílico e o álcool, ambos com cadeia carbônica pequena, há predominância das ligações (pontes) de hidrogênio. Ambos são polares; portanto, são solúveis em água. O éster

apresenta forças dipolo-dipolo permanente; mas, com cadeia carbônica grande, sua polaridade é pequena e é pouco solúvel em água.

e)

