

2009  
vestibular nacional  
**UNICAMP**

**2ª Fase**

**Química**

## INTRODUÇÃO

A banca elaboradora escolheu o tema dos jogos Olímpicos para a prova por julgá-lo de grande interesse para os estudantes do ensino médio, já que muitos deles praticam esportes ou são adeptos e alguma modalidade esportiva, e também pelo fato de que há muitos interesses por trás dessa atividade. Não poderiam fazer parte da prova questões com juízo de valor, no entanto o assunto é bastante propício a isso em sala de aula. Por outro lado, a guerra e o esporte são os acontecimentos que mais produzem conhecimento científico em curto prazo. Paro o bem ou paro o mal, esse conhecimento é gerado e, de alguma forma pode ser usado em outras oportunidades. A China fez um esforço gigantesco para realizar os Jogos Olímpicos de maneira que pudessem servir de boa referência no futuro. De certa forma esse esforço foi recompensado. Pudemos ver construções de uma beleza arquitetônica impressionante, materiais desenvolvidos para situações específicas, medidas de segurança muito bem concebidas e espetáculos visuais inesquecíveis, durante a abertura e o encerramento dos Jogos. Todos esses detalhes podem ser observados na rede internacional de comunicação (Internet), mas nem sempre as informações são claras para o público leigo. Muitas vezes é preciso recorrer aos sites dos fabricantes ou fornecedores de materiais para se descobrir algo mais significativo em termos de conteúdo, ou então a entrevistas de ex-atletas ou mesmo a revistas científicas. A banca espera ter cumprido o duplo papel de ajudar a selecionar os candidatos a vagas na UNICAMP e oferecer aos colegas (professores) do ensino médio e também aos estudantes uma alternativa para as atividades em sala de aula.

A cada quatro anos, durante os Jogos Olímpicos, bilhões de pessoas assistem à tentativa do Homem e da Ciência de superar limites. Podemos pensar no entretenimento, na geração de empregos, nos avanços da Ciência do Desporto e da tecnologia em geral. Como esses jogos podem ser analisados do ponto de vista da Química? As questões a seguir são exemplos de como o conhecimento químico é ou pode ser usado nesse contexto.

**1.** Nos Jogos Olímpicos de Beijing houve uma preocupação em se evitar a ocorrência de chuvas durante a cerimônia de abertura. Utilizou-se o iodeto de prata no bombardeamento de nuvens nas vizinhanças da cidade para provocar chuva nesses locais e, assim, evitá-la no Estádio Olímpico. O iodeto de prata tem uma estrutura cristalina similar à do gelo, o que induz a formação de gelo e chuva sob condições específicas.

**a)** Sobre a estratégia utilizada em Beijing, veiculou-se na imprensa que *“o método não altera a composição da água da chuva”*. Responda se essa afirmação é correta ou não e justifique.

**b)** Escreva a expressão da constante do produto de solubilidade do iodeto de prata e calcule sua concentração em mol L<sup>-1</sup> numa solução aquosa saturada a 25 °C.

Dado: A constante do produto de solubilidade do iodeto de prata é  $8,3 \times 10^{-17}$  a 25 °C.

## Resposta Esperada

**a) (2 pontos)**

Incorreta, porque iodeto de prata passa a fazer parte da água da chuva, mudando sua composição.

**b) (2 pontos)**

$K_{ps} = [Ag^+][I^-]; S^2 = 8,3 \times 10^{-17} \rightarrow S = 9,1 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$

## Exemplo Acima da Média

a) Não é correta. A composição do água da chuva será alterada por que haverá iodeto de prata adicionado a ela.

$$b) K_{ps} = [Ag^+] \cdot [I^-]$$

$$8,3 \cdot 10^{-17} = x \cdot x$$

$$x^2 = 8,3 \cdot 10^{-17}$$

$$x \approx 9,1 \cdot 10^{-9}$$

A concentração é  $9,1 \cdot 10^{-9}$  mol/Litro.

## Exemplo Abaixo da Média

a) Sim, é correta, porque A APENAS A IONIZAÇÃO DO SAL.

b)

$$8,3 \cdot 10^{-17} = \frac{[Al^{3+}][I^-]^3}{[AlI_3]} \quad 8,3 \cdot 10^{-17} = \frac{x(3x)^3}{x}$$

$$8,3 \cdot 10^{-17} = (3x)^3$$

$$8,3 \cdot 10^{-17} = 2,7x^3 \Rightarrow \frac{8,3 \cdot 10^{-17}}{2,7} = x^3$$

$$x \approx \sqrt[3]{3} \cdot 10^{-6}$$

$$[AlI_3] = \sqrt[3]{3} \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

## Comentários

Essa questão trata do equilíbrio químico, visto de uma forma muito particular. Na verdade, ao fornecer o valor da constante do produto de solubilidade do iodeto de prata, a banca esperava que o candidato fizesse uso desse valor e de seu conceito para “decidir” como responder ao item **a**. Nesse item observa-se um aspecto bastante relevante da linguagem química e da comunicação que se estabelece entre o professor e seu aluno. A expressão “composição da água da chuva” pode levar a duas interpretações: a primeira é considerar “água da chuva” como um todo e assim entendê-la como uma solução. Nessa interpretação há duas possibilidades: entender que a solubilidade do iodeto de prata é muito pequena e dessa forma não se modifica a solução, ou então admitir que, mesmo sendo pouco solúvel, ainda assim há iodeto de prata e a composição da água é alterada. Note que alterar ou não são respostas possíveis, mas a justificativa deve ser coerente. Por outro lado, pode-se entender que a pergunta se refere à composição da água, e considerar que a água é formada por oxigênio e hidrogênio e assim ela não se altera. É importante reparar que são três possíveis respostas para o item **a**. O erro mais grave foi ignorar a informação do  $K_{ps}$  e admitir que a composição é alterada pois o iodeto de prata é solúvel em água. O importante nesse item é verificar que a palavra composição tem um duplo sentido e isso faz parte das dificuldades da linguagem química. A expressão “água da chuva” também leva a uma dupla interpretação, o que também é um problema de linguagem. Para a banca, a escolha de qualquer leitura não comprometeu a avaliação do candidato, desde que sua justificativa tenha sido coerente. Já o item **b** trata de um conhecimento acabado, devendo o candidato mostrar como se expressa quantitativamente um equilíbrio de solubilidade. A nota média de 0,8 em 4,0 pontos possíveis na questão reflete a grande dificuldade dos candidatos no conteúdo e também na combinação da resposta ao item **a** e sua justificativa. Erros comuns foram: atribuir alta solubilidade ao iodeto de prata, admitir a dissolução do iodeto de prata em água e uma possível hidrólise, e, errar a fórmula do iodeto de prata.

**2.** Fogos de artifício foram utilizados na abertura e no encerramento da Olimpíada de Beijing. Um dos principais efeitos visuais desses fogos é a cor emitida. Frequentemente, a substância responsável pela coloração é um sólido iônico contendo um íon de metal alcalino ou alcalino terroso. O sal, a partir da explosão, recebe energia e sofre várias transformações. *Inicialmente o sal passa para o estado gasoso, com a posterior separação dos íons.* Depois, esses íons no estado gasoso se transformam em espécies neutras, sendo as espécies neutras provenientes dos cátions as responsáveis pelo efeito visual.

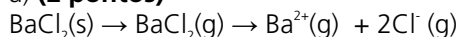
- a)** Equacione a sequência de transformações que o cloreto de bário sofreria em fogos de artifício, conforme descrito *em itálico* no texto.
- b)** Observaram-se várias cores na queima de fogos na abertura dos Jogos Olímpicos, entre elas a alaranjada (mistura de amarelo e vermelho). Suponha que alguém explicasse que essa cor foi obtida pelo uso do composto iônico  $\text{Na}_2\text{Sr}$ . De acordo com o conhecimento químico e as informações dadas, essa explicação seria correta ou não? Justifique.

Dados:

Elemento	sódio	estrôncio
Cor da emissão	amarelo	vermelho

## Resposta Esperada

**a) (2 pontos)**

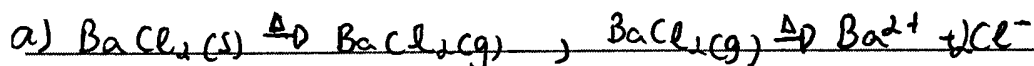


**b) (2 pontos)**

A explicação não seria correta, pois não se forma um sólido iônico entre dois metais, como é o caso do sódio e estrôncio.

Outra possível resposta (aceita pela banca considerando a importância da leitura das informações fornecidas): a explicação não seria correta pois, conforme o texto, somente a espécie neutra proveniente do cátion do sal daria a cor. Dessa forma, somente o sódio daria cor e a cor seria amarela.

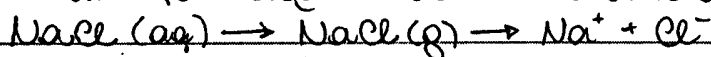
## Exemplo Acima da Média



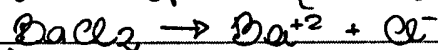
b) Essa explicação seria incorreta, pois o elemento Na é um metal alcalino, enquanto o Sr é um metal alcalino terroso. Como ambos tendem a perder elétrons para se estabilizarem, essa explicação é incorreta, e o composto sugerido, impossível.

## Exemplo Abaixo da Média

a) A transformação descrita do sal seria:



A transformação do cloreto de bário seria:



(lembrando que uma redução iônica pode ser quebrada em duas etapas em solução aquosa.)

b) A explicação de que a cor observada pode ser obtida pelo uso de  $\text{Na}_2\text{Sr}$  seria correta, pois, de acordo com as informações dadas, a substância responsável pela coloração deve ser um composto iônico, como é o caso de  $\text{Na}_2\text{Sr}$ , e contém um íon de metal alcalino, o Na, e um íon de metal alcalino terroso, que é o Sr.

## Comentários

Essa questão trata dos aspectos químicos envolvidos na queima de fogos de artifício. É importante notar que a questão contempla aspectos fundamentais de leitura de informações, modelo atômico e equações químicas. A leitura cuidadosa do texto da questão fornece pistas importantes para a resolução dos itens. O texto informa exatamente o que ocorre com os sólidos iônicos durante a explosão dos fogos. Esse item pede a equação química de um processo descrito de sublimação e quebra do retículo. O item **a** exige somente que se saiba a fórmula do cloreto de bário, o que depende de um conhecimento elementar sobre a tabela periódica e a formação de substâncias iônicas. O balanceamento da equação só não é mais simples do que para um composto em que a relação cátion:ânion é 1:1. O item **b** pode ser respondido de duas formas diferentes. Uma possibilidade é basear-se no texto, que informa que somente o cátion derivado do sal é responsável pela cor. É evidente que o composto proposto não existe, mas se existisse a cor emitida, de acordo com as informações, seria a amarela, oriunda do sódio. Outra possibilidade é afirmar que a explicação não pode ser verdadeira pois tal composto iônico não se forma entre dois átomos de caráter metálico. A nota média 2,1, portanto acima dos 50%, reflete que os candidatos fizeram uma leitura atenta das informações. As notas conseguidas pelos candidatos ficaram divididas entre os dois itens, sem uma predominância de um deles. A maioria dos candidatos que acertou o item **b** deu preferência ao fato de que não é possível formar um composto iônico como proposto na explicação. É importante observar que não se trata de um conteúdo sobre excitação de elétrons ou algo parecido. Muitos candidatos que não acertaram o item **a** insistiram em escrever uma equação química não descrita no texto da questão.

3. Antes das provas de 100 e 200 metros rasos, viu-se, como prática comum, os competidores respirarem rápida e profundamente (hiperventilação) por cerca de meio minuto. Essa prática leva a uma remoção mais efetiva do gás carbônico dos pulmões imediatamente antes da corrida e ajuda a aliviar as tensões da prova. Fisiologicamente, isso faz o valor do pH sanguíneo se alterar, podendo chegar a valores de até 7,6.

- a) Mostre com uma equação química e explique como a hiperventilação faz o valor do pH sanguíneo se alterar.
- b) Durante esse tipo de corrida, os músculos do competidor produzem uma grande quantidade de ácido láctico,  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ , que é transferido para o plasma sanguíneo. Qual é a fórmula da espécie química predominante no equilíbrio ácido-base dessa substância no plasma, ao término da corrida? Justifique com cálculos.

Dados:  $K_a$  do ácido láctico =  $1,4 \times 10^{-4}$ . Considerar a concentração de  $\text{H}^+ = 5,6 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$  no plasma.

**Resposta Esperada**

a) (2 pontos)



Com a hiperventilação há a remoção do gás  $\text{CO}_2(\text{g})$  dos pulmões, o que leva a um consumo do  $\text{H}^+(\text{aq})$ , fazendo o pH do plasma aumentar.

b) (2 pontos)

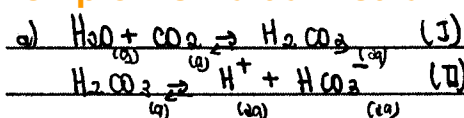
$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]} = 1,4 \times 10^{-4}$$

$$1,4 \times 10^{-4} = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-] \times 5,6 \times 10^{-8}}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]}$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]} = 2.500$$

Portanto, a espécie predominante é o lactato,  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$

**Exemplo Acima da Média**



A hiperventilação faz com que o gás carbônico seja retirado mais rapidamente. Isso provoca um deslocamento de equilíbrio da equação I para o sentido esquerdo ( $\leftarrow$ ). Com isso, há também um deslocamento de equilíbrio da equação II no sentido de formação dos reagentes. Dessa forma, há uma diminuição de concentração de íons  $\text{H}^+$ , aumentando o pH sanguíneo.

b) A fórmula da espécie química predominante no equilíbrio ácido-base dessa substância no plasma é:  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-(\text{aq})$ .

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]} \rightarrow 1,4 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-] \cdot 5,6 \cdot 10^{-8}}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]}$$

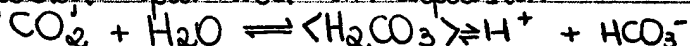
$$\frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]} = \frac{1,4 \cdot 10^{-4}}{5,6 \cdot 10^{-8}} = 0,25 \cdot 10^4 = 2,5 \cdot 10^3 \rightarrow \text{Como a relação } \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]}$$

é maior do que 1,  $[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]$  é a espécie predominante.

## Exemplo Abaixo da Média

a) Na prática da hiperventilação há uma maior quantidade de  $O_2$  inspirado, com isso forma-se uma grande quantidade de  $CO_2$  nos pulmões. O aumento da concentração de  $CO_2$  desloca o equilíbrio no sentido de consumi-lo, havendo assim uma remoção mais efetiva deste gás.

A equação química em questão é:



b)

## Comentários

Essa questão trata um equilíbrio extremamente importante na biosfera: a dissolução do dióxido de carbono em água, um mecanismo muito importante no controle do clima do planeta, na vida dos vegetais e dos animais. No caso da questão, esse equilíbrio é centrado na respiração humana. Esse processo de respiração permite modificar o valor do pH normal do sangue, dependendo da frequência de respiração. Quando a frequência de respiração é aumentada, ocorre uma maior ventilação dos pulmões, o  $CO_2$  é removido com mais eficiência e o pH do sangue sobe. Em casos de se prender a respiração, o  $CO_2$  fica em concentração mais alta que o normal no sangue e o pH desse abaixa, configurando-se aí uma acidose sanguínea, um processo bastante utilizado para contornar crises repentinas de pânico. A questão teve a menor média da prova (0,6 em 4,0 pontos). Esse resultado foi bastante dependente do fato de que muitos candidatos preferiram utilizar a notação  $H_2CO_3$  ao invés do carbonato ácido e o  $H^+$ . A consequência disso é que, no item **a**, o candidato não conseguiu mostrar a queda na concentração de  $H^+$  pois esse íon não aparece na equação. Por outro lado, no item **b** a maioria dos erros deveu-se ao fato de que os candidatos não souberam escrever a expressão da constante de equilíbrio para a ionização do ácido láctico. Muitos não colocaram a concentração do ácido láctico na expressão, o que os levou a não pontuar nesse item. Outro erro freqüente foi igualar a concentração de  $H^+$  à de lactato, uma prática bastante comum no ensino médio, já que a maioria dos exemplos apresentados em livros didáticos parte da adição simples de um único ácido ou uma base (fracos) em água e não mostra a possibilidade de se controlar o pH pela adição de uma outra substância. A nota média tão baixa nessa questão evidencia uma preferência dos candidatos em aplicar conhecimentos estanques e também uma prática comum e errada em materiais didáticos de postular o  $CO_2$  dissolvido em água como  $<H_2CO_3>$ , uma molécula cuja existência ainda não foi comprovada.

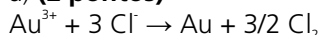
**4.** Ao contrário do que muitos pensam, a medalha de ouro da Olimpíada de Beijing é feita de prata, sendo apenas recoberta com uma fina camada de ouro obtida por deposição eletrolítica. Na eletrólise, a medalha cunhada em prata atua como o eletrodo em que o ouro se deposita. A solução eletrolítica é constituída de um sal de ouro (III). A quantidade de ouro depositada em cada medalha é de 6,0 gramas.

- a)** Supondo que o processo de eletrólise tenha sido conduzido em uma solução aquosa de ouro (III) contendo excesso de íons cloreto em meio ácido, equacione a reação total do processo eletroquímico. Considere que no anodo forma-se o gás cloro.
- b)** Supondo que tenha sido utilizada uma corrente elétrica constante de 2,5 amperes no processo eletrolítico, quanto tempo (em minutos) foi gasto para se fazer a deposição do ouro em uma medalha? Mostre os cálculos.

Dados: constante de Faraday =  $96.500 \text{ coulomb mol}^{-1}$ ; 1 ampere =  $1 \text{ coulomb s}^{-1}$ .

## Resposta Esperada

a) (2 pontos)



b) (2 pontos)

$$197 \text{ g de Au} \rightarrow 3 \times 96.500 \text{ C}$$

$$6 \text{ g de Au} \rightarrow n \text{ C}$$

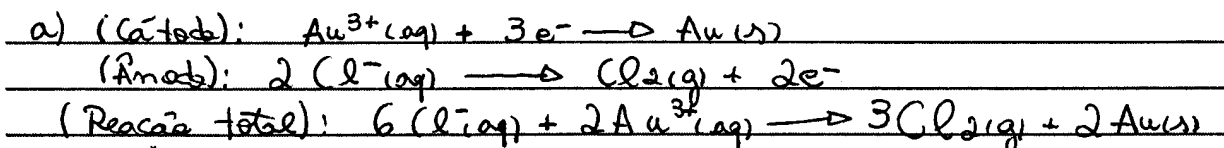
$$n = 8.817 \text{ C}$$

$$2,5 \text{ C} \rightarrow 1 \text{ s}$$

$$8.817 \text{ C} \rightarrow t$$

$$\text{tempo} = 3.527 \text{ s} = 58,8 \text{ min}$$

## Exemplo Acima da Média

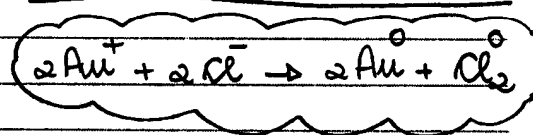
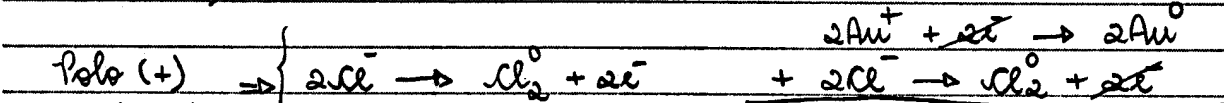
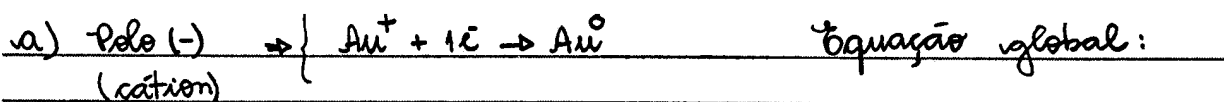


b)  $1 \text{ mol Au}^{3+}(\text{aq}) = 3 \text{ mol e}^- = 1 \text{ mol Au}(\text{s})$   
 $3.96500 \text{ C} = 197 \text{ g}$   
 $Q = 6 \text{ g}$   
 $197 Q = 18.96500$   
 $\therefore Q = 18.96500 \text{ C}$   
 $197$

$\Rightarrow$  corrente de 2,5A:  $2,5 \text{ C} = 1 \text{ s} \Rightarrow \Delta T = 18.96500 \text{ s}$   
 $Q = \Delta T$   $197 \cdot 96500$

$\therefore$  Resp: O tempo é de aproximadamente 58,7 minutos.

## Exemplo Abaixo da Média



b)  $i = 2,5 \text{ A}$   $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$   
 massa Au = 6g  
 $\Delta t = ?$   $Q = n \cdot e$

$1 \text{ A} = 1 \text{ C}$   
 $2,5 \text{ A} = x$   
 $x = 2,5 \text{ C}$



## Comentários

Essa questão trata do conteúdo de eletroquímica envolvendo, mais especificamente, a eletrodeposição e sua estequiometria. A banca aproveitou a oportunidade para informar aos que não sabiam que a medalha de ouro não é de ouro maciço, mas sim de prata com uma deposição de ouro. Uma das chaves da resposta ao item **a** está no conhecimento da nomenclatura de íons. No caso, é primordial saber que ouro (III) é o mesmo que  $\text{Au}^{3+}$ , um íon positivo com carga 3+. No item **a** pede-se a equação química do processo, que é aproximadamente descrita no próprio texto desse item. A dificuldade nesse item se resume em acertar a estequiometria, e entender que no processo o íon ouro se transforma em ouro metálico, o que também está descrito no texto da questão. Muitos candidatos escreveram o íon ouro como  $\text{Ag}^+$  e outros tantos como  $\text{Au}^{2+}$ . No item **b** a dificuldade se resume em entender como funciona a eletrodeposição, já que as informações sobre a constante de Faraday e a definição de ampere facilitam a resolução do item. De um modo geral a maior dificuldade dos candidatos que conheciam o assunto se resumiu na estequiometria de 3 elétrons na reação de eletrodeposição. A nota média (0,8 em 4,0), a segunda menor nota da prova de química, revela que esse conteúdo não está sendo minimamente assimilado pelos estudantes. Como já se comentou, o texto fornecido aos candidatos, de certa forma, facilita a resolução da questão. No entanto, um conhecimento básico é necessário para a resolução dos itens, já que o candidato precisa ter noção da reação que está ocorrendo na eletrodeposição. É importante observar que a pergunta do item **b** exige a resposta em minutos e não em segundos ou horas. Esse aspecto é relevante, pois torna a correção da questão menos dependente de formas de expressão, ao mesmo tempo que exige certa atenção do candidato na resposta. Isso não deixa de ser um quesito a mais a ser avaliado. Resta acrescentar que o item **b** exige um cálculo que está longe de ser complicado!

**5.** As provas de natação da Olimpíada de Beijing foram realizadas no complexo aquático denominado “Water Cube”. O volume de água de  $16.000 \text{ m}^3$  desse conjunto passa por um duplo sistema de filtração e recebe um tratamento de desinfecção, o que permite a recuperação quase total da água. Além disso, um sistema de ventilação permite a eliminação de traços de aromas das superfícies aquáticas.

- a)** O texto acima relata um processo de separação de misturas. Dê o nome desse processo e explique que tipo de mistura ele permite separar.
- b)** A desinfecção da água é realizada por sete máquinas que transformam o gás oxigênio puro em ozônio. Cada máquina é capaz de produzir cerca de 240 g de ozônio por hora. Considerando-se essas informações, qual a massa de gás oxigênio consumida por hora no tratamento da água do complexo?

## Resposta Esperada

**a) (2 pontos)**

Filtração. Este processo serve para separar uma mistura heterogênea (sólido-líquido ou sólido-gás).

**b) (2 pontos)**

Como a massa se conserva numa reação química, cada máquina, produzindo 240 g de ozônio por hora, consome igual massa de gás oxigênio no mesmo período. Assim, sete máquinas consomem 1680 g de  $\text{O}_2$  ( $7 \times 240$ ).

Exemplo Acima da Média

a) O processo de separação é filtração que permite a separação de sólidos e líquidos.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{b) } 3 \text{ mol O} & \rightarrow & 1 \text{ mol O}_2 \\
 \times & & \underline{5 \text{ mol O}_2} \\
 & & x = 15 \text{ mol O}
 \end{array}
 \qquad
 n = \frac{240}{48} = 5 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m_{\text{oxigênio}} = 15 \cdot 16 = 240 \text{ g}$$

$$240 \times 7 = 1680 \text{ g/hora}$$

R: A massa de gás Oxigênio é 1680g/hora

Exemplo Abaixo da Média

a) Esse processo permite separar líquidos e pequenas partículas, como por exemplo a separação do sal e da água, é conhecido como decantação.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{b) } 40 \text{ g de } \text{O}_2 & \times & 1 \text{ hora} \\
 x \text{ g de oxigênio} & \times & 1 \text{ hora} \\
 & & x = 40 \text{ g de oxigênio por hora.}
 \end{array}$$

## Comentários

Essa questão traz dois assuntos não conectados diretamente. No item **a** se exige um conhecimento de métodos de separação de misturas, um conteúdo que é apresentado na 9ª série do fundamental e na 1ª série do ensino médio. Há duas possibilidades de resposta ao item **a**, ambas informadas no texto da questão. Alguns candidatos resolveram apostar na desinfecção da água pelo uso do ozônio, mas não se deram bem. O item **b** envolve um cálculo estequiométrico, não necessário à resolução. Os candidatos que optaram por escrever a equação química do processo, balanceá-la, calcular a massa molar do ozônio e do oxigênio molecular podem ter acertado o item **b**, mas gastaram um tempo desnecessário. Ao verificar que as duas substâncias são formadas por átomos de oxigênio, basta informar que na reação a massa se conserva e multiplicar os 240 gramas de ozônio por 7 e igualar à massa de oxigênio consumido. É importante frisar que, optando por esse tipo de resposta ao item **b**, deve-se, necessariamente, informar que a massa se conserva, e com isso concluir que a massa de ozônio produzida pelas sete máquinas é igual à de gás oxigênio consumida. Muitos candidatos erraram o item **b** ao não dar essa informação e, dessa forma, esse tipo de resposta se refere, simplesmente, à massa de ozônio produzida, ma não era essa a pergunta. É importante entender que, embora os valores de massa de ozônio e oxigênio sejam iguais, há algo a mais a explicar, e isso tem que ficar claro. Alguns candidatos se esqueceram de que eram sete máquinas e não apenas uma. Aí está outra forma de se avaliar a leitura. Informações são dadas e devem ser lidas e assimiladas. Escolher as informações relevantes e descartar as desnecessárias faz parte do “fazer ciências”, faz parte do processo científico, e, portanto, também da avaliação. A nota média 2,3 em 4,0 pontos reflete uma boa leitura dos candidatos e também o conhecimento de técnicas de separação, já que o item **a** teve um índice de acertos maior que o item **b**.

**6.** O gás ozônio, empregado como biocida, foi muito utilizado na Olimpíada de Beijing na desinfecção da água do complexo “Water Cube”. Sua estabilidade química depende de alguns fatores, conforme se observa na tabela abaixo. Consta que a temperatura da água das piscinas desse complexo foi mantida a 28 °C para melhorar o desempenho dos atletas, enquanto o ambiente era mantido a 20 °C.

**a)** Considere que, como medida preventiva, parte do gás ozônio fosse produzida com certa antecedência e estocada em botijões dentro do próprio prédio, para ser utilizada em uma emergência. De acordo com os dados fornecidos, depois de quanto tempo a concentração desse gás dentro dos botijões seria igual a 1/8 da concentração de quando o botijão foi preenchido? Justifique sua resposta.

**b)** A partir dos dados da tabela, o que se pode afirmar sobre a estabilidade do ozônio?

Dados:

Ozônio em fase gasosa		Ozônio dissolvido em água	
Temperatura / °C	$t_{1/2}$	Temperatura / °C	$t_{1/2}$
-50	3 meses	15	30 min.
-35	18 dias	20	20 min.
-25	8 dias	25	15 min.
20	2 dias	30	12 min.
120	1,5 horas	35	8 min.

$t_{1/2}$  – tempo de meia vida

## Resposta Esperada

**a) (2 pontos)**

Seis dias. Considerando os dados da tabela, na temperatura ambiente (20 °C), a concentração do ozônio cai pela metade a cada *dois dias*; após *quatro dias* será de 1/4 e após *seis dias* será de 1/8 da concentração inicial, ou seja, três meias vidas.

**b) (2 pontos)**

A estabilidade do ozônio diminui com o aumento da temperatura, como se observa pelo valor de  $t_{1/2}$ . A estabilidade do ozônio é menor em solução, pois, para temperaturas iguais (20 °C, por exemplo), o valor de  $t_{1/2}$  em solução é de 20 min, enquanto na fase gasosa ele é de 2 dias.

## Exemplo Acima da Média

a-) sabe-se que o tempo de meia vida é de 2 dias

Logo  
 $1 \xrightarrow{2 \text{ dias}} \frac{1}{2} \xrightarrow{2 \text{ dias}} \frac{1}{4} \xrightarrow{2 \text{ dias}} \frac{1}{8}$

Então se conclui que após 6 dias o Ozônio que sobra terá  $\frac{1}{8}$  da concentração inicial.

b-) Que o Ozônio é estável quando a temperatura é menor, e que ele é mais estável em fase gasosa do que dissolvido em água.

## Exemplo Abaixo da Média

a) em 20 minutos.

b) Ele segue um padrão de temperatura quando é dissolvido em água, e a sua temperatura é mais elevada no começo do processo.

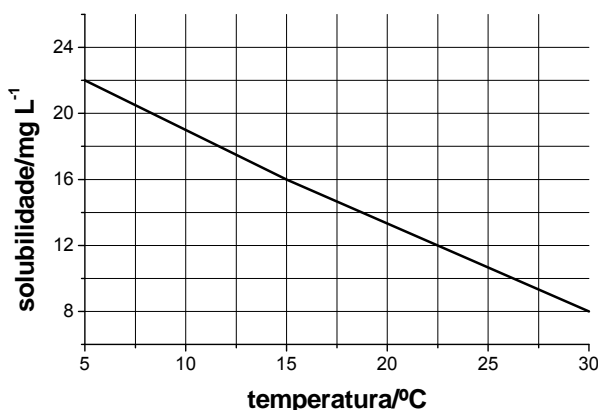
## Comentários

Continuando com o ozônio, essa questão foca o conteúdo de cinética química de uma reação de decomposição bastante relevante, quando o assunto é um possível tratamento de água utilizando esse forte agente oxidante. Na literatura mais recente há controvérsia quanto ao uso dessa substância, que é altamente benéfica na atmosfera superior por bloquear os raios ultravioletas, e altamente maléfica próxima ao solo. Um dos aspectos, nessa questão, é a leitura e interpretação de dados de uma tabela. A questão fornece uma tabela com a velocidade de degradação do ozônio em função da temperatura e em dois meios diferentes. Espera-se uma leitura de tabela, tanto nas colunas como nas linhas, por isso o item **b** não especifica de que forma se deve analisar os dados. Outros dois aspectos relevantes dizem respeito ao tempo de meia vida, cujo conhecimento é exigido, e ao fato de se especificar a temperatura ambiente no texto da questão, o que deve ser usado como informação na elaboração da resposta. A nota média na questão, 2,5 em 4,0, revela que os candidatos mostraram certo domínio desse tipo de linguagem. O item **a** envolve o conceito do tempo de meia vida de uma forma quantitativa. Alguns candidatos, mesmo conhecendo o assunto, insistiram em fazer o cálculo fora do espaço destinado à resolução da questão, colocando somente a resposta "6 dias" nesse espaço. A banca entende que o cálculo é a justificativa da resposta e assim exige que isso seja feito no lugar correto. No item **b**, a resposta mais frequente foi comentar a estabilidade do ozônio somente em função da temperatura e não em função do meio. É importante, que numa comparação, se mencionem os dois aspectos. Quando se afirma, por exemplo, "esse é maior em tal situação", entende-se a comparação. No entanto se a afirmação é: "esse é grande em tal situação", a forma de expressão não está correta. A linguagem em um documento de avaliação deve ser completa, clara, inequívoca e coerente com o que se pergunta. Muitos candidatos respondem por meias palavras como em uma discussão oral, e julgam equivocadamente que podem assim proceder em uma prova escrita, que será julgada por um interlocutor à distância.

7. A figura abaixo mostra a solubilidade do gás ozônio em água em função da temperatura. Esses dados são válidos para uma pressão parcial de 3.000 Pa do gás em contato com a água. A solubilização em água, nesse caso, pode ser representada pela equação:

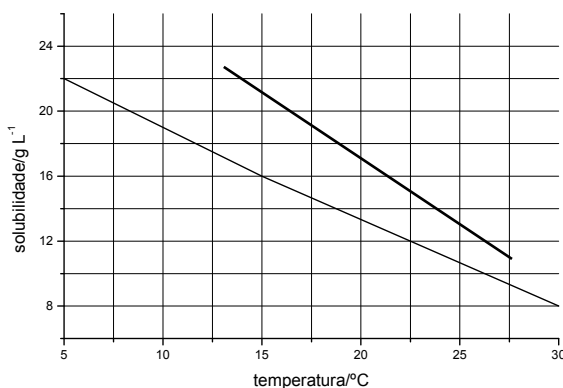


- a) Esboce, na figura apresentada abaixo, um possível gráfico de solubilidade do ozônio, considerando, agora, uma pressão parcial igual a 5.000 Pa. Justifique.
- b) Considerando que o comportamento da dissolução, apresentado na figura abaixo, seja válido para outros valores de temperatura, determine a que temperatura a solubilidade do gás ozônio em água seria nula. Mostre como obteve o resultado.



## Resposta Esperada

a) (2 pontos)



A curva para a pressão de 5.000 Pa está acima daquela para a pressão de 3.000 Pa, pois um aumento da pressão faz aumentar a solubilidade do gás na água.

b) (2 pontos)

Tomando-se um segmento linear da curva, teremos:  $y_1 = a x_1 + b$  e  $y_2 = a x_2 + b$ . Tomando-se, por exemplo, os pares (5;22 e 15;16), teremos:

$$a = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) \rightarrow a = (22 - 16) / (5 - 15) = a = -0,60$$

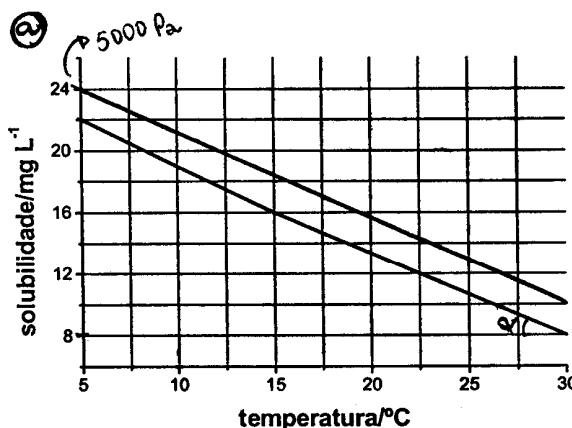
$$b = y_1 - a x_1 \rightarrow b = 22 - (-0,60 \times 5) = b = 25,0$$

Assim, a solubilidade será zero para  $t = 41,7 \text{ °C}$  ( $-0,60 \times t + 25,0$ ).

Observação - Como a solubilidade não varia linearmente de forma perfeita com a temperatura, dependendo do segmento de reta considerado, o resultado pode variar entre 41,0 e 47,0 °C.

Exemplo Acima da Média

a) Para aumentar a pressão parcial, aumenta-se o número de mols do gás oxigênio. Com isso, a concentração da mistura aumenta, elevando também o grau de solubilidade do gás oxigênio em água.



b) Cálculo do coeficiente angular da curva.

$$d = \frac{22-8}{30-5} \rightarrow d = 14$$

c) Cálculo da temperatura x, que mantém o coeficiente angular constante, correspondendo à solubilidade nula.

$$\left. \begin{array}{l} d = 14 \\ 25 \end{array} \right\} d = d' \rightarrow \frac{22}{x-5} = \frac{14}{25} \rightarrow 14x - 70 = 550$$

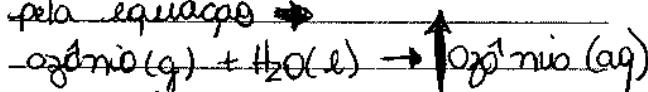
$$\left. \begin{array}{l} d' = \frac{22-0}{x-5} \end{array} \right\} 14x = 620$$

$$\boxed{x = 44,28}$$

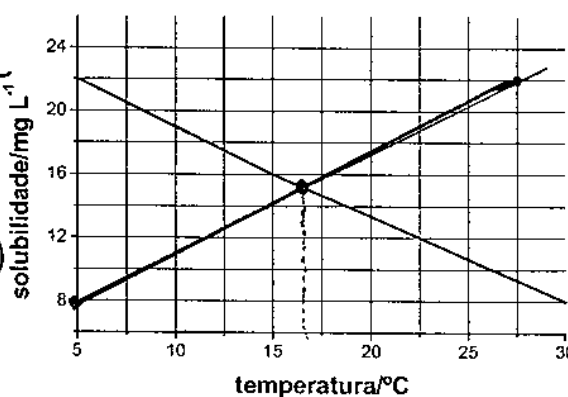
Resposta: a temperatura que corresponde à solubilidade nula é, aproximadamente, 44,28°C.

Exemplo Abaixo da Média

a) Quando aumenta-se a pressão a equação desloca-se para a formação de ozônio aquoso pela equação:



↑ Pressão.



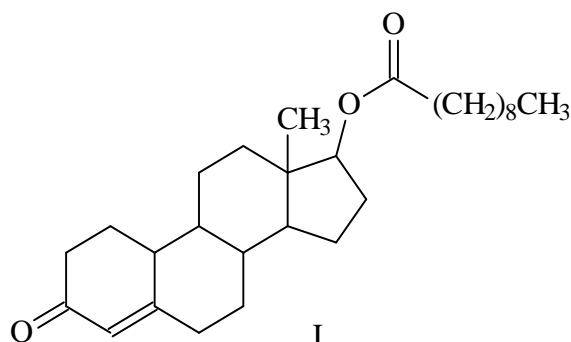
b) temperatura aproximadamente 17,5°C, onde é o encontro das retas de solubilidade.

## Comentários

Ainda tendo o ozônio como exemplo, a questão 7 foca o conteúdo de equilíbrio químico e de solubilidade em função da temperatura, do ponto de vista quantitativo. Essa questão teve uma nota média de 1,4 em 4,0 pontos, o que é um resultado muito ruim, considerando-se a facilidade do assunto. No item **a** pede-se ao candidato para traçar uma possível curva de solubilidade do gás ozônio em água, considerando-se uma pressão parcial de 5.000 Pa, maior, portanto, que aquela da figura fornecida. A equação mostrada no texto da questão leva o candidato a pensar no equilíbrio conforme é visto no ensino médio. O aumento da pressão aumenta a quantidade de gás em solução. Em geral, os candidatos acertaram mais o item **a**, embora muitos tenham errado o desenho da curva pedida, fazendo-a cruzar, em algum ponto, a curva fornecida. O item **b** envolve a obtenção de resultados quantitativos de solubilidade em função da temperatura. A curva traçada não é uma reta e, portanto, diferentes resultados de temperatura são possíveis e corretos. Várias estratégias de cálculo foram utilizadas e poucos candidatos utilizaram a extrapolação gráfica. A extrapolação é uma estratégia possível, mas não desejada no caso, já que propositadamente a figura é colocada na parte esquerda do espaço para resolução. As estratégias de cálculo variaram entre triangulação, equação da reta e proporção.

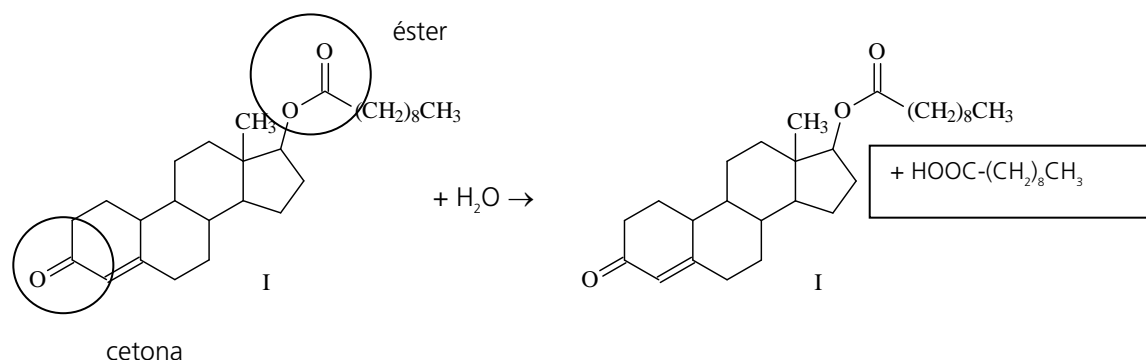
**8.** Um dos pontos mais polêmicos na Olimpíada de Beijing foi o *doping*. Durante os jogos foram feitos aproximadamente 4.600 testes, entre urinários e sanguíneos, com alguns casos de *doping* confirmados. O último a ser flagrado foi um halterofilista ucraniano, cujo teste de urina foi positivo para nandrolona, um esteróide anabolizante. Esse esteróide é comercializado na forma decanoato de nandrolona (I), que sofre hidrólise, liberando a nandrolona no organismo.

- a)** Na estrutura I, identifique com um círculo e nomeie os grupos funcionais presentes.
- b)** Complete a equação química da reação de hidrólise do decanoato de nandrolona, partindo da estrutura fornecida.



## Resposta Esperada

**a) (2 pontos)**

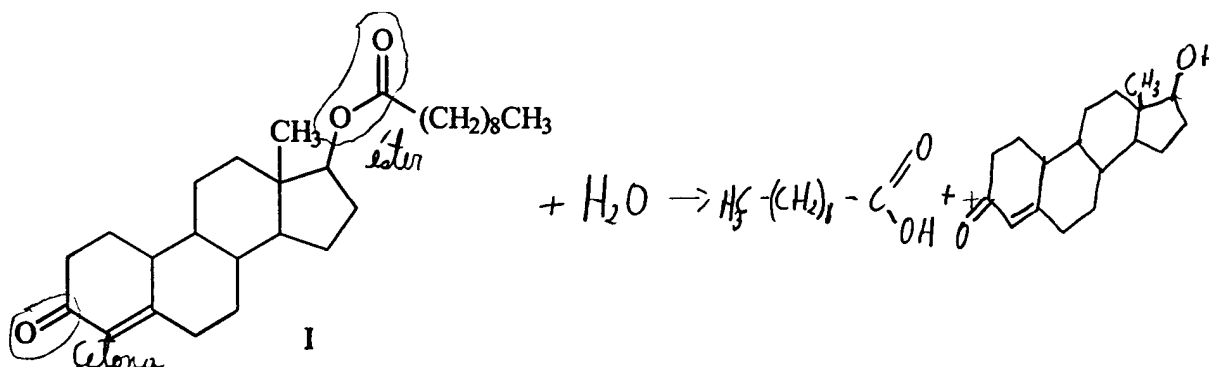


Observação: Serão considerados válidos, como nomes dos grupos, *éster*, *cetona* ou *carbonila*.

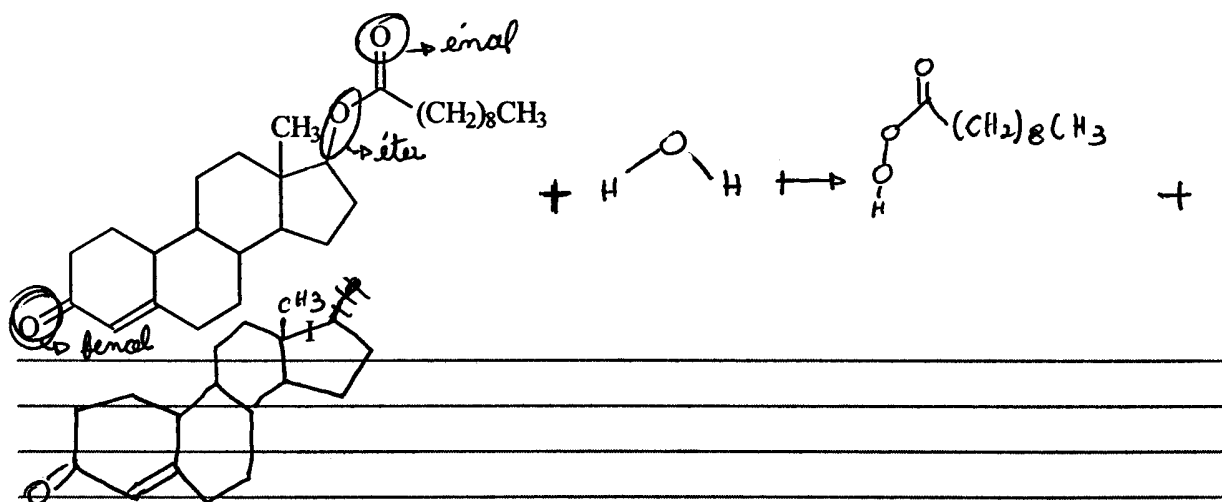
b) (2 pontos)

Resposta já contemplada no esquema acima.

## Exemplo Acima da Média



## Exemplo Abaixo da Média



## Comentários

O *doping* é uma questão muito relevante para se discutir em sala de aula e a banca cuidou para que esse tema aparecesse, pois há casos recentes de atletas olímpicos brasileiros flagrados em exame *antidoping*. A questão torna-se mais séria no caso das academias de musculação. O uso de anabolizantes por jovens atletas praticantes dessa modalidade esportiva é um fato frequente e preocupante. Os frequentadores de academias de musculação são nossos alunos de ensino médio e universitário e por isso a questão se reveste de muita importância. Nessa olimpíada, os casos relatados foram muito poucos, cerca de 8 ou 9, mais por medidas prévias de exclusão de atletas, do que por mudança de critérios. O item **a** da questão trata do reconhecimento de funções orgânicas ou grupos funcionais, um tópico bastante significativo no ensino médio em vista do pouco tempo dedicado à química orgânica. Em geral os candidatos responderam bem ao item **a**. Os maiores problemas surgiram pela falta de clareza na resposta. Nesse caso, foi bastante frequente o candidato sinalizar os grupos funcionais e nomeá-los, sem, porém, indicar quem era quem. O item **b** foi menos respondido e, apesar de a fórmula molecular fornecida ser muito complexa, a parte que interessa para se definir a reação química e a sua equação diz respeito à função éster. Trata-se de uma reação de hidrólise, muito presente em vários segmentos naturais e de significativa aplicação industrial. Não houve um erro mais frequente nas respostas ao item **b** que mereça ser comentado. A nota média de 1,9 em 4,0 pontos reflete muito mais o acerto na resposta ao item **a** do que ao item **b** da questão.



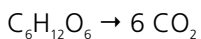
**9.** O nadador Michael Phelps surgiu na Olimpíada de Beijing como um verdadeiro fenômeno, tanto pelo seu desempenho quanto pelo seu consumo alimentar. Divulgou-se que ele ingere uma quantidade diária de alimentos capaz de lhe oferecer uma energia de 50 MJ. Quanto disto é assimilado, ou não, é uma incógnita. Só no almoço, ele ingere um pacote de macarrão de 500 gramas, além de acompanhamentos.

- a)** Suponha que o macarrão seja constituído essencialmente de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), e que, no metabolismo, toda essa glicose seja transformada em dióxido de carbono e água. Considerando-se apenas o metabolismo do macarrão diário, qual é a contribuição do nadador para o efeito estufa, em gramas de dióxido de carbono?
- b)** Qual é a quantidade de energia, em kJ, associada à combustão completa e total do macarrão (glicose) ingerido diariamente pelo nadador?

Dados de entalpia de formação em  $\text{kJ mol}^{-1}$ : glicose = -1.274, água = -242, dióxido de carbono = -394.

### Resposta Esperada

**a) (2 pontos)**

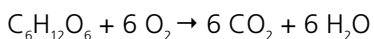


$$180 \text{ g} \rightarrow 6 * 44$$

$$500 \text{ g} \rightarrow m$$

$$m = 733 \text{ g de } CO_2$$

**b) (2 pontos)**



$$-1.274 \quad 0 \quad 6*-394 \quad 6*-242 \quad \Delta rH = - 2.364 - 1.452 + 1.270$$

$$\Delta rH = - 2.542 \text{ kJ/ mol}$$

$$180 \text{ g} \rightarrow 2.542 \text{ kJ}$$

$$500 \text{ g} \rightarrow E$$

$$E = 7.061 \text{ kJ}$$

Exemplo Acima da Média

A) Como a digestão do macarrão é dada pela combustão da glicose, temos:



$$180g \text{ glicose} \quad \text{---} \quad 6,44g \text{ gás carbônico}$$

$$500g \quad \text{---} \quad x$$

$$x = \frac{500 \cdot 6,44}{180} \approx 2147,78 \text{ g de gás carbônico}$$

é a contribuição do atleta para o efeito estufa.

B) Como a energia proveniente da combustão completa do macarrão é dada por  $\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$ , temos:

$$\Delta H = 6 \cdot (-394) + 6 \cdot (-242) - (-1274)$$

$$\Delta H = -2364 - 1452 + 1274$$

$\Delta H = -2542 \text{ kJ}$  de energia são produzidos nesta reação para cada mol de glicose consumido.

Como:  $2542 \text{ kJ} - 180g \text{ glicose}$

$$x \leftarrow 500g$$

$$x \approx 4060 \text{ kJ} \text{ produzidos diariamente pelo macarrão digerido}$$

Exemplo Abaixo da Média

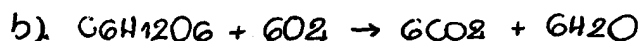
a) Supondo-se que eu consuma macarrão no almoço e na janta, eu ingiro 1000g diariamente, então:



$$180g \quad \quad \quad 6,44g$$

$$1000g \quad \quad \quad x$$

$$x \approx 1406g$$



$$-1274 \quad \quad 0 \quad \quad 6 \cdot (-394) \quad 6 \cdot (-242)$$

$$\Delta H = [(-1452) + (-2364)] - [(-1274)]$$

$$\Delta H = [-3816] - [-1274]$$

$$\Delta H = -3816 + 1274$$

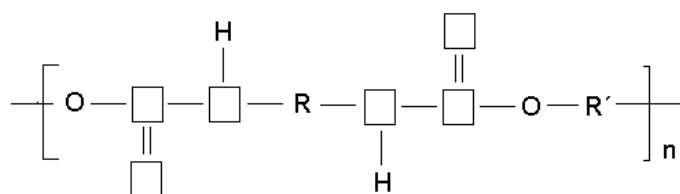
$$\Delta H = -2542 \text{ kJ/mol}$$

## Comentários

Muito se comentou na imprensa a respeito do nadador Michael Phelps. Seu alto desempenho na competição, ao conquistar 8 medalhas de ouro, justifica essa visibilidade na mídia. No entanto, muita coisa também se especulou sobre os porquês desse desempenho. Muitos atribuíram o fato à sua alta ingestão de alimentos, o que, na opinião da banca, não faz o menor sentido. Uma revista nacional de grande circulação publicou uma reportagem em que considera que a correlação desempenho/alimentação parece ser a mais correta. Assimilar o equivalente 50 MJ de energia diariamente não parece ser sensato para ninguém - tudo é calculado em função do que se ingere e de quanto é absorvido por uma pessoa normal, no entanto, o metabolismo é muito dependente de cada organismo e da quantidade de alimentos ingerida. O item **a** da questão focaliza novamente o efeito estufa, muito relevante hoje em dia, mostrando que no dia a dia há muitas formas de se contribuir para esse efeito. Trata-se de um cálculo estequiométrico em que a maior dificuldade é escrever a equação química, o que não é uma exigência para a resolução do item **a**. Basta verificar que cada molécula de glicose, na combustão completa, origina seis moléculas de dióxido de carbono. Na resolução é necessário saber a fórmula molecular do dióxido de carbono e também saber calcular massas molares. Não há nenhum dado característico a apontar nas respostas dos candidatos a esse item. O item **b** trata de um exercício de termoquímica, envolvendo o conhecimento de entalpias de formação. De forma geral, questões envolvendo termoquímica são as mais discriminatórias na prova de química. Esse assunto traz dificuldades conceituais, de cálculo estequiométrico e matemático já que, invariavelmente, envolve números muito grandes. Nessa prova não foi diferente: a nota média de 1,5 em 4,0 pontos reflete a dificuldade, já que boa parte desse resultado se deveu ao acerto do item **a**. Para os candidatos que responderam ao item **b** mostrando que dominam o assunto, um erro frequente foi não considerar a massa de 500 gramas após fazer o cálculo da variação entalpia molar da reação. Mais uma vez, o fato revela certa desatenção na leitura das informações.

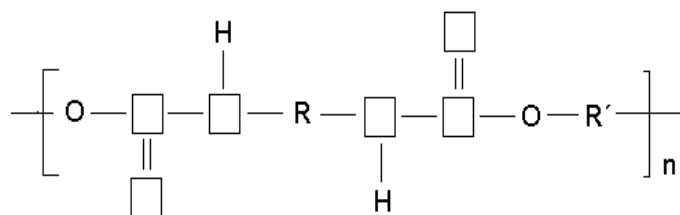
**10.** Um maiô produzido com material polimérico foi utilizado pela maioria dos competidores de natação em Beijing. Afirma-se que ele oferece uma série de vantagens para o desempenho dos nadadores: redução de atrito, fluabilidade, baixa absorção de água, ajuste da simetria corporal e melhoria de circulação sanguínea, entre outras. O tecido do maiô é um misto de náilon e elastano, esse último, um copolímero de poliuretano e polietilenoglicol.

- a)** A cadeia do poliuretano a que se refere o texto está parcialmente representada abaixo. Preencha os quadrados com símbolos atômicos, selecionados entre os seguintes: H, F, U, C, N, O, S, Sn.
- b)** O náilon, que também forma o tecido do maiô, pode ser obtido por reações entre diaminas e ácidos dicarboxílicos, sendo a mais comum a reação de hexametilenodiamina e ácido adípico. De acordo com essas informações, seria possível utilizar o ácido láctico, citado na questão nº 3, para se preparar algum tipo de náilon? Justifique.



## Resposta Esperada

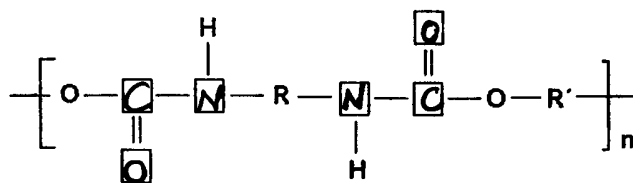
a) (2 pontos)



b) (2 pontos)

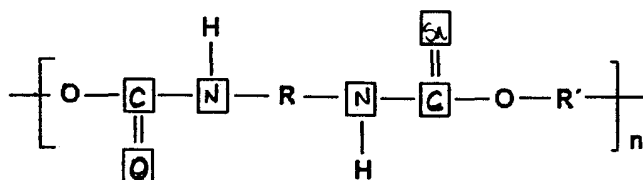
Não. O ácido láctico não poderia ser usado para produzir um tipo de náilon, pois conforme o texto da questão, a reação requer um ácido dicarboxílico e o ácido láctico é um ácido monocarboxílico.

## Exemplo Acima da Média



ⓑ) O ácido láctico não poderia ser utilizado para se preparar algum tipo de náilon, visto que ele é um ácido carboxílico simples e não um ácido dicarboxílico, como é necessário para a formação do náilon. O ácido láctico contém apenas um grupo  $\text{COOH}$ , enquanto que para a polimerização por condensação necessita de dois desses mesmo grupo na mesma molécula.

## Exemplo Abaixo da Média



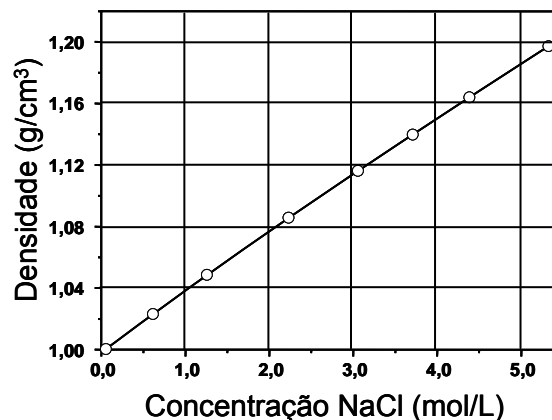
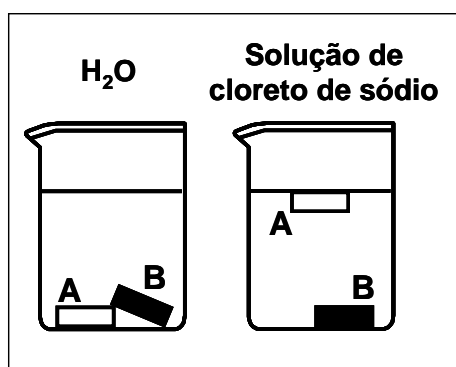
b) Não, não é possível obter náilon a partir do ácido láctico, dado na questão três pois este ácido não possui átomos de nitrogênio, apenas carbonos, oxigênio e hidrogênio não podendo originar funções carbônicas que não sejam álcoois, aldeídos, átomos de ácidos carboxílicos.

## Comentários

Essencialmente, essa questão trata de dois assuntos bastante importantes. O item **a** pede que se reconheça, entre os elementos químicos fornecidos, aqueles que podem efetuar duas, três ou quatro ligações químicas. Dos sete elementos químicos fornecidos, dois chamam bastante a atenção, pois foram muito utilizados pelos candidatos que não dominavam o assunto. Como no texto aparecem as palavras elastano e poliuretano, os elementos Sn e U podem trazer alguma confusão para aqueles que não dominam o assunto. Isso foi observado nas respostas de muitos candidatos. O item **b** é mais um exemplo de questão que exige leitura atenta, e também conhecimento de funções orgânicas. O item cita uma substância cuja fórmula molecular é fornecida na questão 3, o que exige certa atenção do candidato na leitura. O item **b** envolve um assunto bastante simples, não trazendo muitas dificuldades. A nota média de 2,5 em 4,0 pontos reflete essa facilidade. Essa foi uma das questões com maior média na prova. Há que se ressaltar que foi bastante frequente se responder que o ácido láctico não se presta para produzir o náilon por ser de origem orgânica enquanto que o polímero é sintético. Esse tipo de resposta reflete o antigo conceito de "força vital", anterior à produção da uréia em laboratório.

**11.** Na construção do Centro Olímpico de Tianjin, onde ocorreram os jogos de futebol, o teto foi construído em policarbonato, um polímero termoplástico menos denso que o vidro, fácil de manusear, muito resistente e transparente à luz solar. Cerca de 13.000 m<sup>2</sup> de chapas desse material foram utilizados na construção.

- a) A figura abaixo ilustra a separação de uma mistura de dois polímeros: policarbonato (densidade 1,20 g/cm<sup>3</sup>) e náilon (densidade 1,14 g/cm<sup>3</sup>). Com base na figura e no gráfico identifique os polímeros A e B. Justifique.
- b) Qual deve ser a **concentração mínima** da solução, em gramas de cloreto de sódio por 100 gramas de água, para que se observe o que está representado na figura da esquerda?



## Resposta Esperada

a) (2 pontos)

O polímero **A** é o náilon e o **B** é o policarbonato. O polímero mais denso submerge na solução de NaCl, e este é o policarbonato. Isso ocorre porque a solução salina deve ter uma densidade intermediária entre 1,14 e 1,20 g/cm<sup>3</sup>.

b) (2 pontos)

- A solução deve ter uma densidade mínima de 1,14 g/cm<sup>3</sup>. De acordo com o gráfico, essa solução tem uma concentração igual a 3,7 mol/L.
- Em 1 litro dessa solução há uma massa igual a 1.140 g (1000 x 1,14).
- Nessa solução há 3,7 mols de NaCl, o que corresponde a uma massa de 216 g de NaCl (3,7 x 58,5).
- Então a massa de água = massa de solução – massa de soluto = 924 g (1.140 – 216)
- A quantidade de NaCl em 100 g de água é igual a 23,4 g (216 x 100 / 924).

Observação: Em razão da imprecisão do gráfico, o valor de concentração está numa faixa entre 23,4 e 24,2 gramas de NaCl em 100 g de água.

Exemplo Acima da Média

a) Do gráfico tiramos a informação que com adição de NaCl a densidade da solução aumenta. Na figura dos líquidos vemos que com NaCl os líquidos o polímero A flutua, isso significa que sua densidade é menor do que a solução, enquanto B está no fundo indicando sua densidade maior. Logo portanto conclui-se que o polímero A é o náilon e o B é o poliacrilato.

b) Do gráfico pega-se a densidade um pouco acima de  $1,14 \text{ g/cm}^3$  pois que A flutua. A concentração de NaCl corresponde aproximadamente a  $3,75 \text{ mol/L}$

$$\frac{3,75 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ L H}_2\text{O}} \times \frac{58,5 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} \times \frac{1 \text{ L H}_2\text{O}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} \Rightarrow \frac{22 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g H}_2\text{O}}$$

m. molar
densidade

22 g NaCl concentração mínima  
100 g H<sub>2</sub>O

Exemplo Abaixo da Média

a)  $d = \frac{g}{\text{cm}^3}$

$d = \frac{g}{\text{L}} \therefore 1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ L}$

$\therefore d = \frac{g}{\text{mol}} \rightarrow$  constância e unidade são direta-  
 mente proporcionais

$3 = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \rightarrow 1,12 = \frac{g}{\text{L}} \rightarrow$

Comentários

Essa é outra questão que envolve leitura de gráfico e figura, exigindo, no entanto, respostas pouco dependentes dessa leitura. O item **a** trata de densidade e empuxo (flutuabilidade). Em geral, a nota média conseguida na questão, 1,5 em 4,0 pontos, se deveu, em grande parte, ao acerto na resposta ao item **a**. Os candidatos não tiveram muita dificuldade nesse item, a não ser pelo fato de não citarem o uso de uma solução de cloreto de sódio de densidade intermediária em relação às dos dois polímeros. O item **b**, no entanto, revelou a enorme dificuldade dos candidatos em transformar uma concentração em outra. A grande maioria dos candidatos que atribuiu à concentração mínima o valor de densidade igual a  $1,4 \text{ g/cm}^3$  encontrou o valor correto de concentração em mol/L, mas não conseguiu transformá-la em massa do soluto por 100 g de água. A banca acredita que pode estar havendo, em algum momento do ensino, uma tendência em se considerar a densidade de soluções aquosas iguais à da água, como forma de simplificação, o que pode ter levado esse excessivo número de candidatos a fazer esse tipo de aproximação. O passo crucial na resolução correta desse item é perceber que o que se deseja é uma concentração em função da massa do solvente e que essa grandeza tem que ser obtida. Como comentamos anteriormente, muitos candidatos esqueceram-se da definição de concentração em mol por volume de solução, tomando-a como mol por volume de solvente, grandeza pouco comum na Química. A banca tinha percepção de que o item **b** seria de grande dificuldade para os candidatos, o que se confirmou: esse item teve o menor índice de acerto em toda a prova.

**12.** Enquanto o jamaicano Usain Bolt utilizava suas reservas de PCr e ATP para “passear” nos 100 e 200 m, o queniano Samuel Kamau Wansiru utilizava suas fontes de carboidratos e gorduras para vencer a maratona. A estequiometria do metabolismo completo de carboidratos pode ser representada por  $1\text{CH}_2\text{O}:1\text{O}_2$ , e a de gorduras por  $1\text{CH}_2:1,5\text{O}_2$ . O gráfico 1 mostra, hipoteticamente, o consumo percentual em massa dessas fontes em função do tempo de prova para esse atleta, até os 90 minutos de prova. O gráfico 2 mostra a porcentagens de energia de cada fonte em função da %VO<sub>2</sub> máx.

- a) Considere que, entre os minutos 60 e 61 da prova, Samuel Kamau tenha consumido uma massa de 2,20 gramas, somando-se carboidratos e gorduras. Quantos mols de gás oxigênio ele teria utilizado nesse intervalo de tempo?
- b) Suponha que aos 90 minutos de prova Samuel Kamau estivesse correndo a 75 % de seu VO<sub>2</sub> máx e que, ao tentar uma “fuga”, passasse a utilizar 85 % de seu VO<sub>2</sub> máx. Quais curvas (1,2,3,4,5,6) melhor representariam as porcentagens em massa de carboidratos e gorduras utilizadas, a partir desse momento? Justifique.

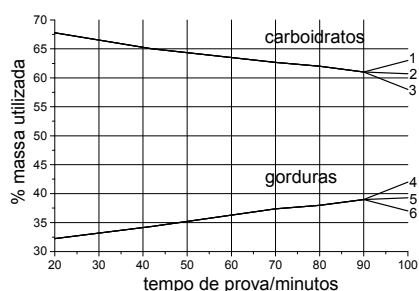


Gráfico 1

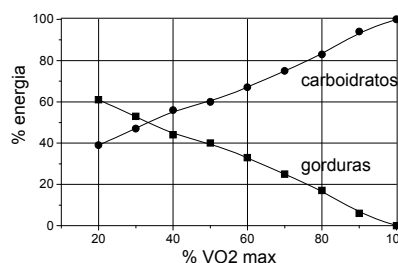


Gráfico 2

**Observações não necessárias à resolução:** 1- VO<sub>2</sub> máx é um parâmetro que expressa o volume máximo de oxigênio consumido por quilograma de massa corporal do atleta por minuto sob determinada condição bioquímica. 2- Samuel Kamau não tentou a aludida “fuga” aos 90 minutos de prova. 3- Os gráficos são ilustrativos.

## Resposta Esperada

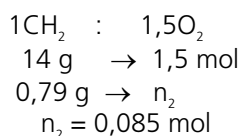
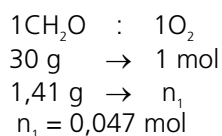
a) (2 pontos)

De acordo com o gráfico 1, aos 60 minutos a porcentagem de uso de carboidratos é de 64%. Portanto, a massa de carboidratos utilizada no intervalo de tempo é de 1,41 g ( $0,64 \times 2,20$ ), e a de gorduras 0,79 g ( $2,20 - 1,41$ ).

Assim, teremos:

O<sub>2</sub> consumido pelos carboidratos

O<sub>2</sub> consumido pelas gorduras



O<sub>2</sub> total 0,132 mols ( $0,047 + 0,085$ )

Observação: Pequenas diferenças na leitura do gráfico 1 levam a pequenas variações nos resultados. O valor esperado para a quantidade de O<sub>2</sub> consumido está na faixa de 0,132 a 0,133 mols.

b) (2 pontos)

De acordo com o gráfico 2, ao aumentar seu VO<sub>2</sub>, o corredor aumenta o consumo de carboidratos e diminui o de gorduras. Assim, a curva 1 representaria a porcentagem em massa de carboidratos e a curva 6 a de gorduras.

Exemplo Acima da Média

a) Segundo o gráfico:

em 60 min.	64% carboidratos - 1,3g	1 CH <sub>2</sub> O = 30g
	36% gorduras - 0,9g	CH <sub>2</sub> = 14g
	30g CH <sub>2</sub> O - 32g O <sub>2</sub>	14g CH <sub>2</sub> - 48g O <sub>2</sub>
	1,3g - x	0,9g - x
	x ≈ 1,3g O <sub>2</sub>	x ≈ 3,06g O <sub>2</sub>
		M O <sub>2</sub> ≈ 4,36g
		1 mol O <sub>2</sub> - 32g
		x - 4,36g
		x ≈ 0,13 mol

b) Se aumentar a % VO<sub>2</sub> máx. diminui a % de energia oriunda da gordura e aumenta essa % em relação ao carboidrato portanto as curvas seriam 1 e 6.

Exemplo Abaixo da Média

a) Do gráfico temos que nesse intervalo foram usados:

36% massa de gordura ≈ 0,9g ×  $\frac{1 \text{ mol CH}_2\text{O}}{30 \text{ g CH}_2\text{O}}$  ×  $\frac{1 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol CH}_2\text{O}}$  ≈ 0,03 mol O<sub>2</sub>

64% massa de carboidrato ≈ 1,4g ×  $\frac{1 \text{ mol CH}_2}{14 \text{ g CH}_2}$  ×  $\frac{1,5 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol CH}_2}$  ≈ 0,15 mol O<sub>2</sub>

total ≈ 0,18 mol O<sub>2</sub>

R: Ele teria utilizado aproximadamente 0,18 mol O<sub>2</sub>.

b) As curvas 1 e 6 representam melhor a situação. O uso de carboidratos na obtenção de energia utiliza mais quantidade utiliza mais quantidade de O<sub>2</sub> (1,5 mais que a gordura). Pelo gráfico vemos que a 85% de VO<sub>2</sub> máx os carboidratos fornecem maior % de energia.

Comentários

Essa questão envolve a leitura de gráficos, com um complicador: exige a leitura de um gráfico e depois sua correlação com outro gráfico. A questão trata de uma grandeza não vista no ensino médio, VO<sub>2</sub>máximo, um parâmetro bioquímico bastante importante no preparo e avaliação de atletas. O item a focaliza cálculo estequiométrico de uma forma não convencional, já que apresenta equações químicas com fórmulas mínimas para a combustão de gorduras e carboidratos. Em geral, os candidatos não tiveram dificuldade em visualizar essa forma de apresentação. A grande maioria dos candidatos, que domina o assunto estequiometria, conseguiu resolver bem o item a. Esse item e o item b da questão 11, podem ser considerados os únicos com cálculos matemáticos mais demorados, pois envolvem três passos na resolução. O item b exige a leitura dos dois gráficos fornecidos o que, na opinião inicial da banca elaboradora, seria bastante complexo. No entanto os candidatos mostraram certa facilidade ao justificar suas respostas. O item b foi responsável, em grande parte, pela pontuação dos candidatos. De alguma forma, procura-se mostrar, também, sob o olhar da bioquímica, uma das diferenças entre corredores de curta e longa distâncias. Esse tópico parece ser bem interessante para ser discutido em sala de aula, uma vez que permite uma interdisciplinaridade produtiva entre a química e a biologia. A nota média 1,1 em 4,0 pontos reflete o fato de a questão 12 ter um texto mais complexo e estar no final da prova.