



# QUÍMICA

Volume 06



# Sumário - Química

## Frente A

- 11      03 Propriedades coligativas  
Autor: Marcos Raggazzi

- 12      15 Coloides  
Autor: Marcos Raggazzi

## Frente B

- 11      21 Eletrólises e Leis de Faraday  
Autor: Marcos Raggazzi

- 12      31 Reações nucleares  
Autor: Marcos Raggazzi

## Frente C

- 21      43 Constantes de equilíbrio  
Autores: Marcos Raggazzi  
Fabiano Guerra

- 22      53 Equilíbrio iônico  
Autor: Marcos Raggazzi

- 23      61 Solução-tampão e hidrólise salina  
Autor: Marcos Raggazzi

- 24      67 Equilíbrio de solubilidade  
Autor: Marcos Raggazzi

## Frente D

- 21      71 Polímeros  
Autor: Marcos Raggazzi

- 22      81 Biomoléculas  
Autores: Ívina Paula  
Marcos Raggazzi

- 23      99 Química ambiental I  
Autor: Marcos Raggazzi

- 24      113 Química ambiental II  
Autor: Marcos Raggazzi

# QUÍMICA

## Propriedades coligativas

MÓDULO

11

FRENTE  
A

As propriedades coligativas correspondem a alterações nas propriedades de um solvente (líquido puro) devido à adição de um soluto não volátil.

As propriedades coligativas não dependem da natureza do soluto, molecular ou iônico, mas sim da quantidade de partículas dispersas no solvente após a sua dissolução. Por isso, serão estudadas as propriedades de soluções ideais, cujas interações intermoleculares soluto-soluto, solvente-solvente e soluto-solvente são iguais. É certo que esses sistemas não existem, contudo, soluções com concentrações inferiores a  $1 \times 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup> apresentam comportamento próximo ao ideal.

São propriedades coligativas a tonoscopia, a ebullioscopia, a crioscopia e a osmose.

### CONCEITOS BÁSICOS

#### Pressão Máxima de Vapor (P.M.V.)

Em aulas práticas de imunologia, quando é necessário anestesiar um rato para realizar um transplante de pele, utiliza-se um algodão embebido em éter sulfúrico, que é um excelente anestésico. Sendo o éter sulfúrico um líquido muito volátil, ao se colocar o algodão próximo ao focinho do animal, este logo estará anestesiado, respirando os vapores do éter.

Ao contrário do éter, o óleo de cozinha e os óleos lubrificantes são líquidos pouco voláteis. Os óleos lubrificantes, por exemplo, conseguem resfriar o motor dos veículos (além de lubrificá-los), permanecendo líquidos mesmo em altas temperaturas.

Pode-se analisar a volatilidade dos líquidos desde que se saiba sua massa molar, suas forças intermoleculares e seu tipo de cadeia carbônica (em compostos orgânicos).

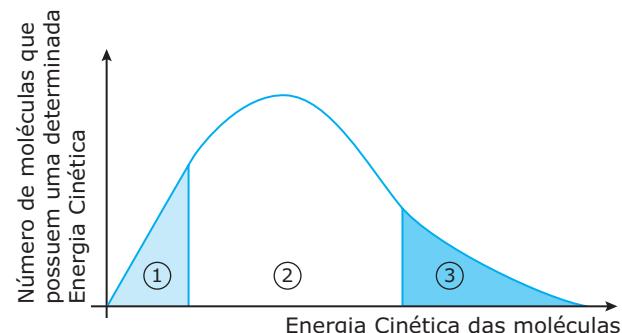
Se as forças intermoleculares são muito intensas, como é o caso das ligações de hidrogênio, a substância é pouco volátil, quando comparada com outras substâncias de massas molares próximas e de forças intermoleculares menos intensas.

**Exemplos:** Água e glicerina.

Já em relação ao éter sulfúrico, formado por moléculas fracamente polares, suas forças intermoleculares são do tipo dipolo-dipolo (mais fracas que as ligações de hidrogênio), o que justifica a elevada volatilidade dessa substância.

Ao se comparar líquidos diferentes, a uma mesma temperatura, observam-se diferentes volatilidades.

Um líquido é formado por moléculas espalhadas por toda a sua extensão. A distribuição de energia cinética entre essas moléculas encontra-se no gráfico a seguir:



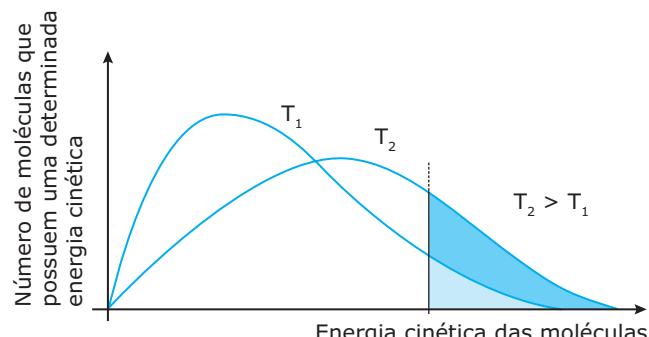
1 ⇒ Fração de moléculas com energia baixa

2 ⇒ Fração de moléculas com energia mediana

3 ⇒ Fração de moléculas com energia alta

A área abaixo da curva indica a fração de moléculas com determinada quantidade de energia. Observe que a maioria das moléculas do líquido possui energia mediana, uma pequena parte possui energia baixa e outra pequena parte possui energia alta.

Essa distribuição de energia é alterada pela variação da temperatura. Quanto maior for a temperatura, maior será o número de moléculas que possuem alta energia. Observe o gráfico a seguir:



Espontaneamente, as moléculas do líquido que se encontram na sua superfície e que possuem alta quantidade de energia saem do estado líquido e passam para o estado de vapor (vaporização).

A pressão de vapor de um líquido corresponde à pressão exercida pelo vapor (formado a partir do líquido) sobre sua superfície.

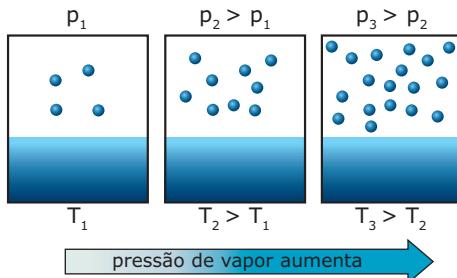
Quando o sistema é fechado, essas moléculas se chocam contra as paredes do recipiente e também contra a superfície do líquido, exercendo sobre elas determinada pressão, denominada pressão de vapor. Porém, algumas dessas moléculas voltam para o estado líquido (condensação).



Com o passar do tempo, o número de moléculas no estado de vapor aumenta até que seja estabelecido um equilíbrio dinâmico entre os processos de vaporização e de condensação (a velocidade de vaporização é igual à velocidade de condensação). Nesse ponto, a pressão que o vapor exerce sobre as paredes do recipiente que o contém e sobre a superfície do líquido não se altera. Essa é a maior pressão que as moléculas do vapor podem exercer, em uma dada temperatura, a qual é denominada pressão máxima de vapor, P.M.V.

P.M.V. é a pressão exercida pelas moléculas do vapor de determinado líquido, a uma dada temperatura, no estado de equilíbrio entre a vaporização e a condensação.

A P.M.V. depende da temperatura em que se encontra o líquido. Logo, quanto maior for a temperatura, maior será a P.M.V.



Quando se aquece um líquido, suas moléculas apresentam aumento na energia cinética média, o que favorece a vaporização, aumentando a pressão de vapor.

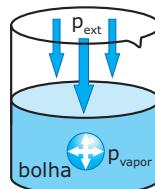
## Ebulição de um líquido

Um líquido entra em ebulição quando seus vapores conseguem vencer a pressão da massa de ar sobre o líquido, ou seja, quando conseguem vencer a pressão atmosférica ( $p_{atm}$ ).

$$P.M.V. = p_{atm}$$

Quanto maior for a pressão ambiente, maior terá de ser a P.M.V. para que o líquido entre em ebulição. Em outras palavras, maior deverá ser a temperatura necessária para igualar a P.M.V. à  $p_{atm}$ .

Observe o esquema a seguir sobre a ebulição da água.



Quando a pressão atmosférica (externa) é igual a 1 atm, a temperatura de ebulição medida é a temperatura normal de ebulição do líquido. Por exemplo, a temperatura normal de ebulição da água é 100 °C, porque a água pura ferve nessa temperatura somente quando a pressão atmosférica é igual a 1 atm.

Em uma panela de pressão, a maior parte do vapor formado pela vaporização fica retida em seu interior, resultando em aumento da pressão sobre a superfície do líquido, o que faz com que a água entre em ebulição a uma temperatura acima de 100 °C. Quanto maior for a temperatura da água durante a ebulição, mais rapidamente os alimentos serão cozidos.

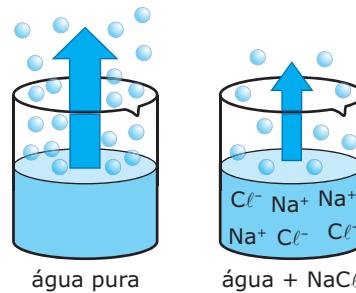
O aumento da pressão explica o porquê de um ovo ser cozido mais rapidamente no Rio de Janeiro do que em Brasília, visto que a pressão atmosférica em Brasília é menor do que 1 atm. Assim, em La Paz (Bolívia), cidade de elevada altitude, a pressão atmosférica é bem menor do que 1 atm. Por isso, a cocção de alimentos, nessa cidade, é muito mais lenta do que em Santos, por exemplo.

## TONOSCOPIA

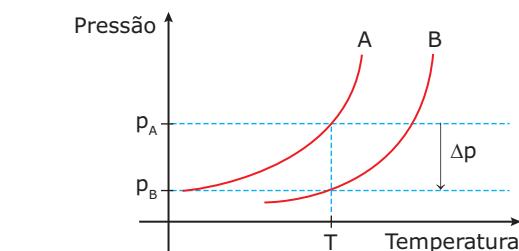
Quando se adiciona um soluto não volátil a um solvente puro, à temperatura constante, observa-se um fato interessante: ocorre a diminuição da quantidade de vapor formado.

No sistema formado, existem interações entre as partículas do soluto e as espécies químicas do solvente. Contudo, essas interações não são os principais fatores que justificam a diminuição da quantidade de vapor formado. Ao se formar uma solução, ocorre o aumento do grau de desordem do sistema, ou seja, da entropia e, consequentemente, a diminuição da energia livre, aumentando, assim, a estabilidade do sistema.

Portanto, a quantidade de vapor formado depende da quantidade de soluto dissolvido.



Ao se comparar a pressão de vapor do solvente puro com a de um solvente em solução, verifica-se que a P.M.V. do solvente puro é maior, pois não existem partículas de soluto dissolvidas (ver gráfico).



A → solvente puro

B → solução

Ao abaixamento da pressão de vapor do solvente, devido à adição de um soluto não volátil, dá-se o nome de efeito tonoscópico.

## EBULIOSCOPIA

A presença de um soluto não volátil em uma solução dificulta a ebulação do solvente.

Por exemplo, quando se dissolve etilenoglicol na água do radiador de um veículo, verifica-se que a água continua líquida, mesmo em temperaturas acima de 100 °C. Isso é importante porque a água continua a refrigerar o motor sem entrar em ebulação.

Pode-se explicar esse aumento na temperatura de ebulação da água observando que o aumento das partículas do soluto em solução diminui a quantidade de vapor produzido pelo solvente, diminuindo a P.M.V. Logo, as moléculas do solvente necessitarão de mais energia para escaparem da fase líquida, a fim de que a P.M.V. se iguale à pressão ambiente.

Ao aumento da temperatura de ebulação do solvente, devido à adição de um soluto não volátil, dá-se o nome de efeito ebulioscópico.

## CRIOSCOPIA

A dissolução de um soluto não volátil também dificulta o congelamento do solvente em uma solução.

Ao se dissolver um soluto não volátil em um solvente, ocorre a diminuição da temperatura de congelamento devido ao aumento da estabilidade do sistema em função do aumento da entropia. Dessa forma, é necessário retirar mais energia térmica para promover o congelamento da solução.

O etilenoglicol citado anteriormente também é adicionado em motores de veículos em países de clima frio para evitar o congelamento da água. No processo de congelamento, a água sofre expansão, o que aumentaria a pressão nas paredes do motor e poderia levá-lo a rachar.

Mesmo que a temperatura ambiente atinja -60 °C, a água permanece no estado líquido, dependendo da quantidade de soluto dissolvido.

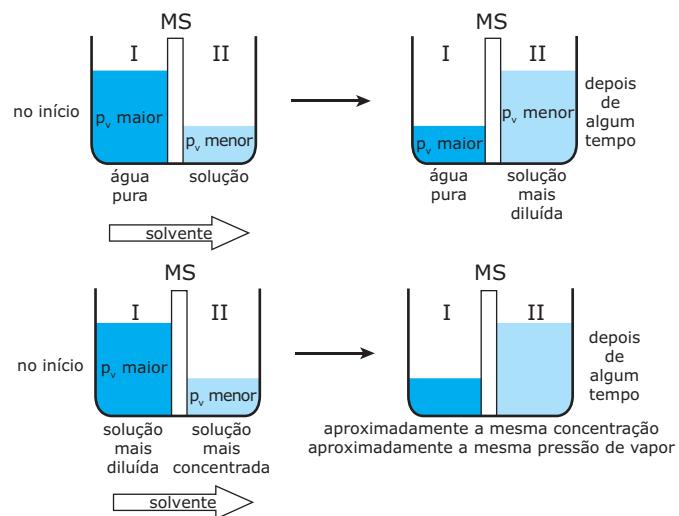
Em países de clima frio, para evitar que a água congele e forme uma camada muito lisa sobre o asfalto, é colocado sal comum para abaixar a temperatura de congelamento da água.

À diminuição da temperatura de congelamento do solvente, devido à adição de um soluto não volátil, dá-se o nome de efeito crioscópico.

## OSMOSE

Quando uma substância solúvel, como o cloreto de sódio, é adicionada à água, ela espalha-se uniformemente. Esse processo é denominado difusão. Da mesma forma, quando uma solução é colocada em contato com o respectivo solvente, observa-se uma difusão entre ambos, tendendo à homogeneização do sistema, ou seja, as concentrações tendem a se igualar.

A osmose é um tipo especial de difusão que ocorre através de uma membrana semipermeável\* (MS). Observe o exemplo a seguir:



O processo osmótico só ocorre devido a uma diferença de concentração entre os dois meios, denominada gradiente de concentração. Quanto maior for esse gradiente, mais intensa será a osmose. O fluxo de solvente em um processo osmótico se dá do meio de menor concentração de soluto (meio hipotônico) para o meio de maior concentração (meio hipertônico), buscando igualar essas concentrações (meio isotônico). O deslocamento do solvente através da membrana semipermeável é, na realidade, o deslocamento resultante, pois o solvente é deslocado para os dois meios, porém com maior intensidade do meio hipotônico para o meio hipertônico.

A igualdade das concentrações só é obtida quando se estabelece equilíbrio dinâmico entre a quantidade de solvente que entra e a que sai de determinado meio. Nesse ponto, a osmose cessa.

\* Membrana que permite a passagem do solvente e detém o soluto, quando atravessada por uma solução.

## Pressão osmótica

Para impedir a passagem de solvente através da membrana semipermeável, é necessário aplicar uma pressão externa na superfície da solução para anular tal passagem.

Caso a pressão aplicada anule a ação do gradiente de concentração (anule a osmose), essa pressão será chamada de pressão osmótica.

A pressão osmótica de uma solução é numericamente igual à pressão exercida sobre a superfície da solução a fim de se anular o deslocamento do solvente através da membrana semipermeável.

Experimentalmente, verificou-se que a pressão osmótica de uma solução é numericamente igual à pressão de um gás ideal, a qual é dada pela equação de Van't Hoff:

$$\pi \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Em que:

- $\pi \Rightarrow$  pressão osmótica da solução
- $V \Rightarrow$  volume da solução
- $n \Rightarrow$  quantidade de matéria do soluto dissolvido na solução
- $R \Rightarrow$  constante universal dos gases
- $T \Rightarrow$  temperatura em que se encontra a solução em Kelvin

Manipulando-se matematicamente essa equação, tem-se:

$$\pi = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$$

$$\pi = C_{\text{mol.L}^{-1}} \cdot R \cdot T$$

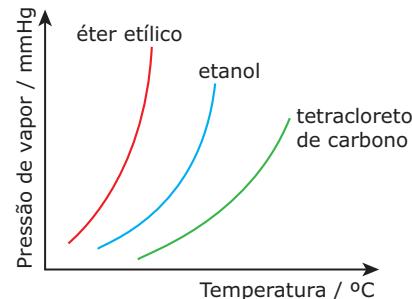
A análise dessa equação revela que apenas dois fatores interferem diretamente na pressão osmótica de uma solução: a concentração, em  $\text{mol.L}^{-1}$ , e a temperatura.

A medição da pressão osmótica possui uma aplicação experimental muito importante: a determinação de massas molares dos solutos, principalmente proteínas e polímeros.

Quando se aplica, sobre a superfície da solução, uma pressão superior à pressão osmótica, tem-se a inversão do fluxo do solvente, que passa agora a transitar do meio hipertônico para o meio hipotônico. Esse processo é denominado **osmose reversa** e é aplicado na Arábia Saudita para obtenção de água potável a partir da água salobra (dessalinização).

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

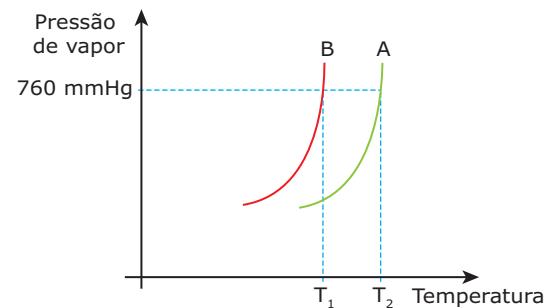
- 01.** (UFMG-2009) Analise o gráfico a seguir, em que estão representadas as curvas de pressão de vapor em função da temperatura para três solventes orgânicos – éter etílico,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ , etanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , e tetracloreto de carbono,  $\text{CCl}_4$ .



A partir da análise desse gráfico, é **CORRETO** afirmar que

- A) o  $\text{CCl}_4$  apresenta maior pressão de vapor.
- B) o  $\text{CCl}_4$  apresenta menor temperatura de ebulição.
- C) o etanol apresenta interações intermoleculares mais fortes.
- D) o éter etílico apresenta maior volatilidade.

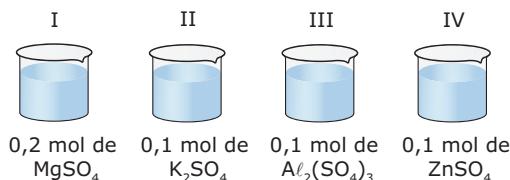
- 02.** (UCB-DF / Adaptado) O gráfico a seguir representa a variação da pressão máxima de vapor dos líquidos A e B, em que A é uma solução (água + soluto não volátil) e B é água pura.



A partir dessas informações e a respeito das propriedades coligativas, assinale a alternativa **INCORRETA**.

- A) Para uma mesma temperatura, a pressão de vapor do líquido B é maior que a do líquido A.
- B) Considerando uma mesma pressão, a temperatura de ebulição do líquido A é maior que a do líquido B.
- C) A pressão de vapor do líquido B diminuirá se a ele acrescentarmos um soluto não volátil qualquer.
- D) Se o soluto não volátil do líquido A fosse o cloreto de sódio, a água na solução entraria em ebulição abaixo de 100 °C ( $p = 760 \text{ mmHg}$ ).

- 03.** (PUC Minas-2006) Certas propriedades físicas de um solvente, tais como temperatura de ebulição e de solidificação, são alteradas quando nele dissolvemos um soluto não volátil. Para se verificar esse fato, quatro sais distintos foram dissolvidos em frascos contendo a mesma quantidade de água, formando as soluções I, II, III e IV, como indica o esquema a seguir:



Assinale a alternativa que apresenta soluções em ordem crescente de abaixamento da temperatura de solidificação.

- A) IV < I < II < III      C) IV < II < I < III  
B) III < I < II < IV      D) III < II < I < IV

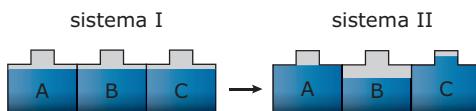
- 04.** (Unimontes-MG-2009) A temperatura de ebulição da água, a 760 mmHg (T.E.), é 100 °C, e algumas de suas soluções apresentam valores de T.E. mostrados na tabela a seguir:

Soluções	Concentração / mol.L <sup>-1</sup>	T.E. / °C
Sacarose	0,1	100,05
Sacarose	0,5	100,25
NaCl	0,1	100,1
NaCl	0,5	100,5

A análise dos dados da tabela revela que

- A) o aumento da temperatura de ebulição depende da natureza química do soluto.  
B) o número de partículas em solução não influencia na temperatura de ebulição.  
C) as moléculas de água em solução passam mais facilmente para o estado gasoso.  
D) o valor de Δ.T.E. é maior nas soluções de substâncias contendo ligações covalentes.

- 05.** (UnB-DF) Os compartimentos A, B e C são iguais e separados por uma membrana semipermeável ao solvente. Em um dos compartimentos, colocou-se água destilada e, nos outros, igual volume de soluções de cloreto de sódio (sistema I).

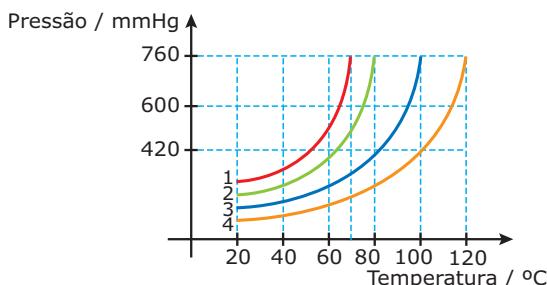


Após algum tempo, os volumes iniciais se modificaram, como ilustrado no sistema II. Use essas informações e outras que forem necessárias para julgar os itens.

- ( ) A alteração dos volumes se deve à osmose.  
( ) A concentração inicial das soluções é a mesma.  
( ) A água destilada foi colocada no compartimento B.  
( ) A pressão osmótica em A é maior que em C.  
( ) As soluções têm a mesma pressão de vapor, a uma dada temperatura.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** Dado o gráfico a seguir,

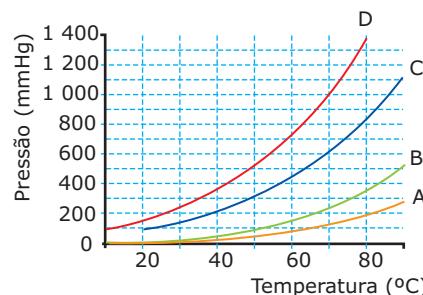


1. n-hexano    2. benzeno    3. água    4. ácido acético

**JULGUE** os seguintes itens.

- ( ) A ordem crescente de volatilidade dos líquidos é n-hexano < benzeno < água < ácido acético.  
( ) Nas mesmas condições de pressão e temperatura, a substância que sempre terá maior temperatura de ebulição é o ácido acético.  
( ) A substância que possui maior pressão máxima de vapor, a qualquer temperatura, é o n-hexano.  
( ) A temperatura de ebulição do benzeno, ao nível do mar, é de 80 °C.  
( ) A pressão externa necessária para a água fervor a 60 °C é de 420 mmHg.

- 02.** (UFSCar-SP-2008) As curvas A, B, C e D, mostradas na figura, apresentam as variações das pressões de vapor em função da temperatura de quatro substâncias puras.

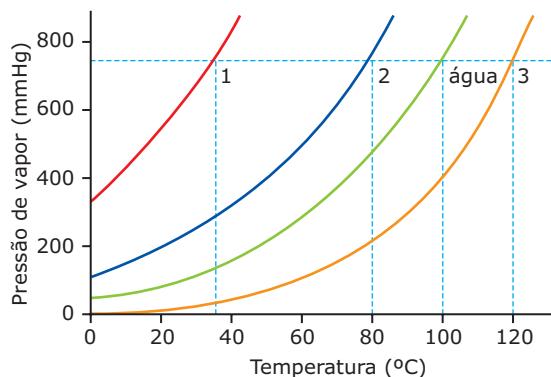


A tabela a seguir apresenta as fórmulas e as massas mоляres das quatro substâncias associadas às curvas A, B, C e D, porém não necessariamente nessa ordem.

Substância	Massa molar (g.mol <sup>-1</sup> )
<chem>H2O</chem>	18
<chem>CH3COOH</chem>	60
<chem>HCCl3</chem>	119
<chem>CCl4</chem>	154

- A) Considere que cada substância foi aquecida, isoladamente, até 70 °C, sob pressão de 760 mmHg. Quais das curvas (A, B, C ou D) representam as substâncias que estão no estado gasoso nessas condições? **JUSTIFIQUE** sua resposta.  
B) **IDENTIFIQUE** qual curva de pressão de vapor em função da temperatura (A, B, C ou D) corresponde àquela da substância CCl4. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

- 03.** (UFRJ) O gráfico a seguir representa, de forma esquemática, curvas de pressão de vapor em função da temperatura de três líquidos puros: água, etanol, éter dietílico e de uma solução aquosa de ureia.



**IDENTIFIQUE** as curvas 1, 2 e 3 representadas no gráfico. **JUSTIFIQUE** a sua resposta.

- 04.** (UFMG) Duas panelas de pressão iguais, uma aberta e outra fechada, foram comparadas quanto às condições de cozimento de uma mesma quantidade de certo alimento. Ambas estavam ao nível do mar e à mesma temperatura. Foram submetidas à mesma fonte de aquecimento e continham a mesma quantidade de água.

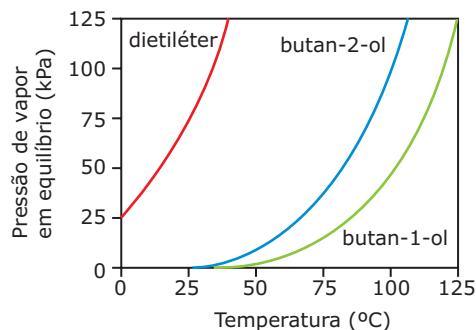
Observou-se, então, que

- a água, na panela aberta, entrou em ebólusão em menos tempo que na panela fechada;
- o cozimento do alimento foi mais rápido na panela fechada que na panela aberta.

Considerando-se essas observações, é **INCORRETO** afirmar que

- A) a panela fechada requer mais tempo para atingir a pressão atmosférica em seu interior.
- B) a pressão de vapor da água em ebólusão na panela fechada é maior que a pressão atmosférica.
- C) a temperatura de ebólusão da água na panela fechada é maior que 100 °C.
- D) o cozimento na panela fechada se passa em temperatura mais elevada que na panela aberta.

- 05.** (UEL-PR) Leia as afirmações referentes ao gráfico que representa a variação da pressão de vapor em equilíbrio com a temperatura.



- As forças de atração intermoleculares das substâncias apresentadas, no estado líquido, aumentam na seguinte ordem: dietiléter < butan-2-ol < butan-1-ol.
- O ponto de ebólusão normal é a temperatura na qual a pressão de vapor do líquido é igual à pressão de uma atmosfera.
- A pressão de vapor de um líquido depende da temperatura; quanto maior a temperatura, maior a sua pressão de vapor.
- À medida que a pressão atmosférica sobre o líquido é diminuída, é necessário elevar a sua temperatura, para que a pressão de vapor se iguale às novas condições do ambiente.

Entre as afirmativas, estão **CORRETAS**

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| A) I, II e IV.   | D) II, III e IV.    |
| B) I, III, e IV. | E) I, II, III e IV. |
| C) I, II e III.  |                     |

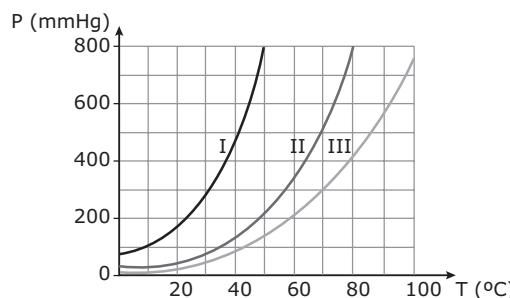
- 06.** (FUVEST-SP) Em um mesmo local, a pressão de vapor de todas as substâncias puras líquidas
- A) tem o mesmo valor à mesma temperatura.
  - B) tem o mesmo valor nos respectivos pontos de ebólusão.
  - C) tem o mesmo valor nos respectivos pontos de congelação.
  - D) aumenta com o aumento do volume do líquido presente, à temperatura constante.
  - E) diminui com o aumento do volume de líquido presente, à temperatura constante.

- 07.** (UFU-MG-2011) O estudo das propriedades coligativas das soluções permite-nos prever as alterações nas propriedades de seu solvente.

A respeito das propriedades coligativas, assinale a alternativa **CORRETA**.

- A) Se for colocada água com glutamato de monossódio dissolvido para congelar em uma geladeira, a temperatura de fusão da água na solução permanecerá a mesma que a da água pura.
- B) As propriedades coligativas independem do número de partículas do soluto na solução, da natureza das partículas e de sua volatilidade.
- C) Se forem preparadas duas soluções aquosas de mesma concentração, uma de glutamato de monossódio e outra de açúcar, a temperatura de ebólusão da água na solução será maior que a da água na solução de açúcar.
- D) Em uma panela tampada, a pressão de vapor da solução aquosa de glutamato de monossódio é maior do que a pressão de vapor da água pura porque a presença do sal facilita a evaporação do solvente.

- 08.** (UFTM-MG-2007) O gráfico apresenta as curvas de pressão de vapor em função da temperatura para três líquidos: I, II e III.

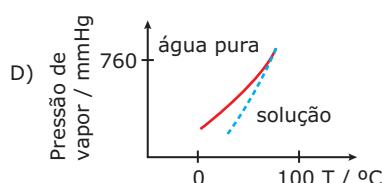
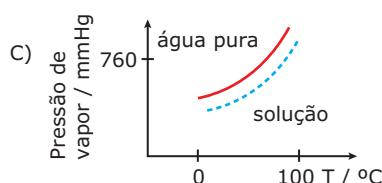
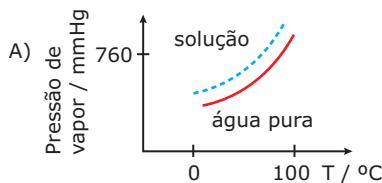


Sabendo-se que os líquidos são água, propanona e etanol, pode-se afirmar que

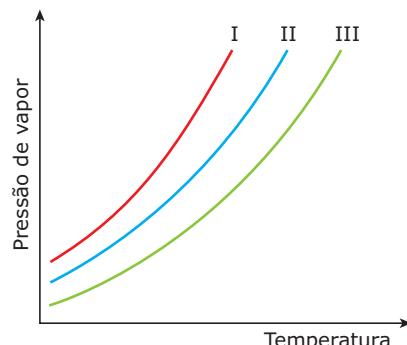
- A) a curva I corresponde ao etanol.
- B) a água apresenta maior pressão de vapor.
- C) a propanona apresenta ligações de hidrogênio como forças intermoleculares.
- D) com a adição de um soluto não volátil, aumenta-se a pressão de vapor de qualquer um dos três líquidos.
- E) o ponto de ebulição do etanol é próximo de 80 °C.

- 09.** (UFMG) Estudaram-se as variações das pressões de vapor da água pura e de uma solução aquosa diluída de sacarose (açúcar de cana), em função da temperatura.

O gráfico que descreve, qualitativamente, essas variações é



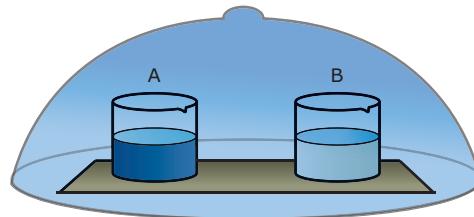
- 10.** (UFSCar-SP) As curvas de pressão de vapor, em função da temperatura, para um solvente puro, uma solução concentrada e uma solução diluída são apresentadas na figura a seguir.



Considerando-se que as soluções foram preparadas com o mesmo soluto não volátil, pode-se afirmar que as curvas do solvente puro, da solução concentrada e da solução diluída são, respectivamente,

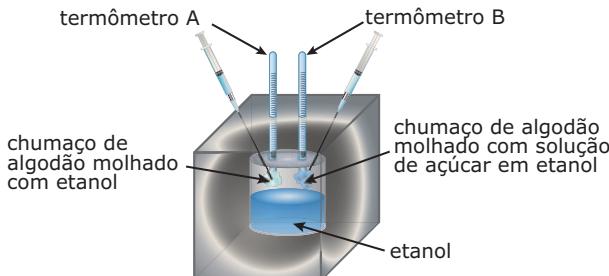
- A) I, II e III.
- B) I, III e II.
- C) II, III e I.
- D) II, I e III.
- E) III, II e I.

- 11.** (UFMG) Em dois recipientes idênticos, foram colocados volumes iguais de água pura (frasco A) e de uma solução 0,2 mol.L<sup>-1</sup> de sacarose em água (frasco B). Esses frascos foram colocados sob uma redoma de vidro completamente fechada e mantidos a temperatura constante.



1. **COMPARE** as temperaturas de ebulição dos líquidos colocados inicialmente nos frascos A e B. **JUSTIFIQUE** sua resposta.
2. Observa-se, com o transcorrer do tempo, que o volume do líquido no frasco A diminui e que, no frasco B, aumenta. **JUSTIFIQUE** essas observações considerando os processos de evaporação e de condensação que ocorrem em cada frasco.

- 12.** (UFMG-2006) A figura a seguir mostra dois termômetros, A e B, cujos bulbos estão dentro de uma caixa fechada e isolada termicamente.



Os bulbos e os chumaços de algodão dos termômetros A e B estão em contato com a atmosfera saturada de vapor de etanol e todo o sistema está a 25 °C.

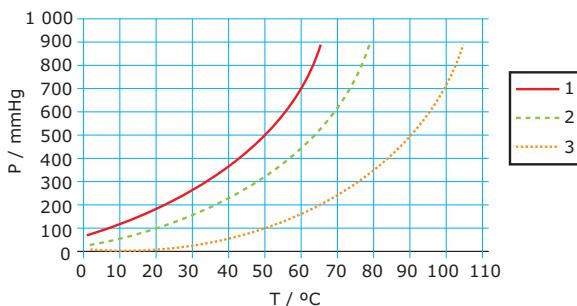
Usando-se as seringas mostradas na figura, molha-se o chumaco de algodão preso no bulbo do termômetro A com etanol puro e, simultaneamente, o chumaco de algodão preso no bulbo do termômetro B com uma solução de açúcar em etanol.

- INDIQUE** se, no momento em que ambos os chumaços de algodão são molhados pelos respectivos líquidos, à mesma temperatura, a pressão de vapor do etanol no algodão do termômetro A é menor, igual ou maior que a pressão de vapor da solução no algodão do termômetro B. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

Depois de os chumaços terem sido molhados com os respectivos líquidos, observa-se um aumento da quantidade de líquido que molha o algodão no termômetro B.

- INDIQUE** se a temperatura no termômetro B diminui, permanece constante ou aumenta. **JUSTIFIQUE** sua indicação, comparando a velocidade de evaporação e de condensação do solvente sobre o líquido no termômetro B.
- INDIQUE** se a temperatura do termômetro A, após ser molhado com etanol, diminui, permanece constante ou aumenta.

- 13.** (UFSCar-SP) A figura a seguir apresenta as curvas de pressão de vapor de três líquidos puros, 1, 2 e 3, em função da temperatura.



Considere que os líquidos estão submetidos à mesma pressão e analise as seguintes afirmações:

- Quando os líquidos estão em suas respectivas temperaturas de ebulição, a pressão de vapor do líquido 1 é maior que a dos líquidos 2 e 3.
- Quando se adiciona um soluto não volátil ao líquido 2, observa-se um aumento no seu ponto de ebulição.
- Na temperatura ambiente, o líquido 3 é o mais volátil.
- A maior intensidade das forças intermoleculares no líquido 3 é uma explicação possível para o comportamento observado.

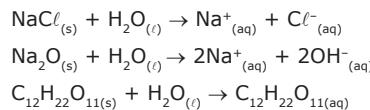
Está **CORRETO** apenas o que se afirma em

- A) I e II. D) II e IV.  
B) I e IV. E) III e IV.  
C) II e III.

- 14.** (UNESP) Foram preparadas, em separado, soluções aquosas de concentração 1,0 mol.L<sup>-1</sup> das seguintes substâncias: NaCl (cloreto de sódio); Na<sub>2</sub>O (óxido de sódio); C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> (sacarose). Os frascos foram numerados como 1, 2 e 3. Solicitou-se a um estudante que identificasse as soluções realizando experimentos no laboratório. Os resultados obtidos são apresentados na tabela a seguir.

Solução	pH	Comportamento quanto à condutividade elétrica	Temperatura de ebulição
1	7,0	isolante	T <sub>1</sub>
2	maior que 7,0	condutor	T <sub>2</sub>
3	7,0	condutor	T <sub>3</sub>

Com base nas informações fornecidas, e sabendo que as equações químicas para as dissoluções são



é **CORRETO** afirmar que

- A) T<sub>1</sub> < T<sub>2</sub> < T<sub>3</sub>. D) T<sub>2</sub> < T<sub>3</sub> < T<sub>1</sub>.  
B) T<sub>1</sub> < T<sub>3</sub> < T<sub>2</sub>. E) T<sub>3</sub> < T<sub>1</sub> < T<sub>2</sub>.  
C) T<sub>2</sub> < T<sub>1</sub> < T<sub>3</sub>.

- 15.** (PUC Minas-2010) Considere as seguintes soluções aquosas, a 25 °C e 1 atm.

X – 0,20 mol/L de glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)

Y – 0,50 mol/L de cloreto de potássio (KCl)

Z – 0,50 mol/L de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Considerando-se as propriedades coligativas de tais soluções, é **INCORRETO** afirmar que

- a solução X é a de maior pressão de vapor.
- a solução Y tem temperatura de ebulição menor do que a solução Z.
- as três soluções apresentam temperatura de ebulição superior a 100 °C.
- a ordem crescente de temperatura de solidificação dessas soluções é X < Y < Z.

**16.** (FUVEST-SP) Duas soluções aquosas, uma de glicose e outra de sacarose, contêm a mesma massa, em gramas, de soluto por litro de solução.

- A) **COMPARE** os valores dos pontos de congelação dessas duas soluções com o da água pura.
- B) Qual das duas soluções apresentará o menor ponto de congelação? **EXPLIQUE** sua resposta.

**17.** (UFU-MG) Para a dissolução de determinada massa de uma substância não volátil, em quantidade de água bem definida, é esperado um abaixamento de temperatura de solidificação da água de  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Entretanto, experimentalmente, foi observado um abaixamento de apenas  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A explicação **MAIS** provável para essa observação é a de que

- A) o soluto é molecular e de peso molecular elevado.
- B) em água, houve uma dissociação molecular do soluto não prevista pelo experimentador.
- C) em água, houve uma associação molecular do soluto não prevista pelo experimentador.
- D) o soluto é iônico, porém com baixo valor de  $K_{ps}$ .

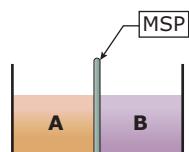
**18.** (FGV-SP) Em países onde os invernos são rigorosos, coloca-se, no leito de ruas consideradas prioritárias ao trânsito uma mistura de sal ( $\text{NaCl}$ ), cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e areia para diminuir os riscos de derrapagens dos veículos durante os períodos de nevadas. Cada um desses produtos tem uma função definida, que, associadas, são muito eficientes. Indique a afirmação **CORRETA**.

- A) O sal abaixa o ponto de congelamento da água; o cloreto de cálcio, quando se dissolve, absorve calor e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- B) O sal eleva o ponto de congelamento da água; o cloreto de cálcio, quando se dissolve, absorve calor, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- C) O sal abaixa o ponto de congelamento da água; o cloreto de cálcio, quando se dissolve, libera calor, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- D) O sal abaixa o ponto de congelamento da água; o cloreto de cálcio dissolve-se por uma reação exotérmica, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- E) O sal eleva o ponto de congelamento da água; o cloreto de cálcio dissolve-se por meio de uma reação endotérmica, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.

**19.** (ITA-SP) Chama-se membrana semipermeável ideal à membrana que goza das seguintes propriedades:

- A) Só permite a passagem de moléculas de soluto e não de solvente.
- B) Só permite a passagem de moléculas de solvente e não do soluto.
- C) Só permite a passagem de determinados íons.
- D) Permite a passagem de moléculas do soluto e do solvente, porém numa só direção.
- E) N.d.a.

**20.** (PUC RS) Observe a figura a seguir:



Em que:

A = solução de glicose 0,8 M

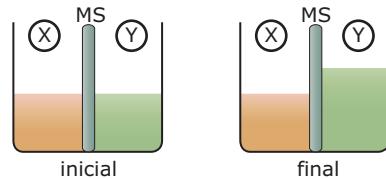
B = solução de glicose 0,2 M

MSP = membrana semipermeável

Pela análise da figura, é **CORRETO** afirmar que, após algum tempo,

- A) a solução A ficará mais concentrada.
- B) as duas soluções continuarão com a mesma concentração.
- C) ocorrerá a diluição da solução B.
- D) a solução B ficará mais concentrada.
- E) as duas soluções terão a sua concentração aumentada.

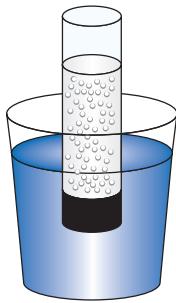
**21.** (PUCPR) Volumes iguais de duas soluções, sendo uma de glicose (solução X) e outra de sacarose (solução Y), são postos em contato através de uma membrana semipermeável (permeável à água e não permeável à glicose e sacarose).



Com o passar do tempo, houve alteração no nível de líquido dos compartimentos, conforme mostrado nos esquemas anteriores. Com base nessas informações, podemos afirmar que

- A) a solução Y é hipotônica em relação a X.
- B) a solução Y é mais diluída que X.
- C) a solução Y tem maior pressão osmótica que X.
- D) a solução X é hipertônica em relação a Y.
- E) a solução X tem maior pressão osmótica que Y.

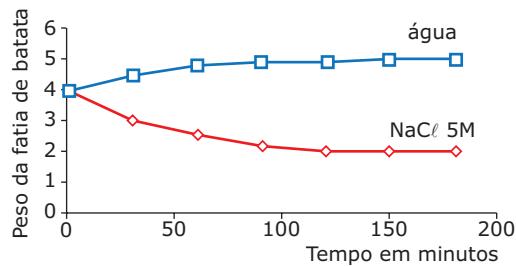
- 22.** (CEFET-MG-2011) A extremidade superior de um cilindro de vidro encontra-se aberta, e a inferior, fechada com uma membrana de acetato de celulose. Esse cilindro é preenchido com uma solução aquosa de propan-2-ol a 50% V/V e, em seguida, é colocado em um copo contendo água, como mostra a figura seguinte.



Sabendo-se que o acetato de celulose é permeável às moléculas de volume igual ou menor que a água, é **INCORRETO** afirmar que a(o)

- A) volume contido no copo reduz ao longo do tempo.
- B) concentração de álcool no cilindro diminui com o tempo.
- C) propan-2-ol pode ser purificado se a osmose for reversa.
- D) pressão de vapor no copo é igual à do cilindro se o volume do sistema for constante.
- E) força exercida sobre a superfície da mistura é equivalente à pressão atmosférica.

- 23.** (Unicamp-2011) Duas fatias iguais de batata, rica em amido, foram colocadas em dois recipientes, um com  $\text{NaCl}$  5 M e outro com  $\text{H}_2\text{O}$ . A cada 30 minutos as fatias eram retiradas da solução de  $\text{NaCl}$  5 M e da água, enxugadas e pesadas. A variação do peso dessas fatias é mostrada no gráfico abaixo.



- A) **EXPLIQUE** a variação de peso observada na fatia de batata colocada em  $\text{NaCl}$  5 M e a observada na fatia de batata colocada em água.
- B) Hemácias colocadas em água teriam o mesmo comportamento das células da fatia da batata em água? **JUSTIFIQUE**.

- 24.** (FMU/FIAM-SP) Uma injeção endovenosa deve ser isotônica em relação ao sangue para não lesar os glóbulos vermelhos. Se o sangue possui pressão osmótica igual a 7,65 atm a 37 °C, que massa de glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) deve ser utilizada para preparar 10 mL de uma injeção endovenosa?

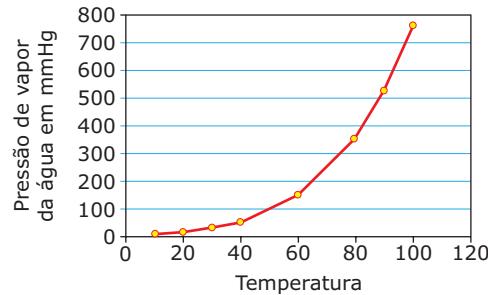
- A) 0,45 g
- B) 0,54 g
- C) 2,7 g
- D) 4,54 g
- E) 5,4 g

- 25.** (VUNESP) Isolou-se uma proteína de uma amostra de soro sanguíneo. Uma dispersão coloidal de 685 mg da referida proteína, em água suficiente para formar 10,0 mL de solução, tem uma pressão osmótica de 0,28 atm a 7 °C ( $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ). Considerando a proteína como sendo um composto covalente típico, sua massa molecular é
- A)  $5,6 \times 10^3 \text{ g.mol}^{-1}$ .
  - B) 685 g.mol<sup>-1</sup>.
  - C)  $6 \times 10^{23} \text{ g.mol}^{-1}$ .
  - D)  $12 \times 10^{-3} \text{ g.mol}^{-1}$ .
  - E)  $12 \times 10^3 \text{ g.mol}^{-1}$ .

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-1998) A tabela a seguir registra a pressão atmosférica em diferentes altitudes, e o gráfico relaciona a pressão de vapor da água em função da temperatura.

Altitude (km)	Pressão atmosférica (mmHg)
0	760
1	600
2	480
4	300
6	170
8	120
10	100



Natal (RN)	nível do mar
Campos do Jordão (SP)	altitude 1 628 m
Pico da Neblina (RR)	altitude 3 014 m

A temperatura de ebulação será

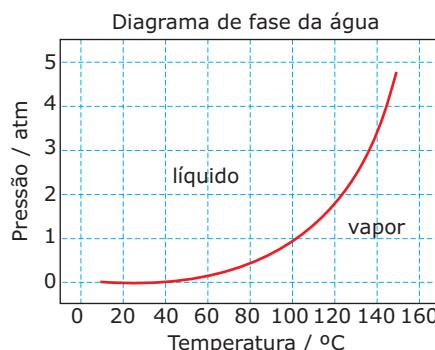
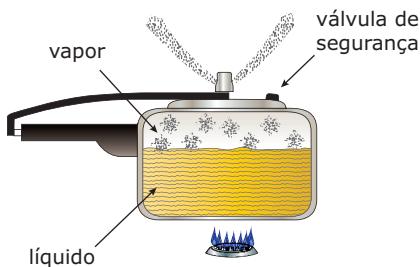
- A) maior em Campos do Jordão.
- B) menor em Natal.
- C) menor no Pico da Neblina.
- D) igual em Campos do Jordão e Natal.
- E) não dependerá da altitude.

**02.** (Enem-1999) Se, por economia, abaixarmos o fogo sob uma panela de pressão, logo que se inicia a saída de vapor pela válvula, de forma simplesmente a manter a fervura, o tempo de cozimento

- A) não será alterado, pois a temperatura não varia.
- B) será maior, porque a panela esfria.
- C) será maior, pois a evaporação diminui.
- D) será maior, pois a pressão diminui.
- E) será menor, pois diminui a perda de água.

**Observação:** Considerando que, no interior da panela de pressão, a fase líquida se comporta como um sistema puro.

**03.** (Enem-1999) A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas convencionais. Sua tampa possui uma borracha de vedação que não deixa o vapor escapar, a não ser através de um orifício central sobre o qual assenta um peso que controla a pressão. Quando em uso, desenvolve-se uma pressão elevada no seu interior. Para a sua operação segura, é necessário observar a limpeza do orifício central e a existência de uma válvula de segurança, normalmente situada na tampa. O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados a seguir.



A vantagem do uso de panela de pressão é a rapidez para o cozimento de alimentos, e isso se deve à

- A) pressão no seu interior, que é igual à pressão externa.
- B) temperatura de seu interior, que está acima da temperatura de ebulição da água no local.
- C) quantidade de calor adicional que é transferida à panela.
- D) quantidade de vapor que está sendo liberada pela válvula.
- E) espessura da sua parede, que é maior que a das panelas comuns.

**04.** (Enem-1999) Em nosso planeta, a quantidade de água está estimada em  $1,36 \times 10^6$  trilhões de toneladas. Desse total, calcula-se que cerca de 95% são de água salgada e dos 5% restantes, quase a metade, está retida nos polos e geleiras.

O uso de água do mar para obtenção de água potável ainda não é realidade em larga escala. Isso porque, entre outras razões,

- A) o custo dos processos tecnológicos de dessalinização é muito alto.
- B) não se sabe como separar adequadamente os sais nela dissolvidos.
- C) comprometeria muito a vida aquática dos oceanos.
- D) a água do mar possui materiais irremovíveis.
- E) a água salgada do mar tem temperatura de ebulição alta.

**05.** (Enem-2006) O Aquífero Guarani, megareservatório hídrico subterrâneo da América do Sul, com 1,2 milhão de km<sup>2</sup>, não é o "mar de água doce" que se pensava existir.



Enquanto em algumas áreas a água é excelente, em outras, é inacessível, escassa ou não potável. O aquífero pode ser dividido em quatro grandes compartimentos. No compartimento Oeste, há boas condições estruturais que proporcionam recarga rápida a partir das chuvas e as águas são, em geral, de boa qualidade e potáveis. Já no compartimento Norte-Alto Uruguai, o sistema encontra-se coberto por rochas vulcânicas a profundidades que variam de 350 m a 1 200 m. Suas águas são muito antigas, datando da Era Mesozoica, e não são potáveis em grande parte da área, com elevada salinidade, sendo que os altos teores de fluoretos e de sódio podem causar alcalinização do solo.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, n. 47, abr. 2006 (Adaptação).

- Em relação ao aquífero Guarani, é correto afirmar que
- A) seus depósitos não participam do ciclo de água.
  - B) águas provenientes de qualquer um de seus compartimentos solidificam-se a 0 °C.
  - C) é necessário, para utilização de seu potencial como reservatório de água potável, conhecer detalhadamente o aquífero.
  - D) a água é adequada ao consumo humano direto em grande parte da área do compartimento Norte-Alto Uruguai.
  - E) o uso das águas do compartimento Norte-Alto Uruguai para irrigação deixaria ácido o solo.

**06.** (Enem–2010) A lavoura arrozeira na planície costeira da região sul do Brasil comumente sofre perdas elevadas devido à salinização da água de irrigação, que ocasiona prejuízos diretos, como a redução de produção da lavoura. Solos com processo de salinização avançado não são indicados, por exemplo, para o cultivo de arroz. As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo.

WINKEL, H. L.; TSCHIEDEL, M. *Cultura do arroz: salinização de solos em cultivos de arroz*. Disponível em: <http://agropage.tripod.com/saliniza.html>. Acesso em: 25 jun. 2010 (Adaptação).

A presença de sais na solução do solo faz com que seja dificultada a absorção de água pelas plantas, o que provoca o fenômeno conhecido por seca fisiológica, caracterizado pelo(a)

- A) aumento da salinidade, em que a água do solo atinge uma concentração de sais maior que a das células das raízes das plantas, impedindo, assim, que a água seja absorvida.
- B) aumento da salinidade, em que o solo atinge um nível muito baixo de água, e as plantas não têm força de succão para absorver a água.
- C) diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas não têm força de succão, fazendo com que a água não seja absorvida.
- D) aumento da salinidade, que atinge um nível em que as plantas têm muita sudação, não tendo força de succão para superá-la.
- E) diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas ficam túrgidas e não têm força de sudação para superá-la.

## GABARITO

### Fixação

- |       |               |
|-------|---------------|
| 01. D | 04. A         |
| 02. D | 05. V F V F F |
| 03. C |               |

### Propostos

- 01. F V V V F
- 02. A) Pelo gráfico, a 760 mmHg, apenas a curva D representa uma substância de ponto de ebullição menor que 70 °C (aproximadamente 60 °C, no caso). Portanto, a substância D está no estado gasoso a 70 °C.
- B) A temperatura de ebullição (T.E.) de uma substância molecular aumenta com as forças intermoleculares e as massas molares. Moléculas pequenas apolares ( $CCl_4$ ) ou pouco polares ( $HCCl_3$ ) apresentam fracas forças de atração entre si. Nesses casos, a T.E. é fortemente dependente da massa molar. Portanto, a curva D, líquido mais volátil (menor T.E.), corresponde à substância de menor massa molar,  $HCCl_3$ , e a curva C corresponde ao  $CCl_4$ , a substância apolar de maior massa molecular.

03. 1 = éter dietílico

2 = etanol

3 = solução aquosa de ureia

Justificativas:

Curva 3: Elevação ebulioscópica (aumento da temperatura de ebullição) devido à presença de um soluto não volátil.

Curvas 1 e 2: A maior intensidade das interações entre as moléculas de etanol, devido às ligações de hidrogênio, resulta em uma temperatura de ebullição maior do que a do éter dietílico.

- |  |       |
|--|-------|
| 04. A  | 08. E |
| 05. C  | 09. C |
| 06. B  | 10. B |
| 07. C  |       |
| 11. 1. A temperatura de ebullição da água pura é menor, pois a adição de um soluto não volátil na água aumenta o seu ponto de ebullição.   |       |
| 2. Com o tempo, os dois líquidos tendem a possuir a mesma pressão de vapor e, para isso, parte do líquido do frasco A evapora e condensa-se no frasco B, diminuindo a concentração da solução contida no mesmo e, consequentemente, aumentando sua pressão de vapor.                                 |       |
| 12. 1. A pressão de vapor do etanol em A é maior que em B. O sistema B está sob efeito coligativo e, por isso, apresenta menor pressão de vapor.   |       |
| 2. A temperatura em B aumenta, pois ocorre condensação de etanol com posterior formação de líquido, processo exotérmico. A velocidade de condensação é maior que a velocidade de evaporação, no termômetro B.  |       |
| 3. A temperatura permanece constante. Se o etanol adicionado ao chumaço de algodão do termômetro A estiver na mesma temperatura do sistema, a velocidade de evaporação será igual à de condensação (equilíbrio), não alterando a temperatura.  |       |
| 13. D  | 14. B |
| 15. D  |       |
| 16. A) As soluções apresentam pontos de congelação menores que o da água pura.   |       |
| B) Glicose, pois sua massa molar é menor do que a da sacarose; quando as massas são iguais, o número de moléculas de glicose é maior.  |       |
| 17. C  | 19. B |
| 18. C  | 20. D |
| 21. C  |       |
| 22. D  |       |
| 23. A) Em água, houve aumento de peso da fatia de batata porque esta é hipertônica em relação à água. Assim, moléculas de água passaram para o interior das células da batata. Já em solução de $NaCl$ 5M, observa-se que sai água da fatia de batata, pois esta encontra-se em um meio hipertônico. |       |
| B) As hemácias se romperiam, pois, ao contrário das células da batata, elas não têm parede celular, o que manteria a integridade da célula.  |       |
| 24. B  | 25. A |

### Seção Enem

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 01. C | 03. B | 05. C |
| 02. A | 04. A | 06. A |

# QUÍMICA

## Coloides

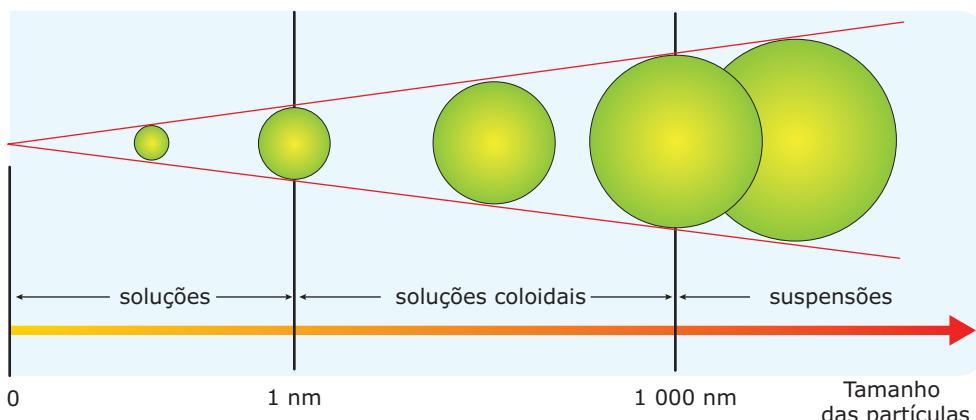
MÓDULO

12

FRENTE  
A

### DEFINIÇÃO

Soluções ou dispersões coloidais são misturas heterogêneas em que as partículas dispersas apresentam diâmetro médio entre 1 e 1 000 nm.



Comparativo entre o diâmetro médio das partículas que formam os diferentes tipos de misturas  $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ .

Em uma solução coloidal, a massa molar das partículas dispersas varia entre 10 000 e 100 000 g.mol<sup>-1</sup>, ou seja, essas partículas são macropartículas.

São exemplos de soluções coloidais a maionese, o leite, a manteiga, a fumaça, a espuma de barbear, o leite de magnésia, o creme *chantilly*, a neblina, os aerossóis, as tintas, etc.

### COMPONENTES DE UMA SOLUÇÃO COLOIDAL

#### Fase dispersa

Em uma solução coloidal, a fase dispersa encontra-se em menor quantidade e finamente dividida. A fase dispersa é equivalente ao soluto de uma solução verdadeira.

#### Fase dispersante

Em uma solução coloidal, a fase dispersante é uma fase contínua que se encontra em maior quantidade. A fase dispersante é equivalente ao solvente de uma solução verdadeira.

### CARACTERÍSTICAS DAS SOLUÇÕES COLOIDAIS

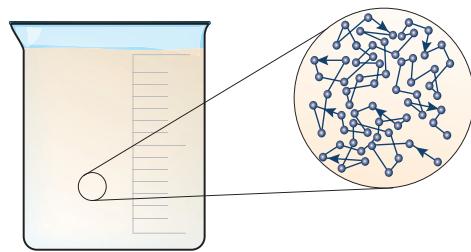
As principais características das soluções coloidais constam no quadro a seguir, que permitirá a diferenciação entre os três tipos de misturas.

	Soluções verdadeiras	Soluções coloidais	Suspensões
Tamanho médio das partículas do disperso	Até 1 nm	Entre 1 nm e 1 000 nm	Acima de 1 000 nm
Tipo de sistema	Homogêneo (as partículas dispersas são menores que os comprimentos de onda da luz visível e, portanto, não há como diferenciá-las das partículas do dispersante.)	Heterogêneo (as partículas dispersas são maiores que os comprimentos de onda da luz visível, sendo possível diferenciá-las das partículas do dispersante através de um ultramicroscópio.)	Heterogêneo (as partículas dispersas são muito maiores que os comprimentos de onda da luz visível, sendo possível diferenciá-las das partículas do dispersante através de microscópio comum e, em alguns casos, a olho nu.)
Natureza das partículas	Átomos, moléculas e íons	Aglomerados de átomos, moléculas e íons ou macromoléculas e macroíons	Grandes aglomerados de átomos, moléculas e íons
Condutividade elétrica	Quando as partículas do disperso são moléculas ou átomos que não sofrem ionização, o sistema não conduz corrente elétrica.	As partículas do disperso são moléculas grandes ionizadas ou íons grandes solvatados. Essas partículas apresentam cargas de mesmo sinal e, portanto, sob a ação de um campo elétrico, todas elas se dirigem para o mesmo polo.	O número de partículas dispersas que apresentam carga elétrica é muito pequeno e, portanto, não haverá condução de corrente elétrica.
	Quando as partículas do disperso são moléculas que sofrem ionização ou íons solvatados, o sistema conduz corrente elétrica.		
Movimento browniano das partículas dispersas	Existente, mas não visível.	Existente e visível ao ultramicroscópio ou ao microscópio comum.	Existente em cada fase líquida ou gasosa do sistema.
Efeito Tyndall	Não observado	Observado	—
Sedimentação das partículas do disperso	Não há sedimentação, pois o sistema é homogêneo.	Com o uso de ultracentrifugadoras, há sedimentação, pois o sistema é heterogêneo.	Há sedimentação por gravidade devido às grandes massas das partículas do disperso.
Separação das partículas do disperso e do dispersante por filtração	Não é possível, pois as partículas do disperso e do dispersante são menores do que o tamanho médio dos poros do filtro.	Com o uso de ultrafiltros, as menores partículas do sistema (dispersante) atravessam os poros do filtro, enquanto as maiores partículas do sistema (disperso) ficam retidas.	As partículas do disperso são tão maiores que as do dispersante que a filtração comum é capaz de retê-las.

Como podemos perceber, as propriedades das soluções coloidais são intermediárias com características entre as propriedades das soluções verdadeiras e as propriedades das suspensões.

## Movimento browniano

Quando uma solução coloidal, iluminada lateralmente, é observada utilizando um ultramicroscópio eletrônico, verifica-se que vários pontos luminosos movimentam-se rapidamente em zigue-zague. Esse movimento é desordenado e ininterrupto e se origina a partir dos constantes choques das partículas do disperso com as partículas do dispersante.



Representação esquemática do movimento browniano em uma solução coloidal.

## Efeito Tyndall

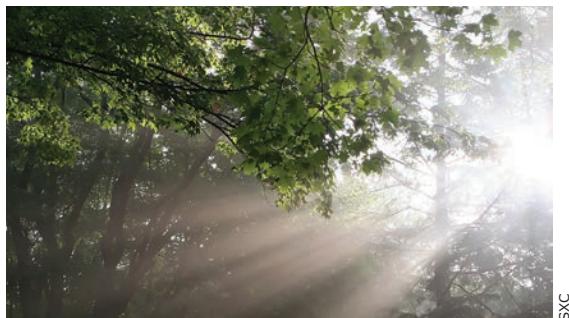
As partículas dispersas em uma solução coloidal são suficientemente grandes para dispersar um feixe de luz, o que denominamos efeito Tyndall. É por esse motivo que a maioria das soluções coloidais concentradas é opaca.



O sistema da esquerda corresponde a uma solução verdadeira, e o sistema da direita, a uma solução coloidal. Percebe-se o caminho percorrido pelo feixe de luz apenas na solução coloidal, pois as partículas que formam essas soluções são grandes o suficiente para dispersarem a luz. As partículas do soluto em soluções verdadeiras são muito pequenas e não dispersam a luz.



Os comprimentos de onda da luz solar são desviados pelas partículas sólidas dispersas no ar, que produzem um pôr do sol vermelho-alaranjado.



O efeito Tyndall faz com que seja possível visualizar o feixe de luz passando pela cobertura de uma floresta e pelo interior de um ambiente mais escuro.

## CLASSIFICAÇÃO DAS SOLUÇÕES COLOIDAIAS

### Quanto à natureza das partículas dispersas

#### Solução coloidal iônica

A solução coloidal iônica é formada por íons de elevada massa molar. Essas soluções são formadas por moléculas grandes que sofrem ionização durante o seu processo de preparação.

##### Exemplo:

proteínas (disperso) + água (dispersante)

#### Solução coloidal molecular

A solução coloidal molecular é formada por moléculas de elevada massa molar que não sofrem ionização durante o processo de preparação da solução.

##### Exemplo:

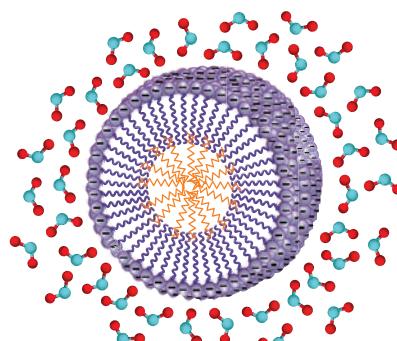
amido ( $C_6H_{10}O_5)_n$  (disperso) + água (dispersante)

#### Solução coloidal micelar

É a solução coloidal formada por micelas. As micelas são agregados de moléculas, íons ou átomos. As partículas formadoras das micelas, geralmente, estão orientadas tridimensionalmente, formando uma esfera compacta.

##### Exemplos:

enxofre ( $S_8$ ) (disperso) + água (dispersante)  
sabão e gordura (dispersos) + água (dispersante)



##### Legenda

Unidade estrutural do sabão



Molécula de gordura



Molécula de água



## Quanto ao estado físico dos componentes

Disperso	Dispersante	Denominação	Exemplo
Gás	Líquido	Espuma líquida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colarinho de chope</li> <li>Creme de barbear</li> <li>Creme chantilly</li> </ul>
Líquido	Líquido	Emulsão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leite</li> <li>Maionese</li> <li>Detergente líquido disperso em água</li> </ul>
Sólido	Gás	Aerossol sólido, caso o gás seja o ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fumaça</li> </ul>
Gás	Sólido	Espuma sólida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maria-mole</li> <li>Marshmallow</li> <li>Isopor</li> </ul>
Sólido	Sólido	Sol sólido	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rubi</li> <li>Safira</li> </ul>
Sólido	Líquido	Sol líquido; caso o líquido seja a água, denominamos hidrossol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gelatina</li> <li>Tintas</li> <li>Cola do tipo goma arábica</li> </ul>
Líquido	Sólido	Gel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geleia</li> <li>Manteiga</li> </ul>
Líquido	Gás	Aerossol líquido, caso o gás seja o ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spray de perfume, tinta, etc.</li> <li>Nuvem</li> <li>Neblina</li> </ul>

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01.** (Cesgranrio) Considere o quadro a seguir:

Propriedade	Dispersão A	Dispersão B	Dispersão C
Natureza da molécula	Átomos, íons ou pequenas moléculas	Macromoléculas ou grupo de moléculas	Partículas visíveis a olho nu
Efeito da gravidade	Não sedimenta	Não sedimenta	Sedimenta rapidamente
Uniformidade	Homogênea	Não tão homogênea	Heterogênea
Separabilidade	Não pode ser separada por filtração	Pode ser separada somente por membranas especiais	Pode ser separada por papel de filtro

Logo, podemos afirmar que

- A) A = solução verdadeira; B = suspensão; C = solução coloidal.
- B) A = suspensão; B = solução coloidal; C = solução verdadeira.
- C) A = solução coloidal; B = solução verdadeira; C = suspensão.
- D) A = solução coloidal; B = suspensão; C = solução verdadeira.
- E) A = solução verdadeira; B = solução coloidal; C = suspensão.

**02.** (ITA-SP) Considere os sistemas apresentados a seguir:

- I. Creme de leite
  - II. Maionese comercial
  - III. Óleo de soja
  - IV. Gasolina
  - V. Poliestireno expandido
- Destes, são classificados como sistemas coloidais
- A) apenas I e II.
  - B) apenas I, II e III.
  - C) apenas II e V.
  - D) apenas I, II e V.
  - E) apenas III e IV.

**03.** (UEL-PR-2007 / Adaptado) Os sistemas coloidais estão presentes, no cotidiano, desde as primeiras horas do dia, na higiene pessoal (sabonete, xampu, pasta de dente e creme de barbear), na maquiagem (alguns cosméticos) e no café da manhã (manteiga, cremes vegetais e geleias de frutas). No caminho para o trabalho (neblina e fumaça), no almoço (alguns temperos e cremes) e no entardecer (cerveja, refrigerante ou sorvetes). Os coloides estão ainda presentes em diversos processos de produção de bens de consumo, como o da água potável. São também muito importantes os coloides biológicos tais como o sangue, o humor vítreo e o cristalino.

JAFELICI J., M.; VARANDA, L. C. *Química Nova Na Escola: O mundo dos coloides*. n. 9, 1999, p. 9 a 13 (Adaptação).

Com base no texto e nos conhecimentos sobre coloides, é **CORRETO** afirmar:

- A) As partículas dos sistemas coloidais são tão pequenas que a sua área superficial é quase desprezível.
- B) As partículas coloidais apresentam movimento contínuo e desordenado, denominado movimento browniano.
- C) O efeito Tyndall é uma propriedade que se observa nos sistemas coloidais e nos sistemas de soluções, devido ao tamanho de suas partículas.
- D) Os plásticos pigmentados e as tintas são exemplos excluídos dos sistemas coloidais.

- 04.** (UFPA) A diminuição da eficiência dos faróis de um automóvel na neblina está intimamente relacionada com
- A) o movimento browniano.
  - B) a diálise.
  - C) o efeito Tyndall.
  - D) a eletroforese.
  - E) a adsorção de carga elétrica.

- 05.** (FUVEST-SP) Azeite e vinagre, quando misturados, separam-se logo em duas camadas. Porém, adicionando-se gema de ovo e agitando-se a mistura, obtém-se a maionese, que é uma dispersão coloidal. Nesse caso, a gema do ovo atua como um agente
- A) emulsificador. C) oxidante. E) catalisador.
  - B) hidrolisante. D) redutor.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFSCar-SP) Assinale a resposta **FALSA**. Relativamente aos coloides, podemos afirmar que
- A) um coloide tem velocidade de difusão inferior ao cloreto de sódio.
  - B) não se consegue preparar soluções coloidais de substâncias sólidas insolúveis.
  - C) alguns coloides são constituídos de moléculas bem definidas.
  - D) de maneira geral, um coloide se cristaliza com dificuldade.

- 02.** (UNIRIO-RJ) Considere o quadro a seguir:

Propriedades	Mistura A	Mistura B	Mistura C
Natureza da partícula	Átomos, íons ou pequenas moléculas	Macromoléculas ou grupo de moléculas	Partículas visíveis a olho nu
Efeito da gravidade	Não sedimenta	Não sedimenta rapidamente	Sedimenta
Uniformidade	Homogênea	Não tão homogênea	Heterogênea
Separabilidade	Não pode ser separada por filtração	Só pode ser separada através de membranas especiais	Pode ser separada por papel-filtro

Logo, podemos afirmar que

- A) A é uma solução, B é uma dispersão grosseira e C é uma dispersão coloidal.
- B) A é uma dispersão grosseira, B é uma solução e C é uma dispersão grosseira.
- C) A é uma dispersão coloidal, B é uma solução e C é uma dispersão grosseira.
- D) A é uma dispersão coloidal, B é uma dispersão grosseira e C é uma solução.
- E) A é uma solução, B é uma dispersão coloidal e C é uma dispersão grosseira.

- 03.** (ITA-SP) Em um recipiente contendo dois litros de água, acrescentam-se uma colher de sopa de óleo de soja e 5 (cinco) gotas de um detergente de uso caseiro. É **CORRETO** afirmar que, após a agitação da mistura,
- A) deve resultar um sistema monofásico.
  - B) pode-se formar uma dispersão coloidal.
  - C) obtém-se uma solução supersaturada.
  - D) o detergente catalisa a hidrólise do óleo de soja.
  - E) o detergente reage com o óleo, formando espécies de menor massa molecular.

- 04.** (ITA-SP-2007) Durante a utilização de um extintor de incêndio de dióxido de carbono, verifica-se a formação de um aerossol esbranquiçado e também que a temperatura do gás ejetado é consideravelmente menor do que a temperatura ambiente.

Considerando que o dióxido de carbono seja puro, assinale a alternativa que indica a(s) substância(s) que torna(m) o aerossol visível a olho nu.

- A) Água no estado líquido.
- B) Dióxido de carbono no estado líquido.
- C) Dióxido de carbono no estado gasoso.
- D) Dióxido de carbono no estado gasoso e água no estado líquido.
- E) Dióxido de carbono no estado gasoso e água no estado gasoso.

- 05.** (UCSal-BA) Qual das misturas a seguir exemplifica uma dispersão coloidal?
- A) Soro fisiológico
  - B) Ácido muriático
  - C) Leite pasteurizado
  - D) Água sanitária
  - E) Álcool hidratado

- 06.** (UFU-MG) A popular maionese caseira é formada pela mistura de óleo, limão (ou vinagre) e gema de ovo; este último componente tem a função de estabilizar a referida mistura.

Essa mistura é um exemplo de

- A) solução verdadeira concentrada.
- B) solução verdadeira diluída.
- C) uma dispersão coloidal do tipo gel.
- D) uma dispersão coloidal do tipo emulsão.
- E) um gel que sofreu uma peptização.

**07.** (ITA-SP) Em relação a misturas de substâncias preparadas e mantidas em um laboratório de química, são feitas as seguintes afirmações:

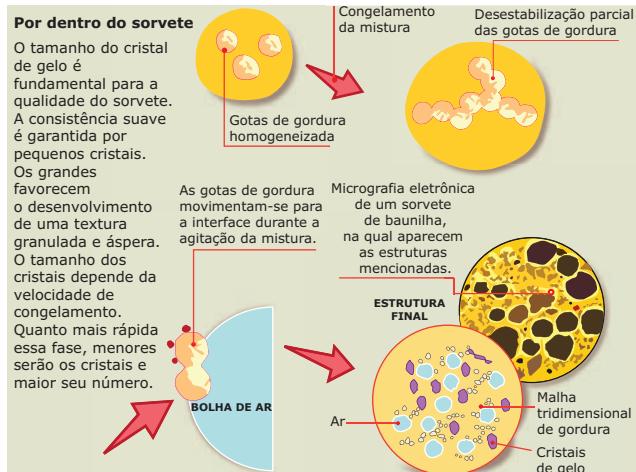
- O líquido resultante da adição de metanol a etanol é monofásico e, portanto, é uma solução.
- O líquido transparente que resulta da mistura de carbonato de cálcio e água, e em que sobrenada o excesso de sal sedimentado, é uma solução saturada.
- O líquido turvo que resulta da mistura de hidróxido de sódio, NaOH, e solução aquosa de nitrito cíprico, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2(aq)</sub>, é uma suspensão de um sólido num líquido.
- A fumaça branca que resulta da queima de magnésio ao ar é uma solução de vapor de óxido de magnésio em ar.
- O líquido violeta e transparente que resulta da mistura de permanganato de potássio com água é uma solução.

Dessas afirmações, está(ão) **INCORRETA(S)** apenas

- I.
- II.
- IV.
- II e V.
- II, III e V.

## SEÇÃO ENEM

**01.**



Disponível em: <<http://revistaescola.abril.com.br/ensino-medio/quando-ar-vira-agua-na-boca-498058.shtml>>. Acesso em: 25 jan. 2011.

O sorvete é um sistema que pode ser classificado como

- mistura homogênea.
- mistura heterogênea.
- solução coloidal.
- substância composta.
- suspensão sólida.

**02.** (Enem-2010) O efeito Tyndall é um efeito óptico de turbidez provocado pelas partículas de uma dispersão coloidal. Foi observado pela primeira vez por Michael Faraday em 1857 e, posteriormente, investigado pelo físico inglês John Tyndall. Esse efeito é o que torna possível, por exemplo, observar as partículas de poeira suspensas no ar por meio de uma réstia de luz, observar gotículas de água que formam a neblina por meio do farol do carro ou, ainda, observar um feixe luminoso de uma lanterna por meio de um recipiente de gelatina.

REIS, M. *Completamente química: físico-química*. São Paulo: FTD, 2001 (Adaptação).

Ao passar por um meio contendo partículas dispersas, um feixe de luz sofre o efeito Tyndall devido

- à absorção do feixe de luz por esse meio.
- à interferência do feixe de luz nesse meio.
- à transmissão do feixe de luz nesse meio.
- à polarização do feixe de luz por esse meio.
- ao espalhamento do feixe nesse meio.

## GABARITO

### Fixação

- E
- D
- B
- C
- A

### Propostos

- B
- E
- B
- A
- C
- D
- C

### Seção Enem

- C
- E

# QUÍMICA

## Eletrólises e Leis de Faraday

MÓDULO

11

FRENTE

B

Eletrólises são fenômenos inversos aos que ocorrem nas pilhas, ou seja, a energia elétrica é convertida em energia química.

**Eletrólise:** Reação eletroquímica não espontânea promovida pelo consumo de energia elétrica. ( $\Delta E^\circ < 0$ )

A eletrólise de sais, de ácidos e de bases tem como característica principal a descarga de íons, tornando-os neutros. Os cátions descarregam-se em um eletrodo denominado cátodo. Os ânions descarregam-se em um eletrodo denominado ânodo.

Cátodo  $\Rightarrow$  polo negativo (-)  $\Rightarrow$  ocorre redução.  
Ânodo  $\Rightarrow$  polo positivo (+)  $\Rightarrow$  ocorre oxidação.

Os eletrodos em uma eletrólise podem ser inertes, quando não participam da reação, ou ativos, quando participam da reação. Os eletrodos inertes mais utilizados são os de carbono grafite e platina.

Na superfície de um eletrodo,

- um cátion metálico se reduz na forma metálica.

**Exemplos:**



- um ânion simples oxida-se na forma de uma molécula diatômica.

**Exemplos:**

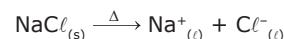


A eletrólise é um processo não espontâneo, no qual o cátion recebe seus elétrons de volta e o ânion doa os elétrons recebidos. Assim, a passagem de um estado de maior estabilidade para um de menor estabilidade é forçada.

### TIPOS DE ELETRÓLISE

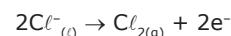
#### Eletrólise ígnea

É o tipo de eletrólise em que os íons são obtidos a partir da fusão do eletrólito sólido, ou seja, o aquecimento do eletrólito promove sua dissociação em íons.



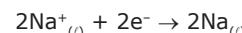
Uma fonte externa geradora de corrente elétrica promove a reação de oxidação e a de redução dos íons produzidos na dissociação.

##### Semirreação de oxidação



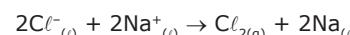
$$E^\circ_{\text{oxi}} = -1,36 \text{ V} \text{ (ânodo)}$$

##### Semirreação de redução



$$E^\circ_{\text{red}} = -2,71 \text{ V} \text{ (cátodo)}$$

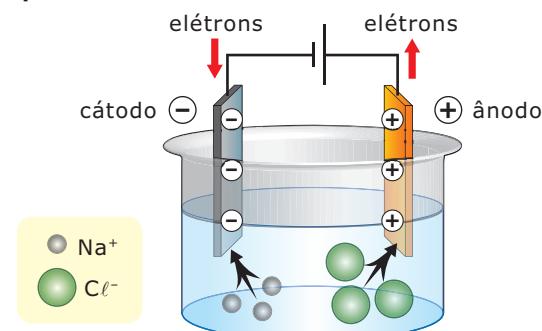
##### Reação global



$$\Delta E^\circ = -4,07 \text{ V}$$

Observe que o  $\Delta E^\circ < 0$ , isto é, o gerador deverá produzir uma tensão maior do que 4,07 V para que essa reação ocorra.

##### Esquema



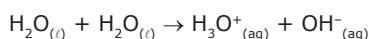
O cloro gasoso irá borbulhar na fase líquida e deverá ser recolhido com a ajuda de um tubo de vidro adaptado ao sistema.

Em alguns casos, a eletrólise ígnea é dificultada, na prática, devido ao alto ponto de fusão do eletrólito. Um exemplo disso é o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , cuja temperatura de fusão é igual a 2 060 °C. Esse composto necessita de um fundente para permitir que a eletrólise ocorra em temperatura mais baixa. O fundente mais utilizado, nesse caso específico, é a criolita,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , que, misturada ao  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , funde a aproximadamente 1 000 °C.

## Eletrólise aquosa

Quando a dissociação do eletrólito é promovida pela água, tem-se a eletrólise aquosa. Em uma eletrólise aquosa, os íons podem ser obtidos da autoionização da água ou do eletrólito, o que gera uma competição.

**Exemplo:** Cloreto de sódio



Porém, apenas um dos cátions e apenas um dos ânions irão se descarregar nos eletrodos.

Os metais menos reativos são os que necessitam de menor d.d.p. para se descarregarem. Logo, são os primeiros a se descarregarem, vencendo a competição. A mesma análise pode ser estendida aos ânions.

- A ordem crescente de tendência à descarga dos cátions é: cátions da família IA (1) e IIA (2),  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), os demais cátions.

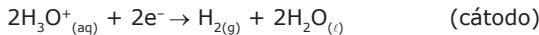
Observe que o cátion da água só descarrega primeiro (vence a competição) quando os cátions são das famílias IA (1), IIA (2) ou quando é o  $\text{Al}^{3+}$ .

- A ordem crescente de tendência à descarga dos ânions é: oxigenados e  $\text{F}^-$ ,  $\text{OH}^-$ , não oxigenados e  $\text{HSO}_4^-$ .

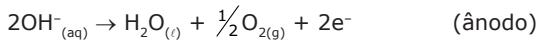
Observe que o ânion da água só descarrega primeiro (vence a competição) quando os ânions são oxigenados (exceto o  $\text{HSO}_4^-$ ) ou quando é o fluoreto.

Quando os íons da água descarregam primeiro do que os íons do eletrólito, as reações que ocorrem são

### Semirreação de redução



### Semirreação de oxidação



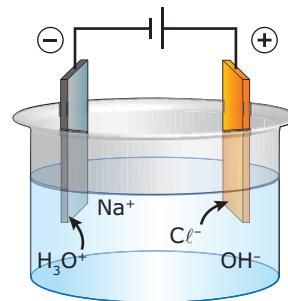
## Exemplo 1

### Eletrólise aquosa do cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ )

Íons em solução:



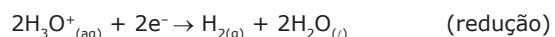
Nessa eletrólise, o  $\text{H}_3\text{O}^+$  vence a competição, pois descarrega preferencialmente no cátodo, da mesma forma que o  $\text{Cl}^-$  vence a competição e se descarrega no ânodo.



Os eletrodos utilizados são inertes.

O resíduo dessa reação é o  $\text{NaOH}$ . Assim, a eletrólise aquosa do  $\text{NaCl}$  consiste no processo industrial de produção da soda cáustica.

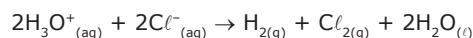
### Reação catódica



### Reação anódica



### Reação global



### OBSERVAÇÕES

- Como o resíduo do processo eletrolítico é uma base, com o passar do tempo, o pH da solução aumenta.
- Os gases são coletados em tubos especiais.
- O gás cloro é de cor esverdeada e muito utilizado como bactericida.

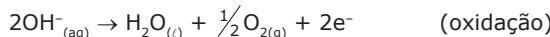
## Exemplo 2

### Eletrólise aquosa do nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ )

Íons em solução:



Irão descarregar preferencialmente os íons  $\text{Ag}^+$  e  $\text{OH}^-$ . Já os íons  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{NO}_3^-$  permanecem na cuba eletrolítica, constituindo o processo de obtenção do ácido nítrico.

**Reação catódica****Reação anódica****Reação global****OBSERVAÇÃO**

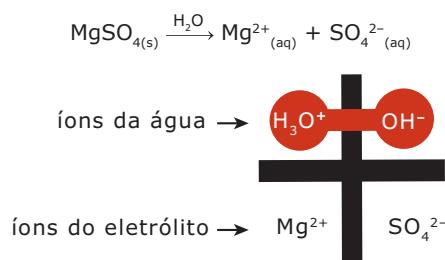
- Como o resíduo do processo eletrolítico é um ácido, com o passar do tempo o pH da solução diminui.

**Exemplo 3****Eletrólide da água ( $\text{H}_2\text{O}$ )**

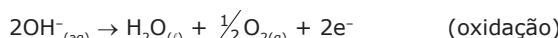
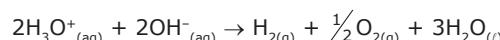
A água pura, ao ionizar-se, produz pequena quantidade de íons  $\text{H}_3\text{O}^{+}$  e  $\text{OH}^{-}$ , o que é insuficiente para a condução considerável de corrente elétrica. Logo, a eletrólise da água pura é dificultada. É por isso que esta só é realizada em soluções de eletrólitos fortes, que dão origem a grande número de íons, os quais possibilitam a descarga dos íons  $\text{H}_3\text{O}^{+}$  e  $\text{OH}^{-}$ .

**Exemplos:**  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{MgSO}_4$ , etc.

Dissociação do  $\text{MgSO}_4$ :

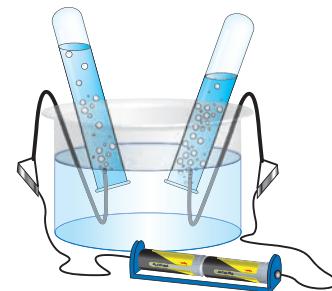


Os íons da água descarregam-se antes dos íons do eletrólito.

**Reação catódica****Reação anódica****Reação global**

Pela equação geral, observa-se que a quantidade produzida, em mols, de gás hidrogênio é o dobro da quantidade de gás oxigênio.

Portanto, de acordo com a figura a seguir, o gás  $\text{H}_2$  está sendo produzido no tubo da direita, que corresponde ao cátodo.

**LEIS DE FARADAY**

O estudo quantitativo das massas depositadas nos eletrodos ativos, das massas de substâncias formadas ou de substâncias decompostas em uma eletrólise ou em uma pilha é dado pelas Leis de Faraday.

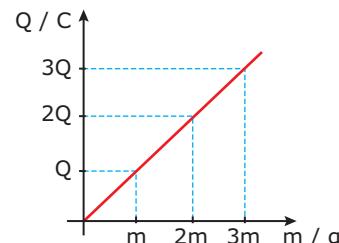
As Leis de Faraday são exclusivamente experimentais, as quais relacionam a quantidade de electricidade que percorre o sistema com as massas e os volumes das substâncias obtidas nos eletrodos.

**1ª Lei de Faraday**

A massa de uma dada substância obtida nos eletrodos, em um processo eletroquímico, é diretamente proporcional à quantidade de carga que percorre o sistema.

Essa lei foi obtida, experimentalmente, fornecendo-se aos sistemas diversos valores de quantidade de carga elétrica e medindo-se as massas obtidas ou decompostas.

Graficamente, tem-se:



Matematicamente,  $m \propto Q$ .

Para transformar a proporcionalidade em igualdade, deve-se acrescentar uma constante multiplicativa.

$$m = k_1 \cdot Q$$

Como

$$k_1 = \frac{m}{Q}$$

$\frac{m}{Q}$  é constante.

Logo, o estado inicial é igual ao estado final.

$$\frac{m_i}{Q_i} = \frac{m_f}{Q_f}$$

### OBSERVAÇÃO

- A grandeza física quantitativa de carga elétrica ( $Q$ ) pode ser expressa a partir da definição de intensidade de corrente elétrica ( $i$ ).

Intensidade de corrente é a quantidade de carga que passa, em uma unidade de tempo, por uma secção transversal reta de um condutor.

$$i = \frac{Q}{t} \therefore Q = i \cdot t$$

Unidades

$i \Rightarrow$  ampère (A)

$Q \Rightarrow$  coulomb (C)

$t \Rightarrow$  segundos (s)

Então,

$$\frac{m_i}{E_i} = \frac{m_f}{E_f}$$

### OBSERVAÇÃO

- $E = M/\text{carga} \Rightarrow$  massa molar por unidade de carga da espécie química.

## Equação geral da eletrólise

Experimentalmente, verificou-se que 96 500 C ou 1 F (um Faraday) é a carga necessária para transformar a massa molar por unidade de carga ( $E$ ) de qualquer substância em um processo eletroquímico.

Como,

$$96\,500\,C \equiv 1\,E$$

$$Q \equiv m$$

logo,

$$m \cdot 96\,500 = E \cdot Q$$

$$m = \frac{Q \cdot E}{96\,500}$$

Como  $Q = i \cdot t$ ,

$$m = \frac{i \cdot t \cdot E}{96\,500}$$

### OBSERVAÇÕES

- 1 F é a carga transportada por um mol de elétrons ( $6,02 \times 10^{23} e^-$ ) capaz de descarregar 1 E de qualquer substância em uma eletrólise.
- As Leis de Faraday podem ser aplicadas às pilhas para determinar as massas que se depositam no cátodo ou a massa corroída no ânodo.
- Como a eletrólise é uma reação química, ela pode ter rendimento inferior a 100%. Caso o rendimento seja fornecido em um problema, deve-se corrigir os cálculos com uma regra de 3 simples.

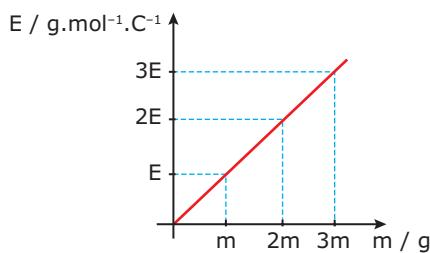
### Exemplo:

A massa obtida para o rendimento 100% é 20 g; como a eletrólise se processa com 70% de rendimento, tem-se:

$$20\,g \equiv 100\%$$

$$x \equiv 70\%$$

$$x = 14\,g$$



Matematicamente,

$$m \propto E$$

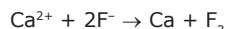
$$m = k_2 \cdot E$$

$$k_2 = \frac{m}{E}$$

$\frac{m}{E}$  é constante.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (Unimontes-MG-2009) Os metais alcalinoterrosos são obtidos através da eletrólise ígnea de seus compostos. Assim, o cálcio pode ser obtido a partir do fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ), segundo a equação:



Sabendo-se que a diferença de potencial dessa reação é igual a  $-5,63$  V, pode-se afirmar que

- A) a eletrólise ocorre ao se usar uma bateria com voltagem superior a  $5,63$  V.
- B) os íons fluoreto sofrem redução no cátodo da célula, para formar o gás flúor.
- C) a molécula de água compete com os íons de cálcio no cátodo da célula.
- D) o cálcio metálico se forma no ânodo, depositando-se no fundo da célula.

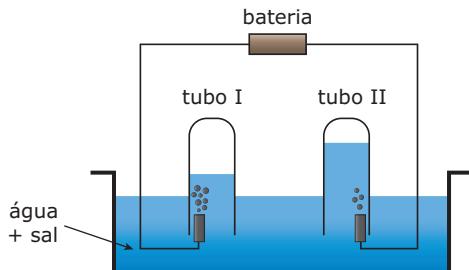
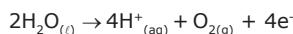
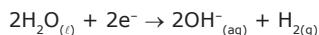
- 02.** (UFU-MG-2009) A eletrólise é um processo que separa, na cela eletrolítica, os elementos químicos de uma substância, através do uso da eletricidade. Esse processo é um fenômeno físico-químico de reação de oxirredução não espontânea. Uma importante aplicação industrial da eletrólise é a obtenção de sódio metálico, com eletrodos inertes, a partir de cloreto de sódio fundido.

A respeito desse processo industrial, é **CORRETO** afirmar que, além da obtenção do sódio metálico, também se observa a formação

- A) de hidróxido de sódio fundido, basificando o meio, e de moléculas de gás cloro e de gás hidrogênio, respectivamente, no ânodo e no cátodo da cela eletrolítica.
- B) tanto de moléculas de gás cloro como de gás hidrogênio, respectivamente, no ânodo e no cátodo da cela eletrolítica.
- C) de moléculas de gás cloro no ânodo da cela eletrolítica.
- D) de moléculas de gás hidrogênio no cátodo da cela eletrolítica.

- 03.** (UFU-MG-2007) Observe o esquema a seguir, representativo da eletrólise da água, que é um processo eletroquímico com larga aplicação industrial.

As semirreações que ocorrem nos eletrodos são:



Pede-se:

- A) Quais são os gases formados nos tubos I e II?
- B) **IDENTIFIQUE** qual polo da bateria está conectado no tubo II. **JUSTIFIQUE** sua resposta.
- C) **EXPLIQUE** por que o tubo II tem maior massa que o tubo I.

- 04.** (Unicamp-SP-2009) 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 ânodo forma-se o gás cloro.

- B) Supondo que tenha sido utilizada uma corrente elétrica constante de  $2,5$  ampères 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 =  $96\,500$  coulomb.mol $^{-1}$ ;  $1$  ampère =  $1$  coulomb.s $^{-1}$ .

- 05.** (FCMMG) No recobrimento protetor de uma lâmina, eletrodepositaram-se  $2,0$  g de cádmio usando-se uma solução aquosa de sulfato de cádmio ( $\text{CdSO}_4$ ) e o tempo de  $1,0$  minuto.

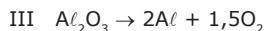
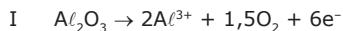
- A) **CALCULE** a intensidade da corrente empregada, bem como o volume do gás produzido ( $\text{O}_2$ ), nas condições padrão, admitindo-se que não houve perdas. Dado:  $1\text{ F} = 96\,500\text{ C}$ .
- B) **DE** as equações dos fenômenos eletroquímicos ocorridos.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFMG) Em relação a uma corrente elétrica contínua conduzida por uma solução, durante uma eletrólise, qual é a afirmação **ERRADA**?

- A) O número de elétrons que entram na solução por um eletrodo é igual ao número de elétrons que deixam a solução pelo outro eletrodo.
- B) O movimento de íons de eletrólito é o responsável pela condução da corrente elétrica através da solução.
- C) Durante a eletrólise, a solução do eletrólito permanece eletricamente neutra.
- D) No eletrodo positivo, ocorre reação de oxidação e no eletrodo negativo ocorre reação de redução.
- E) O número de cátions que migram para o cátodo é sempre igual ao número de ânions que migram para o ânodo.

- 02.** (UFMG) Depois do ferro, o alumínio é o metal mais utilizado no mundo. Ele é produzido, industrialmente, pela redução eletrolítica da alumina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . As semirreações de eletrodo e a reação total são, respectivamente,



Com relação à eletrólise da alumina, pode-se afirmar, **CORRETAMENTE**, que

- A) a reação total libera energia.
- B) na semirreação I ocorre oxidação do alumínio.
- C) na semirreação II ocorre redução do oxigênio.
- D) na reação total III alumínio é o agente oxidante.
- E) na reação total a proporção é de 1 mol de alumina para 3 mol de oxigênio molecular.

- 03.** (UFMG) O sódio é obtido pela eletrólise do cloreto de sódio fundido segundo a equação



Para abaixar o elevado ponto de fusão do cloreto de sódio, adiciona-se cloreto de cálcio, que é eletrolisado simultaneamente segundo a equação



Em relação a esse processo, todas as alternativas estão corretas, **EXCETO**

- A) A produção de um mol de cloro requer um mol de elétrons.
- B) A redução do íon sódio é um processo endotérmico.
- C) O cloro é obtido no ânodo.
- D) O estado de oxidação do cálcio varia na eletrólise.
- E) Uma mistura de cálcio e sódio é obtida no cátodo.

- 04.** (FUVEST-SP) A eletrólise de cloreto de sódio fundido produz sódio metálico e gás cloro. Nesse processo, cada íon

- A) sódio recebe 2 elétrons.
- B) cloreto recebe 1 elétron.
- C) sódio recebe 1 elétron.
- D) cloreto perde 2 elétrons.
- E) sódio perde 1 elétron.

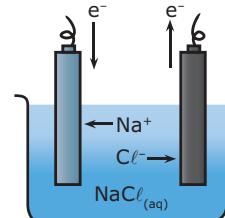
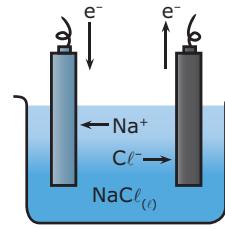
- 05.** (UFMG) A eletrólise da salmoura é o método mais empregado para a produção de soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ) e cloro. A reação global do processo é representada pela equação



Sobre essa reação, pode-se afirmar que

- A) a água é oxidada.
- B) o cloro é oxidante.
- C) o íon hidrogênio é reduzido.
- D) o oxigênio é redutor.
- E) o sódio é oxidado.

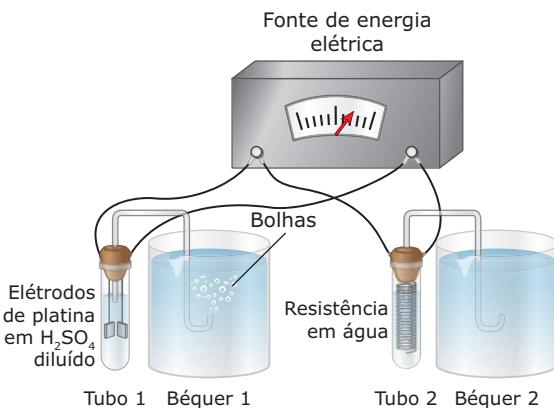
- 06.** (UFMG) As figuras a seguir correspondem a processos eletrolíticos.



Assinale a afirmativa **ERRADA** sobre tais processos.

- A) Na eletrólise do cloreto de sódio fundido, formam-se sódio livre e cloro gasoso.
- B) Eletrolisando-se uma solução aquosa de cloreto de sódio, tem-se  $\text{H}_{2(g)}$  e  $\text{Cl}_{2(g)}$ , além de uma solução aquosa de  $\text{NaOH}$ .
- C) Na eletrólise de uma solução aquosa de cloreto de sódio em que se misturam o cloro e o hidróxido formados, tem-se  $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ , a frio.
- D) Em qualquer dos processos anteriores, a quantidade de cloreto de sódio que se decompõe varia diretamente com a quantidade de eletricidade consumida.
- E) Para se decompor 1 mol de  $\text{NaCl}$ , gasta-se a mesma quantidade de eletricidade que para decompor 1 mol de  $\text{CaCl}_2$ .

- 07.** (FCMMG-2011) Considere o experimento em que a mesma fonte fornece energia elétrica para tubos de ensaio com conteúdos diferentes, inicialmente à mesma temperatura (veja figura). Ambos os bêqueres contêm, inicialmente, iguais volumes de água.



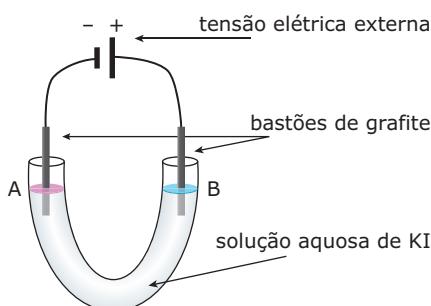
Em relação aos fenômenos que ocorrem nesse experimento, a afirmativa **ERRADA** é:

- A) A energia elétrica provoca transformações químicas no tubo 1.
- B) O volume de água no bêquer 2 aumenta com o decorrer do tempo.
- C) As bolhas que se formam no bêquer 1 contém hidrogênio e oxigênio.
- D) As temperaturas dos tubos 1 e 2 permanecem iguais durante o experimento.

- 08.** (UFMG) Em relação à eletrólise de uma solução aquosa de  $\text{CuCl}_2$ , qual a afirmativa **ERRADA**?

- A) Há deposição de cobre metálico no eletrodo negativo.
- B) A reação que se passa na eletrólise pode ser representada pela equação  $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ .
- C) Há formação de cloro gasoso no eletrodo positivo.
- D) Os íons  $\text{Cl}^-$  são oxidados.
- E) Os íons  $\text{Cu}^{2+}$  são reduzidos.

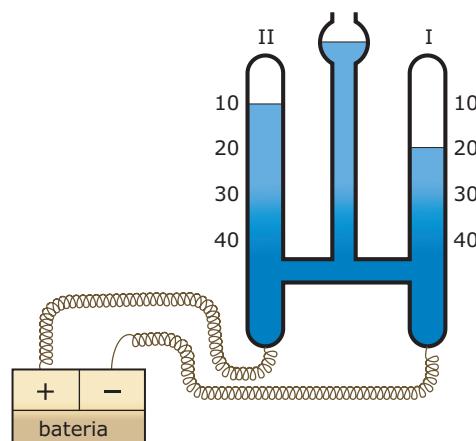
- 09.** (FUVEST-SP) Uma solução aquosa de iodeto de potássio ( $\text{KI}$ ) foi eletrolisada usando-se a aparelhagem esquematizada na figura.



Após algum tempo de eletrólise, adicionaram-se algumas gotas de solução de fenolftaleína na região do eletrodo A e algumas gotas de solução de amido na região do eletrodo B. Verificou-se o aparecimento da cor rosa na região de A e da cor azul (formação de iodo) na região de B. Nessa eletrólise,

- I. no polo negativo, ocorre redução da água com formação de  $\text{OH}^-$  e de  $\text{H}_2$ .
  - II. no polo positivo, o iodeto ganha elétrons e forma iodo.
  - III. a grafite atua como condutora de elétrons.
- Dessas afirmações, apenas a
- A) I é correta.
  - B) II é correta.
  - C) III é correta.
  - D) I e a III são corretas.
  - E) II e a III são corretas.

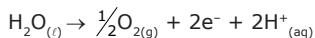
- 10.** (UFMG) Fez-se a eletrólise da água acidulada com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em um voltímetro, como indica a figura a seguir. Após interromper o circuito, o tubo I continha 20 mL de gás, e o tubo II continha 10 mL de gás.



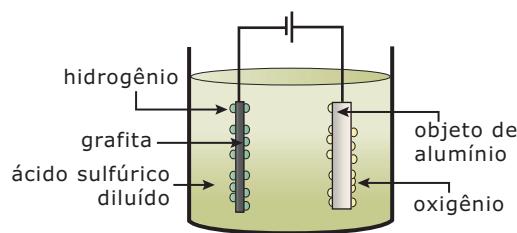
Assinale a afirmação **ERRADA**.

- A) O tubo I contém hidrogênio e algum vapor de água.
- B) O número de mols de hidrogênio formado é o dobro do de oxigênio.
- C) A massa de ácido sulfúrico diminui durante a eletrólise.
- D) A eletrólise também ocorreria se a solução contivesse nitrato de sódio ao invés de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- E) As pressões dos gases nos tubos I e II são iguais.

- 11.** (UFMG) O alumínio é o segundo metal mais utilizado no mundo. Sua resistência à corrosão é devida à camada aderente e impermeável de óxido que se forma sobre a superfície do metal. Essa camada protetora pode ser tornada mais espessa através de um processo denominado anodização (figura a seguir). Nesse processo, o oxigênio é gerado por eletrólise, segundo a semirreação

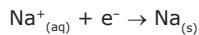
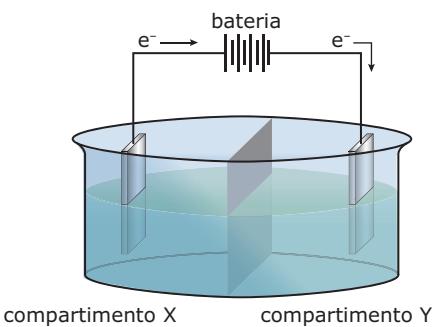


O oxigênio reage, em seguida, com o alumínio, formando o óxido correspondente.

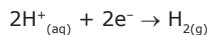


Com referência ao exposto, a afirmativa **FALSA** é:

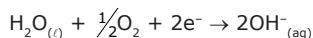
- A) A anodização aumenta a resistência do alumínio à corrosão.
  - B) O fluxo de elétrons, pelo circuito externo, ocorre na direção do objeto de alumínio.
  - C) O objeto de alumínio constitui o ânodo da célula eletroquímica.
  - D) O processo de anodização consome energia elétrica.
- 12.** (UNIFESP-2008) A figura representa uma célula de eletrólise de soluções aquosas com eletrodo inerte. Também são fornecidos os potenciais padrão de redução ( $E^\circ$ ) de algumas espécies.



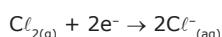
$$E^\circ = -2,71 \text{ V}$$



$$E^\circ = 0,00 \text{ V}$$



$$E^\circ = +0,40 \text{ V}$$



$$E^\circ = +1,32 \text{ V}$$

Para essa célula, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. O polo positivo é o eletrodo do compartimento Y.
- II. O ânodo é o eletrodo do compartimento X.
- III. A d.d.p. para a eletrólise de uma solução aquosa de  $\text{NaCl}_{(aq)}$  é positiva.
- IV. Na eletrólise de solução aquosa de  $\text{NaCl}_{(aq)}$ , há formação de gás hidrogênio no eletrodo do compartimento Y.
- V. Na eletrólise da solução aquosa de  $\text{NaCl}_{(aq)}$ , há formação de gás cloro no compartimento X.

São **CORRETAS** somente as afirmações

- A) I, II, III e IV
- B) I, III e V
- C) I, IV e V
- D) II, III e IV
- E) II, IV e V

- 13.** (PUC-SP) Pretende-se oxidar anodicamente 10,6 g de benzoaldeído até ácido benzoico.



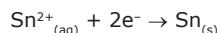
Uma determinada corrente passa pela célula durante 5 horas, 21 minutos e 40 segundos. A corrente necessária para efetuar a transformação é igual a

- A) 0,5 ampére.
- B) 1,0 ampére.
- C) 2,0 ampéres.
- D) 5,0 ampéres.
- E) 1,5 ampére.

- 14.** (UDESC-SC-2006) Qual o volume de gás flúor que pode ser produzido quando uma corrente de 0,5 A é passada por fluoreto de potássio fundido durante 8 horas? Considere que o gás produzido se encontra a 273 K e 1,0 atm de pressão.

- A) 1,68 L
- B) 0,93 mL
- C) 6,7 L
- D) 0,84 L
- E) 3,3 L

- 15.** (UERJ) Muitas latas utilizadas em embalagens de alimentos industrializados são formadas a partir de uma folha de ferro, revestida internamente por uma camada de estanho metálico. A aplicação dessa camada sobre o ferro se dá por meio de um processo de eletrodeposição, representado pela seguinte reação:



Admitindo que em uma lata exista, em média,  $1,19 \times 10^{-3}$  g de estanho e que  $1 \text{ F} = 96\,500 \text{ C}$ , **CALCULE** o tempo necessário para a eletrodeposição de uma lata, mediante o emprego de uma corrente elétrica com intensidade de 0,100 A.

- 16.** (UNESP-2006) Após o Neolítico, a história da humanidade caracterizou-se pelo uso de determinados metais e suas ligas. Assim, à idade do cobre (e do bronze), sucedeu-se a idade do ferro (e do aço), sendo que mais recentemente iniciou-se o uso intensivo do alumínio. Essa sequência histórica se deve aos diferentes processos de obtenção dos metais correspondentes, que envolvem condições de redução sucessivamente mais drásticas.

- A) Usando os símbolos químicos, **ESCREVA** a sequência desses metais, partindo do menos nobre para o mais nobre, **JUSTIFICANDO-A** com base nas informações anteriores.
- B) Para a produção do alumínio (grupo 13 da classificação periódica), utiliza-se o processo de redução eletrolítica ( $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$ ). Qual a massa de alumínio produzida após 300 segundos, usando-se uma corrente de  $9,65 \text{ C.s}^{-1}$ ?

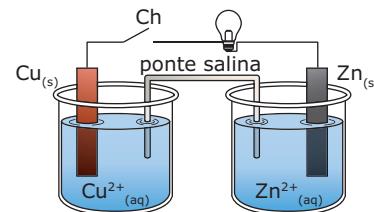
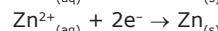
Dados: Massa molar do Al = 27 g.mol<sup>-1</sup> e a constante de Faraday F = 96 500 C.mol<sup>-1</sup>

- 17.** (UNESP-2010) A pilha esquematizada, de resistência desprezível, foi construída usando-se, como eletrodos, uma lâmina de cobre mergulhada em solução aquosa, contendo íons Cu<sup>2+</sup> (1 mol.L<sup>-1</sup>), e uma lâmina de zinco mergulhada em solução aquosa, contendo íons Zn<sup>2+</sup> (1 mol.L<sup>-1</sup>). Além da pilha, cuja diferença de potencial é igual a 1,1 Volts, o circuito é constituído de uma lâmpada pequena e uma chave interruptora (Ch). Com a chave fechada, o eletrodo de cobre teve um incremento de massa de 63,5 µg após 193 s.

Dados: P = U . i

Carga de um mol de elétrons = 96 500 C

Massas molares (g.mol<sup>-1</sup>): Zn = 65,4; Cu = 63,5



Considerando-se que a corrente elétrica se manteve constante nesse intervalo de tempo, a potência dissipada pela lâmpada nesse período foi de

- A) 1,1 mW.      C) 0,55 mW.      E) 0,22 mW.  
B) 1,1 W.      D) 96 500 W.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2009) Para que apresente condutividade elétrica adequada a muitas aplicações, o cobre bruto obtido por métodos térmicos é purificado eletroliticamente. Nesse processo, o cobre bruto impuro constitui o ânodo da célula, que está imerso em uma solução de CuSO<sub>4</sub>. À medida que o cobre impuro é oxidado no ânodo, íons Cu<sup>2+</sup> da solução são depositados na forma pura no cátodo. Quanto às impurezas metálicas, algumas são oxidadas, passando à solução, enquanto outras simplesmente se desprendem do ânodo e se sedimentam abaixo dele. As impurezas sedimentadas são posteriormente processadas, e sua comercialização gera receita que ajuda a cobrir os custos do processo. A série eletroquímica a seguir lista o cobre e alguns metais presentes como impurezas no cobre bruto de acordo com suas forças redutoras relativas.

Ouro	Força redutora
Platina	
Prata	
Cobre	
Chumbo	
Níquel	
Zinco	

Entre as impurezas metálicas que constam na série apresentada, as que se sedimentam abaixo do ânodo de cobre são

- A) Au, Pt, Ag, Zn, Ni e Pb.      D) Au e Zn.  
B) Au, Pt e Ag.      E) Ag e Pb.  
C) Zn, Ni e Pb.

**02.** (Enem-2010) A eletrólise é muito empregada na indústria com o objetivo de reaproveitar parte dos metais sucateados. O cobre, por exemplo, é um dos metais com maior rendimento no processo de eletrólise, com uma recuperação de aproximadamente 99,9%. Por ser um metal de alto valor comercial e de múltiplas aplicações, sua recuperação torna-se viável economicamente.

Suponha que, em um processo de recuperação de cobre puro, tenha-se eletrolisado uma solução de sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) durante 3 h, empregando-se uma corrente elétrica de intensidade igual a 10 A. A massa de cobre puro recuperada é de aproximadamente

Dados: Constante de Faraday  $F = 96\ 500\ \text{C/mol}$ ; Massa molar em g/mol: Cu = 63,5.

- A) 0,02 g.
- B) 0,04 g.
- C) 2,40 g
- D) 35,5 g.
- E) 71,0 g.

## GABARITO

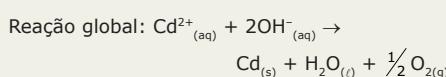
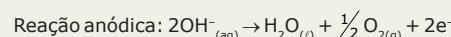
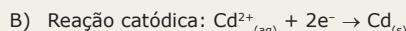
### Fixação

- 01. A
- 02. C
- 03. A) Tubo I:  $\text{H}_2$ ; tubo II:  $\text{O}_2$

- B) Polo positivo (+). Ocorre a oxidação da água, formando  $\text{O}_2$ .
- C) No tubo II, tem-se a metade da quantidade de moléculas, comparando-se com o tubo I. No entanto, a massa molar do gás no tubo II ( $\text{O}_2$ ) é maior do que no tubo I ( $\text{H}_2$ ), ou seja, a massa molar do  $\text{O}_2$  ( $32\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) é 16 vezes maior do que a massa molar do  $\text{H}_2$  ( $2\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), o que confere maior massa ao tubo II.

- 04. A)  $\text{Au}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{Cl}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Au}_{(\text{s})} + \frac{3}{2}\text{Cl}_{2(\text{g})}$
- B) 197 g de Au —  $3 \cdot 96\ 500\ \text{C}$ 
  - 6 g de Au — n
  - 2,5 C — 1 s
  - 8 817 C — t
  - $n = 8\ 817\ \text{C}$
  - tempo = 3 527 s = 58,8 min

05. A)  $i = 57,24\ \text{A}; V = 0,2\ \text{L}$



## Propostos

- 01. E
- 02. D
- 03. A
- 04. C
- 05. C
- 06. E
- 07. D
- 08. B
- 09. D
- 10. C
- 11. B
- 12. E
- 13. B
- 14. A
- 15. 19,3 s
- 16. A) A dificuldade de redução dos íons para produzir os respectivos metais cresce na seguinte ordem:  $\text{Cu} < \text{Fe} < \text{Al}$ . Quanto mais difícil é a redução do íon, mais fácil é a oxidação do metal correspondente. A nobreza de um metal está relacionada à sua dificuldade de oxidar-se. A sequência, partindo do menos nobre para o mais nobre é  $\text{Al} < \text{Fe} < \text{Cu}$ .
- B) 0,27 g de  $\text{Al}_{(\text{s})}$
- 17. A

## Seção Enem

- 01. B
- 02. D

# QUÍMICA

## Reações nucleares

MÓDULO

12

FRENTE

B

### O ÁTOMO

Como sabemos, o átomo é a unidade fundamental da matéria. Ele se divide em duas regiões, uma central, na qual está concentrada praticamente toda a sua massa e toda a sua carga positiva, denominada núcleo, e uma região periférica, na qual se concentra sua carga negativa, denominada eletrosfera. As partículas que formam o núcleo – os prótons e os nêutrons – são denominadas núcleons. As partículas que se encontram distribuídas pela eletrosfera são os elétrons.

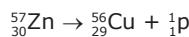
O total de núcleons em um núcleo atômico é denominado número de massa (A).

### REAÇÕES NUCLEARES

As reações nucleares são fenômenos em que ocorre a alteração da constituição dos núcleos. Tais reações acontecem quando há uma alteração no número de prótons e / ou no número de nêutrons de um núcleo atômico.

Quando a reação nuclear ocorre com a alteração do número de prótons do núcleo, ela é denominada transmutação.

#### Exemplo:



Em um processo de transmutação, a identidade do elemento é alterada, ou seja, um elemento químico se converte em outro elemento. No exemplo anterior, átomos do elemento zinco são convertidos em átomos do elemento cobre.

Alguns processos nucleares ocorrem sem que haja a alteração do número de prótons do núcleo, como a emissão de nêutrons.

#### Exemplo:



No processo anterior, o nuclídeo selênio-91 emite um nêutron, sem que haja alteração do número de prótons, transformando-se em outro nuclídeo do mesmo elemento químico, o selênio-90.

Existem três tipos de reações nucleares.

- Radioatividade: Atividade apresentada por alguns nuclídeos instáveis em que há emissão ou absorção de partículas (prótons, nêutrons, partículas alfa, partículas beta, pósitrons, elétrons, neutrinos e antineutrinos), com emissão de energia eletromagnética (radiação), buscando a sua estabilização.
- Fissão nuclear: Ruptura de núcleos atômicos, originando núcleos menores.
- Fusão nuclear: Junção de núcleos atômicos, originando núcleos maiores.

### PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA MASSA-ENERGIA

Em 1905, Albert Einstein publicou em um artigo a expressão.

$$E = m \cdot c^2$$

em que E = energia, m = massa de repouso e c = a velocidade da luz no vácuo.

Essa expressão sintetiza o princípio da equivalência entre a massa e a energia. Este, por sua vez, une os princípios da conservação da massa e da energia.

Por esse princípio, para toda massa, existe uma energia associada equivalente e vice-versa, ou seja, a massa de um sistema pode ser convertida em energia e vice-versa.

A massa de um quilograma possui uma energia associada equivalente igual a.

$$E = 1 \text{ kg} \cdot (3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1})^2 \approx 9,0 \times 10^{16} \text{ joules}$$

### APlicações do Princípio da Equivalência Massa-Energia

No processo de aniquilação do elétron e do pósitron, toda massa do sistema é convertida em energia. Relacionando-se a variação de massa com a variação de energia em um sistema, tem-se:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

Todo processo em que há perda de massa ( $\Delta m < 0$ ) é considerado exoenergético ( $\Delta E < 0$ ), ou seja, ocorre com liberação de energia. Em contrapartida, todo processo em que há ganho de massa ( $\Delta m > 0$ ) é considerado endoenergético ( $\Delta E > 0$ ), ou seja, ocorre com absorção de energia.

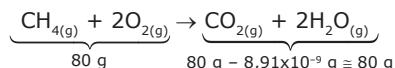
Nos fenômenos químicos exotérmicos, a massa do sistema não se conserva, como previsto pelo Princípio de Lavoisier. Parte da massa do sistema é convertida em energia. Contudo, essa variação de massa é desprezível e não consegue ser registrada nem por uma balança de alta precisão, o que não invalida a aplicação do Princípio de Lavoisier às reações químicas.

A combustão de um mol de metano libera 802,3 kJ. A variação de massa nesse sistema pode ser calculada da seguinte forma:

$$\Delta m = \Delta E/c^2$$

$$\Delta m = 802,3 \text{ kJ}/(3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1})^2$$

$$\Delta m = 8,91 \times 10^{-12} \text{ kg}$$

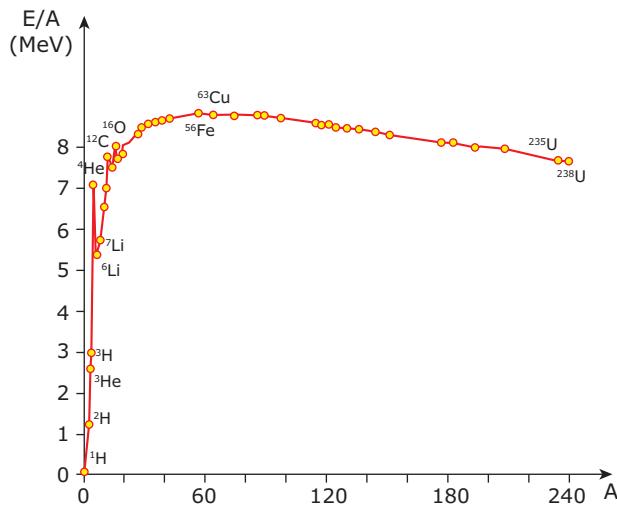


Nas reações nucleares, o Princípio da Conservação da Massa de Lavoisier não pode ser aplicado, já que a variação de massa não é desprezível, como nas reações químicas, e a energia envolvida nesse tipo de processo é milhares de vezes maior do que a variação de energia envolvida em uma reação química.

## ESTABILIDADE NUCLEAR

A estabilidade nuclear de um nuclídeo está associada à sua energia de ligação nucleônica. Quanto maior for a energia de ligação, menor será a energia armazenada no núcleo e, consequentemente, maior será a estabilidade do nuclídeo.

O gráfico a seguir representa a energia de ligação por núcleon ( $E/A$ ) em função do número de núcleons ( $A$ ).



O níquel-62 é o nuclídeo com maior energia de ligação entre todos os nuclídeos conhecidos.

Os nuclídeos próximos ao ferro-56 e ao níquel-62 são muito estáveis, pois seus núcleons estão fortemente ligados. Os nuclídeos com número de massa muito elevado tornam-se mais estáveis quando sofrem fissão nuclear. Já os nuclídeos com baixo número de massa tornam-se mais estáveis quando sofrem fusão nuclear.

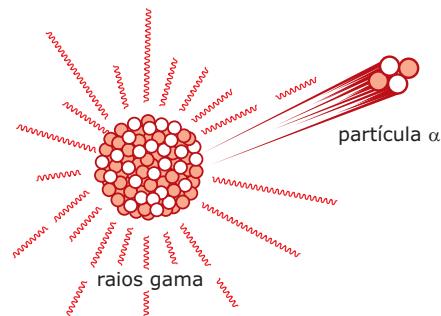
A estabilidade nuclear depende diretamente da relação entre o número de nêutrons e o número de prótons.

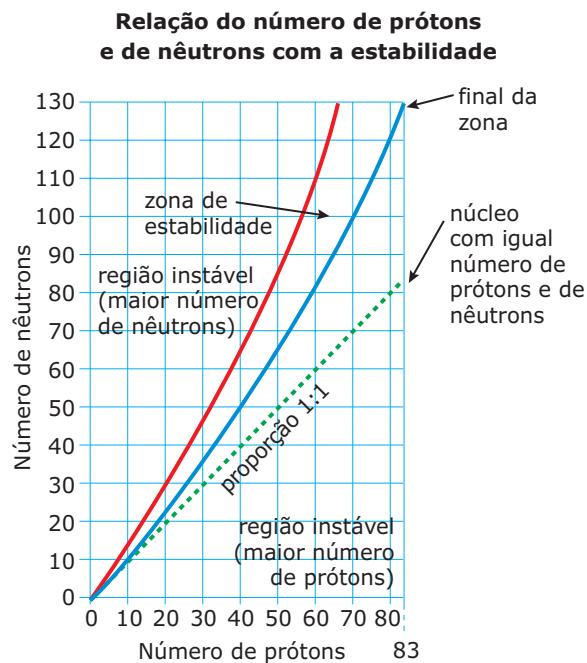
$\frac{n}{p}$ entre 1 e 1,5	Estabilidade. Exceto o ${}^1\text{H}$ , todos os núcleos estáveis contêm pelo menos um nêutron. À medida que o número de prótons do núcleo aumenta, o número de nêutrons por próton também aumenta.
$\frac{n}{p} > 1,5$ ( $n > p$ )	Instabilidade. Tendência de emissão de partículas ${}^0\beta$ ou ${}^1n$ quando possuem muitos nêutrons em relação ao número de prótons.
$\frac{n}{p} < 1$ ( $p > n$ )	Instabilidade. Emissão de pósitron ( ${}^0\beta$ ) ou captura K (captura de um elétron da camada K da eletrosfera e emissão de raios X).

### Exemplos:

- Desintegração beta:  ${}^{133}_{54}\text{Xe} \rightarrow {}^{133}_{55}\text{Cs} + {}^0\beta$
- Emissão de nêutrons:  ${}^{90}_{36}\text{Kr} \rightarrow {}^{89}_{36}\text{Kr} + {}^1n$
- Emissão de pósitron:  ${}^{105}_{48}\text{Cd} \rightarrow {}^{105}_{47}\text{Ag} + {}^0\beta$
- Captura K:  ${}^{127}_{54}\text{Xe} + e^- \rightarrow {}^{127}_{53}\text{I}$

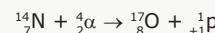
Em alguns casos, o número de prótons e de nêutrons é tão alto que a força de ligação nuclear não é suficiente para mantê-los unidos. Nesses casos, ocorre emissão alfa para diminuir tanto o número de nêutrons como o de prótons.



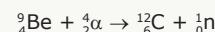


Seguem algumas transmutações artificiais importantes e seus respectivos pesquisadores.

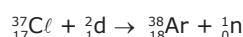
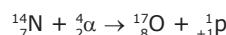
**1.** Ernest Rutherford (1919): Descoberta do próton.



**2.** James Chadwick (1932): Descoberta do nêutron.



Em equações de transmutação, é fundamental a igualdade algébrica entre os índices que representam o número de massa e o número atômico.

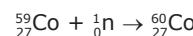


## Átomos radioativos artificiais

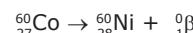
Átomos estáveis podem ser transformados em radioativos artificialmente.

**Exemplo:**

Formação do isótopo radioativo  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  a partir do  ${}_{27}^{59}\text{Co}$  natural e não radioativo pelo bombardeamento com nêutrons lentos.



A radiação do  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  consiste em partículas  $\beta$  e raios  $\gamma$ .



O  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  é utilizado no tratamento de várias formas de câncer (Bomba de Cobalto).

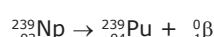
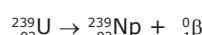
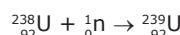
## Elementos artificiais

São divididos em cisurânicos e transurânicos.

Os elementos **cisurânicos** são elementos artificiais com número atômico inferior a 92 (urânio). São quatro: promécio, tecnécio, frâncio e astato.

Os elementos **transurânicos** são elementos artificiais com número atômico superior a 92 (urânio). Até o presente momento, já foi comunicado a obtenção artificial de dezoito elementos transurânicos.

Os primeiros elementos transurânicos preparados pelo homem foram o netúnio e o plutônio, obtidos pelo bombardeamento de  ${}_{92}^{238}\text{U}$  por nêutrons lentos.



## RADIOATIVIDADE

A radioatividade é um fenômeno nuclear, isto é, deve-se unicamente à emissão de partículas e radiações pelo núcleo atômico, em um processo que ocorre com a finalidade de atingir a estabilidade nuclear.

## Transmutação

Ocorre transmutação quando os átomos sofrem transformações em seus núcleos, originando átomos de um novo elemento.

## Transmutação natural

Ocorre com a emissão espontânea de partículas por parte do núcleo.

**Exemplo:**



## Transmutação artificial

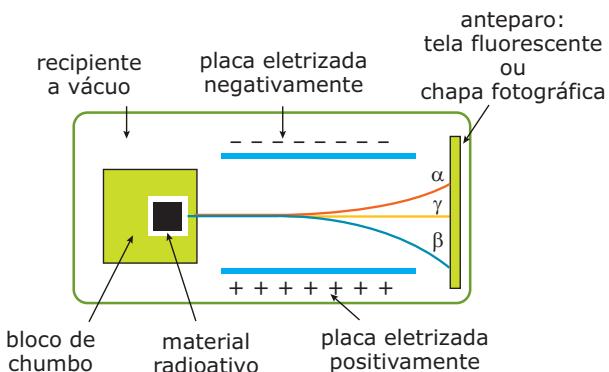
É provocada por bombardeamentos de núcleos com partículas subatômicas. As principais partículas utilizadas são partículas alfa, prótons e dêuterons.

Atualmente, essas reações são feitas, em geral, nos aceleradores de partículas de alta energia, como o ciclotron, o síncrotron e o acelerador linear.

## Natureza das emissões

Existem três tipos de emissões, as quais são denominadas  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Estas podem ser separadas por um campo elétrico.

### vista de cima



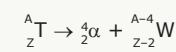
O campo elétrico produzido pelas placas desvia a trajetória das emissões. Observe que as partículas  $\alpha$  sofrem um desvio bem menor, se comparado com o desvio sofrido pelas partículas  $\beta$ .

## Partículas $\alpha$

São partículas constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (conjunto igual ao núcleo do átomo de hélio), emitidas pelo núcleo radioativo.



**Lei de Soddy:** Quando um elemento radioativo emite uma partícula  $\alpha$ , ele origina um novo elemento com número atômico 2 unidades menor e número de massa 4 unidades menor.

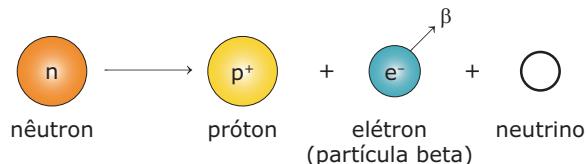


Observe que houve mudança do número atômico do átomo, logo, haverá mudança de elemento químico, denominada reação de transmutação.

## Partículas $\beta$

Cada partícula  $\beta$  é um elétron emitido em alta velocidade pelo núcleo radioativo.

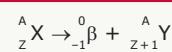
Admite-se que a partícula  $\beta$  (elétron) deve ser formada pela desintegração de um nêutron.



Esse elétron é imediatamente expulso pelo núcleo e recebe a denominação de partícula  $\beta$ .

O neutrino é uma partícula de carga nula e massa desprezível, já que possui uma massa 20 vezes menor do que a massa do elétron.

**Lei de Soddy-Fajans-Russel:** Quando um elemento radioativo emite uma partícula  $\beta$ , seu número atômico aumenta uma unidade, e o seu número de massa não se altera.



## Radiações $\gamma$

São radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda variam de 0,5 a 0,005 Å.

As emissões de partículas  $\alpha$  e  $\beta$  são normalmente acompanhadas de emissão de radiação  $\gamma$ .

## Equações de desintegração

Nas equações de desintegração, tem-se:

- A. Partículas alfa com índices  $\Rightarrow {}_{+2}^4\alpha$
- B. Partículas beta com índices  $\Rightarrow {}_{-1}^0\beta$
- C. A soma dos índices superiores ou inferiores do 1º membro é igual à do 2º membro.

### Exemplos:



## Características das emissões radioativas

Propriedades	Alfa ${}_{+2}^4\alpha$	Beta ${}_{-1}^0\beta$	Gama ${}_{0}^0\gamma$
Velocidade	A velocidade média é de 5 a 10% da velocidade da luz.	A velocidade média é de 90% da velocidade da luz.	A velocidade média é igual à velocidade da luz, ou seja, $300\,000\text{ km.s}^{-1}$ .
Poder de penetração	Pequeno. Não atravessam uma camada de ar de 7 cm, uma folha de papel ou uma chapa de alumínio com 0,06 mm de espessura.	Possuem um poder de penetração de 50 a 100 vezes maior que as partículas alfa. São detidas por uma chapa de chumbo de 2 mm.	Altíssimo. São mais penetrantes que os raios X, por possuírem pequenos comprimentos de onda. Não conseguem atravessar uma chapa de chumbo com 5 cm de espessura ou uma placa de aço com 20 cm de espessura.
Efeitos fisiológicos	Pequenos. Na maioria das vezes, são detidas pelas camadas de células mortas da pele. Podem causar queimaduras.	Médios. Penetram até 2 cm no corpo humano.	Altos. Atravessam completamente o organismo, podendo provocar vários tipos de câncer e até mutações gênicas.

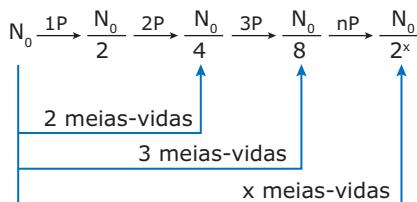
## Cinética das emissões radioativas

### Leis da desintegração radioativa

Não é possível prever com exatidão a duração de um núcleo radioativo, pois ele poderá permanecer sem se desintegrar durante segundos, dias ou até séculos. Contudo, existem cálculos estatísticos capazes de fornecer uma expectativa do tempo de vida de um núcleo radioativo.

### Período de semidesintegração ou meia-vida

É o tempo necessário para que a metade dos átomos presentes em uma amostra se desintegre.



Decorridas  $x$  meias-vidas, o número final de átomos ( $N$ ) em uma amostra radioativa será

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

em que

$N$  = nº final de átomos em uma amostra radioativa.

$N_0$  = nº inicial de átomos em uma amostra radioativa.

$x$  = nº de meias-vidas.

Nessa expressão,  $N$  e  $N_0$  podem também representar a massa final ( $m$ ) e a massa inicial ( $m_0$ ) de uma amostra radioativa.

Assim,

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

O tempo ( $t$ ) correspondente a  $x$  meias-vidas é dado por

$$t = x \cdot P$$

em que

$P$  = tempo correspondente a uma meia-vida.

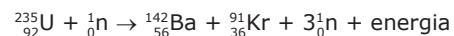
### OBSERVAÇÕES

1. A temperatura não interfere na velocidade dos processos radioativos, ou seja, não altera os fenômenos nucleares.
2. A meia-vida, ou período de semidesintegração de um elemento, não depende do número de átomos ou da massa inicial da amostra.
3. A atividade radioativa de uma amostra diminui no decorrer do tempo porque o número de desintegrações diminui.

## FISSÃO NUCLEAR

No processo conhecido como fissão, um núcleo muito pesado se parte e forma núcleos de peso médio.

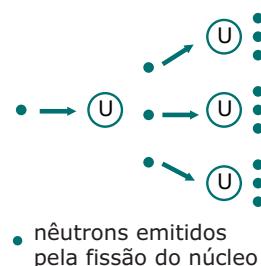
**Exemplo:** Fissão do  $^{235}_{92}\text{U}$ , quando bombardeado com nêutrons.



Durante a fissão, são produzidos nêutrons. Os nêutrons emitidos podem causar a fissão de outros núcleos de  $^{235}_{92}\text{U}$ , ocorrendo uma reação em cadeia.

### Reação em cadeia

Fissão do  $^{235}_{92}\text{U}$



• nêutrons emitidos pela fissão do núcleo

No processo da fissão, ocorre uma perda de massa que é convertida em energia de acordo com o princípio da equivalência massa-energia de Einstein.

A energia liberada em uma fissão nuclear é aplicada para fins pacíficos nos reatores nucleares (reação controlada) ou para fins bélicos em bombas atômicas, bomba A (reação incontrolada).

### Reator nuclear

Em um reator nuclear, a reação de fissão é controlada por moderadores de nêutrons e por barras de controle.

Os moderadores de nêutrons desaceleram os nêutrons liberados no processo, viabilizando o prosseguimento da reação em cadeia sob controle.

As barras controladoras adsorvem os nêutrons, impossibilitando o crescimento exponencial do número de nêutrons produzidos na reação em cadeia. Os principais materiais que realizam essa função são aço-boro, cádmio ou hafnio.

Em um reator nuclear, a reação de fissão é uma fonte de calor utilizada para elevar a temperatura da água até a ebulição. O vapor produzido aciona uma turbina que produz eletricidade, mecanismo idêntico ao de uma máquina térmica convencional.

### Lixo atômico

O processo de fissão produz um resíduo extremamente perigoso, representando um alto risco à população e ao meio ambiente. Esse resíduo é denominado lixo atômico ou nuclear.

O lixo nuclear é constituído de uma série de radionuclídeos (já foram identificados mais de 200 radionuclídeos diferentes) que normalmente possuem uma meia-vida longa. Por esse motivo, é necessário armazená-los em recipientes de chumbo e concreto e guardá-los em locais seguros por um tempo suficiente para que a radiação emitida atinja níveis não prejudiciais.

## Bomba atômica (Bomba A)

A bomba atômica é detonada em três estágios. O primeiro consiste em detonar a espoleta da bomba, uma carga de TNT, que, ao explodir, libera energia suficiente para juntar massas de material físsil (normalmente urânio-235 ou plutônio-239). Quando essas massas se juntam, formam uma massa denominada massa crítica, completando o segundo estágio. No terceiro estágio, a massa crítica penetra na fonte de nêutrons, dando origem à reação em cadeia.

## FUSÃO NUCLEAR

No processo conhecido como fusão, núcleos leves combinam-se para formar núcleos mais pesados.

**Exemplo:** Energia solar.

Na superfície solar, admite-se que ocorre a reação de fusão de quatro núcleos de H para formar um núcleo de He.



No processo, ocorre uma perda de massa, que é convertida em energia.

O processo de fusão nuclear libera uma quantidade de energia muito maior do que o processo de fissão nuclear, além de produzir resíduos mais limpos (menos radioativos).

A temperatura necessária para vencer a repulsão entre os núcleos dos reagentes e realizar a fusão é da ordem de cem milhões de graus Celsius para a fusão de quatro átomos de hidrogênio e de um milhão de graus Celsius para a fusão de deutérios ( ${}_{1}^2\text{H}$ ) e trítios ( ${}_{1}^3\text{H}$ ), isótopos mais pesados do hidrogênio.

Temperaturas tão elevadas não são encontradas na Terra, porém a produção das bombas atômicas viabilizaram a realização das fusões.

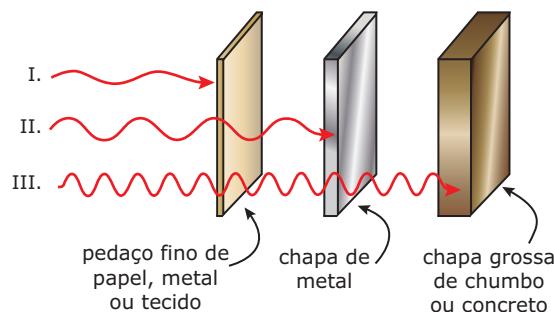
Atualmente, já se pensa em reatores de fusão mais eficientes do que os reatores de fissão. O processo funcionaria a altas temperaturas, em que os átomos estariam desvinculados de seus elétrons. Esse estado denomina-se **plasma**. Trata-se de um campo de pesquisa intensivo.

## Bomba de hidrogênio (Bomba H)

Em uma bomba de hidrogênio, a espoleta é uma bomba A que, ao ser detonada, libera uma quantidade de energia suficiente para elevar a temperatura e fundir os núcleos atômicos.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (UnB-DF) Ao acessar a rede Internet, procurando algum texto a respeito do tema radioatividade no “Cadê?” <<http://www.cade.com.br>>, um jovem deparou-se com a seguinte figura, representativa do poder de penetração de diferentes tipos de radiação.



Com o auxílio da figura, **JULGUE** os itens.

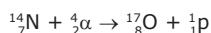
- ( ) A radiação esquematizada em II representa o poder de penetração das partículas beta.
- ( ) A radiação esquematizada em III representa o poder de penetração das partículas alfa.
- ( ) As partículas alfa e beta são neutras.
- ( ) Quando um núcleo radioativo emite uma radiação do tipo I, o número atômico fica inalterado.

- 02.** (Mackenzie-SP-2007) A irradiação é uma técnica eficiente na conservação e esterilização dos alimentos, pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento e maturação), além de eliminar ou reduzir micro-organismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento. Assim, cebolas, batatas e morangos são submetidos à irradiação, utilizando-se como fonte isótopos radioativos, emissores de radiação gama do elemento químico cobalto-60, que destroem bactérias e fungos responsáveis pela deterioração desses alimentos.

O cobalto ( ${}_{27}^{60}\text{Co}$ ) pode também sofrer transmutação para manganês ( ${}_{25}^{56}\text{Mn}$ ), que por sua vez se transforma em átomos de ferro ( ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ ). Assinale a alternativa que contenha, respectivamente, a sequência de partículas emitidas durante essa transmutação.

- A)  $\gamma$  e  $\beta$
- C)  $\beta$  e  $\alpha$
- E)  $\alpha$  e  $\gamma$
- B)  $\alpha$  e  $\beta$
- D)  $\gamma$  e  $\alpha$

- 03.** (UFLA-MG-2009) Reação nuclear é um termo que abrange todas as transformações nucleares, da emissão natural de partículas  $\alpha$  ou  $\beta$  ou até os processos de fissão e fusão. Se um núcleo se transforma em outro núcleo, como na reação



pode-se dizer que houve uma transmutação. Assinale a alternativa que apresenta os elementos **CORRETAMENTE** nas reações I, II e III, respectivamente.

I	${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{0}^{1}\text{n} \rightarrow$
II	${}_{83}^{209}\text{Bi} + {}_{2}^{4}\alpha \rightarrow$
III	${}_{90}^{231}\text{Pa} + {}_{-1}^{0}\beta \rightarrow$

- A) I:  ${}_{7}^{15}\text{N}$  ; II:  ${}_{84}^{212}\text{Po} + {}_{1}^{1}\text{p}$  ; III:  ${}_{90}^{231}\text{Pa}$   
 B) I:  ${}_{6}^{14}\text{C} + {}_{1}^{1}\text{p}$  ; II:  ${}_{81}^{205}\text{Ti}$  ; III:  ${}_{90}^{231}\text{Th}$   
 C) I:  ${}_{6}^{14}\text{C} + {}_{1}^{1}\text{p}$  ; II:  ${}_{85}^{213}\text{At}$  ; III:  ${}_{90}^{231}\text{Th}$   
 D) I:  ${}_{7}^{15}\text{N}$  ; II:  ${}_{85}^{213}\text{At}$  ; III:  ${}_{90}^{231}\text{Pa}$
- 04.** (FUVEST-SP-2007) O isótopo radioativo Cu-64 sofre decaimento, conforme representado:



A partir de amostra de 20,0 mg de Cu-64, observa-se que, após 39 horas, formaram-se 17,5 mg de Zn-64. Sendo assim, o tempo necessário para que metade da massa inicial de Cu-64 sofra decaimento  $\beta$  é cerca de

**Observação:**  ${}_{29}^{64}\text{Cu}$ : 64 = número de massa; 29 = número atômico

- A) 6 horas.      D) 26 horas.  
 B) 13 horas.      E) 52 horas.  
 C) 19 horas.
- 05.** A primeira bomba atômica ou bomba A foi detonada em julho de 1945, no deserto do Novo México (EUA). Poucas semanas depois, duas bombas atômicas anteciparam o fim da 2ª Guerra Mundial ao serem lançadas sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki. Em novembro de 1952, especialistas norte-americanos detonaram a primeira arma de hidrogênio, que tinha uma força explosiva milhares de vezes maior que as bombas atômicas que destruíram as cidades japonesas. Estima-se que as armas nucleares ativas, hoje, são suficientes para destruir o nosso planeta. Sobre as bombas nucleares (A e H) e seus processos de funcionamento, assinale a alternativa **INCORRETA**.

- A) Ambas as bombas funcionam por meio de um processo de fissão nuclear.  
 B) A bomba H também é conhecida como bomba termonuclear, pois ocorre sob condições de altíssimas temperaturas.

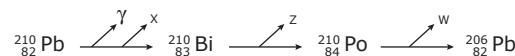
- C) O processo de fusão, em si, não forma produtos altamente radioativos, como na fissão.  
 D) A liberação de energia na bomba H é maior do que a da bomba A, pois no processo de fusão há maior perda de massa do que no processo de fissão nuclear.  
 E) Em uma bomba H, obtém-se o processo de fusão nuclear mais facilmente se utilizarmos os isótopos mais pesados do hidrogênio.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UnB-DF / Adaptado) Com relação à radioatividade e à natureza da matéria, **JULGUE** os itens que se seguem.
- ( ) As radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  podem ser separadas por um campo elétrico.  
 ( ) A radiação utilizada por Rutherford nas experiências que o levaram a propor um novo modelo atômico era de origem extranuclear.  
 ( ) Átomos de carbono-14, radioativos, sofrem transformações nucleares que os levam a se tornarem átomos de outro elemento químico.

- 02.** (UCB-DF / Adaptado) A radioatividade é um fenômeno natural descoberto em 1896 por Henri Becquerel, analisando minérios de urânio como a pechblenda  $[\text{K}_2\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2]$ . Atualmente, vários elementos naturais, não radioativos podem tornar-se radioativos artificiais, como césio, iodo, cobalto, entre outros. A radioatividade é um fenômeno proveniente da instabilidade nuclear. Sobre esse assunto, escreva V ou F, conforme as afirmativas a seguir sejam **VERDADEIRAS** ou **FALSAS**.
- ( ) Os elementos radioativos surgiram em 1896.  
 ( ) Ao se transformar em cátion ou ânion, o elemento natural torna-se radioativo.  
 ( ) A partícula  $\alpha$  (alfa), por ser mais pesada do que a  $\beta$  (beta), possui menor poder de penetração.  
 ( ) Após a emissão de uma partícula  $\alpha$  (alfa) e duas partículas  $\beta$  (beta), o átomo radioativo transforma-se em seu isótopo estável.

- 03.** (Unimontes-MG-2010) O esquema a seguir apresenta parte de uma série de desintegração radioativa. Nele, estão mostradas as radiações emitidas, x, z e w, além da radiação gama ( $\gamma$ ).



Considerando-se as informações fornecidas, pode-se afirmar que as radiações emitidas, x, z e w, correspondem, respectivamente, às radiações

- A) beta, beta e alfa.      C) alfa, alfa e alfa.  
 B) beta, gama e alfa.      D) alfa, beta e beta.

- 04.** (UFU-MG-2009) O uso comercial de radiação ionizante na preservação de alimentos é relativamente recente. O processo de irradiação pode ser utilizado para aumentar o tempo de conservação dos alimentos, por meio da eliminação de micro-organismos patogênicos e de insetos, sem mudar significativamente esses alimentos. A irradiação geralmente é feita com radiação gama,  $\gamma$ , e as fontes prováveis para serem empregadas podem ser:  $^{60}\text{Co}$  ou  $^{137}\text{Cs}$ .

Sobre a radiação  $\gamma$ , analise as afirmativas a seguir:

- A emissão da radiação  $\gamma$  ocorre para estabilizar um núcleo que emitiu quer seja radiação  $\alpha$ , quer seja radiação  $\beta$ .
- Quando o átomo de  $^{60}\text{Co}$  emitir radiação  $\gamma$  significa que está ocorrendo emissão de uma onda eletromagnética com poder de penetração superior ao das partículas  $\alpha$  e  $\beta$ .
- Ao alimento a ser conservado com radiação  $\gamma$ , adiciona-se átomos de  $^{60}\text{Co}$  durante o processo de fabricação porque o  $^{137}\text{Cs}$  não é recomendado, por ser mais instável.
- O alimento a ser conservado deve ser colocado em frente a placas elétricas polarizadas que desviam e direcionam a radiação  $\gamma$  até esse alimento.

Considerando os conceitos de fenômenos de origem nuclear, marque a alternativa **CORRETA**.

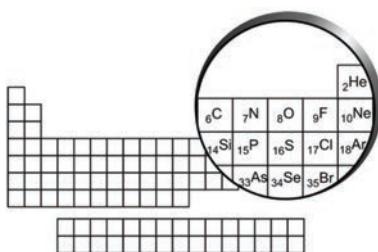
- A) I e II são corretas.      C) I, II e IV são corretas.  
 B) II e III são corretas.      D) Todas são incorretas.

- 05.** (FUVEST-2011) Em 1921, E. Rutherford e J. Chadwick relataram que, ao bombardear átomos de nitrogênio ( $^{14}\text{N}$ ) com partículas alfa (núcleos de  $^{4}\text{He}$ ), ocorria a liberação de prótons. Posteriormente, eles afirmaram:

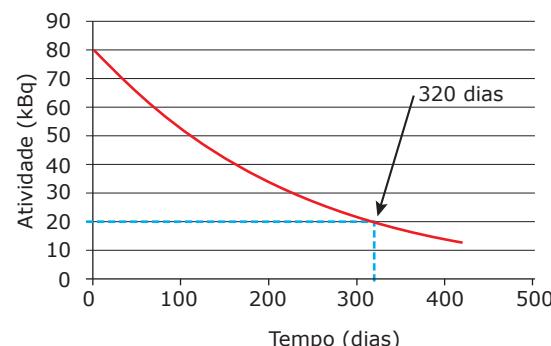
*Não há informação sobre o destino final da partícula alfa [...] É possível que ela se ligue, de alguma maneira, ao núcleo residual. Certamente ela não é reemitida pois, se assim fosse, poderíamos detectá-la.*

Anos mais tarde, P. Blackett demonstrou que, na experiência relatada por Rutherford e Chadwick, havia apenas a formação de um próton e de outro núcleo X. Também lembrou que, na colisão da partícula alfa com o átomo de nitrogênio, deveria haver conservação de massa e de carga nuclear.

- A) Com base nas informações anteriores, **ESCREVA** a equação nuclear representativa da transformação que ocorre ao se bombardear átomos de nitrogênio com partículas alfa.  
 B) O núcleo X formado na experiência descrita é um isótopo de nitrogênio? **EXPLIQUE** sua resposta.



- 06.** (UNIFESP-2010) No estudo do metabolismo ósseo em pacientes, pode ser utilizado o radioisótopo Ca-45, que decai emitindo uma partícula beta negativa, e cuja curva de decaimento é representada na figura.



A absorção deficiente de cálcio está associada a doenças crônicas como osteoporose, câncer de cólon e obesidade. A necessidade de cálcio varia conforme a faixa etária. A OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda uma dose de 1 000 mg/dia na fase adulta. A suplementação desse nutriente é necessária para alguns indivíduos. Para isso, o carbonato de cálcio pode ser apresentado em comprimidos que contêm 625 mg de  $\text{CaCO}_3$ .

- A) **DETERMINE** a meia-vida do radioisótopo Ca-45 e **IDENTIFIQUE** o elemento químico resultante do seu decaimento.  
 B) **DETERMINE** o número de comprimidos do suplemento carbonato de cálcio que corresponde à quantidade de cálcio diária recomendada pela OMS para um indivíduo adulto.

- 07.** (FUVEST-SP-2007) Um centro de pesquisa nuclear possui um ciclotrônico que produz radioisótopos para exames de tomografia. Um deles, o flúor-18 ( $^{18}\text{F}$ ), com meia-vida de, aproximadamente, 1 h e 30 min, é separado em doses, de acordo com o intervalo de tempo entre sua preparação e o início previsto para o exame. Se o frasco com a dose adequada para o exame de um paciente A, a ser realizado 2 horas depois da preparação, contém  $N_A$  átomos de  $^{18}\text{F}$ , o frasco destinado ao exame de um paciente B, a ser realizado 5 horas depois da preparação, deve conter  $N_B$  átomos de  $^{18}\text{F}$ , com

- A)  $N_B = 2N_A$ .  
 B)  $N_B = 3N_A$ .  
 C)  $N_B = 4N_A$ .  
 D)  $N_B = 6N_A$ .  
 E)  $N_B = 8N_A$ .

**Observação:** A meia-vida de um elemento radioativo é o intervalo de tempo após o qual metade dos átomos, inicialmente presentes, sofreram desintegração.

- 08.** (ITA-SP) Em relação ao tempo de meia-vida do Césio-137, livre ou combinado, são feitas as afirmações seguintes.

- Ia. Ele decresce com o aumento da temperatura.
- Ib. Ele independe da temperatura.
- Ic. Ele cresce com o aumento da temperatura.
- IIa. Ele decresce com o aumento da pressão.
- IIb. Ele independe da pressão.
- IIc. Ele cresce com o aumento da pressão.
- IIIa. Ele é o mesmo tanto no Césio elementar como em todos os compostos de Césio.
- IIIb. Ele varia se são mudados os outros átomos ligados ao átomo de Césio.

Dessas afirmações, são **CORRETAS**

- A) Ib; IIc; IIIa.
- B) Ic; IIa; IIIa.
- C) Ia; IIb; IIIb.
- D) Ic; IIc; IIIb.
- E) Ib; IIb; IIIa.

- 09.** (UCB-DF) Esta mão sóbria, retinta de resina negra, com dedos rugosos e unhas amareladas pelo pó do deserto, tem 2 000 anos. Não pertence a nenhum rei ou faraó. Serviu a um lavrador anônimo, em um instante quase perdido da história. Arqueólogos descobriram, no Egito, a maior população homogênea de múmias já encontradas. Elas revelam uma rica história plebeia, sem pompa e eloquência. O dia-a-dia da aldeia de Ain Labakha, há dois milênios.

SUPERINTERESSANTE, abr.1998.

Na determinação da idade de múmias, recorre-se às propriedades radioativas do carbono-14. Sabendo-se que o tempo de meia-vida do isótopo 14 do carbono é de 5 730 anos e que a taxa de carbono-14 encontrada em uma múmia é 2/3 da taxa inicial, **CALCULE** o ano em que a múmia foi preparada.

Dados:  $\log 2 = 0,301$

$\log 3 = 0,477$

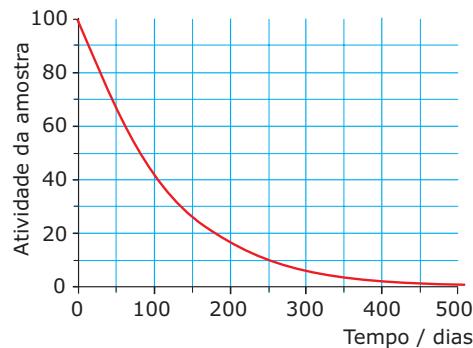
O ano em que a múmia foi encontrada é 1997.

- 10.** A massa de uma amostra radioativa é de 40 g. Após quanto tempo de desintegração teremos 8 g do material radioativo, sabendo que a meia-vida é de 3 h?

Dados:  $\log 2 = 0,3$

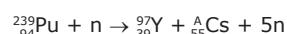
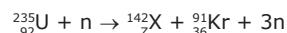
$\log 5 = 0,7$

- 11.** (Unicamp-SP-2010) A Revista Pesquisa FAPESP nº 162 apresenta uma pesquisa desenvolvida no Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (IPEN) sobre a produção de fios de irídio-192 para tratar tumores. Usados em uma ramificação da radioterapia chamada braquiterapia, esses fios são implantados no interior dos tumores e a radiação emitida destrói as células cancerígenas e não os tecidos sadios. O  $^{192}\text{Ir}$  se transforma em  $^{192}\text{Pt}$  por um decaimento radioativo e esse decaimento em função do tempo é ilustrado na figura a seguir.



- A) Considerando que a radiação é gerada por uma liga que contém inicialmente 20% de  $^{192}\text{Ir}$  e 80% de  $^{192}\text{Pt}$ , depois de quantos dias essa liga se transformará em uma liga que contém 5% de  $^{192}\text{Ir}$  e 95% de  $^{192}\text{Pt}$ ? **MOSTRE** seu raciocínio.
- B) O decaimento radiativo pode originar três diferentes tipos de partículas:  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Para efeito de resposta ao item, considere apenas  $\alpha$  e  $\beta$ . A partícula  $\beta$  tem uma massa igual à massa do elétron, enquanto a partícula  $\alpha$  tem uma massa igual à do núcleo do átomo de hélio. Considerando essas informações, que tipo de decaimento sofre o  $^{192}\text{Ir}$ ,  $\alpha$  ou  $\beta$ ? **JUSTIFIQUE**.

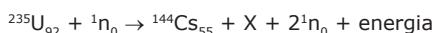
- 12.** (UNIFESP-2006) 60 anos após as explosões das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki, oito nações, pelo menos, possuem armas nucleares. Esse fato, associado a ações terroristas, representa uma ameaça ao mundo. Na cidade de Hiroshima, foi lançada uma bomba de urânio-235 e em Nagasaki uma de plutônio-239, resultando em mais de cem mil mortes imediatas e outras milhares como consequência da radioatividade. As possíveis reações nucleares que ocorreram nas explosões de cada bomba são representadas nas equações



Nas equações, Z, X, A e o tipo de reação nuclear são, respectivamente,

- A) 52, Te, 140 e fissão nuclear.
- B) 54, Xe, 140 e fissão nuclear.
- C) 56, Ba, 140 e fusão nuclear.
- D) 56, Ba, 138 e fissão nuclear.
- E) 56, Ba, 138 e fusão nuclear.

- 13.** (UEPG-PR-2007) A respeito da seguinte equação, assinale o que for **CORRETO**.



01. A equação representa uma reação de fissão nuclear.
02. O átomo X resultante tem número atômico igual a 37.
04. Os nêutrons formados na reação podem atingir outros átomos, provocando uma reação em cadeia.
08. No procedimento representado na equação, núcleos de urânio são bombardeados por nêutrons, formando núcleos menores e liberando energia.

Soma ( )

(UFTM-MG-2011)

**Instrução:** Texto para as questões **14** e **15**

Pesquisas na área nuclear são desenvolvidas no Brasil desde a década de 1960 e as reservas de urânio existentes permitem que o nosso país seja autossuficiente em combustível nuclear. A produção de energia em um reator nuclear ocorre através da reação, por exemplo, entre um núcleo de urânio-235 e um nêutron com energia adequada. Dessa reação, são formados, com maior probabilidade, os nuclídeos criptônio-92 e bário-142, além de três nêutrons que permitem que a reação prossiga em cadeia.

O urânio-235 ocorre na natureza e decai em várias etapas através de transmutações sucessivas e formação de vários radionuclídeos intermediários, com meias-vidas que variam de fração de segundos a séculos, e com emissão de radiação em cada etapa. Esse processo recebe o nome de série radioativa do urânio-235. Essa série termina com a formação do isótopo estável de chumbo-207, gerado na última etapa, a partir do decaimento por emissão de partícula alfa de um elemento radioativo com meia-vida de  $5 \times 10^{-3}$  segundos.

- 14.** O nome da reação que ocorre no reator nuclear para geração de energia e o elemento gerador do chumbo-207 por emissão de partícula alfa são, respectivamente,

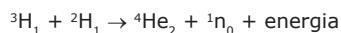
- A) fusão e radônio.      D) fissão e polônio.  
 B) fusão e polônio.      E) fissão e radônio.  
 C) fissão e mercúrio.

- 15.** Para que a atividade do nuclídeo gerador do chumbo-207 diminua para 6,25% de seu valor inicial, são necessários que transcorram, em segundos,

- A)  $1 \times 10^{-3}$ .      C)  $2 \times 10^{-3}$ .      E)  $5 \times 10^{-3}$ .  
 B)  $2 \times 10^{-2}$ .      D)  $5 \times 10^{-2}$ .

- 16.** (Unimontes-MG-2007) No Sol, ocorre a combinação de isótopos do hidrogênio para formar hélio, com subsequente liberação de grande quantidade de energia.

A equação dessa reação pode ser representada assim:

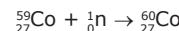


Reação desse tipo ocorre, por exemplo, na explosão da bomba de hidrogênio. Considerando as informações dadas e as características da referida reação, todas as alternativas estão corretas, **EXCETO**

- A) A reação nuclear é altamente exotérmica.
- B) O novo núcleo é formado através da fusão.
- C) A energia liberada pode ser convertida em energia elétrica.
- D) A fissão nuclear de isótopos do hidrogênio produz nêutrons.

- 17.** Sobre a radioatividade foram feitas várias considerações, **JULGUE-AS**.

- ( ) A equação nuclear  ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}^{2+}$  representa uma reação de transmutação.  
 ( ) Os elementos que têm mais de 92 prótons em seus núcleos são chamados de elementos transurânicos.  
 ( ) A equação para a formação do  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  radioativo, a partir do  ${}^{59}_{27}\text{Co}$  natural e não radioativo, pelo bombardeamento com nêutrons lentos, é



- ( ) A equação nuclear  

$${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{138}_{56}\text{Ba} + {}^{95}_{36}\text{Kr} + 3{}^1_0\text{n} + \text{energia}$$
  
 representa a fissão do  ${}^{235}_{92}\text{U}$ .  
 ( ) Pelo processo de fusão, núcleos leves combinam-se para formar núcleos mais pesados.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2001) Considere os seguintes acontecimentos ocorridos no Brasil:

- Goiás, 1987 – Um equipamento contendo césio radioativo, utilizado em medicina nuclear, foi encontrado em um depósito de sucatas e aberto por pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: Mortes e consequências ambientais sentidas até hoje.
- Distrito Federal, 1999 – Cilindros contendo cloro, gás bactericida utilizado em tratamento de água, encontrados em um depósito de sucatas, foram abertos por pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: Mortes, intoxicações e consequências ambientais sentidas por várias horas.

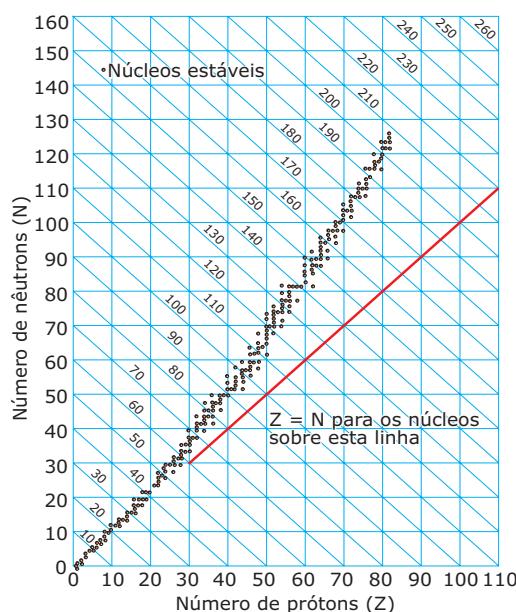
Para evitar que novos acontecimentos dessa natureza venham a ocorrer, foram feitas as seguintes propostas para a atuação do Estado.

- I. Proibir o uso de materiais radioativos e gases tóxicos.
- II. Controlar rigorosamente a compra, uso e destino de materiais radioativos e de recipientes contendo gases tóxicos.
- III. Instruir usuários sobre a utilização e descarte desses materiais.
- IV. Realizar campanhas de esclarecimentos à população sobre os riscos da radiação e da toxicidade de determinadas substâncias.

Dessas propostas, são adequadas apenas

- A) I e II.      C) II e III.      E) II, III e IV.  
 B) I e III.      D) I, III e IV.

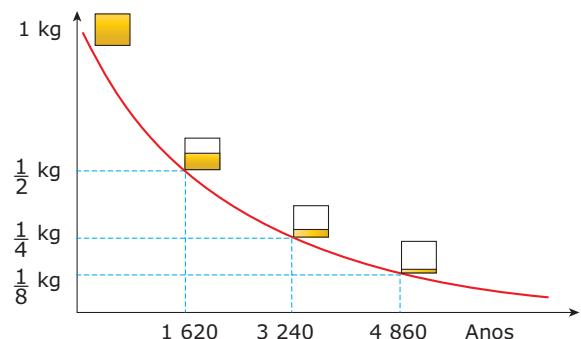
- 02.** (Enem-2009) Os núcleos dos átomos são constituídos de prótons e nêutrons, sendo ambos os principais responsáveis pela sua massa. Nota-se que, na maioria dos núcleos, essas partículas não estão presentes na mesma proporção. O gráfico mostra a quantidade de nêutrons ( $N$ ) em função da quantidade de prótons ( $Z$ ) para os núcleos estáveis conhecidos.



KAPLAN, I. *Física Nuclear*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (Adaptação).

- A) entre 12 e 24 nêutrons a menos que o número de prótons.
- B) exatamente o mesmo número de prótons e nêutrons.
- C) entre 0 e 12 nêutrons a mais que o número de prótons.
- D) entre 12 e 24 nêutrons a mais que o número de prótons.
- E) entre 0 e 12 nêutrons a menos que o número de prótons.

- 03.** (Enem-2001) O lixo radioativo ou nuclear é resultado da manipulação de materiais radioativos, utilizados hoje na agricultura, na indústria, na medicina, em pesquisas científicas, na produção de energia, etc. Embora a radioatividade se reduza com o tempo, o processo de decaimento radioativo de alguns materiais pode levar milhões de anos. Por isso, existe a necessidade de se fazer um descarte adequado e controlado de resíduos dessa natureza. A taxa de decaimento radioativo é medida em termos de um tempo característico, chamado meia-vida, que é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radiatividade original. O gráfico seguinte representa a taxa de decaimento radioativo do rádio-226, elemento químico pertencente à família dos metais alcalinoterrosos e que foi utilizado durante muito tempo na medicina.



As informações fornecidas mostram que

- A) quanto maior é a meia-vida de uma substância mais rápido ela se desintegra.
- B) apenas 1/8 de uma amostra de rádio-226 terá decaído ao final de 4 860 anos.
- C) metade da quantidade original de rádio-226, ao final de 3 240 anos, ainda estará por decair.
- D) restará menos de 1% de rádio-226 em qualquer amostra dessa substância após decorridas 3 meias-vidas.
- E) a amostra de rádio-226 diminui a sua quantidade pela metade a cada intervalo de 1 620 anos devido à desintegração radioativa.

- 04.** (Enem-2003) Na música “Bye, bye, Brasil”, de Chico Buarque de Holanda e Roberto Menescal, os versos

*puseram uma usina no mar  
talvez fique ruim pra pescar*

poderiam estar se referindo à usina nuclear de Angra dos Reis, no litoral do estado do Rio de Janeiro.

No caso de tratar-se dessa usina, em funcionamento normal, dificuldades para a pesca nas proximidades poderiam ser causadas

- A) pelo aquecimento das águas, utilizadas para refrigeração da usina, que alteraria a fauna marinha.
- B) pela oxidação de equipamentos pesados e por detonações que espantariam os peixes.
- C) pelos rejeitos radioativos lançados continuamente no mar, que provocariam a morte dos peixes.
- D) pela contaminação por metais pesados dos processos de enriquecimento do urânio.
- E) pelo vazamento de lixo atômico colocado em tonéis e lançado ao mar nas vizinhanças da usina.

**05.** (Enem-2004) O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

- I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como combustível, não é queimado, mas sofre fissão.
- II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos.

A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que

- A) o primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.
- B) o segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.
- C) o segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.
- D) ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.
- E) ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está se tornando uma necessidade inquestionável.

**06.** (Enem-2006) O funcionamento de uma usina nucleoelétrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoelétricas. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que

- A) a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilização em armas nucleares.
- B) a proibição de se instalarem novas usinas nucleoelétricas não causaria impacto na oferta mundial de energia.
- C) a existência de usinas nucleoelétricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- D) a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoelétricas.
- E) a baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoelétricas impossibilita o desenvolvimento energético.

## GABARITO

### Fixação

- |             |       |
|-------------|-------|
| 01. V F F F | 04. B |
| 02. B       | 05. A |
| 03. C       |       |

### Propostos

01. V F V
02. F F V F
03. A
04. A
05. A)  $^{14}_7N + ^4_2\alpha \rightarrow ^1_1p + ^{17}_8X$   
B) Átomos com igual número atômico e diferentes números de massa são denominados isótopos de um elemento químico. Dessa forma, o elemento X não é um isótopo do nitrogênio, pois esse elemento apresenta número atômico 8, diferenciando-se do número atômico do nitrogênio, que é 7.
06. A)  $t_{1/2} = 160$  dias, elemento formado: Sc-45  
B) 4 comprimidos
07. C
08. E
09. 1353 a.C.
10. 7 horas
11. A) Conforme o gráfico, para a atividade da amostra cair 50% (tempo de meia-vida), decorrem cerca de 75 dias. Assim, de 20% para 10% decorrem 75 dias e de 10% para 5% decorrem mais 75 dias, o que perfaz 150 dias para concentração de  $^{192}\text{Ir}$  cair de 20% para 5% na liga.  
B) O decaimento leva à formação de partículas  $\beta$ . Trata-se de um decaimento nuclear sem mudança do número de massa. Conforme o texto, o elemento  $^{192}\text{Ir}$  se transforma em  $^{192}\text{Pt}$ , sem alteração do número de massa (192). Isso configura-se na emissão de uma partícula de massa desprezível em relação à massa do átomo, ou seja, sua massa é igual à do elétron (partícula  $\beta$ ).
12. D
13. Soma = 15
14. D
15. B
16. D
17. V V V V V

### Seção Enem

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 01. E | 03. E | 05. D |
| 02. D | 04. A | 06. C |

# QUÍMICA

## Constantes de equilíbrio

MÓDULO

21

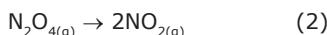
FRENTE  
C

### CONSTANTE DE EQUILÍBRIOS EM TERMOS DA CONCENTRAÇÃO EM MOL.L<sup>-1</sup> (K<sub>c</sub>)

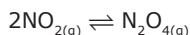
A obtenção de tetróxido de dinitrogênio, N<sub>2</sub>O<sub>4(g)</sub>, a partir de dióxido de nitrogênio, NO<sub>2(g)</sub>, é um exemplo de processo reversível.



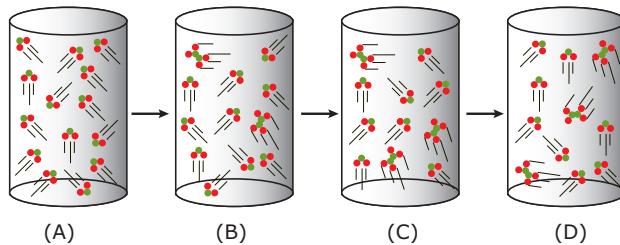
O produto formado também se converte em reagente.



Então, o processo pode ser escrito da seguinte forma:



Em um experimento, um estudante introduziu em um cilindro de paredes rígidas NO<sub>2</sub> puro. A reação ocorreu, e o sistema evoluiu para uma mistura de NO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, com as concentrações dessas substâncias permanecendo constantes.



Visão microscópica de um sistema que evolui de NO<sub>2</sub> puro para uma mistura de NO<sub>2</sub> em equilíbrio com N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. (A) Sistema inicial constituído por NO<sub>2</sub> puro. (B) O sistema em um instante antes de entrar em equilíbrio. (C) O sistema alcança o equilíbrio neste instante. (D) Em qualquer tempo, após o instante em que o sistema atinge o equilíbrio, as concentrações dos componentes do sistema são as mesmas, em relação ao momento em que o sistema alcançou o equilíbrio, e permanecerá assim eternamente, se não for perturbado por nenhum fator externo.

Considerando que (1) e (2) são reações elementares, e chamando de v<sub>1</sub> a velocidade da reação direta e de v<sub>2</sub> a velocidade da reação inversa, pode-se escrever a lei de velocidade para as duas reações.

$$v_1 = k_1 \cdot [\text{NO}_2]^2 \quad \text{e} \quad v_2 = k_2 \cdot [\text{N}_2\text{O}_4]$$

No início do processo, a velocidade da reação direta, v<sub>1</sub>, é máxima, pois a concentração de NO<sub>2</sub> também é máxima. No entanto, essa velocidade vai diminuindo com a redução na concentração do reagente. Já a velocidade da reação inversa, v<sub>2</sub>, é nula no início, quando a concentração de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> também é igual a zero, e aumenta até que as duas velocidades, direta e inversa, se igualem no equilíbrio.

Assim, no equilíbrio, v<sub>1</sub> = v<sub>2</sub>.

Então,

$$k_1 \cdot [\text{NO}_2]_{\text{eq}}^2 = k_2 \cdot [\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{eq}}$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{eq}}}{[\text{NO}_2]_{\text{eq}}^2}$$

A razão entre as constantes de velocidade k<sub>1</sub> e k<sub>2</sub> pode ser chamada de constante de equilíbrio e é representada por K<sub>c</sub>, ou simplesmente K.

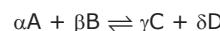
$$\frac{k_1}{k_2} = K_c$$

A expressão da constante de equilíbrio para o processo descrito é

$$K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{eq}}}{[\text{NO}_2]_{\text{eq}}^2}$$

Nessa expressão, [N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>]<sub>eq</sub> e [NO<sub>2</sub>]<sub>eq</sub> são as concentrações em mol.L<sup>-1</sup> medidas quando o estado de equilíbrio é alcançado. A partir desse ponto, o índice de equilíbrio, indicando concentrações de equilíbrio, será omitido.

Para uma equação genérica



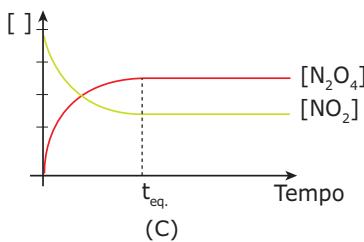
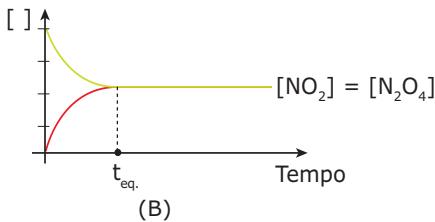
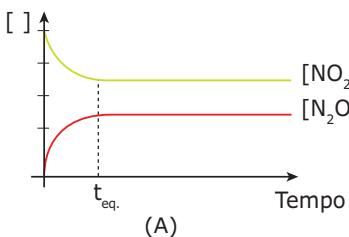
em que todos os participantes estão em equilíbrio na mesma fase (equilíbrio homogêneo), pode-se expressar K<sub>c</sub> como

$$K_c = \frac{[\text{C}]^\gamma \cdot [\text{D}]^\delta}{[\text{A}]^\alpha \cdot [\text{B}]^\beta}$$

O valor numérico da constante de equilíbrio depende de dois fatores, apenas: da temperatura e dos coeficientes estequiométricos utilizados para expressá-la. Por isso, é comum o cálculo da constante de equilíbrio com os menores coeficientes inteiros possíveis.

As velocidades de reação direta e inversa se igualam no equilíbrio, mas isso não determina que as concentrações das substâncias participantes tenham de se igualar.

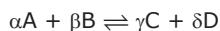
Ainda em relação à reação de obtenção de tetróxido de dinitrogênio,  $N_2O_4$ , é possível encontrar diversas condições de equilíbrio, dependendo da temperatura, como mostrado a seguir:



Gráficos de concentração em mol.L<sup>-1</sup> em função do tempo para a reação  $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$  em três condições diferentes. (A) A concentração de reagente é maior do que a de produto. (B) As concentrações de reagentes e de produtos são iguais. (C) O equilíbrio foi alcançado com concentração de produtos maior do que a de reagentes.

## CONSTANTE DE EQUILÍBRIO EM TERMOS DA PRESSÃO PARCIAL ( $K_p$ )

Para uma equação genérica



em que todos os participantes estão no estado gasoso, pode-se expressar  $K_p$  como

$$K_p = \frac{(p_C)^\gamma \cdot (p_D)^\delta}{(p_A)^\alpha \cdot (p_B)^\beta}$$

Para o equilíbrio representado pela equação

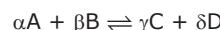


$$\text{tem-se } K_p = \frac{(p_{NO_2})^4 \cdot p_{O_2}}{(p_{N_2O_5})^2}$$

O  $K_p$  só deve ser empregado no caso de equilíbrios que tenham participantes gasosos.

## Relação entre $K_p$ e $K_c$

Para a mesma equação genérica considerada anteriormente,



$$\text{tem-se } K_c = \frac{[C]^\gamma \cdot [D]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta} \text{ e } K_p = \frac{(p_C)^\gamma \cdot (p_D)^\delta}{(p_A)^\alpha \cdot (p_B)^\beta}$$

Considerando o comportamento ideal dos gases, a pressão parcial dos participantes do equilíbrio pode ser relacionada com a concentração em mol.L<sup>-1</sup> da seguinte maneira:

$$p_A = [A]RT \quad p_B = [B]RT \quad p_C = [C]RT \quad p_D = [D]RT$$

Dessa forma, é possível substituir as pressões parciais na expressão de  $K_p$ .

$$K_p = \frac{([C]RT)^\gamma \cdot ([D]RT)^\delta}{([A]RT)^\alpha \cdot ([B]RT)^\beta}$$

Reorganizando a mesma expressão,

$$K_p = \frac{[C]^\gamma \cdot [D]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta} \cdot \frac{(RT)^{(\gamma + \delta)}}{(RT)^{(\alpha + \beta)}} \text{ ou}$$

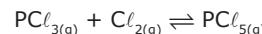
$$K_p = \frac{[C]^\gamma \cdot [D]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta} \cdot (RT)^{(\gamma + \delta) - (\alpha + \beta)}$$

pode-se chamar a expressão  $(\gamma + \delta) - (\alpha + \beta)$  de  $\Delta n$  ou de variação dos coeficientes estequiométricos, e  $[C]^\gamma \cdot [D]^\delta / [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$  é igual à constante de equilíbrio em termos das concentrações,  $K_c$ .

Assim, pode-se escrever a relação genérica entre  $K_p$  e  $K_c$  da seguinte maneira:

$$K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n}$$

Por exemplo, para a reação



$$\Delta n = 1 - (1 + 1) = -1$$

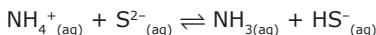
$$\text{Assim, } K_p = K_c \cdot (RT)^{-1}, \text{ ou seja, } K_p = \frac{K_c}{RT}.$$

Dessa maneira, conclui-se, ainda para esta última reação, que  $K_p < K_c$ .

## CONSTANTES DE EQUILÍBRIO EM SOLUÇÕES LÍQUIDAS

Outros casos de equilíbrios homogêneos muito importantes são aqueles que se estabelecem em solução, principalmente em solução aquosa. Muitas reações biologicamente importantes se dão em solução aquosa, por exemplo, no plasma sanguíneo ou no meio intracelular.

**Exemplo:** Observe a reação equacionada a seguir, que ocorre em solução aquosa.

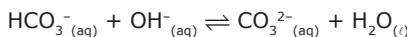


Todas as substâncias envolvidas estão na mesma fase, ou seja, é um equilíbrio homogêneo, e a forma de expressar a constante desse equilíbrio é muito parecida com aquelas vistas anteriormente e que se passam em fase gasosa.

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{S}^{2-}]}$$

Porém, quando um participante do equilíbrio é o solvente em que ocorre o processo, a concentração desse solvente é praticamente constante durante a transformação e não deve aparecer na expressão da constante de equilíbrio.

Considerando a reação a seguir, que também ocorre em solução aquosa,



a constante de equilíbrio pode ser escrita inicialmente da seguinte forma:

$$K'_c = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{OH}^-]}$$

Considerando-se que a concentração de água é constante no decorrer do processo e no equilíbrio,

$$[\text{H}_2\text{O}] = C \therefore K'_c/C = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{OH}^-]}$$

A razão entre as duas constantes pode ser entendida como uma nova constante de equilíbrio chamada de  $K_c$ , apenas.

$$K_c = K'_c/C$$

Assim, a concentração de água,  $[\text{H}_2\text{O}]$ , desaparece da expressão da constante de equilíbrio.

$$K_c = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{OH}^-]}$$

No equilíbrio estabelecido em uma solução líquida qualquer, aquosa ou não, se o solvente participa da reação química e está em largo excesso frente aos outros participantes, a concentração dele não deve aparecer na expressão da constante de equilíbrio.

É importante ressaltar que, em um equilíbrio estabelecido em solução líquida, o solvente está sendo consumido ou formado.

## CONSTANTE DE EQUILÍBRIO EM SISTEMAS HETEROGÊNEOS

Todos os equilíbrios estudados até o momento – no estado gasoso ou em solução – eram equilíbrios homogêneos. Serão estudados, a partir de agora, os equilíbrios heterogêneos, ou seja, aqueles em que seus participantes estão em diferentes fases ou estados físicos.

### Equilíbrio heterogêneo sólido-gasoso e líquido-gasoso

Nos equilíbrios gasosos, se houver algum participante líquido ou, principalmente, sólido, ele não deve aparecer na expressão da constante de equilíbrio, pois a sua concentração também se mantém constante durante as reações.

**Exemplo:** Observe o equilíbrio gasoso heterogêneo representado pela equação química



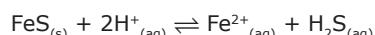
As expressões de  $K_c$  e  $K_p$  são mostradas a seguir:

$$K_c = \frac{1}{[\text{CO}_2]} \quad \text{e} \quad K_p = \frac{1}{p_{\text{CO}_2}}$$

Nessas expressões, não aparecem as concentrações dos participantes sólidos CaO e CaCO<sub>3</sub>.

### Equilíbrio heterogêneo sólido-solução

A dissolução de sulfeto de ferro (II), FeS<sub>(s)</sub>, em solução diluída de ácido clorídrico, HCl<sub>(aq)</sub>, pode ser representada simplificadamente pela equação a seguir:



A expressão de  $K_c$  para esse equilíbrio não considera a concentração do FeS sólido, pois esta é constante.

$$K_c = \frac{[\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$$

## GRAU DE EQUILÍBRIO OU RENDIMENTO ( $\alpha$ )

Chamando-se de  $n_0$  a quantidade inicial de um reagente e de  $n_{\text{eq.}}$  a quantidade do mesmo reagente presente no equilíbrio, ou seja, sem reagir, o grau de equilíbrio é a razão entre a quantidade de um reagente que realmente reagiu ( $n_0 - n_{\text{eq.}}$ ) e a sua quantidade inicial ( $n_0$ ).

$$\alpha = \frac{n_0 - n_{\text{eq.}}}{n_0}$$

O grau de equilíbrio pode aparecer também na forma percentual.

$$\alpha\% = \frac{n_0 - n_{eq}}{n_0} \cdot 100$$

Quando se fala que o grau de equilíbrio é, por exemplo, 0,4, significa que 40% de reagente foi convertido em produto.

A dissociação do  $PCl_5(g)$  é representada pela seguinte equação de equilíbrio:



Com uma concentração inicial de  $4,0 \times 10^{-1}$  mol.L<sup>-1</sup> de  $PCl_5$  e sabendo-se que o grau de equilíbrio em certa temperatura é igual a 80% ou 0,8, deseja-se calcular a constante de equilíbrio nessa mesma temperatura. Nesse caso, o mais adequado é montar uma **tabela de equilíbrio químico**. Uma tabela desse tipo pode ser montada da seguinte forma, observando-se os coeficientes estequiométricos:

$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$			
Quantidade ou concentração inicial	n	0	0
Consumido / Formado	$\alpha n$	$\alpha n$	$\alpha n$
Quantidade ou concentração no equilíbrio	$(n - \alpha n)$	$\alpha n$	$\alpha n$

Substituindo as incógnitas n (quantidade inicial de reagente) e  $\alpha$  (grau de equilíbrio) por seus valores numéricos:

$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$			
Quantidade ou concentração inicial	$4,0 \times 10^{-1}$	0	0
Consumido / Formado	$3,2 \times 10^{-1}$	$3,2 \times 10^{-1}$	$3,2 \times 10^{-1}$
Quantidade ou concentração no equilíbrio	$0,8 \times 10^{-1}$	$3,2 \times 10^{-1}$	$3,2 \times 10^{-1}$

Calcula-se, então, a constante de equilíbrio:

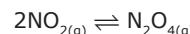
$$K_c = \frac{[PCl_3] \cdot [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{(3,2 \times 10^{-1}) \cdot (3,2 \times 10^{-1})}{0,8 \times 10^{-1}} = 1,28$$

## QUOCIENTE REACIONAL (Q)

É preciso encontrar uma maneira de prever se uma mistura reacional qualquer está ou não em equilíbrio químico. No caso de não haver equilíbrio, deseja-se saber a direção da reação, ou seja, se os reagentes têm tendência a formar mais produtos, ou se os produtos tendem a se transformar em reagentes. O quociente reacional permite fazer essas previsões.

A expressão que define o quociente reacional é a mesma utilizada para a constante de equilíbrio, com a diferença de que, na primeira, as concentrações empregadas não são necessariamente as de equilíbrio. São empregadas as concentrações de um sistema químico arbitrário e, muitas vezes, não se sabe se o sistema está ou não em equilíbrio químico.

Utilizando-se novamente, como exemplo, o seguinte equilíbrio em certa temperatura:



Seu quociente reacional pode ser expresso como

$$Q = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

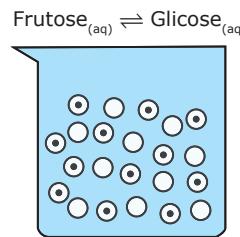
Na expressão anterior,  $[N_2O_4]$  e  $[NO_2]$  não são, necessariamente, concentrações de equilíbrio. Ao conhecer a constante de equilíbrio, na referida temperatura, e comparar o quociente reacional com ela, tem-se condições de saber se a reação deve avançar no sentido direto, inverso ou se o equilíbrio já foi estabelecido.

## Relação entre Q e K<sub>c</sub>

- Se  $Q < K_c$ , o sistema não está em equilíbrio, e parte dos reagentes deve ser convertida em produtos, ou seja, a reação tem de avançar no sentido direto para estabelecer o equilíbrio.
- Se  $Q = K_c$ , o sistema está em equilíbrio.
- Se  $Q > K_c$ , o sistema não está em equilíbrio, e parte dos produtos deve ser convertida em reagentes, ou seja, a reação tem de avançar no sentido inverso para o equilíbrio ser alcançado.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UEL-PR-2008) A figura seguinte representa a quantidade de moléculas de frutose e glicose, em solução aquosa, a 25 °C e em equilíbrio químico, de acordo com a equação

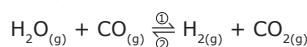


- A) Representação de 1 molécula de frutose  
 B) Representação de 1 molécula de glicose

A constante de equilíbrio a 25 °C para a reação é igual a  
Dados: Volume da solução = 3,0 L .

- A) 0,40.  
B) 0,83.  
C) 0,28.  
D) 1,20.  
E) 1,00.

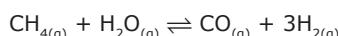
- 02.** (UFOP-MG) A reação



em equilíbrio, apresenta as constantes cinéticas nas direções 1 e 2 iguais a  $k_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  e  $k_2 = 8 \times 10^{-4} \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , respectivamente. Sabendo-se que  $v_1 = k_1 \cdot [\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{CO}]$  e  $v_2 = k_2 \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{CO}_2]$ , pede-se:

- A) **CALCULE** a constante de equilíbrio no sentido 1.  
 B) **CALCULE** a concentração de  $\text{CO}_{2(g)}$ , no equilíbrio, sabendo que as concentrações iniciais de  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$  e  $\text{CO}_{(g)}$  são iguais a 1,0 mol.L<sup>-1</sup>.

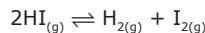
- 03.** (UNESP) O hidrogênio pode ser obtido do metano, de acordo com a equação química em equilíbrio



A constante de equilíbrio dessa reação é igual a 0,20 a 900 K. Em uma mistura dos gases em equilíbrio a 900 K, as pressões parciais de  $\text{CH}_{4(g)}$  e de  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$  são ambas iguais a 0,40 atm e a pressão parcial de  $\text{H}_{2(g)}$  é de 0,30 atm.

- A) **ESCREVA** a expressão da constante de equilíbrio.  
 B) **CALCULE** a pressão parcial de  $\text{CO}_{(g)}$  no equilíbrio.

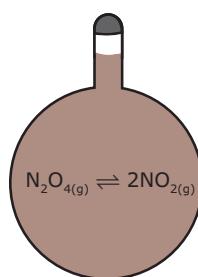
- 04.** 64,0 g de HI gasoso sofrem decomposição à temperatura constante em recipiente fechado.



Estabelecido o equilíbrio, verifica-se a presença de 12,8 g de HI no sistema. Pede-se

- A) o grau de equilíbrio.  
 B) o valor da constante de equilíbrio.

- 05.** (UEG-GO-2007) O  $\text{N}_2\text{O}_4$  é um gás incolor e pode transformar-se no gás castanho  $\text{NO}_2$ , de acordo com o equilíbrio apresentado na figura a seguir.



Considere que 4,0 mol do gás incolor e 2,0 mol do gás castanho foram misturados em um recipiente fechado de 1,0 L de capacidade, à temperatura de 227 °C. Admita ainda que, a essa temperatura, a constante de equilíbrio, em termos das concentrações, vale 40. Com base nas informações do texto e da figura, e considerando  $\sqrt{3} = 1,73$ , faça o que se pede.

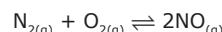
- A) **EXPLIQUE**, por meio de cálculos, se haverá diminuição ou aumento na concentração de  $\text{NO}_2$  até que o equilíbrio seja estabelecido.  
 B) **DETERMINE** as concentrações de  $\text{N}_2\text{O}_4$  e  $\text{NO}_2$  no estado de equilíbrio.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (PUC Minas-2010) Na tabela a seguir, assinale a reação que **MAIS** favorece o produto.

	Reação	$K_{eq}$
A)	$2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$	$1,0 \times 10^2$
B)	$2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$	$6,4 \times 10^5$
C)	$2\text{NOBr}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} + \text{Br}_{2(g)}$	$6,4 \times 10^{-2}$
D)	$\text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$	5,7

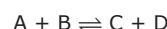
- 02.** (FUVEST-SP) A altas temperaturas,  $\text{N}_2$  reage com  $\text{O}_2$  produzindo NO, um poluente atmosférico.



À temperatura de 2 000 K, a constante de equilíbrio anterior é igual a  $4,0 \times 10^{-4}$ . Nessa temperatura, se as concentrações de equilíbrio de  $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$  forem, respectivamente,  $4,0 \times 10^{-3}$  e  $1,0 \times 10^{-3}$  mol.L<sup>-1</sup>, qual será a de NO?

- A)  $1,6 \times 10^{-9}$  mol.L<sup>-1</sup>  
 B)  $4,0 \times 10^{-9}$  mol.L<sup>-1</sup>  
 C)  $1,0 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>  
 D)  $4,0 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>  
 E)  $1,6 \times 10^{-4}$  mol.L<sup>-1</sup>

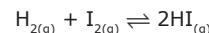
- 03.** (UFMG) 0,80 mol.L<sup>-1</sup> de A são misturados com 0,80 mol.L<sup>-1</sup> de B. Esses dois compostos reagem lentamente, produzindo C e D, de acordo com a reação



Quando o equilíbrio foi atingido, a concentração de C foi medida, tendo sido encontrado o valor 0,60 mol.L<sup>-1</sup>. A constante de equilíbrio,  $K_c$ , dessa reação é

- A) 1,7.  
 B) 0,45.  
 C) 5,3.  
 D) 9,0.  
 E) 3,0.

- 04.** (FCMMG-2011) Colocaram para reagir, em um recipiente vazio, fechado, de volume constante, 1,0 mol de  $\text{H}_{2(g)}$  e 1,0 mol de  $\text{I}_{2(g)}$ . Na temperatura em que ocorre a reação

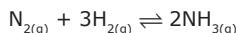


a constante de equilíbrio é igual a 1,0.

Tendo-se em vista o exposto, pode-se concluir que a quantidade de  $\text{HI}_{(g)}$  presente no equilíbrio é igual a

- A) 0,33 mol.  
 B) 0,50 mol.  
 C) 0,66 mol.  
 D) 2,0 mol.

- 05.** (UFV-MG) A amônia pode ser preparada pela reação entre nitrogênio e hidrogênio gasosos, sob alta pressão, segundo a equação



A tabela a seguir mostra a variação da concentração dos reagentes e produtos no decorrer de um experimento realizado em sistema fechado, a temperatura e pressão constantes.

Intervalo de tempo	[N <sub>2</sub> ] / mol.L <sup>-1</sup>	[H <sub>2</sub> ] / mol.L <sup>-1</sup>	[NH <sub>3</sub> ] / mol.L <sup>-1</sup>
0	10	10	0
1	x	4	4
2	7	1	y
3	7	1	y

- A) Os valores de x e y, no quadro anterior, são  
 $x = \underline{\hspace{2cm}}$  e  $y = \underline{\hspace{2cm}}$ .
- B) **ESCREVA** a expressão da constante de equilíbrio para essa reação, em termos das concentrações de cada componente.
- C) O valor da constante de equilíbrio para essa reação, nas condições do experimento, é  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

- 06.** (UNIRIO-RJ) O conceito de equilíbrio é fundamental na Química, mas não é exclusivo da Química. Vivemos em uma situação social e econômica que constitui equilíbrio dinâmico de forças competitivas. Na família e nos grupos sociais, comportamo-nos de maneira a manter as relações mais cordiais possíveis. Na realidade, procuramos atingir um equilíbrio.

Kotz; Treichel, 1998.

- Acerca do tema equilíbrio químico, podemos afirmar que
- A) quanto menor for a constante de equilíbrio, mais favorável será a formação dos produtos.
- B) a constante de equilíbrio não é alterada quando são alterados os coeficientes estequiométricos da equação.
- C) a adição de um catalisador altera o valor da constante de equilíbrio.
- D) o estado físico das substâncias deve ser levado em consideração na expressão da constante de equilíbrio.
- E) quanto maior for a constante de equilíbrio, mais favorável será a regeneração dos reagentes.

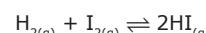
- 07.** (UFU-MG) A amônia (NH<sub>3</sub>) pode ser obtida industrialmente pelo processo Haber-Bosh, que envolve altas temperaturas, elevadas pressões, e presença de Fe como catalisador. A reação envolvida é



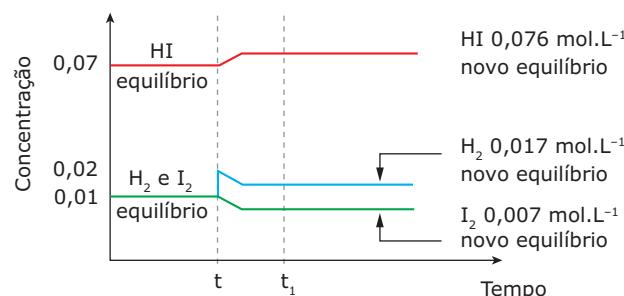
Sabendo-se que a constante de equilíbrio, K<sub>c</sub>, da reação anterior vale 0,5 e 0,014 a 460 °C e 750 °C, respectivamente, pede-se:

- A) **ESCREVA** a expressão da constante de equilíbrio, K<sub>c</sub>, da reação e **EXPLIQUE** por que K<sub>c</sub> diminui com o aumento da temperatura.
- B) **EXPLIQUE** por que a síntese industrial de NH<sub>3</sub> necessita de altas temperaturas e da presença de catalisador.

- 08.** (Fatec-SP) Considere a mistura gasosa em equilíbrio, a 450 °C, contida em um recipiente de 1,0 L.



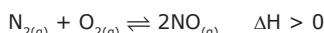
No instante t, o sistema sofreu uma perturbação que conduziu a um novo estado de equilíbrio:



Analisando o gráfico e sabendo que a temperatura e a pressão durante o experimento foram mantidas constantes, podemos afirmar que

- A) os valores da constante K<sub>c</sub> nos instantes t e t<sub>1</sub> são iguais.
- B) a concentração de I<sub>2</sub>, no equilíbrio inicial, é 0,02 mol.L<sup>-1</sup>.
- C) no instante t<sub>1</sub>, a concentração de HI é duplicada.
- D) no instante t<sub>1</sub>, constata-se a presença de 0,07 mol.L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>.
- E) no instante t, a concentração de H<sub>2</sub> foi reduzida à metade.

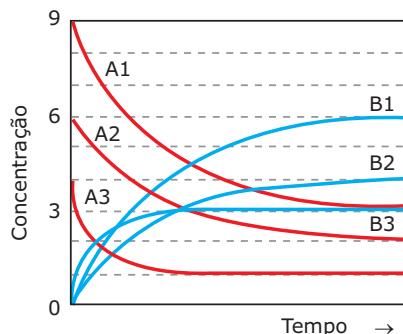
- 09.** (Unimontes-MG-2009) Os gases oxigênio ( $O_2$ ) e nitrogênio ( $N_2$ ) presentes no ar atmosférico podem reagir, durante a combustão da gasolina, no motor de um automóvel. A equação para a reação de equilíbrio é dada por



À temperatura ambiente, a constante de equilíbrio é igual a  $4,8 \times 10^{-31}$ . Considerando o equilíbrio dado, é **INCORRETO** afirmar que

- A) a decomposição do NO é favorecida em temperaturas mais baixas.
- B) o valor da constante de equilíbrio é quadruplicado ao se dobrar a  $[NO]$ .
- C) o aquecimento do motor contribui para a formação de NO.
- D) a concentração de NO, à temperatura ambiente, é muito baixa.

- 10.** (FUVEST-SP) A transformação de um composto A em um composto B, até se atingir o equilíbrio ( $A \rightleftharpoons B$ ), foi estudada em três experimentos. De um experimento para o outro, variou-se a concentração inicial do reagente A, ou a temperatura, ou ambas. Registraram-se as concentrações de reagente e produto em função do tempo.



Com esses dados, afirma-se:

- I. Os experimentos 1 e 2 foram realizados à mesma temperatura, pois as constantes de equilíbrio correspondentes são iguais.
- II. O experimento 3 foi realizado em uma temperatura mais elevada que o experimento 1, pois no experimento 3 o equilíbrio foi atingido em um tempo menor.
- III. A reação é endotérmica no sentido da formação do produto B.

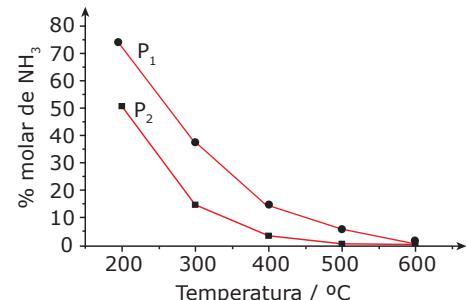
Dessas afirmações,

- A) todas são corretas.
- B) apenas I e III são corretas.
- C) apenas II e III são corretas.
- D) apenas I é correta.
- E) apenas II é correta.

- 11.** (Unimontes-MG-2010) A amônia ( $NH_3$ ) é um produto comercial muito importante na indústria para a produção de compostos nitrogenados e é obtida pelo processo Harber, segundo a equação



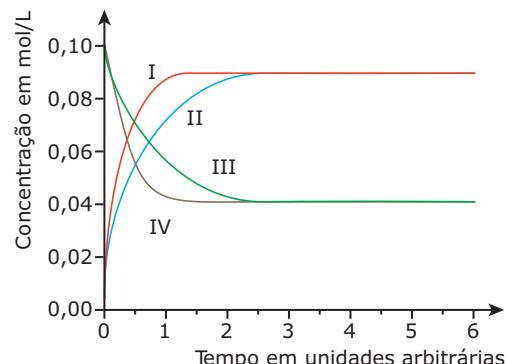
O gráfico a seguir mostra como a concentração de  $NH_3$ , na mistura em equilíbrio, varia com a temperatura, a duas pressões diferentes,  $P_1$  e  $P_2$ .



A partir da análise do gráfico e do equilíbrio químico considerado, pode-se afirmar que

- A) o valor da constante de equilíbrio não varia ao longo de uma isóbara.
- B) as concentrações de  $N_2$  e  $H_2$  são iguais em  $P_1$  e  $P_2$ , a 200 °C.
- C) a pressão usada no experimento na curva  $P_1$  é maior do que na  $P_2$ .
- D) a constante de equilíbrio em  $P_2$  é menor do que em  $P_1$  a 400 °C.

- 12.** (Unicamp-SP) A figura a seguir representa, sob o ponto de vista cinético, a evolução de uma reação química hipotética na qual o reagente A se transforma no produto B. Das curvas I, II, III e IV, duas dizem respeito à reação catalisada e duas, à reação não catalisada.



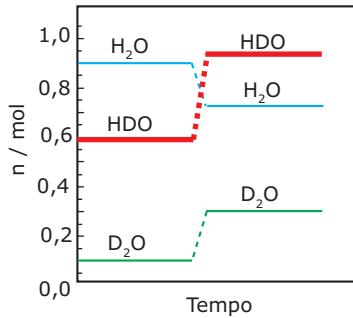
- A) Quais das curvas representam as concentrações de A e de B, em função do tempo, para a reação não catalisada?
- INDIQUE** a curva que se refere à concentração de A e a curva que se refere à concentração de B.
- B) **CALCULE** o valor da constante de equilíbrio para a reação de transformação de A em B.

- 13.** (FUVEST-SP-2008) Certas quantidades de água comum ( $H_2O$ ) e de água deuteraada ( $D_2O$ ) – água que contém átomos de deutério em lugar de átomos de hidrogênio – foram misturadas. Ocorreu a troca de átomos de hidrogênio e de deutério, formando-se moléculas de HDO e estabelecendo-se o equilíbrio (estado I).



As quantidades, em mols, de cada composto no estado I estão indicadas pelos patamares, a seguir, no diagrama.

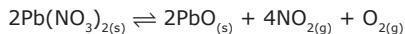
Depois de certo tempo, mantendo-se a temperatura constante, acrescentou-se mais água deuteraada, de modo que a quantidade de  $D_2O$ , no novo estado de equilíbrio (estado II), fosse o triplo daquela antes da adição. As quantidades, em mols, de cada composto envolvido no estado II, estão indicadas pelos patamares, a seguir, no diagrama.



A constante de equilíbrio, nos estados I e II, tem, respectivamente, os valores

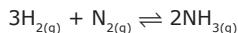
- A) 0,080 e 0,25.      C) 6,6 e 4,0.      E) 6,6 e 6,6.  
B) 4,0 e 4,0.      D) 4,0 e 12.

- 14.** (FUVEST-SP) Nitrato de chumbo se decompõe a 800 °C, estabelecendo-se o equilíbrio.

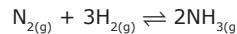


- A) **ESCREVA** a expressão da constante desse equilíbrio em termos de concentração,  $K_c$ .  
B) **INDIQUE** em um gráfico a variação das concentrações dos gases  $NO_2$  e  $O_2$  em função do tempo, até atingir o equilíbrio.

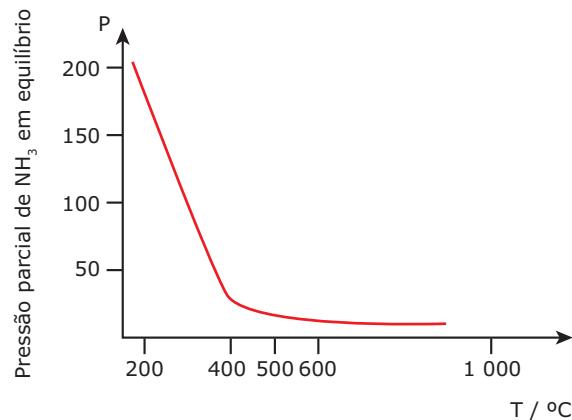
- 15.** (UnB-DF / Adaptado) A 298 K, o valor da constante de equilíbrio para a reação de síntese da amônia, representada a seguir, é de  $4,20 \times 10^8$ . Sabendo que a constante universal dos gases perfeitos é igual a  $8,20 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , **CALCULE**, em kPa, a pressão parcial da amônia, considerando que as concentrações de  $N_{2(g)}$  e de  $H_{2(g)}$  são iguais a  $1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . **DIVIDA** o valor calculado por  $10^2$  e **DESPREZE**, caso exista, a parte fracionária do resultado obtido.



- 16.** (UFMG) A amônia é um dos compostos inorgânicos mais importantes. Industrialmente, pode ser fabricada pela reação entre  $N_2$  e  $H_2$ , na presença de catalisadores, à temperatura e à pressão elevadas:

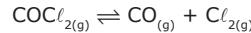


A figura ilustra a dependência do rendimento em relação à temperatura, em uma determinada pressão total  $P$ , expressa em atm.



- A) Em vista das informações contidas na figura, a síntese da amônia é um processo endotérmico ou exotérmico?  
**EXPLIQUE** seu raciocínio.
- B) **JUSTIFIQUE** o uso de temperatura e pressão elevadas na síntese industrial da amônia.
- C) Verificou-se que, na pressão total  $p$ , as pressões parciais de  $N_{2(g)}$  e  $H_{2(g)}$  são, respectivamente, 2,5 e 100 atm. O valor da constante de equilíbrio, à temperatura  $T$ , para a equação anterior, é  $K_p = 4 \times 10^{-3}$ . Mediante cálculos apropriados e o uso da figura, **DETERMINE** qual é a temperatura  $T$  (em °C).

- 17.** (FCMMG-2011) A certa temperatura, 2,0 mol de  $COCl_{2(g)}$  foram colocados em um frasco de volume constante e igual a 1,0 L. Esse composto dissociou-se segundo a reação

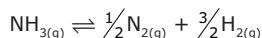


No equilíbrio, 50% de  $COCl_{2(g)}$  estava dissociado.

A quantidade de matéria de  $COCl_{2(g)}$  que deve ser colocada no mesmo frasco de 1,0 L para que 25% do  $COCl_{2(g)}$  total se dissocie, na mesma temperatura, é igual a

- A) 12 mol.  
B) 4,0 mol.  
C) 1,0 mol.  
D) 0,083 mol.

- 18.** (UFMG) Quando um mol de amônia é aquecido em um sistema fechado, a uma determinada temperatura, 50% do composto se dissocia, estabelecendo-se o equilíbrio.

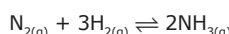


A soma das quantidades de matéria, em mols, das substâncias presentes na mistura em equilíbrio é

- A) 3,0.
- B) 2,5.
- C) 2,0.
- D) 1,5.
- E) 1,0.

- 19.** Em um recipiente fechado, encontram-se, à determinada temperatura, 1,8 mol de  $\text{HCl}_{(g)}$  em equilíbrio com  $\text{H}_{2(g)}$  e  $\text{Cl}_{2(g)}$ . **DETERMINE** o grau de dissociação do  $\text{HCl}_{(g)}$  nessa temperatura, sabendo que, inicialmente, foram colocados 2 mol de  $\text{HCl}_{(g)}$  no recipiente.

- 20.** (UFU-MG) Pelo processo Haber, nitrogênio reage com hidrogênio para formar amônia, de acordo com a seguinte equação representativa da reação:

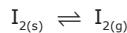


#### DETERMINE

- A) a expressão da constante de equilíbrio ( $K_c$ ) para o sistema.  
 B) Em um frasco de 50,0 L contendo 1,0 mol de  $\text{N}_2$ , 3,0 mol de  $\text{H}_2$  e 0,5 mol de  $\text{NH}_3$ , a 400 °C, a amônia será formada ou consumida? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

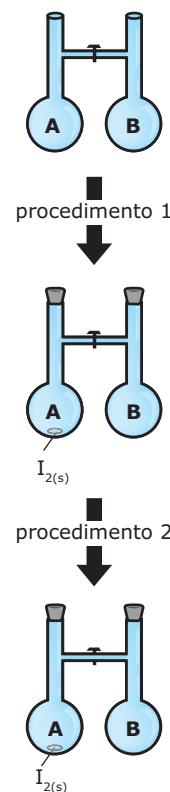
Dado:  $K_c = 0,5$  a 400 °C.

- 21.** (UFMG-2008) Quando aquecido em um recipiente fechado, o  $\text{I}_{2(s)}$  sublima e forma  $\text{I}_{2(g)}$ . Estabelece-se, então, o equilíbrio representado nesta equação:



- A) **INDIQUE** se a sublimação é exotérmica ou endotérmica.  
 B) **INDIQUE** se, com o aumento da temperatura, a constante de equilíbrio da sublimação do  $\text{I}_2$  diminui, permanece constante ou aumenta.  
 C) Dois balões, A e B, abertos e em contato com a atmosfera estão conectados por uma válvula, que está, inicialmente, fechada.

Nesta figura, estão representados, esquematicamente, os dois procedimentos realizados nesse sistema:



- Procedimento 1: Adiciona-se  $\text{I}_{2(s)}$  ao balão A e, imediatamente, os dois balões são tampados.
- Procedimento 2: A válvula que conecta os dois balões é aberta.

**INDIQUE** se, após se realizar o procedimento 1 e o sistema atingir o equilíbrio, a pressão dentro do balão A será menor, igual ou maior que a pressão dentro do balão B.

Considere que, nesse processo, o iodo sublima e que, nos dois balões, a temperatura se mantém constante.

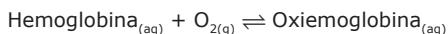
- D) **COMPARE**, agora, o estado de equilíbrio do sistema após a realização desses dois procedimentos.

**INDIQUE** se a pressão, dentro do balão B, após a realização do procedimento 2, será menor, igual ou maior que a pressão dentro do balão A, após a realização do procedimento 1.

Considere que a temperatura, nos dois balões, se mantém constante e que, no balão A, continua a haver  $\text{I}_{2(s)}$ . **JUSTIFIQUE** sua resposta.

## SEÇÃO ENEM

**01.** Jogadores de futebol e alpinistas necessitam de um período de aclimatação, a fim de se minimizarem os efeitos das grandes altitudes. Nesse tipo de situação, o ar é rarefeito e a baixa quantidade de oxigênio acarreta alguns desconfortos físicos, tais como dores de cabeça, fadiga, náuseas e, em casos mais graves, o indivíduo pode entrar no estado de coma, o que pode levá-lo ao óbito. A hemoglobina é a responsável pelo transporte de oxigênio inalado para as células de nosso organismo na forma de oxiemoglobina. Esse processo é representado pela equação não balanceada:



Durante o período de aclimatação, o organismo aumenta a taxa de produção de hemoglobina, restabelecendo os níveis de oxigenação nas células e

- A) ocorre o aumento da constante de equilíbrio da reação de síntese da oxiemoglobina.
- B) a constante de equilíbrio da reação de síntese da oxiemoglobina não se altera.
- C) ocorre a diminuição da constante de equilíbrio da reação de síntese da oxiemoglobina.
- D) ocorre um aumento da pressão parcial do  $\text{O}_{2(\text{g})}$  e da concentração de oxiemoglobina.
- E) ocorre uma diminuição da pressão parcial do  $\text{O}_{2(\text{g})}$  e da concentração de oxiemoglobina.

Um aumento de temperatura desloca o equilíbrio no sentido endotérmico, ou seja, na formação dos reagentes. Dessa forma, há uma diminuição do valor de  $K_c$  com o aumento da temperatura.

- B) Há necessidade de uso de catalisador para diminuir a energia de ativação da reação e de aquecimento para aumentar a velocidade com que a reação atinge o equilíbrio. Mesmo que a reação de obtenção da amônia seja exotérmica, haverá aumento da velocidade.

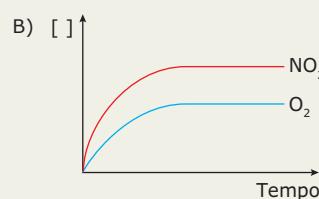
08. A 09. B 10. A 11. C

12. A) A = curva III e B = curva II

B)  $K_c = 0,456$

13. B

14. A)  $K_c = [\text{NO}_2]^4 \cdot [\text{O}_2]$



15. 50

16. A) Exotérmico, porque um aumento de temperatura desloca o equilíbrio na produção de reagentes, diminuindo a quantidade de amônia, conforme mostrado no gráfico.

- B) O uso da temperatura elevada na síntese da amônia aumenta a velocidade com que a reação atinge o equilíbrio. O uso da pressão elevada desloca o equilíbrio para a formação de menor volume gasoso, ou seja, no sentido de formação de amônia.

C) 300 °C

17. A 18. D 19. 10%

20. A)  $K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$

B)  $Q = 23,15$

Como  $Q > K_c$ , a amônia será consumida para o equilíbrio ser restabelecido.

21. A) Endotérmica

- B) Aumenta a constante de equilíbrio.

- C) Maior

- D) Permanece constante.

A abertura da válvula promove a difusão de I<sub>2(g)</sub> do balão A para o balão B, o que diminui a concentração desse gás no sistema. Como a constante de equilíbrio não muda e é igual à concentração de I<sub>2(g)</sub>, a reação será favorecida no sentido direto até que a concentração de I<sub>2(g)</sub> nos dois balões seja igual à encontrada no balão A, antes da abertura da válvula.

## Seção Enem

01. B

## GABARITO

### Fixação

- 01. D
- 02. A)  $K_c = 0,25$   
B)  $[\text{CO}_2] = 0,33 \text{ mol.L}^{-1}$
- 03. A)  $K_p = p_{\text{CO}} \cdot (p_{\text{H}_2})^3 / (p_{\text{CH}_4} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}})$   
B)  $p_{\text{CO}} = 1,185 \text{ atm}$
- 04. A) 80%  
B)  $K_c = 4$
- 05. A) Haverá aumento, pois o  $Q_p < K_p$ ; logo, o equilíbrio se desloca para a direita.  
B)  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 1,35 \text{ mol.L}^{-1}$ ;  $[\text{NO}_2] = 7,30 \text{ mol.L}^{-1}$

### Propostos

- 01. B
- 02. D
- 03. D
- 04. C
- 05. A)  $x = 8$  e  $y = 6$   
B)  $K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$   
C)  $K_c = 5,14$
- 06. D
- 07. A)  $K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]}$

# QUÍMICA

## Equilíbrio iônico

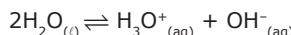
MÓDULO

22

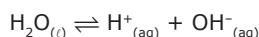
FRENTE  
C

### AUTOIONIZAÇÃO DA ÁGUA

A água pura autoioniza-se segundo a seguinte equação:



Ou, de maneira simplificada,



Como essa é uma reação reversível, ela atinge o estado de equilíbrio, que pode ser representado por uma constante em termos de concentração ( $K_c$ ).

Assim,

$$K_c = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

Como a  $[\text{H}_2\text{O}]$  é constante,

$$K_w = K_c \cdot [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

$K_w$  recebe o nome de constante de autoionização da água ou produto iônico da água. Como a água é um eletrólito muito fraco, o valor de  $K_w$  é muito baixo e apenas varia com a temperatura.

Temperatura / °C	$K_w$
0	$0,11 \times 10^{-14}$
25	$1,01 \times 10^{-14}$
40	$3,02 \times 10^{-14}$
80	$23,4 \times 10^{-14}$
100	$51,3 \times 10^{-14}$

Para o equilíbrio iônico da água, normalmente se trabalha com as condições padrão, 25 °C e 1 atm de pressão.

Sendo assim, para uma amostra de água pura a 25 °C, tem-se:

$K_w(25\text{ }^\circ\text{C}) \approx 1 \times 10^{-14}$  e  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ , pois a amostra é neutra.

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

$$1 \times 10^{-14} = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1 \times 10^{-14}}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

Porém, se a água não for pura, o soluto pode ou não alterar as concentrações hidrogeniônicas,  $[\text{H}^+]$ , ou as concentrações hidroxiliônicas,  $[\text{OH}^-]$ . Caso isso venha a ocorrer, ter-se-á:

- **Solução ácida**

A concentração de  $\text{H}^+$  aumenta em função da dissolução de um soluto em água.

$$[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}^+] > 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

- **Solução básica**

A concentração de  $\text{OH}^-$  aumenta em função da dissolução de um soluto em água.

$$[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] > 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

Para revelar a acidez ou a basicidade de uma solução, pode-se criar uma escala em função de  $[\text{H}^+]$  e  $[\text{OH}^-]$ . Veja o quadro a seguir que relaciona essas concentrações na temperatura de 25 °C.

$[\text{H}^+]$ / mol.L <sup>-1</sup>	$[\text{OH}^-]$ / mol.L <sup>-1</sup>
1	$10^{-14}$
$10^{-1}$	$10^{-13}$
$10^{-2}$	$10^{-12}$
$10^{-3}$	$10^{-11}$
$10^{-4}$	$10^{-10}$
$10^{-5}$	$10^{-9}$
$10^{-6}$	$10^{-8}$
$10^{-7}$	$10^{-7}$
$10^{-8}$	$10^{-6}$
$10^{-9}$	$10^{-5}$
$10^{-10}$	$10^{-4}$
$10^{-11}$	$10^{-3}$
$10^{-12}$	$10^{-2}$
$10^{-13}$	$10^{-1}$
$10^{-14}$	1

Observe que, para qualquer solução a 25 °C, o  $K_w$  é sempre  $1 \times 10^{-14}$ .

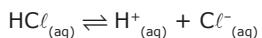
# EQUILÍBRIO IÔNICO EM MEIOS ÁCIDOS E BÁSICOS

O equilíbrio iônico da água permite determinar a acidez ou a basicidade de um meio pela simples medição da concentração dos íons  $H^+$  e  $OH^-$ . Dessa forma, podem-se definir as constantes de equilíbrio para as reações reversíveis estabelecidas quando um ácido ou uma base são dissolvidos na água.

## Equilíbrio iônico em meios ácidos

Um ácido, ao ser dissolvido em água, sofre ionização. Esse processo é reversível e a constante de equilíbrio definida para ele é denominada constante de ionização ou constante de acidez ( $K_a$ ).

### Exemplo:

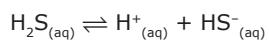


$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [Cl^-]}{[HC\ell]}$$

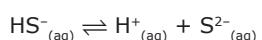
Quanto mais forte é um ácido, maior é o seu grau de ionização ( $\alpha$ ) e maior é o número de íons  $H^+$  encontrados em equilíbrio. Assim, o valor do  $K_a$  indica a força relativa dos ácidos: ácido com alto valor de  $K_a$  é um ácido forte, e ácido com baixo valor de  $K_a$  é um ácido fraco.

Na realidade, os valores de  $K_a$  para ácidos muito fortes não são calculados, uma vez que a quantidade de ácido na forma não ionizada é praticamente nula. Portanto, para esse tipo de ácido, define-se o valor de  $K_a$  como sendo infinito ( $\infty$ ).

Nos poliácidos, a ionização ocorre em etapas. Cada uma dessas etapas possui um  $K_a$ , ou seja, o número de hidrogênios ionizáveis do ácido indica o número de etapas e também a quantidade de  $K_a$ .



$$K_{a_1} = \frac{[H^+] \cdot [HS^-]}{[H_2S]}$$



$$K_{a_2} = \frac{[H^+] \cdot [S^{2-}]}{[HS^-]}$$

Nos poliácidos, verifica-se experimentalmente que

$$K_{a_1} > K_{a_2} > K_{a_3} > \dots$$

Nos poliácidos fracos, pode-se considerar desprezível a  $[H^+]$  produzida na 2ª, 3ª, ... etapas da ionização do ácido.

## Equilíbrio iônico em meios básicos

Uma base, ao ser dissolvida em água, sofre dissociação. Esse processo é reversível e a constante de equilíbrio definida para ele é denominada constante de dissociação ou constante de basicidade ( $K_b$ ).

### Exemplo:



$$K_b = \frac{[Na^+] \cdot [OH^-]}{[NaOH]}$$

Todas as observações feitas para os equilíbrios em meios ácidos são válidas para os equilíbrios em meios básicos.

## Lei da Diluição de Ostwald

A manipulação matemática das constantes de acidez e de basicidade para monoácidos e para monobases leva à equação da Lei da Diluição de Ostwald.

Para eletrólitos moderados:

$$K = \frac{C_{mol \cdot L^{-1}} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

Para eletrólitos fracos,  $\alpha$  é pequeno, portanto,  $1 - \alpha \approx 1$ :

$$K = C_{mol \cdot L^{-1}} \cdot \alpha^2$$

Pela análise dessas expressões, pode-se concluir que,

- quanto mais diluída for a solução, maior será a extensão de sua ionização ou dissociação;
- quanto maior for o grau de ionização ou de dissociação, mantendo-se constante a concentração molar da solução, maior será a força do eletrólito.

## pH E pOH

Devido aos baixos valores de  $K_w$ ,  $[H^+]$  e  $[OH^-]$ , Sörensen propôs representar a concentração dos íons  $H^+$  e  $OH^-$  pelo uso do logaritmo. A esse logaritmo negativo, na base 10, foi dado o nome de potencial, sendo representado por **p**.

$$p = -\log \text{ ou } p = \frac{1}{\log}$$

Já a concentração de íons  $H^+$  e  $OH^-$ , em solução, será expressa em termos de potenciais.

$$pH = -\log [H^+] \Rightarrow \text{potencial hidrogeniônico}$$

$$pOH = -\log [OH^-] \Rightarrow \text{potencial hidroxilônico}$$

## ESCALA DE pH A 25 °C

Para toda solução aquosa, a 25 °C, tem-se:

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

$$1 \times 10^{-14} = [H^+] \cdot [OH^-]$$

Logaritmando e multiplicando por -1 os dois membros da igualdade, tem-se:

$$-\log(1 \times 10^{-14}) = -\log([H^+] \cdot [OH^-])$$

$$14 = -\log[H^+] - \log[OH^-]$$

$$14 = pH + pOH$$

$$\boxed{pH + pOH = 14}$$

Uma nova análise deve ser feita para as soluções, bem como uma nova escala para representar a acidez ou a basicidade delas.

- Solução neutra:**  $[H^+] = [OH^-]$

$$\boxed{pH = pOH = 7}$$

- Solução ácida:**  $[H^+] > [OH^-]$

$$pH < pOH$$

$$\boxed{pH < 7}$$

- Solução básica:**  $[H^+] < [OH^-]$

$$pH > pOH$$

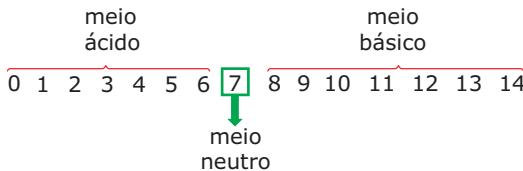
$$\boxed{pH > 7}$$

### OBSERVAÇÕES

- O pH é definido somente para concentrações em mol.L<sup>-1</sup>.
- O pH é uma grandeza adimensional.
- Para as soluções, a concentração dos íons H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> é calculada pelas expressões

$$[H^+] = 10^{-pH} \text{ e } [OH^-] = 10^{-pOH}$$

Sendo assim, a escala de pH, a 25 °C, é dada por



## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** Considerando os dados a seguir, assinale a alternativa CORRETA.

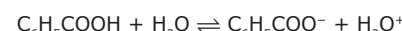
Ácido	K <sub>a</sub>
A. HF	$7,0 \times 10^{-4}$
B. C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	$7,0 \times 10^{-5}$
C. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$6,0 \times 10^{-10}$

- A) Em soluções aquosas do ácido A, praticamente não existem moléculas de HF.

- B) O ácido C é o mais forte.

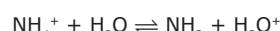
- C) Soluções aquosas de mesma concentração dos três ácidos apresentam condutividades elétricas diferentes.

- D) O equilíbrio



encontra-se deslocado para a direita.

- E) No equilíbrio representado por



a concentração em mol/L de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é menor do que a de NH<sub>3</sub>.

- 02.** (UFES-2008) Considere os ácidos orgânicos e suas respectivas constantes de dissociação (K<sub>a</sub>), apresentados na tabela a seguir, para fazer o que se pede.

Ácido	K <sub>a</sub>
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	$1,48 \times 10^{-5}$
C <sub>6</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	$1,80 \times 10^{-3}$
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHCOOH	$5,00 \times 10^{-2}$
CH <sub>3</sub> COOH	$1,80 \times 10^{-5}$
HCOOH	$2,10 \times 10^{-4}$

Dado: Log<sub>10</sub> 3 = 0,47

- A) **DÊ** a nomenclatura oficial do ácido mais forte e do ácido mais fraco.
- B) **CALCULE** o grau de dissociação e o pH de uma solução de ácido acético a 0,50 mol/L.

- 03.** (UFMG) A tabela a seguir indica o pH aproximado de alguns sistemas, a 25 °C.

Sistema	pH
Suco de limão	2,5
Vinagre	3,0
Suco de tomate	5,0
Sangue humano	7,5
Leite de magnésia	11,0

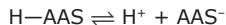
Considerando-se as informações dessa tabela, a afirmativa **FALSA** é:

- A) A concentração de íons H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, no sangue humano, é inferior a  $10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>.
- B) A concentração de íons H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, no vinagre, é  $10^{-3}$  mol.L<sup>-1</sup>.
- C) A concentração de íons OH<sup>-</sup>, no leite de magnésia, é  $10^{-11}$  mol.L<sup>-1</sup>.
- D) A concentração de íons OH<sup>-</sup>, no suco de tomate, é maior do que no vinagre.
- E) Suco de limão é mais ácido do que vinagre.

- 04.** (Unimontes-MG-2009) Preparou-se uma solução aquosa de um ácido com concentração 0,03 mol/L. O pH da solução foi medido, encontrando-se o valor 3,0. A análise desses dados revela que

- A) o grau de ionização do ácido é igual a 3,3%.
- B) o soluto é considerado um ácido forte.
- C) o ácido está completamente dissociado.
- D) a concentração de prótons é  $3,0 \times 10^{-2}$  mol/L.

- 05.** (UnB-DF) **CALCULE**, em mols por litro, o valor da constante de ionização do ácido acetilsalicílico ( $\text{H}-\text{AAS}$ ), no equilíbrio representado pela equação



sabendo que uma solução, cuja concentração da espécie não ionizada no equilíbrio é igual a  $5 \times 10^{-3}$  mol.L<sup>-1</sup>, possui pH igual a 3, **MULTIPLIQUE** o valor calculado por 10<sup>5</sup> e **DESPREZE** a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (FUVEST-SP) As constantes do equilíbrio de ionização dos ácidos carbônico e oxálico são

$$\begin{cases} \text{H}_2\text{CO}_3 & K_1 = 4,8 \times 10^{-7} \\ & K_2 = 6,4 \times 10^{-11} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 & K_1 = 5,9 \times 10^{-2} \\ & K_2 = 6,4 \times 10^{-5} \end{cases}$$

- A) Supondo uma solução 1,0 mol.L<sup>-1</sup> dos dois ácidos, **COLOQUE** em ordem crescente de abundância os ânions  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  e  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ .
- B) Qual dos ácidos é o mais forte? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

- 02.** (Fafeod-MG) Através das constantes de dissociação (*sic*) dos ácidos e das bases (em meio aquoso), pode-se estimar a força destes. Para as substâncias  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{NH}_2\text{OH}$  e  $\text{HCN}$ , temos as seguintes constantes:

Espécie	Constante
$\text{HNO}_2$	$5,1 \times 10^{-4}$
$\text{NH}_2\text{OH}$	$1,1 \times 10^{-8}$
$\text{HCN}$	$4,8 \times 10^{-10}$

- Em relação a essas espécies, é **INCORRETO** afirmar que
- A) o  $\text{NO}_2^-$  é uma base mais forte do que o  $\text{CN}^-$ .
  - B) o  $\text{HCN}$  é ácido mais fraco do que o  $\text{HNO}_2$ .
  - C) o  $\text{NH}_3\text{OH}^+$  é ácido mais forte do que o  $\text{HCN}$ .
  - D) o  $\text{NO}_2^-$  é base mais fraca do que o  $\text{NH}_2\text{OH}$ .

- 03.** (Fatec-SP) Analisando as constantes de ionização dos monoácidos a seguir, a uma dada temperatura,

$K_{\text{HA}} = 2,5 \times 10^{-2}$ ;  $K_{\text{HB}} = 3,0 \times 10^{-4}$ ;  $K_{\text{HC}} = 5,0 \times 10^{-6}$ , podemos concluir que a ordem crescente do grau de ionização, para a mesma concentração em mol.L<sup>-1</sup>, é

- A)  $\text{HA} < \text{HB} < \text{HC}$ .      D)  $\text{HC} < \text{HA} < \text{HB}$ .
- B)  $\text{HA} < \text{HC} < \text{HB}$ .      E)  $\text{HB} < \text{HC} < \text{HA}$ .
- C)  $\text{HC} < \text{HB} < \text{HA}$ .

- 04.** (Fatec-SP) O grau de ionização de um ácido em uma solução 0,1 mol.L<sup>-1</sup>, cuja constante de ionização é  $9,0 \times 10^{-7}$  a 25 °C, vale, aproximadamente,

- A) 0,3%.
- B) 0,9%.
- C) 3,0%.
- D) 9,0%.
- E) 30,0%.

- 05.** **CALCULE** a concentração hidrogeniônica,  $[\text{H}^+]$ , em uma solução 0,01 mol.L<sup>-1</sup> de ácido acético.

Dado:  $K_a = 1,6 \times 10^{-5}$

- 06.** Sendo  $\alpha$  o grau de ionização de um ácido fraco HA, em solução de concentração em mol.L<sup>-1</sup> (M), pede-se

- A) o valor de  $K_a$  em função de  $\alpha$  e M.
- B) o valor de  $[\text{H}^+]$  em função de  $\alpha$  e M.
- C) o valor de  $\alpha$  em função de  $K_a$  e M.

- 07.** (UFMG) A tabela a seguir informa o pH aproximado de algumas soluções ácidas de concentração igual a 10<sup>-1</sup> mol.L<sup>-1</sup>, a 25 °C.

Solução de	pH
$\text{HCl}$	1,0
$\text{CH}_3\text{COOH}$	3,0
$\text{H}_2\text{S}$	4,0
$\text{HCN}$	5,0

Com relação a essas soluções aquosas, a 25 °C, a que apresenta **MAIOR** concentração de  $\text{H}^+$  é

- A)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- B)  $\text{HCl}$ .
- C)  $\text{HCN}$ .
- D)  $\text{H}_2\text{S}$ .

- 08.** (UnB-DF) **CALCULE** o pH de uma solução de NaOH na concentração de 1 mol.L<sup>-1</sup> a 25 °C. **DESCONSIDERE** a parte fracionária do resultado, caso exista.

- 09.** (UFMG-2009) Considere certa quantidade de água e de suco de limão, misturados, contida em um copo.

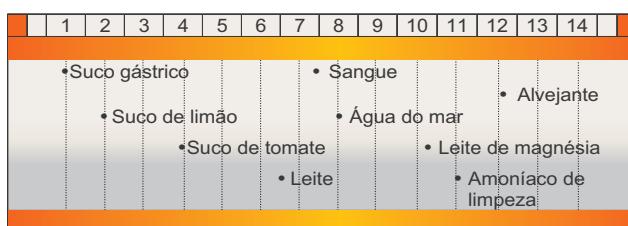
Analise estas três afirmativas concernentes a esse sistema:

- I. O sistema é ácido.
- II. O pH do sistema é maior que 7.
- III. No sistema, a concentração dos íons  $\text{H}^+$  é maior que a dos íons  $\text{OH}^-$ .

A partir dessa análise, é **CORRETO** afirmar que

- A) apenas as afirmativas I e II estão certas.
- B) apenas as afirmativas I e III estão certas.
- C) apenas as afirmativas II e III estão certas.
- D) as três afirmativas estão certas.

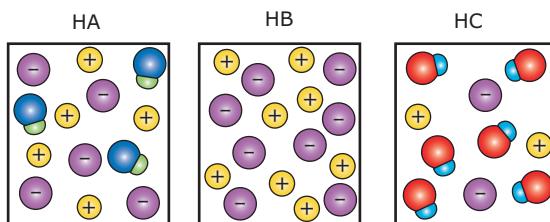
- 10.** (UFOP-MG-2008) A figura a seguir apresenta uma escala relativa de pH de diversas misturas e soluções aquosas bastante comuns.



Tomando por base essa escala relativa e considerando a  $[H_3O^+]$  como critério de acidez, é **CORRETO** afirmar que

- o suco gástrico é cerca de três vezes mais ácido que o suco de tomate.
- o suco de limão é cerca de 100 vezes mais ácido que o suco de tomate.
- o sangue é cerca de quatro vezes mais básico que o leite de magnésia.
- o alvejante é cerca de 100 vezes mais básico que o amoníaco de limpeza.

- 11.** (FUVEST-SP-2010) As figuras a seguir representam, de maneira simplificada, as soluções aquosas de três ácidos, HA, HB e HC, de mesmas concentrações. As moléculas de água não estão representadas.



Considerando-se essas representações, foram feitas as seguintes afirmações sobre os ácidos:

- HB é um ácido mais forte do que HA e HC.
- Uma solução aquosa de HA deve apresentar maior condutibilidade elétrica do que uma solução aquosa de mesma concentração de HC.
- Uma solução aquosa de HC deve apresentar pH maior do que uma solução aquosa de mesma concentração de HB.

Está **CORRETO** o que se afirma em

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| A) I, apenas.        | D) I e III, apenas. |
| B) I e II, apenas.   | E) I, II e III.     |
| C) II e III, apenas. |                     |

- 12.** (UFMG-2010) A 10,0 mL de uma solução aquosa 0,100 mol/L de ácido clorídrico,  $HCl_{(aq)}$ , adicionou-se água pura, em quantidade suficiente para se obterem 100,0 mL de solução diluída.

Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que o pH da solução resultante é

- A) 1.      B) 2.      C) 6.      D) 10.

- 13. CALCULE** o pH de uma solução 0,2 mol.L<sup>-1</sup>, em Mg(OH)<sub>2</sub> 5% dissociado.

Dado:  $\log 2 = 0,3$ .

- 14.** (FCMMG-2008) Considere uma solução 0,01 mol/L de  $H_2SO_{4(aq)}$ .

Com relação ao pH dessa solução, a proposição **CORRETA** é

- pH = 1
- pH = 2
- pH = 0,01
- $1 < \text{pH} < 2$

- 15.** (FCMMG-2008) A 10 mL de solução aquosa de NaOH, de concentração 0,10 mol/L, foram adicionados 10 mL de solução aquosa de HCl, cujo pH era igual a 2. Com relação às características da solução resultante, todas as proposições estão corretas, **EXCETO**

- $[\text{Na}^+] > [\text{Cl}^-]$
- $[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ mol/L}$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] < 10^{-7} \text{ mol/L}$
- $[\text{OH}^-] = 0,045 \text{ mol/L}$

- 16.** (UFJF-MG-2009) Alguns animais aquáticos apresentam limites de resistência em relação ao pH da água onde habitam. Por exemplo, a faixa de pH de sobrevivência de camarões é 5,5 - 5,8 e a dos caramujos é 7,0 - 7,5. Considere as concentrações de  $\text{H}^+$  nas soluções A, B e C apresentadas na tabela a seguir:

Solução	$[\text{H}^+] / \text{mol.L}^{-1}$
A	$= 1,0 \times 10^{-7}$
B	$< 1,0 \times 10^{-7}$
C	$> 1,0 \times 10^{-7}$

Sobre a sobrevivência desses animais nessas soluções, é **CORRETO** afirmar que

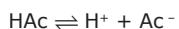
- somente os camarões sobreviveriam na solução A.
- os camarões sobreviveriam na solução B.
- os caramujos sobreviveriam na solução C.
- somente os caramujos sobreviveriam na solução A.
- ambos os animais sobreviveriam em qualquer das três soluções, A, B ou C.

- 17.** (Fuvest-SP) Adicionou-se hidróxido de sódio a uma solução diluída de ácido clorídrico, suficiente para diminuir a acidez dessa solução de pH = 4 para pH = 6. Qual o valor da relação  $[\text{H}^+]_{\text{inicial}}/[\text{H}^+]_{\text{final}}$ ?

- 18.** (Cesgranrio) Entre os antiácidos caseiros, destacam-se o leite de magnésia e o bicarbonato de sódio. Quantas vezes o leite de magnésia ( $\text{pH} = 11$ ) é mais básico do que uma solução de bicarbonato de sódio ( $\text{pH} = 8$ )?

- A) 3                      D) 100  
 B) 19                    E) 1 000  
 C) 88

- 19.** (UnB-DF / Adaptado) A reação de dissolução do ácido acético ( $\text{HAc}$ ) em água pode ser representada pela equação



Considerando uma solução aquosa de ácido acético 0,100 mol.L<sup>-1</sup>, **JULGUE** os itens.

- ( ) As espécies presentes na solução são:  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{Ac}^-$ ,  $\text{HAc}$ ,  $\text{OH}^-$ , e  $\text{H}_2\text{O}$ .
- ( ) A concentração de  $\text{H}^+$  no equilíbrio,  $[\text{H}^+]$ , é 0,100 mol.L<sup>-1</sup>.
- ( )  $[\text{Ac}^-] > [\text{HAc}]$ .
- ( ) O pOH da solução é 1.
- ( ) A constante de equilíbrio da reação anterior é igual à constante de dissociação do ácido acético.
- ( ) Na água pura, o pH é diferente do pOH.
- ( ) O pH não varia com a temperatura.

- 20.** (PUC-Campinas-SP) Uma área agrícola foi adubada com amônia, nitrato e fosfato de amônio. Na amostra das águas residuais da irrigação dessa área, verifica-se que a concentração de íons  $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$  é igual a  $8 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>, a 25 °C. Pode-se afirmar que a amostra tem pH igual a Dados:  $\log 8 = 0,90$ ;  $K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$  a 25 °C

- A) 9,9.    B) 8,5.    C) 7,0.    D) 6,9.    E) 3,9.

- 21.** (FESP-PR) O vibrião colérico não sobrevive em meio de pH = 3, ou mais ácido. O número de gotas de uma solução 1,0 M de ácido clorídrico que se deve introduzir em 10 litros de água, a fim de eliminar o vibrião colérico é Dado: Admita que não há alteração de volume e que o volume de uma gota é 0,05 mL

- A) 10 gotas.              D) 200 gotas.  
 B) 100 gotas.            E) 50 gotas.  
 C) 30 gotas.

- 22.** (UFMG) Alguns valores do produto iônico da água estão no quadro.

T (°C)	10	25	40
$K_w$	$2,9 \times 10^{-15}$	$1,0 \times 10^{-14}$	$3,02 \times 10^{-14}$

Considerando esses dados, todas as alternativas estão corretas, **EXCETO**

- A) A concentração de íons  $\text{H}^+$  é igual à de íons  $\text{OH}^-$  a qualquer temperatura.
- B) A dissociação da água é um processo endotérmico.
- C) A elevação da temperatura aumenta o pH da água pura.
- D) O pH da água pura a 10 °C é maior do que 7.
- E) O pH da água pura a 25 °C é igual a 7.

- 23.** (UFMG) Considerando os valores das constantes de ionização dos ácidos  $\text{HX}$ ,  $K_x = 1,0 \times 10^{-3}$ ;  $\text{HY}$ ,  $K_y = 4,0 \times 10^{-5}$  e  $\text{HZ}$ ,  $K_z = 8,0 \times 10^{-8}$ , marque a proposição **FALSA**.

- A) Em soluções de mesma concentração mol.L<sup>-1</sup>, a concentração hidrogeniônica,  $[\text{H}^+]$ , de  $\text{HX}$  é maior do que a de  $\text{HY}$ , e a deste, maior do que a de  $\text{HZ}$ .
- B) A base conjugada  $\text{X}^-$  é mais fraca que  $\text{Y}^-$ , e esta é mais fraca que  $\text{Z}^-$ .
- C)  $\text{pK}_x < \text{pK}_y < \text{pK}_z$ .
- D) Diluindo-se as soluções de  $\text{HX}$ ,  $\text{HY}$  e  $\text{HZ}$ , aumentam-se os valores de  $K_x$ ,  $K_y$  e  $K_z$ .
- E) Diluindo-se as soluções de  $\text{HX}$ ,  $\text{HY}$  e  $\text{HZ}$ , aumentam-se os valores dos respectivos graus de ionização.

- 24.** (UFMG-2007) Um dos fatores que determinam a qualidade do leite é a acidez. O leite fresco possui uma acidez natural, devido à presença, na sua composição, de dióxido de carbono dissolvido,  $\text{CO}_{2(\text{aq})}$ , de íons – como citratos e hidrogenofosfatos – e de outros componentes. Essa acidez natural pode ser aumentada pela formação de ácido lático, que é produzido pela degradação da lactose por bactérias, também presentes no leite. Nesse caso, ela indica que a atividade microbiana, no produto, é muito elevada e, por isso, o leite se torna impróprio para consumo.

- ESCREVA** a equação completa e balanceada que representa a dissociação do ácido lático,  $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}_{(\text{aq})}$ , em água.
- Na indústria de laticínios, tendo-se em vista a qualidade dos produtos, um dos parâmetros fundamentais a serem determinados é a acidez do leite.

Determina-se esse parâmetro, fazendo-se reagirem amostras de leite com uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ , até a neutralização.

Certa amostra de 10 mL de leite é neutralizada por 2,0 mL de uma solução de  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ , de concentração 0,100 mol/L.

Considere que a acidez do leite se deve apenas a ácidos com um único próton dissociável, de fórmula genérica  $\text{HA}$ .

Com base nessas informações, **CALCULE** a concentração desse ácido genérico presente na amostra de leite neutralizada.

- O leite é considerado próprio para consumo, quando, em média, a concentração de ácido  $\text{HA}$  está entre  $1,78 \times 10^{-2}$  mol/L e  $2,22 \times 10^{-2}$  mol/L.

**INDIQUE** se o leite de que foi retirada a amostra considerada no item 2 desta questão é próprio ou impróprio para consumo.

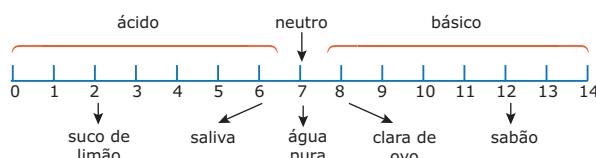
- Em um sistema como o leite, a acidez – seja ela resultante da presença de ácidos fortes (por exemplo, o  $\text{HC}\ell$ ) ou de ácidos fracos (por exemplo, o ácido lático) –, é determinada por titulação, conforme mostrado no item 2 desta questão.

Se o HA do leite fosse um ácido forte, a concentração desse ácido, nele encontrada, tornaria o pH do sistema igual a 1,7. No entanto, sabe-se que o leite tem pH na faixa de 6.

Considerando a distinção entre ácidos fortes e ácidos fracos, **JUSTIFIQUE** o valor mais elevado do pH do leite.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-1998) O pH informa a acidez ou a basicidade de uma solução. A escala a seguir apresenta a natureza e o pH de algumas soluções e da água pura, a 25 °C.



Uma solução desconhecida estava sendo testada no laboratório por um grupo de alunos. Esses alunos decidiram que deveriam medir o pH dessa solução como um dos parâmetros escolhidos na identificação da solução. Os resultados obtidos estão na tabela a seguir:

Aluno	Valor de pH
Carlos	4,5
Gustavo	5,5
Simone	5,0
Valéria	6,0
Paulo	4,5
Wagner	5,0
Renata	5,0
Rodrigo	5,5
Augusta	5,0
Eliane	5,5

Da solução testada pelos alunos, o professor retirou 100 mL e adicionou água até completar 200 mL de solução diluída. O próximo grupo de alunos a medir o pH deverá encontrar para o mesmo

- A) valores inferiores a 1,0.
- B) os mesmos valores.
- C) valores entre 5 e 7.
- D) valores entre 5 e 3.
- E) sempre o valor 7.

- 02.** (Enem-1999) As informações a seguir foram extraídas do rótulo da água mineral de determinada fonte.

Água mineral natural	
<b>Composição química provável em mg/L</b>	
Sulfato de estrôncio .....	0,04
Sulfato de cálcio .....	2,29
Sulfato de potássio .....	2,16
Sulfato de sódio .....	65,71
Carbonato de sódio .....	143,68
Bicarbonato de sódio .....	42,20
Cloreto de sódio .....	4,07
Fluoreto de sódio .....	1,24
Vanádio .....	0,07
<b>Características físico-químicas</b>	
pH a 25 °C .....	10,00
Temperatura da água na fonte .....	24 °C
Condutividade elétrica .....	$4,40 \times 10^{-4}$ ohms/cm
Resíduo de evaporação a 180 °C .....	288,00 mg/L
<b>Classificação</b>	
Alcalino-bicarbonata, fluoretada, vanádica	

Indicadores ácido-base são substâncias que em solução aquosa apresentam cores diferentes conforme o pH da solução. O quadro a seguir fornece as cores que alguns indicadores apresentam à temperatura de 25 °C.

Indicador	Cores conforme o pH
Azul de bromotimol	amarelo em pH $\leq$ 6,0; azul em pH $\geq$ 7,6
Vermelho de metila	vermelho em pH $\leq$ 4,8; amarelo em pH $\geq$ 6,0
Fenolftaleína	incolor em pH $\leq$ 8,2; vermelho em pH $\geq$ 10,0
Alaranjado de metila	vermelho em pH $\leq$ 3,2; amarelo em pH $\geq$ 4,4

Suponha que uma pessoa inescrupulosa guardou garrafas vazias dessa água mineral, enchendo-as com água de torneira (pH entre 6,5 e 7,5) para serem vendidas como água mineral. Tal fraude pode ser facilmente comprovada pingando-se na água mineral fraudada, à temperatura de 25 °C, gotas de

- A) azul de bromotimol ou fenolftaleína.
- B) alaranjado de metila ou fenolftaleína.
- C) alaranjado de metila ou azul de bromotimol.
- D) vermelho de metila ou azul de bromotimol.
- E) vermelho de metila ou alaranjado de metila.

## GABARITO

### Fixação

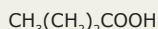
01. C

02. A) Ácido mais forte:



Ácido dicloroetanoico

Ácido mais fraco:



Ácido butanoico

B)  $\alpha = 6 \times 10^{-3}$ ; pH = 2,52

03. C

04. A

05.  $K_a = 0,2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ; 20

12. B

13. pH = 12,3

14. D

15. B

16. D

17. 100

18. E

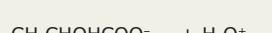
19. V F F F V F F

20. A

21. D

22. C

23. D



2.  $C = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

3. O leite, nesse caso, é próprio para consumo.

4. O pH mais elevado do leite deve-se ao fato de os ácidos presentes nele terem grau de dissociação baixo. Isso significa que tais ácidos se ionizam em pequena extensão, originando uma menor quantidade de íons  $\text{H}_3\text{O}^+$  em relação às soluções de ácidos fortes com a mesma concentração. Como o pH =  $-\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ , uma menor concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$  acaba gerando um maior pH.

### Propostos

01. A)  $\text{CO}_3^{2-} < \text{HCO}_3^- < \text{C}_2\text{O}_4^{2-} < \text{HC}_2\text{O}_4^-$

B)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , pois possui o maior valor de  $K_a$ .

02. A

03. C

04. A

05.  $[\text{H}^+] = 4 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

06. A)  $K_a = M \cdot \alpha^2$

B)  $[\text{H}^+] = M \cdot \alpha$

$$C) \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{M}}$$

07. B

08. pH = 14

09. B

10. B

11. E

### Seção Enem

01. C

02. A

# QUÍMICA

## Solução-tampão e hidrólise salina

MÓDULO

23

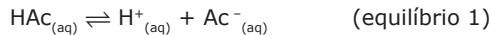
FRENTE  
C

### SOLUÇÃO-TAMPÃO

Solução-tampão é aquela que apresenta pH praticamente constante, mesmo com a adição de pequena quantidade de um ácido ou de uma base forte. Os sistemas-tampões são de grande importância biológica. Por exemplo, o sangue mantido a um pH ao redor de 7,4 é uma mistura tamponada, e uma variação de aproximadamente 0,4 ou mais unidades de pH, geralmente, resulta em morte. Analgésicos, antiácidos, refrigerantes e aquários são sistemas que também utilizam-se do mecanismo do tampão, para manter o pH do meio praticamente constante. O funcionamento de um sistema-tampão pode ser entendido baseando-se no Princípio de Le Châtelier em equilíbrios ácido-base. As soluções-tampão, em geral, são soluções formadas por um ácido fraco e o seu sal correspondente, ou por uma base fraca e o seu sal correspondente.

**Exemplos:** Ácido acético e acetato de sódio, ácido carbônico e bicarbonato de sódio, hidróxido de amônio e cloreto de amônio, ácido benzoico e benzoato de sódio, etc.

Suponha um sistema tamponado constituído de ácido acético ( $\text{HAc}_{(\text{aq})}$ ) e acetato de sódio ( $\text{NaAc}$ ), representado pelos seguintes equilíbrios:



Se ao sistema for adicionada uma pequena quantidade de um ácido qualquer, o equilíbrio 1 reage se deslocando para a esquerda, no sentido de consumir parte do ácido adicionado, mantendo a concentração de  $\text{H}^+$  praticamente constante. Consequentemente, o pH sofre uma mínima variação. O sal da mistura tamponada possui o íon comum que garante, até certo ponto, o consumo dos íons  $\text{H}^+$  adicionados.

Se, por outro lado, for adicionada pequena quantidade de uma base, esta será consumida em uma reação de neutralização, reagindo com os íons  $\text{H}^+$  do equilíbrio 1. O equilíbrio 1 então reage, deslocando-se para a direita, repondo parte da concentração de  $\text{H}^+$  consumida, e o pH sofre apenas uma pequena variação.

Para os tampões básicos, a linha de raciocínio é a mesma, ou seja, o mecanismo também é explicado pelo deslocamento de equilíbrio e pela aplicação do Princípio de Le Châtelier.

### Fórmula de Henderson-Hasselbach para o cálculo do pH de um tampão

$$\text{Tampão ácido: } \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{sal}]}{[\text{ácido}]}$$

$$\text{Tampão básico: } \text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{sal}]}{[\text{base}]}$$

Em que  $[\text{sal}]$  é a concentração em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  do sal,  $[\text{ácido}]$  a concentração em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  do ácido e  $[\text{base}]$  a concentração em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da base.

Geralmente, no preparo dessas soluções, iguala-se a concentração do ácido com a do sal, ou a concentração da base com a do sal correspondente. Dessa forma, a equação pode ser simplificada:

$$\text{Tampão ácido: } \text{pH} \approx \text{pK}_a$$

$$\text{Tampão básico: } \text{pOH} \approx \text{pK}_b$$

### HIDRÓLISE SALINA

Pode-se provocar um desvio no equilíbrio da ionização da água pela adição dos íons hidrogênio ou dos íons hidróxido na forma de um ácido ou de uma base, respectivamente, ou pela adição de uma substância capaz de reagir com a água para alterar as concentrações relativas dos íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  na solução resultante.

Uma substância dessa natureza pode ser um íon produzido pela dissociação de um sal. A reação entre a água e os íons de um sal denomina-se hidrólise salina.

Hidrólise é uma reação química entre uma espécie química qualquer e a água.

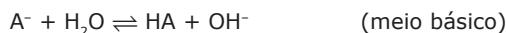
O termo hidrólise é uma lembrança das antigas definições de ácidos e de bases. Durante anos, a palavra hidrólise tem sido utilizada para significar o contrário de neutralização. Com o crescente uso da definição de ácido-base de Brönsted-Lowry, essa palavra foi perdendo o significado e hoje é associada às reações entre íons doadores ou receptores de prótons com a água.

## Sais que produzem ânions aceptores de prótons (protófílicos)

Esses ânions, de acordo com as interpretações de Brönsted-Lowry, definem-se como bases. Como consequência da aceitação de prótons por parte dos ânions, há uma diminuição na concentração de íons  $H^+$  da solução, que a torna básica. Esse tipo de hidrólise ocorre, geralmente, entre sais derivados de um ácido fraco e de uma base forte. Isso ocorre porque o ânion derivado de um ácido fraco é uma base conjugada forte e, por isso, reage com a água.

**Exemplos:**  $NaAc$ ,  $KCN$ ,  $Na_2S$ ,  $NaNO_2$ ,  $Na_2CO_3$ , etc.

Generalizando, observe um sal BA, derivado de um ácido fraco (HA) e uma base forte (BOH):



Constante de hidrólise:

$$K_h = \frac{[HA] \cdot [OH^-]}{[A^-]} \quad \text{ou} \quad K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

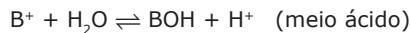
$$\text{Cálculo do pH: } pH = \frac{1}{2}pK_w + \frac{1}{2}pK_a + \frac{1}{2}\log [\text{sal}]$$

## Sais que produzem cátions doadores de prótons (protogênicos)

Esses cátions são considerados ácidos, de acordo com a teoria de Brönsted-Lowry, pois, na hidrólise, liberam prótons, tornando a solução mais ácida. Esse tipo de hidrólise ocorre, geralmente, entre sais derivados de uma base fraca e um ácido forte (originando um ácido conjugado forte), também podendo acontecer com cátions hidratados, como os íons alumínio e ferro.

**Exemplos:**  $NH_4Cl$ ,  $NH_4NO_3$ , etc.

Generalizando, observe um sal BA, derivado de um ácido forte (HA) e uma base fraca (BOH):



Constante de hidrólise:

$$K_h = \frac{[BOH] \cdot [H^+]}{[B^+]} \quad \text{ou} \quad K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

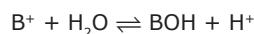
$$\text{Cálculo do pH: } pH = \frac{1}{2}pK_w - \frac{1}{2}pK_b - \frac{1}{2}\log [\text{sal}]$$

## Sais que produzem cátions que são ácidos e ânions que são bases (anfipróticos)

Como o cátion é um doador de prótons e o ânion um acceptor de prótons, pois são íons fortes derivados de eletrólitos fracos, uma solução de um sal desse tipo será ácida ou básica, dependendo das forças relativas do cátion como ácido e do ânion como base. Esse tipo de hidrólise ocorre, geralmente, entre sais derivados de um ácido fraco e de uma base fraca.

**Exemplos:**  $NH_4Ac$ ,  $NH_4CN$ , etc.

Generalizando, suponha um sal BA, derivado de um ácido fraco (HA) e uma base fraca (BOH):



Constante de hidrólise:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a \cdot K_b}$$

$$\text{Cálculo do pH: } pH = \frac{1}{2}pK_w + \frac{1}{2}pK_a - \frac{1}{2}pK_b$$

## Sais que produzem íons apróticos não sofrem hidrólise

Esses íons, cátions e ânions, são conjugados fracos, pois são derivados de eletrólitos fortes. Por conseguinte, não reagem com a água, não deslocam o equilíbrio e não alteram as concentrações de  $H^+$  e  $OH^-$  no dissolvente  $H_2O$ . Produzem um meio neutro.

**Exemplos:**  $NaCl$ ,  $KNO_3$ ,  $KClO_4$ , etc.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01.** (UFMG) Considere as seguintes experiências:

- O pH de um litro de sangue ( $\approx 7,5$ ) sofre apenas pequena alteração quando lhe é adicionado 0,01 mol de  $NaOH_{(s)}$ .
- O pH de um litro de água pura passa de 7 para 12, pela dissolução de 0,01 mol de  $NaOH_{(s)}$ .

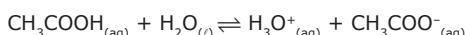
A alternativa que apresenta a explicação para a diferença de comportamento entre o sangue humano e a água pura é:

- As soluções fracamente ácidas resistem a variações de pH.
- As soluções fracamente básicas resistem a variações de pH.
- O  $NaOH_{(s)}$  é insolúvel no sangue humano.
- O sangue e uma solução  $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$  de  $NaOH$  têm o mesmo pH.
- O sangue humano é uma solução tamponada.

- 02.** (UFMG) 1,00 mol de ácido acético e 1,00 mol de acetato de sódio são dissolvidos em água. O volume da solução é de 1,00 litro e seu pH igual a 4,74.

Se à solução forem adicionados 0,05 mol de  $\text{HCl}$ , o pH passa a ser 4,27. A mesma quantidade de  $\text{HCl}$  adicionada a um litro de água pura faria o pH variar de 7,00 para 1,30.

O sistema de ácido acético e acetato de sódio constitui uma solução-tampão, na qual ocorre o equilíbrio representado pela equação



- A) Levando em conta esse equilíbrio, **EXPLIQUE** como a solução-tampão impede uma grande variação de pH, quando se adicionam a ela pequenas quantidades de ácido.
- B) **EXPLIQUE** como a solução-tampão reagirá à adição de pequenas quantidades de base.
- 03.** O sangue é tamponado principalmente pelo sistema  $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $K_a = 4,2 \times 10^{-7}$ ). O pH normal do sangue é 7,40. Qual é a razão  $[\text{H}_2\text{CO}_3]/[\text{HCO}_3^-]$ ?
- A) 1 000                    D) 1  
 B) 100                    E) 0,1  
 C) 10

- 04.** (UFMG) Todas as alternativas apresentam substâncias cujas soluções aquosas colorem de vermelho a fenolftaleína, **EXCETO**
- A)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$                     D)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
 B)  $\text{CH}_3\text{COONa}$                     E)  $\text{NH}_4\text{Cl}$   
 C)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}$

- 05.** (PUC RS) Considere as informações e as equações a seguir, que representam reações de neutralização total. O papel tornassol é um indicador ácido-base bastante utilizado. Como sua faixa de viragem é ampla, ele só é usado para indicar se a solução é ácida (quando fica vermelho) ou se é básica (quando fica azul).

Equações:

- I.  $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$   
 II.  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 III.  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$

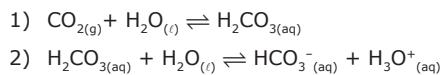
O papel tornassol ficará azul em contato com a solução resultante, na(s) reação(ões)

- A) I.                            D) I e II.  
 B) II.                            E) I, II e III.  
 C) III.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** Soluções-tampão têm a propriedade de
- A) aumentar o pH do meio.  
 B) neutralizar o ácido em solução.  
 C) precipitar os sais da solução.  
 D) manter o pH do meio aproximadamente constante.  
 E) diminuir o pH do meio.
- 02.** (UFOP-MG) Um par de substâncias químicas, que mantêm um pH aproximadamente constante quando pequenas quantidades de ácido ou de base são adicionadas, é chamado de
- A) fortificante.  
 B) indicador.  
 C) tampão.  
 D) estabilizador de pH.  
 E) reforçador de pH.
- 03.** (UFMG) Considere duas soluções aquosas diluídas, I e II, ambas de pH = 5,0. A solução I é um tampão e a solução II não.
- Um bêquer contém 100 mL da solução I, e um segundo bêquer contém 100 mL da solução II. A cada uma dessas soluções adicionam-se 10 mL de NaOH aquoso concentrado.
- Assinale a alternativa que apresenta **CORRETAMENTE** as variações de pH das soluções I e II, após a adição de  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ .
- A) O pH de ambas irá aumentar, e o pH de I será menor do que o de II.  
 B) O pH de ambas irá diminuir, e o pH de I será maior do que o de II.  
 C) O pH de ambas irá aumentar, e o pH de I será igual ao de II.  
 D) O pH de ambas irá diminuir, e o pH de I será igual ao de II.
- 04.** (UFG) Um fator importante a ser controlado em uma piscina é o pH da água. Para evitar mudanças bruscas nesse valor, utiliza-se um sistema-tampão. Qual o par adequado para a preparação de uma solução-tampão?
- A)  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  e  $\text{NaHCO}_3$   
 B)  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  e  $\text{Al}(\text{OH})_3$   
 C)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  e  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$   
 D)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  e  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$   
 E)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  e  $\text{NaHCO}_3$

**05.** (UFU-2011) Pessoas que passam por tratamento quimioterápico e radioterápico têm um grande desconforto causado pela baixa salivação (xerostomia). Uma solução para isso é encontrada pelo uso da saliva artificial que nada mais é do que um lubrificante oral, cuja finalidade é garantir que o funcionamento da cavidade oral continue estável. Na saliva, o sistema-tampão mais importante é o sistema ácido carbônico / bicarbonato. A concentração do íon bicarbonato depende fortemente do fluxo salivar e a termodinâmica desse sistema é complicada pelo fato de envolver o gás carbônico dissolvido na saliva. O equilíbrio completo simplificado (no qual a enzima anidrase carbônica, que está presente na saliva, catalisa a reação, formando dióxido de carbono do ácido carbônico e vice-versa) pode ser escrito da seguinte forma:



A partir do texto e de seus conhecimentos de química, assinale a alternativa **INCORRETA**.

- A) O aumento da concentração do ácido carbônico na reação 1 causará maior saída de dióxido de carbono da saliva.
- B) A redução da quantidade de água na reação 2 facilita o aumento da concentração de íon bicarbonato.
- C) A solução-tampão representada pelas reações mantém o pH, praticamente, inalterado.
- D) O equilíbrio químico da primeira equação pode ser escrito por  $K_e = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$

**06.** (Unimontes-MG-2010 / Adaptado) Muitos fármacos são ácidos ou bases fracas e podem estar presentes em solução sob duas formas: ionizadas e não ionizadas. A porção não ionizada, ao contrário da ionizada, é geralmente lipossolúvel, podendo difundir-se através da membrana celular. O grau de ionização do eletrólito fraco depende do  $pK_a$  e pode ser avaliado através da expressão:

$$pK_a = \text{pH} + \log \frac{[\text{forma molecular}]}{[\text{forma ionizada}]}$$

Considerando que o  $pK_a$  da papaverina é igual a 6,4 e os valores de pH do suco gástrico, intestino e plasma são, respectivamente, 1,4, 7,4 e 7,4, é **CORRETO** o que se afirma em:

- A) No intestino, a papaverina será encontrada mais sob a forma molecular.
- B) A difusão no sentido sangue-conteúdo estomacal ocorre totalmente.
- C) No estômago, prevalecerá a forma ionizada, não lipossolúvel.
- D) A absorção da papaverina será, principalmente, no estômago.

**07.** (Unimontes-MG-2010) Um litro de solução-tampão contém 0,2 mol/L de acetato de sódio e 0,2 mol/L de ácido acético. Ao acrescentar hidróxido de sódio, o pH da solução alterou-se para 4,94. Considerando que o  $pK_a$  do ácido acético é de 4,76 a 25 °C, a mudança no pH da solução-tampão é de, aproximadamente,

- A) 1,94.
- B) 0,20.
- C) 0,18.
- D) 1,76.

**08.** (UNIRIO-RJ) Uma solução-tampão é preparada a partir de 6,4 g de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  e 0,10 L de solução aquosa 0,080 mol.L<sup>-1</sup> de  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Sendo assim, **DETERMINE**

- A) o pH dessa solução.
- B) o pH após adição de 700 mL de água destilada à solução-tampão, justificando com os cálculos.

Dados:  $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ ;  $\log 1,8 = 0,26$

$$\text{H} = 1 \text{ u}; \text{N} = 14 \text{ u}; \text{O} = 16 \text{ u}$$

**09.** (FMTM-MG) O papel tornassol azul tornar-se-á vermelho se for introduzido em uma solução aquosa de

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| A) $\text{NaCl}$ .                      | D) $\text{NH}_4\text{Cl}$ . |
| B) $\text{NH}_3$ .                      | E) $\text{NaOH}$ .          |
| C) $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO})$ . |                             |

**10.** (FUVEST-SP-2010) Um botânico observou que uma mesma espécie de planta podia gerar flores azuis ou rosadas. Decidiu então estudar se a natureza do solo poderia influenciar a cor das flores. Para isso, fez alguns experimentos e anotou as seguintes observações:

- I. Transplantada para um solo cujo pH era 5,6, uma planta com flores rosadas passou a gerar flores azuis.
- II. Ao adicionar um pouco de nitrato de sódio ao solo, em que estava a planta com flores azuis, a cor das flores permaneceu a mesma.
- III. Ao adicionar calcário moído ( $\text{CaCO}_3$ ) ao solo, em que estava a planta com flores azuis, ela passou a gerar flores rosadas.

Considerando essas observações, o botânico pôde concluir que

- A) em um solo mais ácido do que aquele de pH 5,6, as flores da planta seriam azuis.
- B) a adição de solução diluída de  $\text{NaCl}$  ao solo, de pH 5,6, faria a planta gerar flores rosadas.
- C) a adição de solução diluída de  $\text{NaHCO}_3$  ao solo, em que está a planta com flores rosadas, faria com que ela gerasse flores azuis.
- D) em um solo de pH 5,0, a planta com flores azuis geraria flores rosadas.
- E) a adição de solução diluída de  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  ao solo, em que está uma planta com flores azuis, faria com que ela gerasse flores rosadas.

- 11.** (FUVEST-SP) Carbonato de sódio, quando colocado em água, a 25 °C, se dissolve.



X e o pH da solução resultante devem ser

- A)  $\text{CO}_2$ , maior que 7.      D)  $\text{CO}_2$ , igual a 7.  
 B)  $\text{OH}_{(aq)}^-$ , maior que 7.      E)  $\text{OH}_{(aq)}^-$ , menor que 7.  
 C)  $\text{H}_{(aq)}^+$ , igual a 7.

- 12.** (FUVEST-SP) Para se obter uma solução aquosa de pH maior que 7, deve-se dissolver em água pura

- A) ácido clorídrico.  
 B) bicarbonato de sódio.  
 C) cloreto de sódio.  
 D) álcool etílico.  
 E) cloreto de amônio.

- 13.** (UFMG) Carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) são componentes comuns de comprimidos antiácidos.

A acidez diminui quando ocorre qualquer uma das seguintes reações, EXCETO

- A)  $\text{HCO}_{3(aq)}^- + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{OH}_{(aq)}^-$   
 B)  $\text{H}_{(aq)}^+ + \text{CO}_{3^{2-}(aq)} \rightarrow \text{HCO}_{3(aq)}^-$   
 C)  $\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)} + \text{OH}_{(aq)}^- \rightarrow \text{HCO}_{3(aq)}^- + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
 D)  $\text{CO}_{3^{2-}(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{OH}_{(aq)}^- + \text{HCO}_{3(aq)}^-$   
 E)  $\text{HCO}_{3(aq)}^- \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{OH}_{(aq)}^-$

- 14.** (EFOA-MG) O indicador vermelho de fenol é usado no controle de pH da água de piscina. Sobre o indicador e o pH da água de piscina, sabe-se que

- vermelho de fenol em solução com  $\text{pH} > 7,8$  tem cor vermelha;
- vermelho de fenol em solução com  $\text{pH} < 6,8$  tem cor amarela;
- pH ideal para a água de piscina = 7,4.

A adição de vermelho de fenol a uma amostra de água de uma piscina resultou em solução vermelha.

- A) A água da piscina é ácida, básica ou neutra? **JUSTIFIQUE** sua resposta.
- B) Para se efetuarem correções de pH, usa-se ácido clorídrico ou carbonato de sódio. A água da piscina em questão necessita de correção de pH? Se for o caso, qual desses reagentes deve ser usado? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

- 15.** (PUC-Campinas-SP) Leia o texto a seguir:

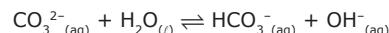
Mares absorvem grande parte do  $\text{CO}_2$  concentrado na atmosfera, tornando-se mais ácidos e quentes, segundo cientistas.

A Royal Society, do Reino Unido, começou um estudo para medir os níveis de acidez dos oceanos sob a influência do aumento da concentração de dióxido de carbono. O  $\text{CO}_2$  concentrado na atmosfera é responsável pelo efeito estufa.

Na água, elevando a acidez, o gás interfere na vida de corais e seres dotados de concha, assim como diminui a reprodução do plâncton, comprometendo a cadeia alimentar de animais marinhos.

ESTADO DE S. PAULO, 24 ago. 2004

Em uma solução aquosa 0,10 mol.L<sup>-1</sup> de carbonato de sódio, ocorre a hidrólise do íon carbonato.

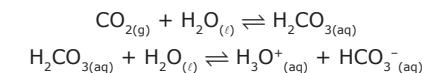


Calculando-se, para essa solução, o valor de  $[\text{OH}^-]$  em mol.L<sup>-1</sup>, encontra-se

Dado: Constante de hidrólise,  $K_h = 2,5 \times 10^{-4}$   
 A)  $5 \times 10^{-3}$ .      D)  $2 \times 10^{-3}$ .  
 B)  $4 \times 10^{-3}$ .      E)  $1 \times 10^{-3}$ .  
 C)  $3 \times 10^{-3}$ .

## SEÇÃO ENEM

- 01.** Devido a um momento de muito estresse ou muita ansiedade, uma pessoa pode sofrer alcalose. Isto é, o pH do sangue torna-se muito elevado. Em consequência disso, podem surgir graves problemas, como espasmos musculares e convulsões. Isso porque o  $\text{CO}_2$  liberado na respiração desloca os equilíbrios sanguíneos.



Em uma situação de estresse, há uma abrupta diminuição da concentração de gás carbônico no sangue devido a uma respiração mais acelerada. Um método utilizado para se evitar a alcalose é respirar o gás carbônico produzido na respiração dentro de um saco. A ação do gás carbônico evita a alcalose porque

- A) o gás carbônico é reinalado e atinge a corrente sanguínea, diminuindo o excesso de íons bicarbonato diminuindo o pH do sangue.  
 B) o sangue é um sistema-tampão, e a respiração dentro do saco alimenta esse tampão com  $\text{CO}_2$ , não permitindo a elevação do pH.  
 C) o gás carbônico é reinalado e atinge a corrente sanguínea, evitando a decomposição do ácido carbônico e diminuindo o pH do sangue.  
 D) o sangue é um sistema ácido e a solubilização de gás carbônico, óxido de caráter ácido, torna o pH desse sistema neutro.  
 E) o esforço físico de reinalar o gás carbônico desacelera a respiração impossibilitando que o sangue se torne ácido.

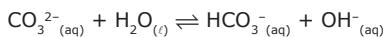
- 02.** (Enem–2010) Decisão de asfaltamento da rodovia MG-010, acompanhada da introdução de espécies exóticas, e a prática de incêndios criminosos ameaçam o sofisticado ecossistema do campo rupestre da reserva da Serra do Espinhaço. As plantas nativas dessa região, altamente adaptadas a uma alta concentração de alumínio, que inibe o crescimento das raízes e dificulta a absorção de nutrientes e água, estão sendo substituídas por espécies invasoras que não teriam naturalmente adaptação para esse ambiente; no entanto, elas estão dominando as margens da rodovia, equivocadamente chamada de “estrada ecológica”. Possivelmente, a entrada de espécies de plantas exóticas nesse ambiente foi provocada pelo uso, nesse empreendimento, de um tipo de asfalto (cimento-solo) que possui uma mistura rica em cálcio, que causou modificações químicas aos solos adjacentes à rodovia MG-010.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. Ano 7, nº 79, 2008 (Adaptação).

Essa afirmação baseia-se no uso de cimento-solo, mistura rica em cálcio que

- A) inibe a toxicidade do alumínio, elevando o pH dessas áreas.
- B) inibe a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.
- C) aumenta a toxicidade do alumínio, elevando o pH dessas áreas.
- D) aumenta a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.
- E) neutraliza a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.

- 03.** (Enem–2010) O pH do solo pode variar em uma faixa significativa devido a várias causas. Por exemplo, o solo de áreas com chuvas escassas, mas com concentrações elevadas do sal solúvel carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), torna-se básico devido à relação de hidrólise do íon carbonato, segundo o equilíbrio



Esses tipos de solos são alcalinos demais para fins agrícolas e devem ser remediados pela utilização de aditivos químicos.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. São Paulo: Artmed, 1995 (Adaptação).

Suponha que, para remediar uma amostra desse tipo de solo, um técnico tenha utilizado como aditivo a cal virgem ( $\text{CaO}$ ). Nesse caso, a remediação

- A) foi realizada, pois o caráter básico da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a direita, em decorrência da elevação de pH do meio.
- B) foi realizada, pois o caráter ácido da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a esquerda, em decorrência da redução de pH do meio.
- C) não foi realizada, pois o caráter ácido da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a direita, em decorrência da redução de pH do meio.
- D) não foi realizada, pois o caráter básico da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a esquerda, em decorrência da elevação do pH do meio.
- E) não foi realizada, pois o caráter neutro da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a esquerda, em decorrência da manutenção de pH do meio.

## GABARITO

### Fixação

- 01. E
- 02. A) A presença do ácido aumenta a concentração dos íons  $\text{H}^+$  do meio, e estes, por sua vez, reagem com a base conjugada acetato, produzindo ácido livre (ácido não ionizável). O sal da mistura favorece essa reação, se dissociando e repondo parte da concentração de acetato (base conjugada).
- B) A base aumenta a concentração dos íons  $\text{OH}^-$  no meio, e estes, por sua vez, reagem neutralizando os íons  $\text{H}^+$ . A reação direta será favorecida para que se consuma o ácido acético repondo parte da concentração do  $\text{H}^+$ .
- 03. E
- 04. E
- 05. A

### Propostos

- 01. D
- 02. C
- 03. A
- 04. E
- 05. B
- 06. D
- 07. C
- 08. A) pH = 8,26  
B) pH = 8,26
- 09. D
- 10. A
- 11. B
- 12. B
- 13. C
- 14. A) Básica, pois de acordo com a faixa de cores do indicador, a cor vermelha indica que o pH é maior que 7,8.  
B) Sim. Na piscina em questão deve-se utilizar ácido clorídrico, uma vez que a presença de um ácido em um meio básico possibilitará a neutralização do meio.
- 15. A

### Seção Enem

- 01. B
- 02. A
- 03. D

# QUÍMICA

## Equilíbrio de solubilidade

MÓDULO

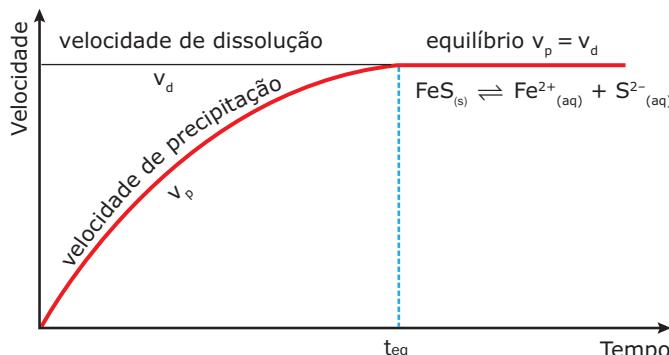
24

FRENTE  
C

A dissolução de sólidos, como o cloreto de sódio ou a sacarose, em líquidos, como a água, é uma experiência comum no nosso dia a dia. Entretanto, a dissolução dessas substâncias apresenta um limite. Depois de adicionada certa quantidade de sólido, por mais que se agite o sistema, não se observa mais dissolução. Nesse caso, a quantidade considerada de água dissolveu o máximo possível de sólido. É comum dizer, nesse caso, que a solução ficou saturada e o sólido que ficou no fundo do recipiente é o corpo de chão, corpo de fundo ou precipitado.

### O EQUILÍBrio DE SOLUBILIDADE

Considere um sólido que apresenta pequena solubilidade em água: o sulfeto de ferro (II),  $\text{FeS}$ . Imagine que uma quantidade considerável de  $\text{FeS}$  seja colocada em água. Inicialmente, ocorre o processo de dissolução, as moléculas de água colidem com a superfície do retículo cristalino e arrancam alguns íons. Outros íons retornam da solução para a rede cristalina, isto é, ocorre o processo de cristalização ou precipitação. Depois de certo tempo, as velocidades de dissolução e de precipitação se igualam dando origem a uma solução saturada em equilíbrio com o corpo de chão. O diagrama a seguir mostra a evolução das taxas de dissolução e de precipitação.



A velocidade de dissolução depende da área superficial e da concentração do sólido, que são praticamente constantes. Como  $v_d = k \cdot [\text{FeS}]$ , tem-se que  $v_d = k_i$ . Já a velocidade de precipitação depende da área superficial do sólido e da concentração dos íons presentes na solução. Desse modo,  $v_p = k_p \cdot [\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}]$ .

### SOLUBILIDADE (OU COEFICIENTE DE SOLUBILIDADE)

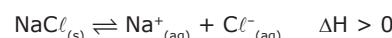
Solubilidade é a quantidade de um determinado soluto que, a uma dada temperatura, satura certa quantidade do solvente. Pode ser expressa em gramas do soluto por 100 gramas do solvente.

### Influência da temperatura na solubilidade de um sólido

#### Sólidos de dissolução endotérmica ( $\Delta H_{diss.} > 0$ )

Esse é o caso da maioria dos sólidos, pois a energia necessária para desfazer a rede cristalina (entalpia de rede) é quase sempre maior que aquela liberada na formação de interações soluto-solvente (entalpia de solvatação).

Considere o seguinte equilíbrio:



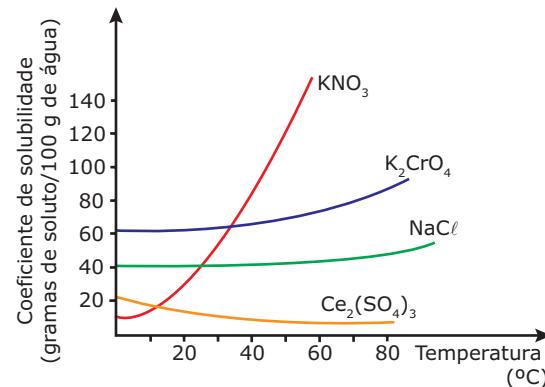
O aumento da temperatura faz o equilíbrio deslocar-se no sentido direto, ou seja, aumenta a solubilidade.

#### Sólidos de dissolução exotérmica ( $\Delta H_{diss.} < 0$ )

Alguns sólidos, como o  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ , possuem dissolução exotérmica. Assim, o equilíbrio de dissolução dessa substância pode ser representado desta forma:



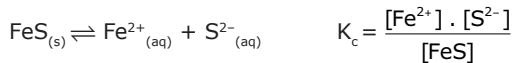
O aumento de temperatura sobre esse equilíbrio desloca-o no sentido inverso, ou seja, favorece a cristalização. Esse tipo de sólido é mais solúvel a temperaturas mais baixas.



Nesse gráfico, é mostrado como varia a solubilidade de quatro substâncias com variações de temperatura. A maioria delas possui inclinação positiva, o que revela que os solutos possuem dissolução endotérmica, pois há aumento da solubilidade com o aumento da temperatura. Apenas um dos solutos possui inclinação negativa, o qual tem dissolução exotérmica e sua solubilidade diminui com o aumento de temperatura.

## PRODUTO DE SOLUBILIDADE ( $K_{ps}$ )

O equilíbrio de solubilidade do sulfeto de ferro (II) é um equilíbrio heterogêneo. Como todo equilíbrio, ele obedece à lei da ação das massas, que, nesse caso, deve ser aplicada à fase aquosa. Dessa forma, tem-se:



Assim, tem-se:

$$K_c \cdot [\text{FeS}] = [\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}]$$

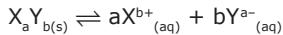
Enquanto existir corpo de chão, a concentração do sólido será constante. Assim, o produto  $K_c \cdot [\text{FeS}]$  é também constante, sendo denominado produto de solubilidade, e é representado por  $K_{ps}$ . Para o equilíbrio anteriormente citado, tem-se:

$$K_{ps} = [\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 5 \times 10^{-18}$$

O valor de  $K_{ps}$  é constante em uma dada temperatura, como no caso das outras constantes de equilíbrio. A tabela a seguir mostra algumas expressões de  $K_{ps}$  juntamente com os respectivos valores das constantes de equilíbrio na temperatura de 25 °C para algumas substâncias iônicas.

Substância	$K_{ps}$	Valor a 25 °C
$\text{PbCl}_2$	$[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2$	$2,0 \times 10^{-5}$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$	$4,0 \times 10^{-6}$
$\text{AgCl}$	$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$	$1,7 \times 10^{-10}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$[\text{Ca}^{2+}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]^2$	$2,0 \times 10^{-29}$

Para a equação genérica



Tem-se a seguinte expressão de  $K_{ps}$ :

$$K_{ps} = [X^{b+}]^a \cdot [Y^{a-}]^b$$

De forma geral, valores muito pequenos de  $K_{ps}$  revelam que a solubilidade é muito baixa. Os valores de  $K_{ps}$  só permanecem constantes em soluções saturadas de eletrolitos de solubilidade baixa. Essas soluções contêm poucos íons e possuem caráter de solução ideal, o que é indispensável para a perfeita obediência à lei da ação das massas.

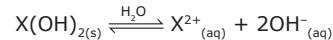
## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (UFES) Na dissolução parcial do cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) em água, o produto de solubilidade ( $K_{ps}$ ) pode ser expresso por

- A)  $\frac{[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]}{[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]} = K_{ps}$       D)  $[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = K_{ps}$   
 B)  $\frac{[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]} = K_{ps}$       E)  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]^2 = K_{ps}$   
 C)  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = K_{ps}$

- 02.** (FUVEST-SP) Em determinada temperatura, a solubilidade do sulfato de prata em água é  $2,0 \times 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>. Qual o valor do produto de solubilidade ( $K_{ps}$ ) desse sal, à mesma temperatura?

- 03.** (PUC-SP) Uma solução saturada de base, representada por  $X(\text{OH})_2$ , cuja reação de equilíbrio é



tem um pH = 10 a 25 °C. O produto de solubilidade ( $K_{ps}$ ) do  $X(\text{OH})_2$  é

- A)  $5 \times 10^{-13}$ .      C)  $6 \times 10^{-12}$ .      E)  $3 \times 10^{-10}$ .  
 B)  $2 \times 10^{-13}$ .      D)  $1 \times 10^{-12}$ .

- 04.** (UFJF-MG) A solubilidade de  $\text{CaCO}_3$  em água, a 20 °C, é igual a 13 mg.L<sup>-1</sup>. Qual o valor da constante de solubilidade ( $K_{ps}$ ) nessa temperatura, sabendo-se que a mesma é dada em mol<sup>2</sup>.L<sup>-2</sup>?

Dado: Massa molar do  $\text{CaCO}_3$  = 100 g.mol<sup>-1</sup>

- A)  $1,69 \times 10^{-4}$       D)  $1,30 \times 10^{-8}$   
 B)  $1,69 \times 10^{-8}$       E)  $1,69 \times 10^{-2}$   
 C)  $1,30 \times 10^{-2}$

- 05.** (UNIFESP-2009) Um composto iônico, a partir da concentração de sua solução aquosa saturada, a 25 °C, pode ser classificado de acordo com a figura, quanto à solubilidade em água.



Um litro de solução aquosa saturada de  $\text{PbSO}_4$  ( $M=303$  g/mol), a 25 °C, contém 45,5 mg de soluto. O produto de solubilidade do  $\text{CaCrO}_4$ , a 25 °C, é  $6,25 \times 10^{-4}$ . Quanto à solubilidade em água, a 25 °C, os compostos  $\text{PbSO}_4$  e  $\text{CaCrO}_4$  podem ser classificados, respectivamente, como

- A) insolúvel e ligeiramente solúvel.  
 B) insolúvel e solúvel.  
 C) insolúvel e insolúvel.  
 D) ligeiramente solúvel e insolúvel.  
 E) ligeiramente solúvel e solúvel.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFRGS) Se o produto de solubilidade do cloreto de céssio é  $K_{ps}$ , a solubilidade desse sal será igual a

- A)  $K_{ps}\sqrt{2}$ .      D)  $2K_{ps}$ .  
 B)  $\sqrt{K_{ps}}$ .      E)  $K_{ps}$ .  
 C)  $K_{ps}^2$ .

- 02.** (UERJ) No início do ano de 2003, verificou-se que o principal componente de um medicamento usado como contraste radiológico – o sulfato de bário – estava contaminado com carbonato de bário, mais solúvel em água do que o sulfato.

Admita que foram preparadas duas soluções aquosas saturadas: a solução 1, apenas com sulfato de bário puro, e a solução 2, apenas com carbonato de bário puro.

Designando o produto de solubilidade do sulfato de bário por  $K_{ps^1}$  e o do carbonato de bário por  $K_{ps^2}$ , a razão entre a concentração em mol.L<sup>-1</sup> do cátion bário na solução 1 e na solução 2 é expressa por

- A)  $(K_{ps^1}/K_{ps^2})^{-2}$ .      C)  $(K_{ps^1}/K_{ps^2})^{1/2}$ .  
 B)  $K_{ps^1}/K_{ps^2}$ .      D)  $(K_{ps^1}/K_{ps^2})^2$ .

- 03.** (UFU-MG-2006) O sulfato de bário é pouco solúvel em água ( $K_{ps} = 1,3 \times 10^{-10}$  a 25 °C). Embora os íons bário sejam tóxicos (concentração máxima tolerada  $\approx 1,0$  mg.L<sup>-1</sup>), esse sal é muito usado como contraste em exames radiológicos administrados via oral ou retal.

Sabendo que um paciente é alérgico ao íon bário e que a dissolução de sulfato de bário é endotérmica, a **MELHOR** maneira de reduzir a concentração de íons bário em uma suspensão aquosa de uso oral é

- A) adicionar um pouco de sulfato de sódio.  
 B) aquecer a suspensão e dar ao paciente.  
 C) adicionar mais sulfato de bário sólido.  
 D) filtrar os íons antes de dar ao paciente.

- 04.** (FCMMG-2011) Considere uma solução em que  $[Pb^{2+}] = 5,6 \times 10^{-4}$  mol/L. Sabe-se que a constante do produto de solubilidade para  $PbI_{2(s)}$  é igual a  $1,4 \times 10^{-8}$ . Considerando-se essas informações, pode-se concluir que a concentração mínima de íons iodeto, em mol/L, que provocará a precipitação de  $PbI_{2(s)}$ , na solução acima referida, é

- A)  $5,0 \times 10^{-3}$  mol/L.      C)  $2,5 \times 10^{-3}$  mol/L.  
 B)  $2,5 \times 10^{-5}$  mol/L.      D)  $1,1 \times 10^{-3}$  mol/L.

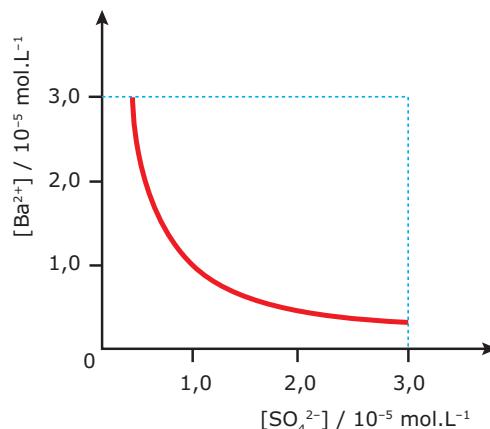
- 05.** (FUVEST-SP-2006) Preparam-se duas soluções saturadas, uma de oxalato de prata ( $Ag_2C_2O_4$ ) e outra de tiocianato de prata ( $AgSCN$ ). Esses dois sais têm, aproximadamente, o mesmo produto de solubilidade (da ordem de  $10^{-12}$ ). Na primeira, a concentração de íons prata é  $[Ag^+]_1$  e, na segunda,  $[Ag^+]_2$ , as concentrações de oxalato e tiocianato são, respectivamente,  $[C_2O_4^{2-}]$  e  $[SCN^-]$ .

Nesse caso, é **CORRETO** afirmar que

- A)  $[Ag^+]_1 = [Ag^+]_2$  e  $[C_2O_4^{2-}] < [SCN^-]$ .  
 B)  $[Ag^+]_1 > [Ag^+]_2$  e  $[C_2O_4^{2-}] > [SCN^-]$ .  
 C)  $[Ag^+]_1 > [Ag^+]_2$  e  $[C_2O_4^{2-}] = [SCN^-]$ .  
 D)  $[Ag^+]_1 < [Ag^+]_2$  e  $[C_2O_4^{2-}] < [SCN^-]$ .  
 E)  $[Ag^+]_1 = [Ag^+]_2$  e  $[C_2O_4^{2-}] > [SCN^-]$ .

- 06.** (UFPE) O gráfico a seguir representa as concentrações em equilíbrio de uma solução saturada de  $BaSO_4$ . **CALCULE** o valor do  $K_{ps}$  do  $BaSO_4$ .

**Atenção!** Use como dados valores tirados do próprio gráfico.



- 07.** (UNIFESP) Compostos de chumbo podem provocar danos neurológicos gravíssimos em homens e animais. Por essa razão, é necessário um controle rígido sobre os teores de chumbo liberado para o ambiente. Um dos meios de se reduzir a concentração do íon  $Pb^{2+}$  em solução aquosa consiste em precipitá-lo, pela formação de compostos poucos solúveis, antes do descarte final dos efluentes. Suponha que sejam utilizadas soluções de sais de  $Na^+$  com os ânions  $X^{n-}$ , listados na tabela a seguir, com concentrações finais de  $X^{n-}$  iguais a  $10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>, como precipitantes.

$X^{n-}$ ( $10^{-2}$ mol.L <sup>-1</sup> )	Composto precipitado	Constante do produto de solubilidade do composto, a 25 °C
$CO_3^{2-}$	$PbCO_3$	$1,5 \times 10^{-13}$
$CrO_4^{2-}$	$PbCrO_4$	$1,8 \times 10^{-14}$
$SO_4^{2-}$	$PbSO_4$	$1,3 \times 10^{-19}$
$S^{2-}$	$PbS$	$7,0 \times 10^{-29}$
$PO_4^{3-}$	$Pb_3(PO_4)_2$	$3,0 \times 10^{-44}$

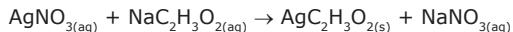
Assinale a alternativa que contém o agente precipitante **MAIS** eficiente na remoção do  $Pb^{2+}$  do efluente.

- A)  $CO_3^{2-}$       C)  $SO_4^{2-}$       E)  $PO_4^{3-}$   
 B)  $CrO_4^{2-}$       D)  $S^{2-}$

- 08.** (PUC Rio) O produto de solubilidade do  $AgCl$  é  $1,8 \times 10^{-10}$  a 298 K. Assinale a alternativa que indica a concentração de íons  $Ag^+$ , que se obtém no equilíbrio, quando se adiciona um excesso de  $AgCl$  em uma solução 0,1 M de  $NaCl$ .

- A)  $3,6 \times 10^{-10}$  M      D)  $10^{-5}$  M  
 B)  $1,8 \times 10^{-9}$  M      E)  $10^{-1}$  M  
 C)  $1,8 \times 10^{-5}$  M

- 09.** (PUC Rio-2010) Considere a reação do nitrato de prata com acetato de sódio que dá origem ao acetato de prata, que é muito pouco solúvel em água, e ao nitrato de sódio, que é totalmente solúvel em água. Essa reação é representada por



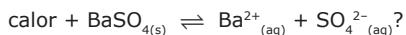
O precipitado de acetato de prata, em meio aquoso, estabelece equilíbrio com as suas espécies iônicas em solução saturada.



Sendo a solubilidade do acetato de prata, a 25 °C, igual a  $4,36 \times 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>, é **CORRETO** afirmar que, nessa temperatura, o produto de solubilidade do  $\text{AgC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  é, aproximadamente, igual a

- A)  $1,9 \times 10^{-3}$ .      D)  $6,0 \times 10^{-2}$ .  
 B)  $2,18 \times 10^{-2}$ .      E)  $8,72 \times 10^{-3}$ .  
 C)  $4,1 \times 10^{-3}$ .

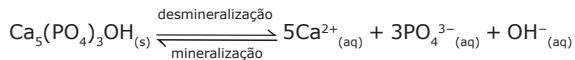
- 10.** (UFOP-MG-2007) O sulfato de bário é usado como contraste para raios X no diagnóstico de doenças no trato digestivo. Embora o bário seja tóxico para o ser humano, o  $\text{BaSO}_4$  pode ser utilizado para tal fim, uma vez que essa substância é pouco solúvel em água ( $K_{ps} = 1,0 \times 10^{-10}$ ). Um radiologista adicionou sulfato de bário sólido à água, a fim de obter uma solução saturada, mas gostaria de reduzir substancialmente a concentração de íons bário antes da ingestão pelo paciente. O que deve fazer o radiologista, considerando que



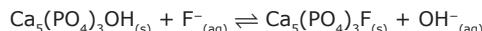
- A) Adicionar sulfato de sódio suficiente para que  $[\text{Na}^+] = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ .  
 B) Adicionar ácido sulfúrico até que o pH seja igual a 5.  
 C) Remover um pouco da solução saturada.  
 D) Aquecer a mistura.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** Um dos problemas desenvolvidos pelo consumo continuado do cigarro é a formação de uma camada amarelada nos dentes. Além desse problema, a fumaça do cigarro acidifica o meio bucal, promovendo a desmineralização da camada de esmalte que protege a dentição, a qual é constituída, basicamente, do mineral hidroxiapatita, de fórmula  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ . A equação que representa o processo de desmineralização é:



A desmineralização expõe o dente à cárie, pois corrói o esmalte protetor. Uma maneira de se evitar as cáries é escovar constantemente os dentes com cremes dentais que possuam, em sua constituição, flúor. O flúor encontrado nos cremes dentais e nas águas tratadas dos grandes centros urbanos se encontra na forma de íons fluoreto, que, na presença da hidroxiapatita, estabelecem um equilíbrio de troca iônica, formando a fluorapatita.



A fluorapatita é mais resistente ao processo de desmineralização, diminuindo a incidência de cárie bucal, pois apresenta

- A) mesmo valor de  $K_{ps}$  do que a hidroxiapatita, mas menor solubilidade do que este mineral.  
 B) maior valor de  $K_{ps}$  e menor solubilidade do que a hidroxiapatita.  
 C) rede cristalina menos estável do que a hidroxiapatita.  
 D) rede cristalina mais estável do que a hidroxiapatita.  
 E) menor valor de  $K_{ps}$  e menor solubilidade do que a hidroxiapatita.

## GABARITO

### Fixação

01. D  
 02.  $K_{ps} = 3,2 \times 10^{-5}$   
 03. A  
 04. B  
 05. A

### Propostos

01. B  
 02. C  
 03. A  
 04. A  
 05. B  
 06.  $K_{ps} = 1,0 \times 10^{-10}$   
 07. D  
 08. B  
 09. A  
 10. A

### Seção Enem

01. E

# QUÍMICA

## Polímeros

MÓDULO

21

FRENTE  
D

Polímeros são macromoléculas (moléculas gigantes) que apresentam unidades estruturais que se repetem regularmente. As moléculas que reagem para formar os polímeros são denominadas monômeros.



### CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍMEROS

#### Quanto à ocorrência

**Naturais:** São polímeros que já existem, normalmente, na natureza. Entre os mais importantes, estão os carboidratos (celulose, amido, glicogênio, etc.), as proteínas (existentes em todos os seres vivos) e os ácidos nucleicos (existentes no núcleo das células vivas e responsáveis pelas características genéticas dos seres vivos).

**Sintéticos:** São polímeros fabricados pelo homem a partir de moléculas simples. Entre eles, estão o náilon, o polietileno, o PVC, etc.

#### Quanto à natureza da cadeia

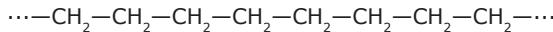
**Polímero de cadeia homogênea:** São polímeros que, no esqueleto da cadeia, apresentam apenas átomos de carbono.

**Polímero de cadeia heterogênea:** São polímeros que, no esqueleto da cadeia, apresentam átomos diferentes do átomo de carbono (heteroátomos).

#### Quanto à estrutura final do polímero

**Polímero linear:** Nesse tipo de polímero, a macromolécula é formada por um encadeamento linear de átomos.

**Exemplo:** Polietileno



Mesmo que a cadeia apresente ramificações (desde que a ramificação não ligue uma cadeia à outra vizinha), o polímero continua sendo considerado linear.

**Exemplo:** Borracha sintética (neopreno)

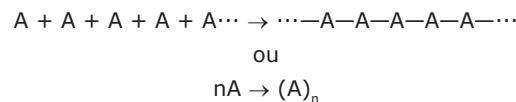


Os polímeros lineares dão origem a materiais termoplásticos, isto é, plásticos que podem ser amolecidos pelo calor inúmeras vezes e, ao resfriarem, voltam a apresentar as mesmas propriedades iniciais.

**Polímero tridimensional:** Nesse tipo de polímero, a macromolécula se desenvolve em todas as direções, isto é, há ligações entre cadeias adjacentes por meio de átomos localizados ao longo da cadeia. Esses polímeros dão origem a materiais termofixos ou a materiais termoendurecentes. No primeiro caso, pelo menos a última fase de produção da macromolécula deve ser feita simultaneamente com a modelagem do objeto desejado, pois, uma vez prontos, esses polímeros não podem ser novamente amolecidos pelo calor (um aquecimento excessivo causa a decomposição até a queima do material, mas nunca seu amolecimento). Consequentemente, esses polímeros não podem ser reaproveitados industrialmente na moldagem de novos objetos. Os polímeros termoendurecentes, quando prontos, só podem ser fundidos uma vez, pois, durante a fusão, as moléculas reagem entre si, aumentando a massa molecular do polímero e este, endurecendo, torna-se insolúvel e infusível.

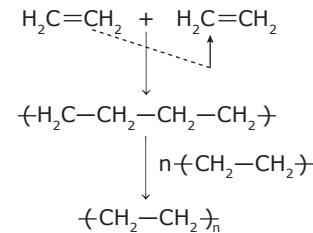
### POLÍMEROS DE ADIÇÃO (POLIADIÇÃO)

As reações de poliadição ocorrem, geralmente, com monômeros olefínicos (compostos que contêm ligação dupla), em que uma unidade se adiciona à outra, até formar uma macromolécula.

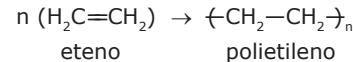


Se o polímero for constituído de um só monômero, ele será denominado homopolímero e, se for constituído de mais de um monômero, copolímero.

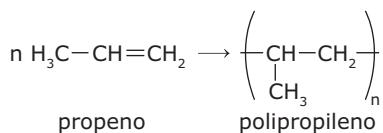
#### Polietileno



Resumindo:

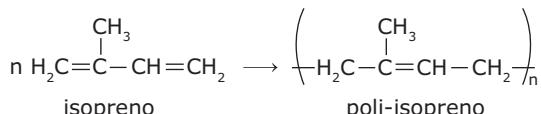


## Polipropileno

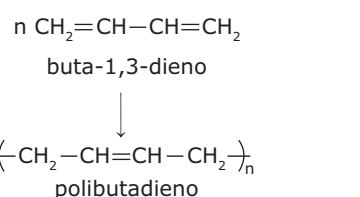


## Poli-isopreno

Esse é o polímero que constitui a borracha natural.

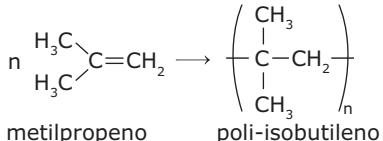


## Polibutadieno



O poli-isopreno e o polibutadieno contêm, em suas estruturas, uma ligação dupla, que lhes confere propriedades elastoméricas.

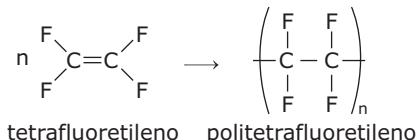
## Poli-isobutileno



O poli-isobutileno é componente de borrachas frias.

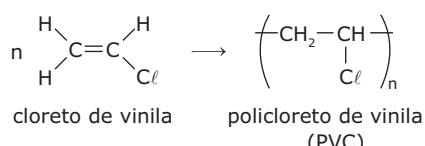
## Politetrafluoretileno (Teflon)

Esse é o polímero do tetrafluoretileno que resiste a altas temperaturas.



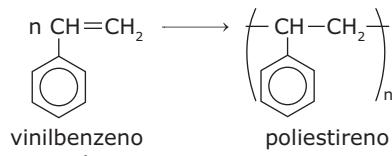
## PVC

Esse é o polímero do cloreto de vinila, normalmente usado na fabricação de tubos plásticos utilizados nas redes elétrica e de esgoto. O cloro, presente na estrutura do polímero, confere-lhe propriedades ignífugas, ou seja, propriedades que impedem a queima do material.



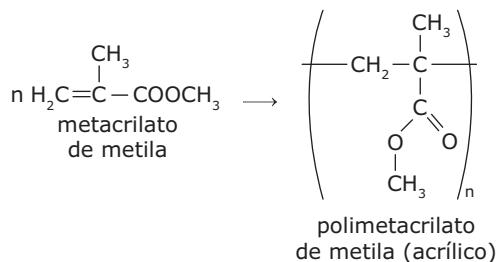
## Poliestireno

Esse é o polímero do vinilbenzeno, muito utilizado na fabricação de objetos domésticos devido ao seu baixo custo. Quando na forma de espuma, recebe o nome comercial de isopor.



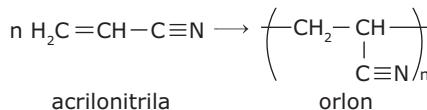
## Acrílicos

Devido à alta transparência, os polímeros do metacrilato de metila apresentam usos nobres e recebem o nome comercial de acrílicos.



## Orlon

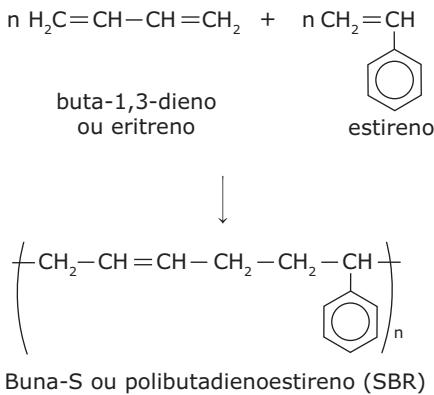
Orlon é o polímero da acrilonitrila, empregado na obtenção de fibras sintéticas.



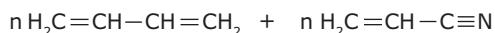
## Buna

Os principais copolímeros de adição são as borrachas sintéticas, como a Buna-S e a Buna-N. A finalidade da adição de um segundo monômero ao buta-1,3-dieno é melhorar as propriedades mecânicas e físicas do produto final.

O elastômero, material plástico de alta elasticidade, Buna-S, ou SBR, é um copolímero de adição, formado por buta-1,3-dieno (eritreno) e vinil-benzeno (estireno).



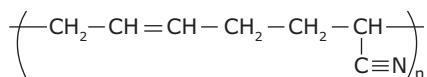
A Buna-N, ou NBR, tem como monômeros o buta-1,3-dieno e a acrilonitrila e recebe o nome comercial de borracha nitrílica.



buta-1,3-dieno  
ou eritreno



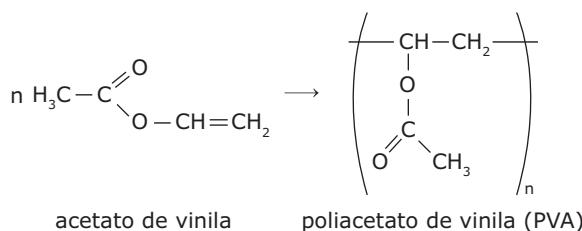
acrilonitrila



Buna-N ou polibutadienoacrilonitrila (NBR)

## PVA

O poliacetato de vinila (PVA) é muito empregado como revestimento em paredes (tintas latex), e seu monômero é o acetato de vinila. A reação de obtenção desse polímero é



## POLÍMEROS DE CONDENSAÇÃO (POLICONDENSAÇÃO)

Esses polímeros são formados por condensação e por eliminação de pequenas moléculas:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{HCl}$ , etc.

As condições para que um monômero polimerize são:

- existência de, pelo menos, dois pontos em que possa haver a união dos monômeros;
- existência de centros de reatividade;
- os pontos de união poderem ser insaturações ou grupos funcionais.

Os monômeros que possuem apenas dois centros de reatividade originam polímeros lineares, enquanto os que possuem, pelo menos, três centros originam polímeros tridimensionais.

Um monômero com dois grupos reativos origina homopolímeros, e dois monômeros distintos com grupos reativos originam copolímeros.

## Principais homopolímeros de condensação

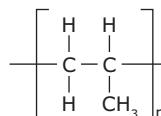
Monômero	Polímero	
Nome	Fórmula	Nome
$\alpha$ -glicose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Amido
$\beta$ -glicose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Celulose
$\alpha$ -aminoácido	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{COOH}$	Proteína
10-aminodecanoato de metila	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_9-\text{COCH}_3$	Náilon 11

## Principais copolímeros de condensação

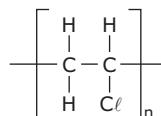
Monômero	Polímero	
Nome	Fórmula	Nome
Ácido adípico	$\text{HO}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{(CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$	Náilon 66
Hexametilenodiamina	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$	
Ácido tereftálico	$\text{HO}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$	Poliéster (dracon, terilene)
Etilenoglicol	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	
Fenol	$\text{O} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{OH}$	Baquelite
Formol	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H}$	
Formol	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H}$	Resina de ureia-formol
Ureia	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}=\text{O}-\text{NH}_2$	

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Considere estas fórmulas de dois polímeros:



I



II

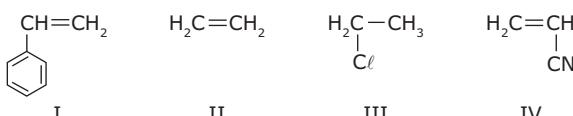
Os monômeros correspondentes aos polímeros I e II são, respectivamente,

- A) propano e cloroetano. C) propeno e cloroetano.  
B) propano e cloroeteno. D) propeno e cloroeteno.

02. (UFSCar-SP-2006) Um dos métodos de produção de polímeros orgânicos envolve a reação geral



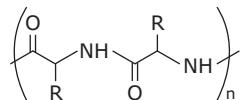
onde X pode ser H, grupos orgânicos alifáticos e aromáticos ou halogênios. Dos compostos orgânicos cujas fórmulas são fornecidos a seguir:



podem sofrer polimerização pelo processo descrito

- A) I, apenas. D) I, II e IV, apenas.  
B) III, apenas. E) II, III e IV, apenas.  
C) I e II, apenas.

- 03.** (UFLA-MG-2009) Polímeros são compostos de elevada massa molecular e apresentam propriedades diferenciadas em relação às unidades que os constituem (monômeros); por isso, têm despertado interesse da indústria. Proteínas são polímeros (poliamidas) que possuem estrutura formada por reações de condensação entre monômeros de aminoácidos.



Esquema de uma proteína, em que R representa  $-H$ ,  $-CH_3$  ou outro grupo de átomos.

A representação genérica para os monômeros de aminoácidos é

- A)  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

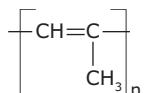
B)  $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{O} \\ | & & | \\ \text{H}-\text{C} & -\text{NH}- & \text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{R} \end{array}$

C)  $\begin{array}{c} \text{R} & \text{O} \\ | & \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

D)  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ | \\ \text{H} \end{array}$

- 04.** (UFTM-MG) O propeno é um dos produtos do refino do petróleo. Quando polimerizado, forma o polipropileno, um polímero de grande aplicação industrial. A ráfia sintética, utilizada na fabricação de sacos para condicionamento de cereais, é obtida a partir do polipropileno. Quanto às características do monômero e / ou do polímero citados, é **CORRETO** afirmar que

- A) para ocorrer a polimerização por meio de uma reação de adição, é necessário que o monômero possua, pelo menos, uma insaturação.
  - B) o propeno é um hidrocarboneto alifático saturado.
  - C) o polipropileno é um copolímero.
  - D) se durante a formação do polipropileno forem injetados gases quentes, ele se expande, originando o isopor.
  - E) a unidade de repetição do polipropileno é



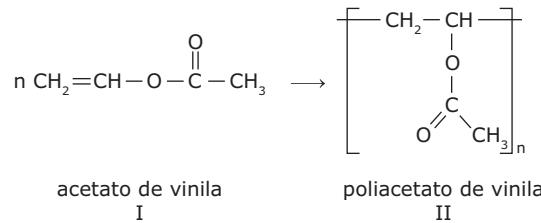
- 05.** (UFTM-MG) Os plásticos ou polímeros são familiares do nosso cotidiano, sendo usados na construção de muitos objetos que nos rodeiam, desde as roupas que vestimos até as casas em que vivemos. O desenvolvimento de processos de fabricação dos polímeros sintéticos foi o responsável pelo crescimento da indústria química no último século. Os polímeros poliestireno, poliamida (náilon) e teflon (politetrafluoreteno) podem ser classificados, quanto ao processo de fabricação, respectivamente, como

  - A) polímeros de adição, copolímeros e polímeros de adição.
  - B) polímeros de condensação, copolímeros e polímeros de condensação.
  - C) polímeros de condensação, polímeros de adição e copolímeros.
  - D) polímeros de adição, polímeros de condensação e copolímeros.
  - E) polímeros de adição, polímeros de condensação e polímeros de adição.

# EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFV-MG) A goma de mascar é constituída principalmente de poliacetato de vinila misturado a um adoçante e flavorizantes.

O poliacetato de vinila é obtido através da polimerização do acetato de vinila, conforme a equação a seguir:



A respeito dos compostos I e II, assinale a afirmativa **INCORRETA**.

- A) I e II são compostos insaturados.
  - B) I e II apresentam a função éster.
  - C) I e II apresentam propriedades físicas diferentes.
  - D) A massa molar de I é maior do que a de II.
  - E) I e II podem sofrer reações de adição.

- 02.** (Fatec-SP) A polimerização por adição consiste na reação entre moléculas de uma mesma substância, em cuja estrutura ocorre uma ligação dupla entre dois átomos de carbono, formando-se apenas o polímero. (O polietileno é um exemplo de polímero formado por reação de adição).

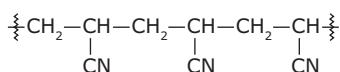
Considere as seguintes substâncias:

- I. 3-bromopropeno ( $C_3H_5Br$ )
  - II. Tetrafluoroetano ( $C_2H_2F_4$ )
  - III. Propan-1-ol ( $C_3H_7OH$ )
  - IV. Cloroeteno ( $C_2H_3Cl$ )

As que poderiam sofrer polimerização por adição são

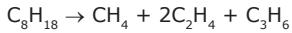
- A) I e II.      C) I e IV.      E) II e IV.  
B) I e III.      D) II e III.

- 03.** (UFV-MG) A poliacrilonitrila é um polímero conhecido simplesmente por acrílico. Ela pode ser transformada em fibras que entram na constituição de diversos tecidos, sendo inclusive misturada à lã. Parte da fórmula estrutural desse polímero é representada a seguir.

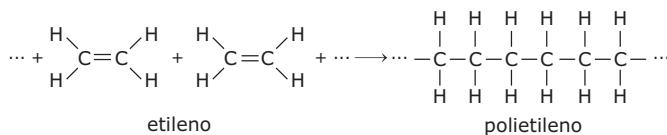


A partir da fórmula anterior, assinale a alternativa que contém o monômero utilizado no preparo da poliacrilonitrila.

- A)  $\text{CH}_2=\text{CHCNCH}_2=\text{CHCNCH}_2=\text{CHCN}$   
 B)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$   
 C)  $\text{CH}_2=\text{CHCN}$   
 D)  $\text{CH}_3=\text{CHC}\equiv\text{N}$   
 E)  $\text{CH}_3\text{CN}$
- 04.** (UFMG) O etileno,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , pode ser obtido industrialmente pelo craqueamento de alcanos, como é mostrado a seguir.

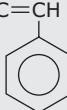


O etileno é usado principalmente na fabricação do polietileno, um polímero dos mais utilizados no mundo. A reação de polimerização pode ser representada como mostra a figura



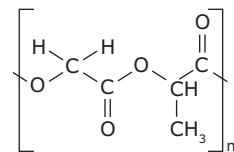
Com relação ao exposto, assinale a afirmativa **FALSA**.

- A) A polimerização do etileno envolve a formação de ligações simples.  
 B) O craqueamento de alcanos produz hidrocarbonetos de menor massa molar.  
 C) O etileno é o monômero da reação de polimerização.  
 D) O polietileno é um alqueno de massa molar elevada.
- 05.** (UFTM-MG) Ao unir pequenas moléculas, produzindo outras bem maiores, obtêm-se os polímeros que estão presentes em inúmeros objetos do cotidiano, como embalagens, brinquedos, entre outros. A tabela fica completa se A, B e C forem, respectivamente,

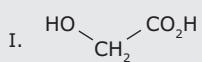
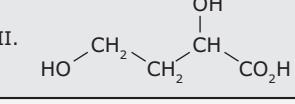
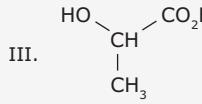
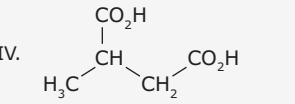
Monômero	Polímero	Aplicação
A	Teflon	Revestimentos de panelas
$\text{CH}_2=\text{CCl}_2$	B	Filmes para embalar alimentos
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}$ 	Isopor	C

- A) propileno, poliestireno e isolante térmico.  
 B) tetrafluoretíleno, policloreto de vinilideno e isolante térmico.  
 C) acrilonitrila, policloreto de vinilideno e tapetes.  
 D) etileno, polietileno e brinquedos.  
 E) cloreto de vinila, orlon e para-choque de automóvel.

- 06.** (FUVEST-SP-2006) Alguns polímeros biodegradáveis são utilizados em fios de sutura cirúrgica, para regiões internas do corpo, pois não são tóxicos e são reabsorvidos pelo organismo. Um desses materiais é um copolímero de condensação, que pode ser representado por



Entre os seguintes compostos,

I. 	II. 
III. 	IV. 

os que dão origem ao copolímero citado são

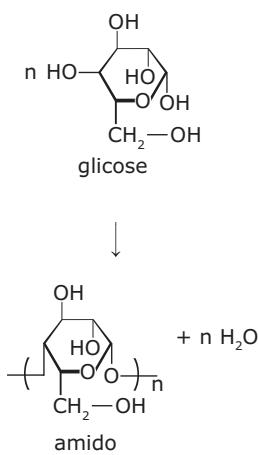
- A) I e III.  
 B) II e III.  
 C) III e IV.  
 D) I e II.  
 E) II e IV.

- 07.** (UFTM-MG-2010 / Adaptado) Os materiais utilizados para unir a pele, os músculos e outros tecidos do corpo humano, após terem sido seccionados por um ferimento ou após uma cirurgia, são fabricados com
- I. colágeno tratado proveniente do intestino de bovídeos, ovinos e outros animais;  
 II. fibras naturais como algodão e seda;  
 III. fibras sintéticas como poliamidas (náilon) e poliésteres;  
 IV. aço inoxidável, tântalo, prata, bronze.

Esses diversos produtos, para serem utilizados, são esterilizados e mantidos em recipientes hermeticamente fechados.

- São polímeros formados à custa do mesmo tipo de ligação covalente
- A) seda e algodão.  
 B) náilon e seda.  
 C) náilon e algodão.  
 D) algodão e colágeno.  
 E) poliésteres e colágeno.

- 08.** (UFTM-MG-2011) O amido é uma macromolécula formada a partir da interação de moléculas de glicose e funciona como reserva de energia nos vegetais, principalmente nas raízes. Quando o amido é ingerido pelo homem, sofre ação da enzima amilase, presente na saliva, e é convertido em glicose e carboidratos menores.

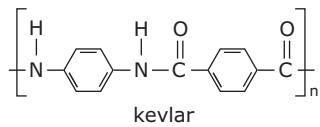


A reação da produção do amido a partir da glicose é classificada como polimerização por I, e aquela que ocorre pela ação da enzima amilase é denominada reação de II.

Assinale a alternativa que preenche, respectivamente, as lacunas I e II.

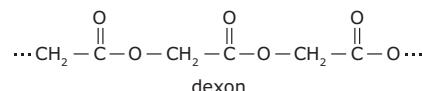
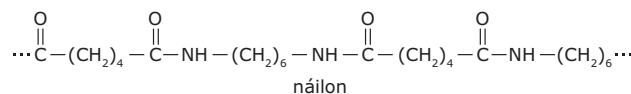
- A) condensação e hidrólise.
- B) condensação e hidrogenação.
- C) condensação e oxidação.
- D) adição e hidrogenação.
- E) adição e hidrólise.

- 09.** (FUVEST-SP) Kevlar é um polímero de alta resistência mecânica e térmica, sendo, por isso, usado em coletes à prova de balas e em vestimentas de bombeiros.



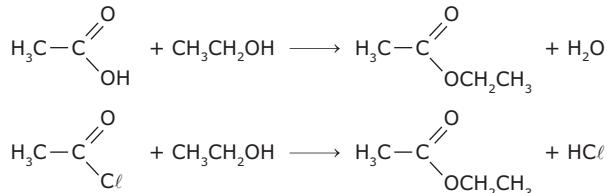
- A) Quais as fórmulas estruturais dos dois monômeros que dão origem ao Kevlar por reação de condensação? **ESCREVA-AS.**
- B) Qual o monômero que, contendo dois grupos funcionais diferentes, origina o polímero Kevlar com uma estrutura ligeiramente modificada? **ESCREVA** as fórmulas estruturais desse monômero e do polímero por ele formado.
- C) Como é conhecido o polímero sintético, não aromático, correspondente ao Kevlar?

- 10.** (VUNESP) Estão representados a seguir fragmentos dos polímeros náilon e dexon, ambos usados como fios de suturas cirúrgicas.

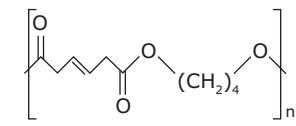
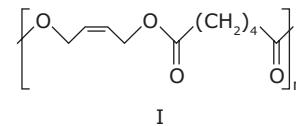


- A) **IDENTIFIQUE** os grupos funcionais dos dois polímeros.
- B) O dexon sofre hidrólise no corpo humano, sendo integralmente absorvido no período de algumas semanas. Nesse processo, a cadeia polimérica é rompida, gerando um único produto, que apresenta duas funções orgânicas. **ESCREVA** a fórmula estrutural do produto e **IDENTIFIQUE** essas funções.

- 11.** (FUVEST-SP-2007) Ésteres podem ser preparados pela reação de ácidos carboxílicos ou cloreto de ácido, com álcoois, conforme exemplificado.

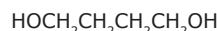
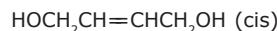


Recentemente, dois poliésteres biodegradáveis I e II foram preparados, utilizando-se, em cada caso, um dos métodos citados.



- A) **ESCREVA** a fórmula mínima da unidade estrutural que se repete n vezes no polímero I.

Entre os seguintes compostos,

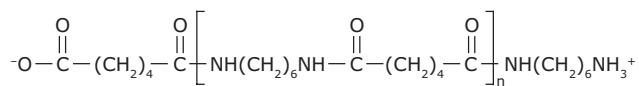


quais são os reagentes apropriados para a preparação de

- B) I?

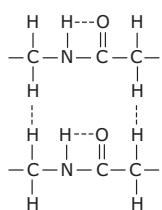
- C) II?

- 12.** (EFOA-MG-2006) O náilon 66 é um polímero cuja estrutura pode ser representada, de maneira simplificada, pela figura a seguir.

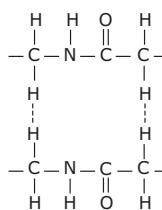


Durante sua produção, as fibras são esticadas até que as cadeias do polímero fiquem paralelas. Isso aumenta a resistência da fibra, pois formam-se ligações de hidrogênio entre cadeias vizinhas. Entre as figuras a seguir, aquela que representa a formação dessas ligações de hidrogênio é

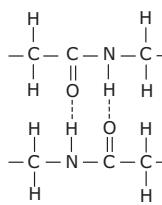
A)



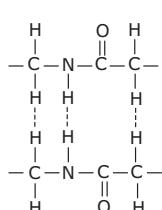
B)



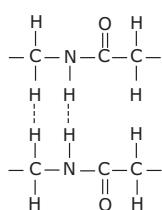
C)



D)



E)



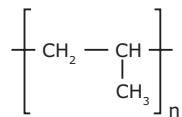
- 13.** (Mackenzie-SP-2006) A borracha natural, que é obtida a partir do látex extraído da seringueira, apresenta baixa elasticidade, tornando-se quebradiça ou mole conforme a temperatura. Entretanto, torna-se mais resistente e elástica quando é aquecida juntamente com compostos de enxofre.

Esse processo é chamado de

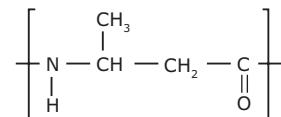
- A) polimerização. D) oxidação.  
B) eliminação. E) esterificação.  
C) vulcanização.

- 14.** (FUVEST-SP) Aqueles polímeros, cujas moléculas se ordenam paralelamenteumas às outras, são cristalinos, fundindo em uma temperatura definida, sem decomposição. A temperatura de fusão de polímeros depende, entre outros fatores, de interações intermoleculares, devido às forças de dispersão, ligações de hidrogênio, etc., geradas por dipolos induzidos ou dipolos permanentes.

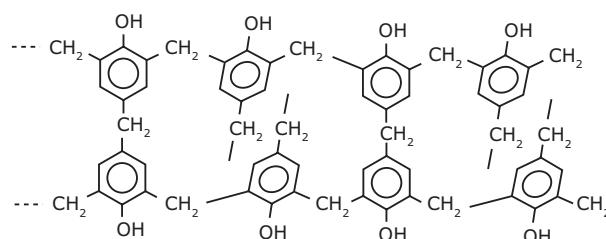
A seguir são dadas as estruturas moleculares de alguns polímeros.



polipropileno



poli(ácido 3-aminobutanoico)



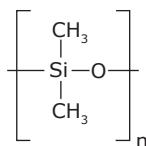
baquelita (fragmento da estrutura tridimensional)

Cada um desses polímeros foi submetido, separadamente, a aquecimento progressivo. Um deles fundiu-se a 160 °C, outro a 330 °C e o terceiro não se fundiu, mas se decompôs.

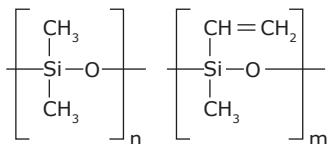
Considerando as interações moleculares, entre os três polímeros citados,

- A) qual deles se fundiu a 160 °C? **JUSTIFIQUE** sua resposta.  
B) qual deles se fundiu a 330 °C? **JUSTIFIQUE** sua resposta.  
C) qual deles não se fundiu? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

- 15.** (UFG-2010) A borracha de silicone MQ é um polimetilsiloxano que contém grupos metila, conforme a figura a seguir.



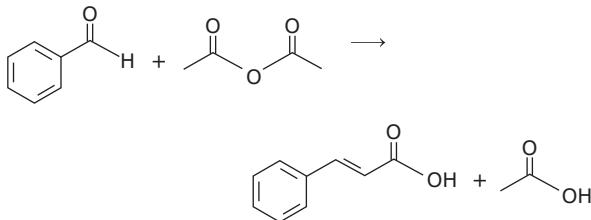
Com a introdução de alguns grupos vinila na molécula de MQ, obtém-se a borracha metil-vinil-siliconada, VMQ.



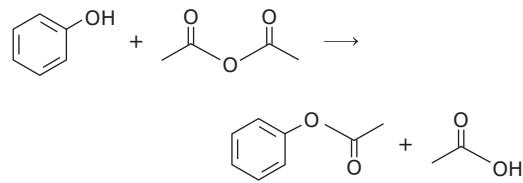
A borracha VMQ vulcaniza mais rapidamente que a borracha MQ, como consequência

- A) do aumento das unidades monoméricas.
- B) da alternância entre grupos metil e vinil na cadeia polimérica.
- C) da introdução de insaturação no polímero.
- D) da maior massa molar do polímero VMQ.
- E) dos encadeamentos lineares.

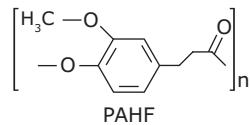
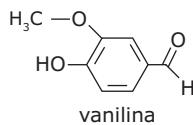
- 16.** (FUVEST-SP-2011) Aldeídos aromáticos reagem com anidrido acético, produzindo ácidos com uma ligação dupla entre os dois átomos de carbono adjacentes ao grupo carboxila, como exemplificado.



Fenóis também podem reagir com anidrido acético, como exemplificado.



Um novo polímero, PAHF, foi preparado a partir da vanilina, por uma sequência de etapas. Na primeira delas, ocorrem duas transformações análogas às já apresentadas. Seguem as representações da vanilina e do PAHF:



- A) **ESCREVA** a equação química balanceada que representa a reação da vanilina com anidrido acético.

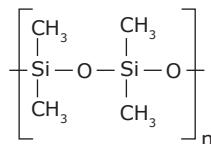
O composto aromático obtido na reação descrita no item A pode ser transformado no polímero PAHF pela seguinte sequência de reações: hidrogenação, hidrólise e polimerização.

- B) Considerando a ligação entre duas unidades monoméricas no polímero, como se pode classificar o PAHF? Seria: poliamida, polialcool, poliácido, poliéster ou polialdeído? **EXPLIQUE**.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** Os silicones são polímeros quimicamente inertes resistentes à decomposição pelo calor, água ou agentes oxidantes, além de serem bons isolantes elétricos. São apresentados nas formas fluida, resina ou de elastômeros (borrachas sintéticas), sempre com inúmeras aplicações. Servem, por exemplo, como agentes de polimento, vedação e proteção. São também impermeabilizantes, lubrificantes e na medicina são empregados como material básico de próteses.

O silicone é um polímero que apresenta grupos orgânicos ligados a átomos de silício que se alternam com átomos de oxigênio. Observe, a seguir, um exemplo do polímero de silicone:



O silicone é um

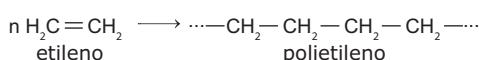
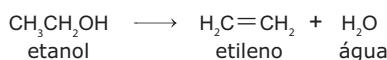
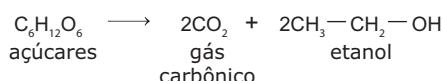
- A) copolímero tridimensional tóxico.
- B) polímero orgânico poluente, mas biodegradável.
- C) copolímero linear, inerte e não biodegradável.
- D) homopolímero reativo e biodegradável.
- E) polímero de adição cujo monômero é o SiOC<sub>2</sub>H<sub>6</sub>.

- 02.** Uma empresa química brasileira iniciou, recentemente, a produção do plástico verde, em Triunfo, no Rio Grande do Sul, com grande interesse do mercado internacional. O plástico verde é um biopolímero, pois o etileno, matéria-prima usada na polimerização, provém da desidratação do etanol obtido durante a fermentação de carboidratos da cana-de-açúcar, ao contrário do método convencional, no qual o etileno é proveniente de derivados do petróleo.

O plástico verde tem a aparência e as propriedades de um polietileno comum. Ele pode ser usado na fabricação de qualquer produto que usa esse tipo de polímero: frascos, embalagens, sacolas, peças de automóveis e móveis, com a vantagem de contribuir positivamente para o desenvolvimento sustentável. A semelhança é tão grande que, para diferenciá-lo, a empresa vai colocar um selo onde se lê "I'm Green" (Sou Verde, em inglês).

Disponível em: <<http://economia.ig.com.br/empresas/industrias/brasil+larga+na+vanguarda+do+plastico+verde/n1237782705930.html?>>. Acesso em: 13 out. 2010 (Adaptação).

As equações a seguir representam as transformações químicas para obtenção do polietileno verde a partir de açúcares da cana-de-açúcar.



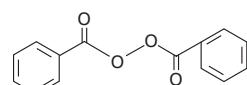
A utilização do plástico verde contribui positivamente para o desenvolvimento sustentável porque

- 03.** Há algum tempo, pesquisadores estudam os danos que podem ser causados pelo uso prolongado de utensílios plásticos que contenham ftalatos em suas composições, como copos, pratos, garrafões para água mineral e mamadeiras, que podem causar sérios danos à saúde, afetando, principalmente, a fertilidade e a capacidade reprodutiva.

  - A) o polímero é biodegradável e permanece por um curto período de tempo no ambiente.
  - B) a produção do polímero não gera gases de efeito estufa.
  - C) o desenvolvimento da cana-de-açúcar sequestra dióxido de carbono atmosférico.
  - D) a produção do polímero consome menor quantidade de etileno.
  - E) o polímero pode ser reciclado.

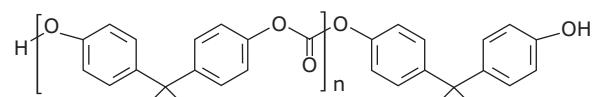
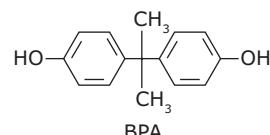
Desde 2001, autoridades sanitárias brasileiras estão preocupadas com a comercialização de brinquedos de plásticos (provenientes de países asiáticos e utilizados, normalmente, por crianças), que contêm quantidades de substâncias perigosas à saúde, as quais se encontram acima do limite permitido pelo Inmetro. Foram detectados altos teores de ftalatos, substâncias adicionadas ao polietileno para fornecer flexibilidade a esse material.

A fórmula estrutural do ftalato DMP está representada a seguir:



Recentemente, autoridades sanitárias canadenses e americanas proibiram o uso do Bisfenol-A, denominado BPA, também encontrado em utensílios, principalmente mamadeiras e brinquedos de plásticos, e usado sob a forma de policarbonato de Bisfenol-A para dar aos materiais maior resistência ao calor e ao impacto. Segundo pesquisas, o BPA altera as concentrações de hormônios e a capacidade reprodutiva de animais, além de provocar câncer.

Observe as representações das fórmulas estruturais do BPA e do policarbonato de BPA.



policarbonato de bisfenol-A

As substâncias DMP e BPA não devem ser utilizadas em utensílios domésticos porque

- A) o policarbonato de Bisfenol-A é muito solúvel em água, por isso contamina os alimentos.
  - B) ambas possuem potencial cancerígeno, devido à aromaticidade de suas moléculas.
  - C) o aquecimento, durante a fervura das mamadeiras que contêm BPA, não favorece a liberação dessa substância.
  - D) a BPA é solúvel em água devido à presença de grupos fenólicos, enquanto o polímero policarbonato de Bisfenol-A não se dissolve em água, pois a cadeia carbônica de caráter apolar é extensa.
  - E) grupos etéreos estão presentes em suas moléculas.

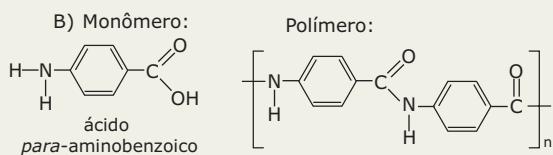
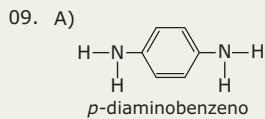
## GABARITO

### Fixação

01. D  
02. D  
03. C  
04. A  
05. E

### Propostos

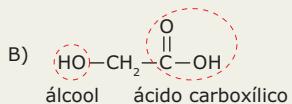
01. D  
02. C  
03. C  
04. D  
05. B  
06. A  
07. B  
08. A



C) Náilon

10. A)  $\text{---C}(=\text{O})\text{NH---}$ : Amida  $\rightarrow$  o náilon é uma poliamida.

$\text{---C}(=\text{O})\text{O---CH}_2---$ : Éster  $\rightarrow$  o dexon é um poliéster.

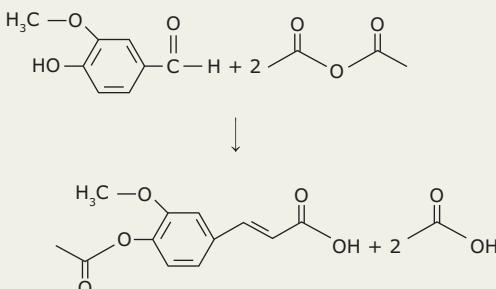


11. A)  $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2$   
B)  $\text{HOCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{OH}$  (*cis*) e  
 $\text{O}\text{---C---CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C---O}$   
C)  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  e  
 $\text{HO}_2\text{C---CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CO}_2\text{H}$  (*trans*)

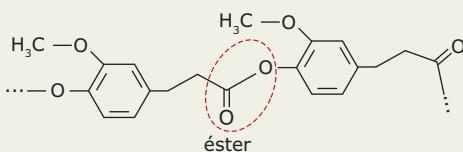
12. C  
13. C  
14. A) O polipropileno. Esse polímero apresenta como único tipo de interações intermoleculares as interações dipolo instantâneo-dipolo induzido. Dessa maneira, sua temperatura de fusão é igual a 160 °C.  
B) O poli(ácido-3-aminobutanoico). Esse polímero apresenta ligações de hidrogênio ao longo da estrutura de suas macromoléculas. Dessa maneira, sua temperatura de fusão é igual a 330 °C.  
C) A baquelita. Esse polímero apresenta estrutura tridimensional com entrelaçamento de cadeias, o que não permite a separação das cadeias sem a quebra de ligações covalentes.

15. C

16. A)



B)



O PAHF é um poliéster.

### Seção Enem

01. E      02. C      03. B

# QUÍMICA

## Biomoléculas

MÓDULO  
**22**  
FRENTE D

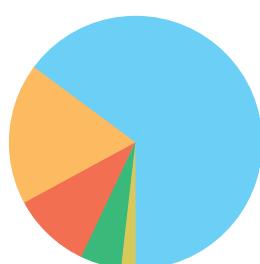
A Bioquímica é a parte da Química que estuda a base molecular da vida. Esse estudo tem como objetivo descobrir como milhares de biomoléculas diferentes interagem entre si para conferir aos organismos vivos as notáveis propriedades que lhes são características.

Neste módulo, serão apresentadas as biomoléculas, compostos químicos sintetizados por seres vivos e que participam de sua estrutura e funcionamento. Para tanto, o assunto será dividido em quatro tópicos:

- Carboidratos
- Aminoácidos e proteínas
- Ácidos nucleicos
- Lipídeos

No entanto, é necessário iniciar esse estudo ressaltando a importância da água, uma vez que os organismos vivos são absolutamente dependentes dessa substância para sua sobrevivência. Mesmo não sendo uma substância orgânica, nos seres humanos, por exemplo, cerca de 65% da massa é constituída de água, visto que esse percentual varia com o metabolismo e com a idade.

A água é formada por moléculas fortemente polares, as quais interagem por meio de ligações de hidrogênio e cujo ângulo de ligação, HOH, é de 104,5° na fase líquida. Nos seres vivos, a água serve de meio para que muitas substâncias químicas presentes nas células se dissolvam. Além disso, a capacidade de ionizar-se permite a participação da água em reações ácido-base fundamentais para as funções das proteínas, ácidos nucleicos, entre outros.

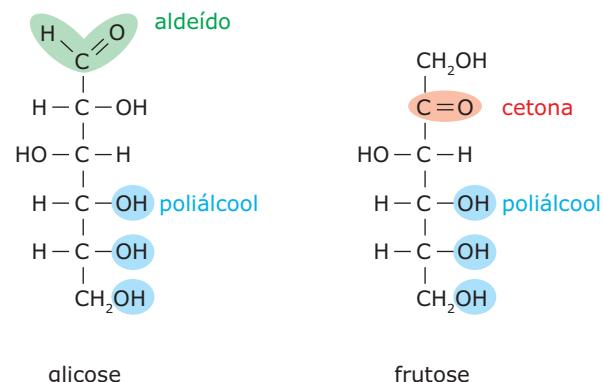


Disponível em: <<http://www.ck.com.br/materias/78-bioeltricidade.html>>. Acesso em: 30 mai. 2011.

## CARBOIDRATOS

Carboidratos, glicídeos ou sacarídeos são as biomoléculas mais abundantes na Terra. Suas funções são as mais variadas, incluindo reserva energética animal (glicogênio) e vegetal (amido); composição de parede celular (celulose); esqueleto estrutural de DNA e RNA (pentoses); entre outras.

Os carboidratos constituem a principal fonte de energia de uma dieta humana. Trata-se de aldoses (aldeídos) ou cetonas (cetonas) poli-hidroxiladas, ou compostos que, por hidrólise, formam essas substâncias.

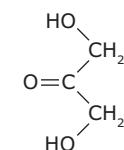


Os sacarídeos são classificados de acordo com o número de unidades monoméricas que os constituem.

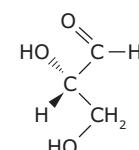
- **Monossacarídeos:** São as unidades básicas da estrutura e apresentam fórmula geral  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , sendo que n varia de 3 a 9.
- **Oligossacarídeos:** São polímeros com 2 a 20 monossacarídeos.
- **Polissacarídeos:** São polímeros com 20 ou mais monossacarídeos.

## Monossacarídeos

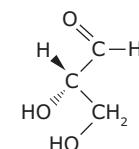
Os monossacarídeos são compostos sólidos, muito solúveis em água. Os mais simples conhecidos são as trioses, ou seja, aqueles formados por 3 átomos de carbono.



Di-hidroxiacetona (cetose)



D-gliceraldeído (aldose)



L-gliceraldeído (aldose)

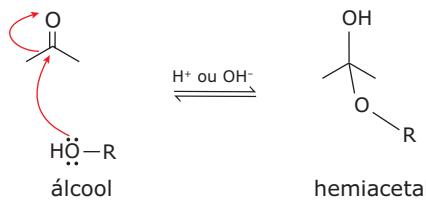
As duas aldoses representadas anteriormente diferem entre si pela orientação espacial dos grupos ligados ao carbono dois; portanto, constituem um par de enantiômeros.

Os símbolos D e L referem-se à configuração absoluta do carbono assimétrico mais distante do grupamento carbonila. Dessa forma, quando a hidroxila ligada a esse carbono assimétrico estiver para a direita, o isômetro será D; quando estiver para a esquerda, será L. Em organismos vivos, observa-se que a configuração D é mais abundante.

As tetroses, pentoses, hexoses e heptoses são sacarídeos, contendo, respectivamente, 4, 5, 6 e 7 átomos de carbono. Nestes, há mais de um carbono assimétrico, de forma que eles podem existir como diastereoisômeros, ou seja, isômeros que não são imagens especulares.

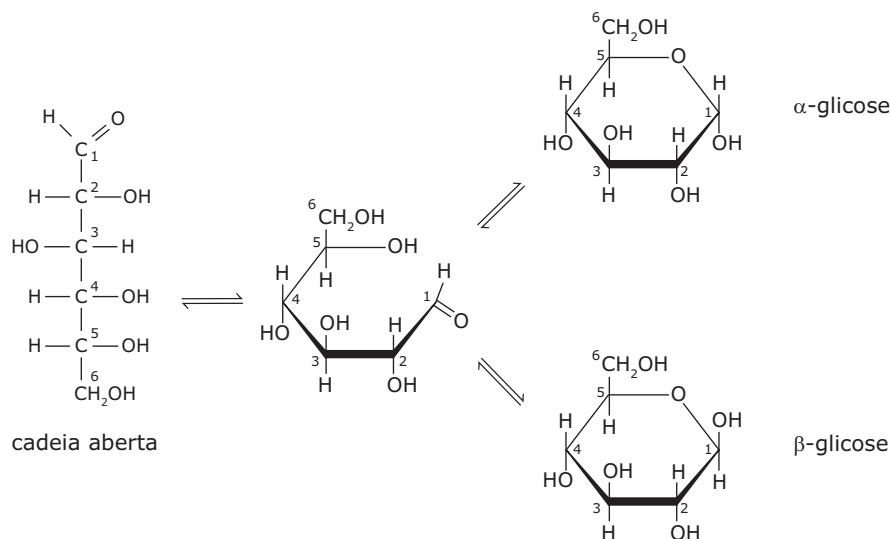
Tetrose	Pentose	Hexose
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH} \\  \text{D-eritrulose}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH} \\  \text{D-ribulose}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH} \\  \text{D-frutose}  \end{array}  \quad  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH} \\  \text{D-glicose}  \end{array}  \quad  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH} \\  \text{D-galactose}  \end{array}  $

Os monossacarídeos de 5 ou 6 carbonos, quando em solução, predominam na forma cíclica. Isso ocorre porque, em geral, um grupo carbonila (aldeído ou cetona) pode reagir com um álcool, formando um hemiacetal.

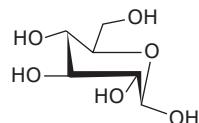


Nas pentoses e hexoses, que apresentam tanto o grupo carbonila como a hidroxila, ocorre uma reação intramolecular.

#### Ciclização da D-glicose

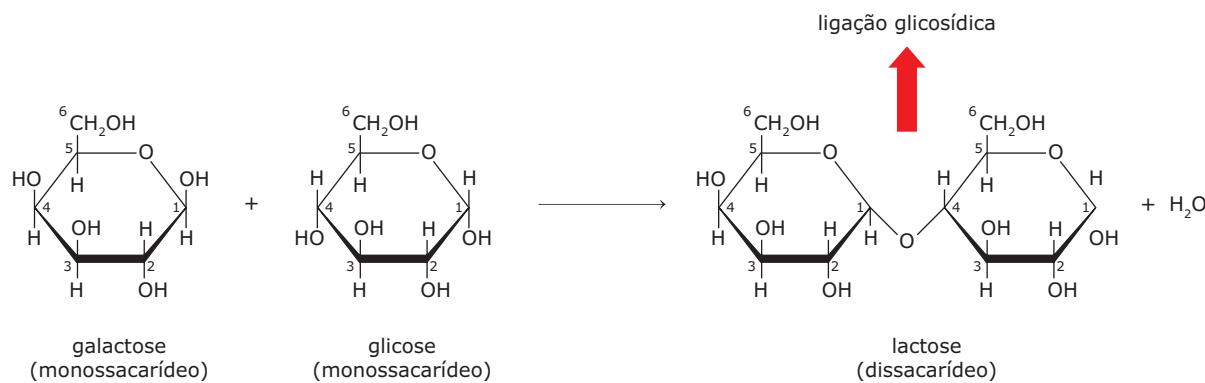


Observe que, na ciclização, um novo centro assimétrico é criado em torno do carbono 1 da forma aberta. Isto leva à formação de 2 isômeros:  $\alpha$ -glicose e  $\beta$ -glicose. Uma mistura em equilíbrio da glicose, em condições ambientais, contém, aproximadamente, 1/3 da forma  $\alpha$  e 2/3 da forma  $\beta$ . O percentual encontrado na forma aberta não atinge 1%. Lembre-se de que anéis hexagonais não são planos, e a forma mais estável para compostos que formam ciclos de 6 átomos ligados por ligações covalentes simples é a cadeira.



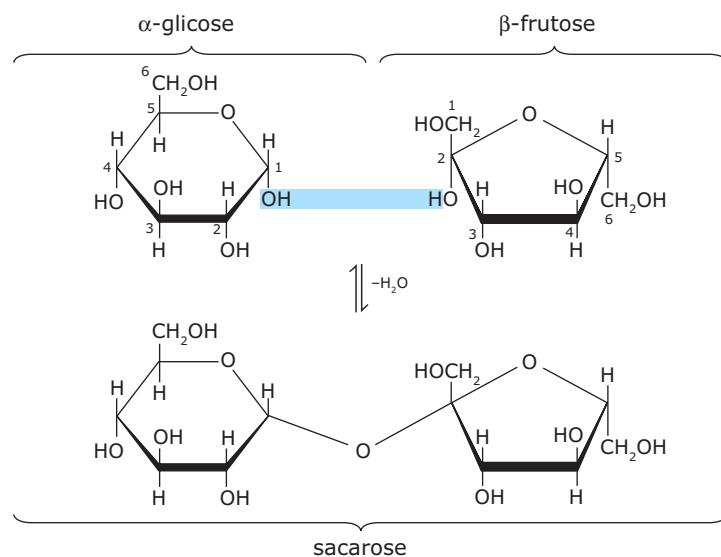
## Dissacarídeos

Um dissacarídeo é formado quando dois monossacarídeos se ligam, formando uma ligação glicosídica.



Os dissacarídeos também são sólidos muito solúveis em água e pouco solúveis em solventes orgânicos. Os três dissacarídeos mais abundantes são sacarose, lactose e maltose. A lactose, constituída de uma molécula de glicose ligada a uma de galactose, é o açúcar presente no leite dos mamíferos, o qual não apresenta sabor adocicado. Já a maltose é constituída pela ligação de duas moléculas de glicose.

A sacarose é o açúcar da cana ou da beterraba. Trata-se de um sólido branco e cristalino, muito solúvel em água, formado pela ligação glicosídica entre uma  $\alpha$ -glicose e uma  $\beta$ -frutose. No Brasil, é obtido a partir da cana-de-açúcar e, devido ao seu sabor adocicado, é usado para adoçar bebidas e alimentos.

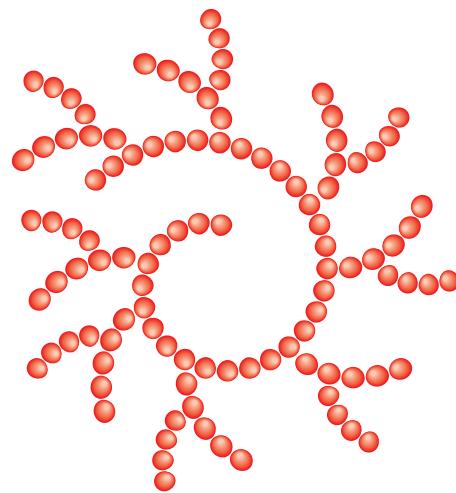
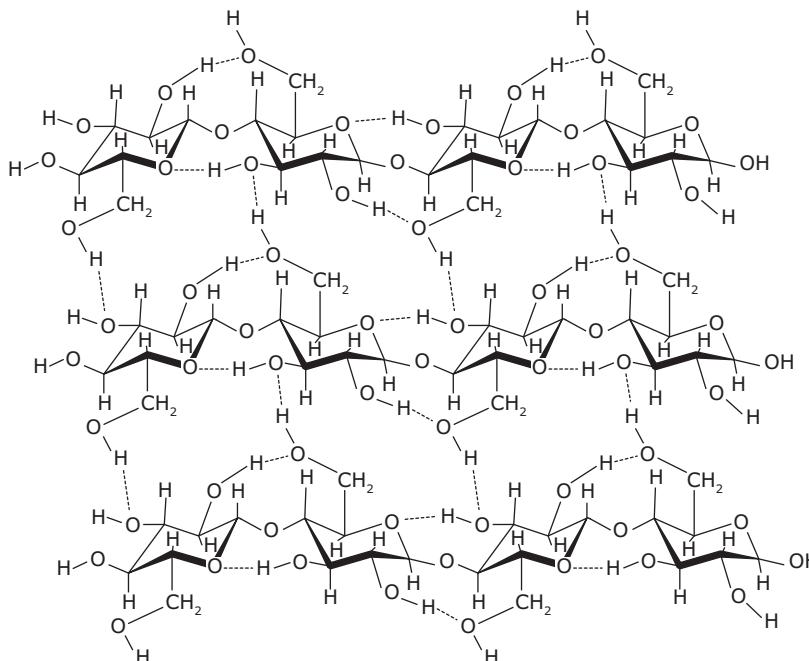


## Polissacarídeos

Os polissacarídeos são formados por 20 ou mais monossacarídeos iguais ou não. Ao contrário dos monossacarídeos e dos dissacarídeos, não são muito solúveis em água, embora sejam capazes de interagir com ela.

Entre os polissacarídeos, destacam-se o glicogênio, o amido e a celulose. O glicogênio e o amido constituem as reservas energéticas animal e vegetal, respectivamente. Já a celulose é o componente estrutural de diversos vegetais.

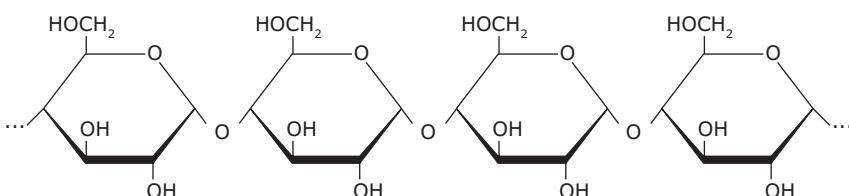
O glicogênio encontra-se no fígado e nos músculos esqueléticos. Trata-se de uma longa cadeia polimérica ramificada formada por  $\alpha$ -D-glicose.



glicogênio

A presença do grande número de ramificações permite que as unidades (glicose) sejam mais facilmente mobilizáveis, além de diminuir a pressão osmótica nos organismos animais.

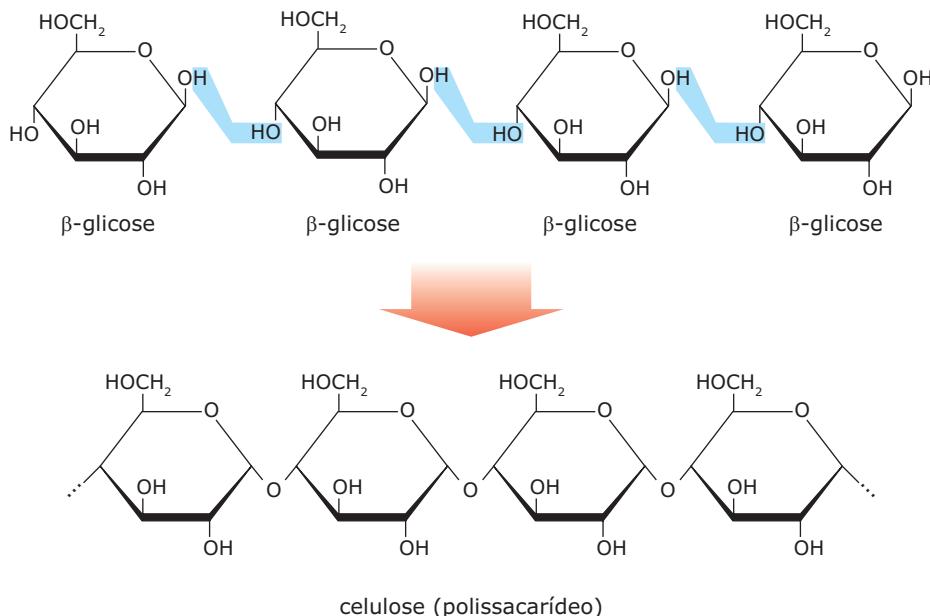
O amido também é um polímero da  $\alpha$ -D-glicose, no entanto, a cadeia polimérica dessa substância pode ser ramificada (amilopectina) ou sem ramificações (amilose).



amido (polissacarídeo)

A celulose é um polímero não ramificado formado pela  $\beta$ -D-glicose. Seu papel não é energético e sim estrutural. Estima-se que 50% da matéria orgânica corresponda à celulose. A conformação  $\beta$  da glicose permite a formação de cadeias retilíneas muito longas, o que gera uma hélice oca, excelente para a constituição de fibras.

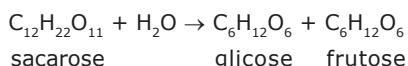
Os mamíferos não possuem celulases, enzimas responsáveis pela degradação da celulose. Na alimentação humana a celulose está relacionada às fibras que se agregam ao bolo fecal, facilitando sua movimentação ao longo do intestino, o que explica a importância da ingestão de folhas, como alface, couve, entre outros.



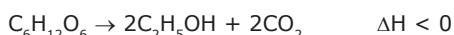
## Fermentação

Os carboidratos podem sofrer diversas reações químicas. Um exemplo que merece destaque é o da fermentação, que permite a obtenção de energia a partir das moléculas de glicose. Essa reação é utilizada na fabricação de bebidas, de pães, entre outros.

No Brasil, o etanol ou álcool etílico é obtido pela fermentação da cana-de-açúcar. A primeira fase do processo consiste na hidrólise da sacarose.



Em seguida, micro-organismos convertem monossacarídeos em etanol.

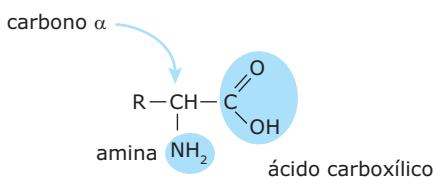


O álcool obtido encontra-se misturado com diversas outras substâncias, sendo, então, necessária a destilação fracionada para obtê-lo com maior grau de pureza. A mistura entre o álcool e a água (96% de etanol e 4% de água), obtida após a destilação, é azeotrópica. Caso seja necessária a obtenção de álcool anidro, devemos reagir o azeotropo com óxido de cálcio. Este reage com a água, formando hidróxido de cálcio, insolúvel em etanol.

## AMINOÁCIDOS E PROTEÍNAS

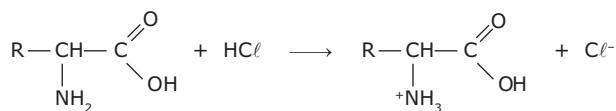
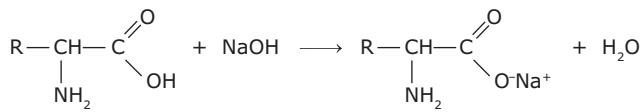
### Aminoácidos

Aminoácidos são compostos orgânicos de função mista – amina e ácido carboxílico. Mais de 300 aminoácidos diferentes já foram encontrados na natureza, porém, somente 20 são comumente encontrados nos organismos dos mamíferos. Neles, o grupamento amino encontra-se em um carbono vizinho ao grupo carboxila, sendo denominado, então,  $\alpha$ -aminoácido.

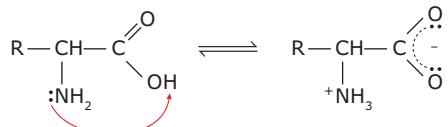


Os aminoácidos diferem entre si pela cadeia lateral, denominada R. Todos, exceto a glicina, na qual a cadeia lateral é formada por apenas um átomo de hidrogênio, apresentam o carbono  $\alpha$  assimétrico, sendo, naturalmente, levógiros.

O grupamento amino apresenta caráter básico, enquanto o grupamento carboxila, caráter ácido. Dessa forma, os aminoácidos apresentam caráter anfótero.



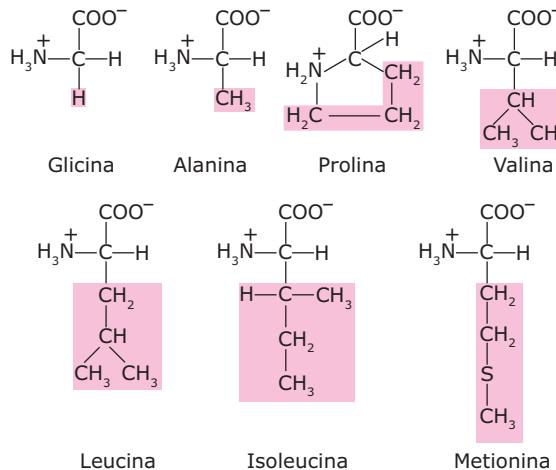
E também podem se autoionizar em



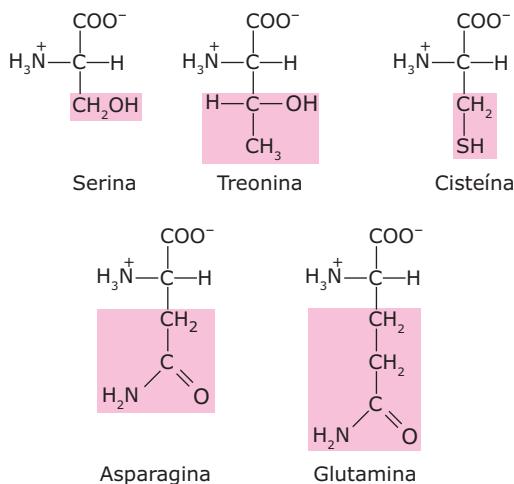
O  $pK_a$  da carboxila  $\alpha$  varia entre 1,8 e 2,5, enquanto o do grupamento amino, entre 8,7 e 10,7. Em pH fisiológico (7,4), a amina  $\alpha$  encontra-se protonada, enquanto a carboxila encontra-se desprotonada. Como consequência, ocorre a separação de cargas da molécula, o que caracteriza uma espécie dipolar (efeito zwitteriônico).

As cadeias laterais dos aminoácidos também são de suma importância, afinal, elas podem interagir entre si e com a água. Alguns aminoácidos, tais como a leucina ou a fenilalanina, apresentam cadeias laterais apolares. Outros, como a serina ou cisteína, já apresentam cadeias laterais polares. Há também aminoácidos que apresentam comportamento básico, como a lisina, ou ácido, como o asparato. A seguir, é mostrada a estrutura dos 20 aminoácidos presentes no organismo dos mamíferos.

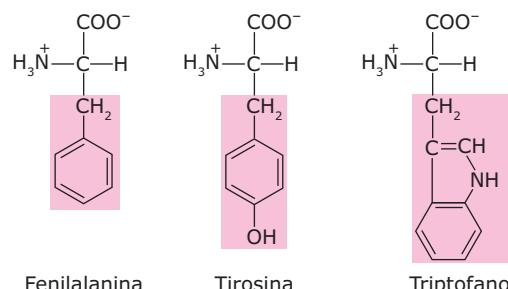
#### Grupos R não polares e alifáticos



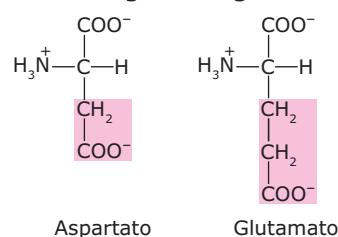
#### Grupos R não carregados, mas polares



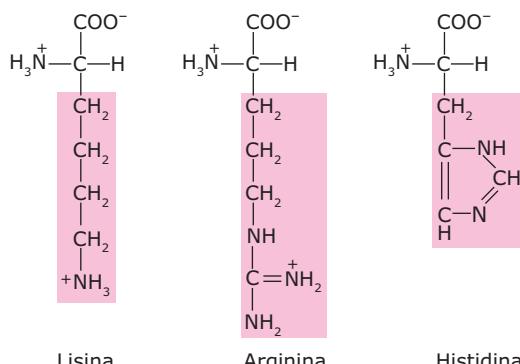
#### Grupos R aromáticos



#### Grupos R carregados negativamente



#### Grupos R carregados positivamente



Mas por que falar dos aminoácidos? Qual a importância deles nos organismos vivos?

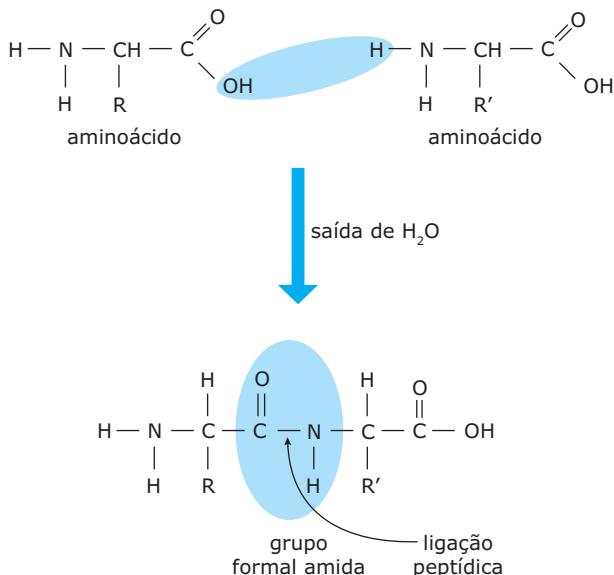
A resposta é muito simples. Eles são os formadores das proteínas.

## Proteínas

A palavra proteína deriva do grego *proteios*, que significa primeiro ou primário. Trata-se de polímeros de aminoácidos com amplas funções biológicas, por exemplo:

- são catalisadores bioquímicos (amilase);
- fazem o transporte de substâncias até as células (hemoglobina);
- apoiam a estrutura das células (colágeno);
- auxiliam a produção hormonal (insulina);
- exercem função protetora (protrombina).

Na formação das proteínas, ocorre a condensação da carboxila  $\alpha$  de um aminoácido com a amina  $\alpha$  de outro.



Observe que ocorre a formação de uma ligação covalente, denominada ligação peptídica, com formação de uma amida secundária. Nessa nova estrutura, os grupamentos carboxila e amina das extremidades opostas são denominados, respectivamente, carboxila terminal e amina terminal. Esses grupamentos ainda podem ser protonados ou desprotonados, conforme o pH do meio.

Quando apenas dois aminoácidos se ligam, fala-se que ocorreu a formação de um dipeptídeo. Nas proteínas, tem-se um polipeptídeo.

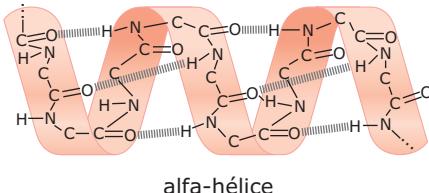
## Estrutura das proteínas

A sequência dos aminoácidos em uma proteína é denominada estrutura primária. É a partir dela que o organismo extraí as informações necessárias para gerar uma macromolécula proteica.



Pequeno fragmento da estrutura primária de uma proteína

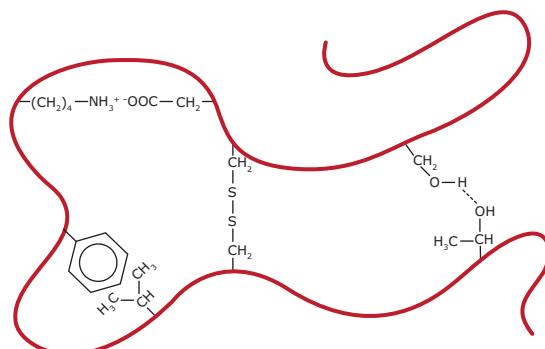
O esqueleto de uma proteína assume um arranjo regular denominado estrutura secundária. A estrutura mais comum é a alfa-hélice, que consiste em uma estrutura espiral na qual os hidrogênios dos carbonos  $\alpha$ , assim como o grupamento R, estão fora do plano que contém o grupamento amida da ligação peptídica.



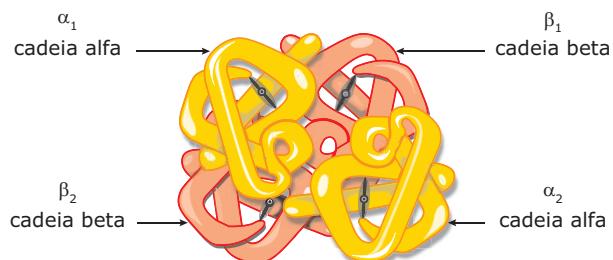
alfa-hélice

Observe que a estrutura é mantida por várias ligações de hidrogênio entre o oxigênio da carbonila e o hidrogênio da amida.

As cadeias laterais em uma proteína também podem interagir entre si. O arranjo tridimensional proveniente de tais interações é denominado estrutura terciária de uma proteína. Nele, os grupamentos apolares, denominados hidrofóbicos, orientam-se para o interior da proteína, enquanto os grupamentos polares ionizados ou não, denominados hidrofilicos, orientam-se para fora da estrutura globular. Observe que é a estrutura primária que determina a terciária.



Muitas proteínas são formadas exclusivamente por uma cadeia polipeptídica. Tais proteínas são denominadas monoméricas. Várias outras são constituídas de duas ou mais cadeias polipeptídicas iguais ou não, interagindo por meio de ligações não covalentes. O arranjo resultante é denominado estrutura quaternária de uma proteína. Nesta, cada uma das subunidades pode funcionar independentemente ou cooperativamente, como ocorre com a hemoglobina.



Esquema mostrando a estrutura quaternária da hemoglobina humana.

## Desnaturação e caracterização das proteínas

Ao submeter uma proteína ao aquecimento, aos solventes orgânicos, à agitação mecânica, entre outros, as interações existentes em sua estrutura tridimensional são, pelo menos em parte, rompidas. Fala-se, então, que ocorreu a desnaturação proteica, que culmina na perda da atividade de tal proteína.

Se o objetivo for a identificação dos aminoácidos que compõem a proteína, deve-se fazer a clivagem ácida. Esta consiste na ruptura das ligações peptídicas, liberando os aminoácidos individuais, que serão separados em uma coluna cromatográfica e posteriormente identificados.

## Ação enzimática das proteínas

As reações biológicas seriam excessivamente lentas, mas, na presença de enzimas, sua velocidade pode aumentar em até 106 vezes.

As enzimas são altamente específicas e catalisam processos biológicos graças a sítios ativos que permitem a formação de complexos ativados menos energéticos.



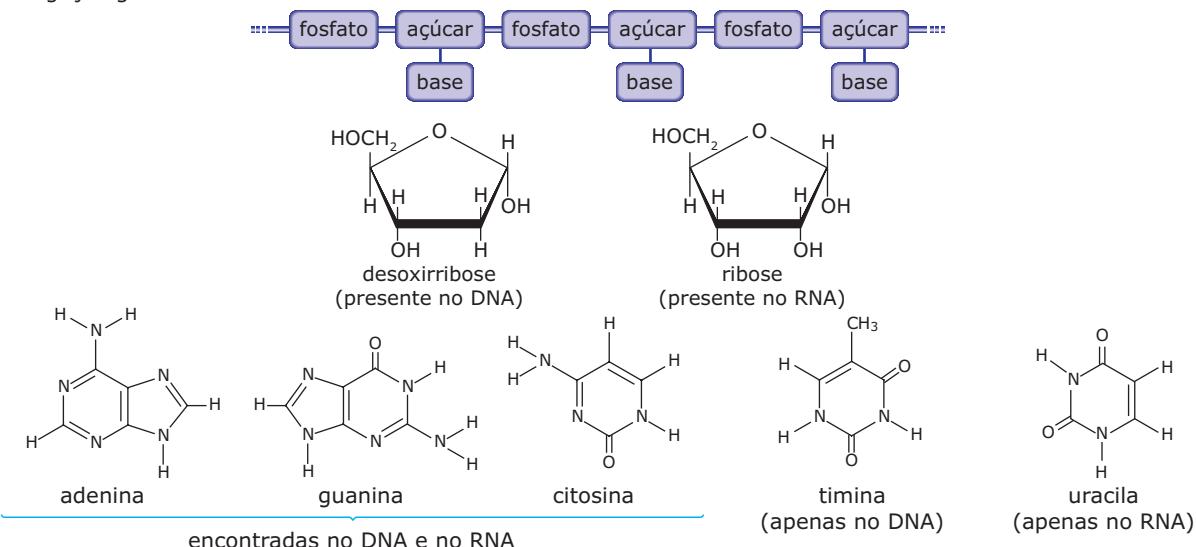
Como a forma tridimensional de uma enzima, isto é, seu sítio ativo, é mantida por interações relativamente fracas, o aquecimento não é desejável, o que justifica o grande perigo de febres muito altas. O pH também influencia sensivelmente a atuação de uma enzima. Anteriormente, mostramos que a cadeia lateral de um aminoácido pode apresentar grupamentos ácidos e / ou básicos. Assim, conforme o pH do meio tais grupos podem estar protonados ou desprotonados, de forma que haverá alterações na estrutura tridimensional e, portanto, na ação enzimática.

## ÁCIDOS NUCLEICOS

Os ácidos nucleicos são biomoléculas transportadoras das informações genéticas do organismo. O DNA, ácido desoxirribonucleico, é o responsável pelo armazenamento codificado das informações genéticas que caracterizam um indivíduo. Já o RNA, ácido ribonucleico, é o responsável pela execução dessas informações e está diretamente relacionado à síntese de proteínas.

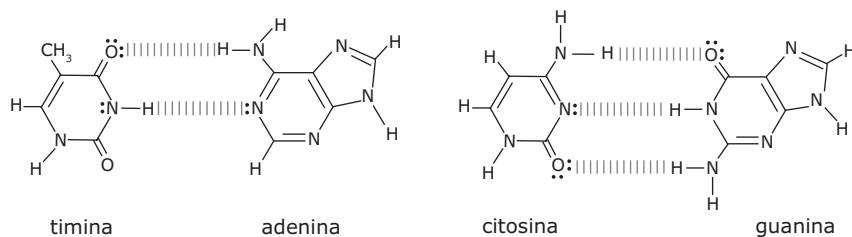
### Estrutura dos ácidos nucleicos

Os ácidos nucleicos são formados por nucleotídeos. Estes são formados por uma pentose, uma base nitrogenada e um grupo fosfato. No DNA, a pentose é uma desoxirribose, enquanto no RNA é uma ribose. As bases nitrogenadas podem ser de 5 tipos, sendo que adenina, guanina e citosina podem ser encontradas tanto no RNA quanto no DNA. Já a timina é encontrada apenas no DNA, enquanto a uracila, apenas no RNA. O sacarídeo e a base nitrogenada encontram-se unidos por uma ligação glicosídica.



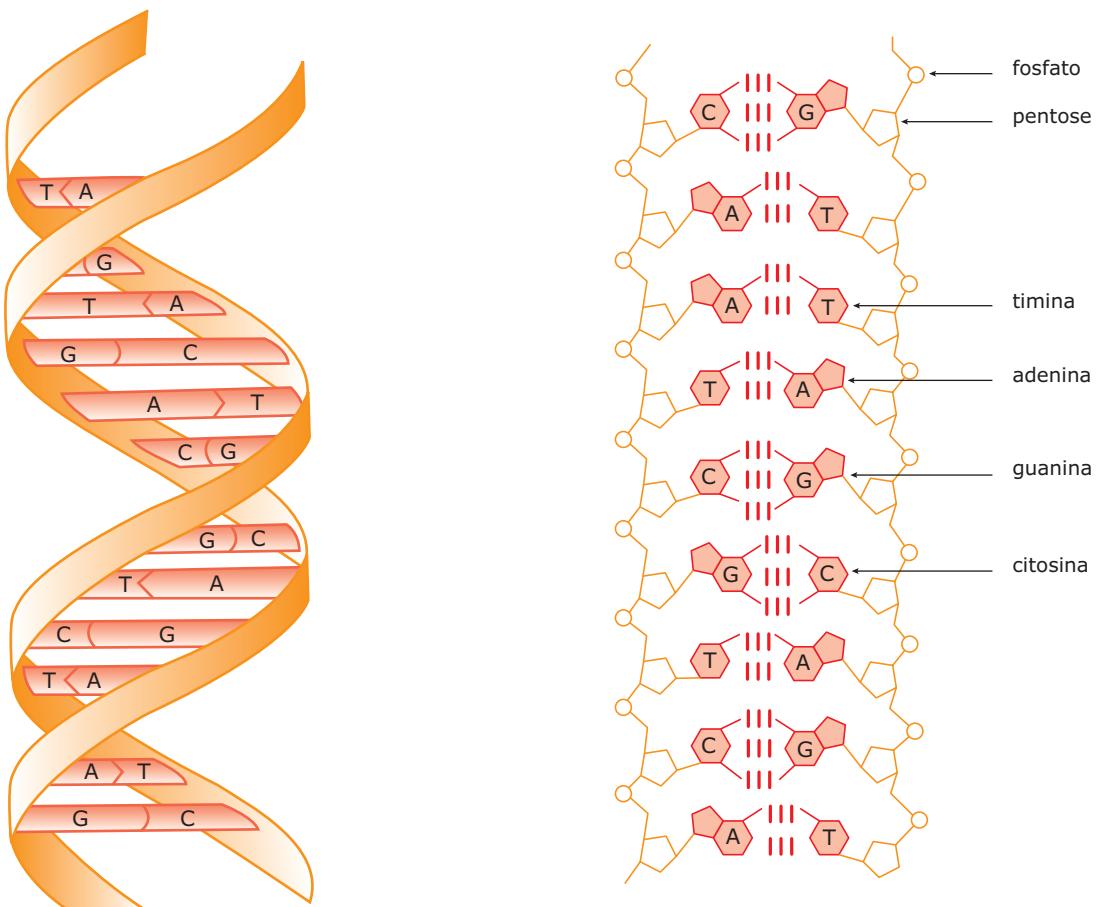
As bases nitrogenadas podem formar pares específicos entre si, que são estabilizados por ligações de hidrogênio.

Adenina e timina são capazes de estabelecer entre si duas ligações de hidrogênio, enquanto citosina e guanina estabelecem três.



## Ácido desoxirribonucleico

O DNA é formado por duas longas cadeias poliméricas interligadas resultando em uma dupla-hélice. Ele é encontrado, na maioria dos casos, no núcleo das células. A réplica do DNA é feita pela ação das enzimas DNA polimerase. Estas são muito específicas e copiam a sequência de moldes de ácidos nucleicos com uma taxa de erro menor do que 1 em 100 milhões.



O genoma humano é constituído de aproximadamente 3 bilhões de nucleotídeos divididos em 24 moléculas distintas de DNA.

## Ácido ribonucleico

O RNA encontra-se, na maioria dos casos, disperso no citoplasma. Serve como molde para a síntese de proteínas, sendo que a sequência de 3 bases nitrogenadas específica um aminoácido.



Alguns vírus apresentam como material genético o RNA e não o DNA. Como o seu material genético é envolvido por uma capa proteica, eles podem se movimentar de uma célula para outra. Ao se instalarem em uma célula, por exemplo, humana, o RNA polimerase catalisa a replicação viral.

## LIPÍDEOS

Os lipídeos constituem um grupo bastante diversificado de biomoléculas insolúveis em água, as quais podem ser extraídas por solventes orgânicos apolares.

Os lipídeos desempenham importantes funções biológicas, por exemplo:

- são componentes estruturais de todas as membranas;
  - são depósitos intracelulares de energia metabólica;
  - são isolantes térmicos;
  - são hormônios que regulam e integram atividades metabólicas.

Um adulto deve ingerir diariamente de 60 a 150 gramas de lipídeos, sendo que mais de 90% devem corresponder a compostos de triacilglicerol.

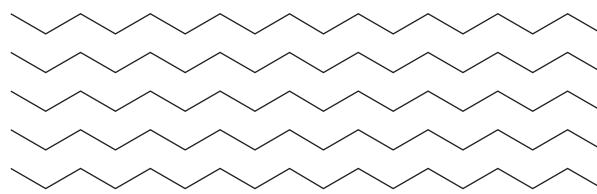
## Ácidos graxos

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos formados por uma cadeia hidrocarbonada com variados índices de insaturações. Os ácidos graxos comuns, presentes em sistemas biológicos, apresentam de 16 a 24 átomos de carbono.

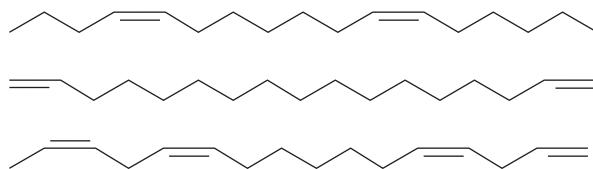
Ácidos graxos		Ocorrência
Ácido láurico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Gordura de coco
Ácido mirístico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Noz moscada
Ácido palmítico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Gordura da palma
Ácido esteárico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Gordura de boi
Ácido oleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Óleo de oliva
Ácido linoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Óleo de soja

Nos organismos animais, a maioria dos ácidos graxos não apresenta ramificações e, caso existam insaturações, o composto é encontrado sob a forma cis.

As propriedades físicas variam muito em razão do comprimento da cadeia carbônica e do índice de saturação. De forma geral, os ácidos graxos saturados são sólidos, enquanto os insaturados são líquidos. Isso ocorre porque cadeias mais longas e saturadas apresentam nuvens eletrônicas mais dispersas, o que intensifica a interação dipolo instantâneo-dipolo induzido. Os compostos insaturados, por estarem sob a forma cis, não apresentam um empacotamento (interações entre as cadeias) tão eficiente.



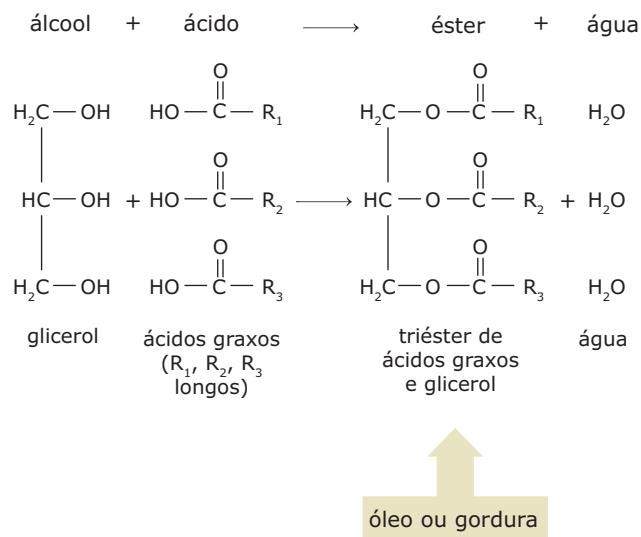
*Representação das moléculas de ácidos graxos saturados no estado sólido. Note que o empacotamento é eficiente.*



*Representação das moléculas de ácidos graxos insaturados no estado sólido. Note que o empacotamento não é tão eficiente*

## Óleos e gorduras

Óleos ou gorduras são ésteres da glicerina com ácidos graxos. Embora nos seres vivos o mecanismo envolvido na síntese desses compostos seja muito mais complexo, pode-se representar a sua formação por



A diferenciação entre óleos e gorduras relaciona-se com o estado físico nas condições ambientais: os óleos são líquidos, enquanto as gorduras são sólidas. As insaturações presentes nos óleos, que naturalmente são formados pelos isômeros cis, dificultam as interações entre suas cadeias (na figura anterior, estão representadas por  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ). Já as gorduras, que apresentam cadeias lineares, formam dipolos instantâneos-dipolos induzidos mais intensos.

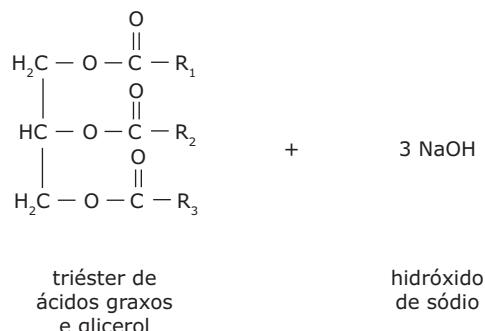
A indústria produz margarina pela hidrogenação catalítica de óleos. Nesse processo, ligações duplas são hidrogenadas, produzindo compostos de cadeias mais lineares e saturadas.

Hoje, sabe-se que, nesse processo, alguns isômeros cis dos óleos são convertidos em seus equivalentes trans (prejudiciais à saúde). Por isso, fique atento às embalagens e prefira produtos isentos de gordura trans.

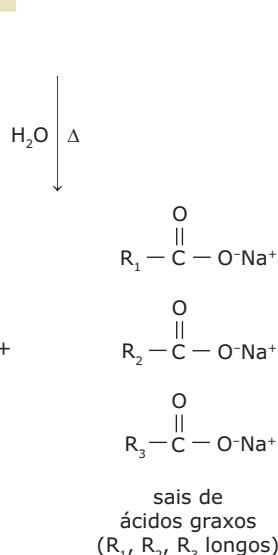
O metabolismo dos lipídeos envolve a liberação de cerca de 9,0 kcal/grama, diferentemente da energia liberada no metabolismo dos carboidratos ou proteínas, que é de cerca de 4,0 kcal/grama. Por esse motivo, as dietas para emagrecimento são pobres em óleos e gorduras.

## Saponificação

Óleos e gorduras são ésteres e podem sofrer hidrólise alcalina, produzindo glicerina e sabão (um sal de ácido graxo).

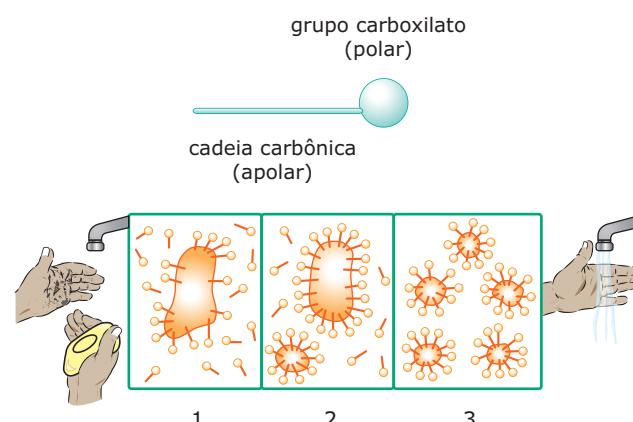


óleo ou gordura



sabão

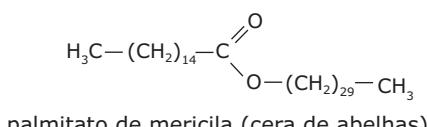
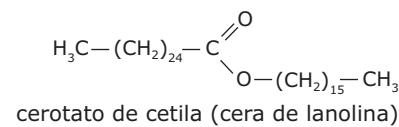
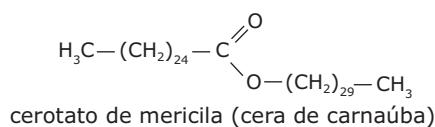
A desprotonação do grupo carboxila com formação do íon carboxilato intensifica as interações estabelecidas entre os sais e a água. A cadeia carbônica interage com a gordura / óleo, enquanto o grupo carboxilato forma interações mais intensas com a água formando, assim, as micelas.



Caso a água apresente alta concentração de íons cálcio ou magnésio (água dura), o ânion carboxilato formará um composto iônico insolúvel em água, o que impede a ação do sabão.

## Ceras

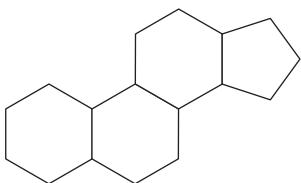
As ceras ou cerídeos são ésteres de ácidos graxos e álcoois com elevado número de carbonos.



As ceras são compostos insolúveis em água devido às longas cadeias carbônicas. Exatamente por isso, atuam como impermeabilizantes, dificultando a perda excessiva de água. Industrialmente, são utilizados para a fabricação de graxas para sapatos, de vernizes, de velas, entre outros.

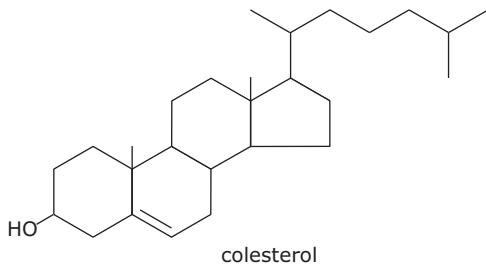
## Esteroides

Os esteroides constituem um grupo de lipídeos complexos, que apresentam em comum a seguinte estrutura:



São amplamente distribuídos nos organismos vivos e incluem hormônios sexuais, vitamina D, colesterol, entre outros.

Um exemplo importante de esteroide é o colesterol, o qual é produzido pelo organismo ou encontrado em gorduras animais. O colesterol é essencial ao funcionamento do nosso organismo, uma vez que participa da constituição de membranas celulares, além de servir como matéria-prima para a síntese de alguns hormônios. No entanto, cuidado: altas concentrações de colesterol no sangue são responsáveis pela formação de depósitos nas paredes das artérias. Isso prejudica a circulação, aumentando a probabilidade de problemas cardíacos.



Os anabolizantes também estão na classe dos esteroides. Eles são empregados para se obter um rápido aumento da massa muscular, mas seu uso apresenta sérios efeitos colaterais. Segundo o livro *Biologia: uma abordagem evolutiva e ecológica*, eles reduzem em até 85% a secreção de testosterona. A utilização prolongada de certos esteroides anabolizantes pode causar esterelidade, lesões no fígado e nos rins, doenças cardíacas, depressão, ansiedade e outros distúrbios psiquiátricos.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (FUVEST-SP-2008) O seguinte fragmento (adaptado) do livro *Estação Carandiru*, de Drauzio Varella, refere-se à produção clandestina de bebida no presídio.

O líquido é transferido para uma lata grande com um furo na parte superior, no qual é introduzida uma mangueirinha conectada a uma serpentina de cobre. A lata vai para o fogareiro até levantar fervura. O vapor sobe pela mangueira e passa pela serpentina, que Ezequiel esfria constantemente com uma caneca de água fria. Na saída da serpentina, emborcada numa garrafa, gota a gota, pinga a maria-louca (aguardente). Cinco quilos de milho ou arroz e dez de açúcar permitem a obtenção de nove litros da bebida.

Na produção da maria-louca, o amido do milho ou do arroz é transformado em glicose. A sacarose do açúcar é transformada em glicose e frutose, que dão origem a dióxido de carbono e etanol.

Entre as equações químicas,

- I.  $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$

II.  $\left[-CH_2CH_2O\right]_n + nH_2O \rightarrow n \begin{matrix} CH_2 & -CH_2 \\ | & | \\ OH & OH \end{matrix}$

III.  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$

IV.  $C_6H_{12}O_6 + H_2 \rightarrow C_6H_{14}O_6$

V.  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$

as que representam as transformações químicas citadas são:

Dado:  $C_6H_{12}O_6$  é glicose ou frutose

- A) I, II e III.  
B) II, III e IV.  
C) I, III e V.  
D) II, III e V.  
E) III, IV e V.

- 02.** (UNIRIO-RJ-2007) Os lipídios são tipos de biomoléculas que se encontram distribuídos em todos os tecidos, principalmente nas membranas celulares e nas células de gordura.

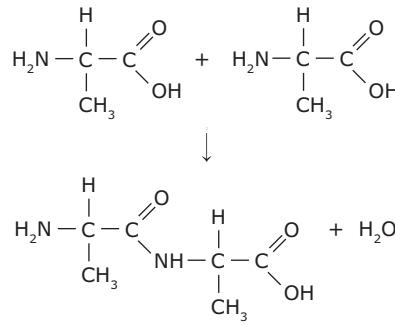
Embora não apresentem nenhuma característica estrutural comum, os lipídios possuem poucos heteroátomos. Isto faz com que estes sejam pobres em dipolos, daí a razão para serem fracamente solúveis em água.

Esse fenômeno ocorre devido ao fato de que as moléculas dos lipídios

- A) apresentam uma polaridade muito alta.
  - B) apresentam uma polaridade semelhante à da água.
  - C) apresentam uma polaridade muito baixa e, em certos casos, igual a zero.
  - D) são moléculas de baixo peso molecular, sendo impossível se dissolverem em solventes de baixo peso molecular.
  - E) apresentam momento dipolar negativo, enquanto o momento dipolar da água é igual a zero.

- 03.** (Mackenzie-SP-2007) O pesquisador Roger D. Kornberg, da Universidade de Stanford, na Califórnia (EUA), conquistou o prêmio Nobel de Química 2006 por seus estudos sobre como a informação armazenada nos genes é copiada e transferida para a região das células em que as proteínas são produzidas. Segundo informa o próprio site do prêmio, Kornberg foi o primeiro a esquematizar o funcionamento desse processo molecular em organismos eucariontes.

FOLHA DE S. PAULO, 04 out. 2006



As proteínas são polímeros naturais formados por uma série de aminoácidos unidos por intermédio de uma ligação química que ocorre entre o grupo carboxila de um aminoácido e o grupo amino de outro. Considerando o processo equacionado anteriormente, a reação de polimerização e o nome da ligação química que ocorre entre esses aminoácidos são, respectivamente,

- A) reação de adição e ligação peptídica.
- B) reação de condensação e ligação amina.
- C) reação de adição e ligação amina.
- D) reação de adição e ligação amida.
- E) reação de condensação e ligação peptídica.

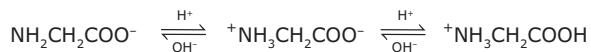
- 04.** (UFSCar-SP-2006) Foram feitas as seguintes afirmações sobre a química dos alimentos:

- I. As proteínas são polímeros naturais nitrogenados, que, no processo da digestão, fornecem aminoácidos.
- II. O grau de insaturação de um óleo de cozinha pode ser estimado pela reação de decoloramento de solução de iodo.
- III. O amido é um dímero de frutose e glicose, isômeros de fórmula molecular  $C_6H_{12}O_6$ .
- IV. Um triglycerídeo saturado é mais suscetível à oxidação pelo oxigênio do ar do que um poli-insaturado.

São **VERDADEIRAS** as afirmações

- A) I e II, apenas.
- B) II e III, apenas.
- C) III e IV, apenas.
- D) I, II e III, apenas.
- E) I, II, III e IV.

- 05.** (UFMG) Os aminoácidos têm caráter anfótero, pois suas moléculas apresentam um grupo ácido,  $-COOH$ , e um grupo básico,  $-NH_2$ . Dependendo da acidez do meio, várias espécies podem coexistir, como mostrado nos equilíbrios para o aminoácido glicina:



I                          II                          III

1. **INDIQUE** as espécies – I, II ou III – que predominam em meio fortemente ácido ou fortemente básico.
2. Com base nos equilíbrios apresentados, **INDIQUE**
  - A) o grupo que é mais ácido,  $-NH_3^+$  ou  $-COO^-$ .
  - B) o grupo que é mais básico,  $-NH_2$  ou  $-COO^-$ .
3. Sabe-se que, entre as espécies presentes em qualquer pH, não se encontra a espécie neutra,  $NH_2CH_2COOH$ , porque ela se converte em uma das outras três – I, II, III.

Em pH neutro, essa espécie transforma-se na espécie II. **JUSTIFIQUE** essa transformação.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (Mackenzie-SP-2006)

Está nervoso? Tome água com açúcar! Certo?

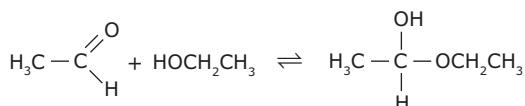
Errado! Açúcar não é calmante! É fonte de energia.

A sacarose, açúcar obtido a partir da cana, ao ser ingerida, é hidrolisada no intestino, produzindo dois monossacarídeos de mesma fórmula molecular – a glicose e a frutose (esta, posteriormente, transforma-se em glicose). A glicose resultante é, então, distribuída, pela corrente sanguínea, às células do corpo, onde é metabolizada, num processo chamado de respiração celular, que produz, além de energia, 6 mol de água e 6 mol de gás carbônico por mol de glicose.

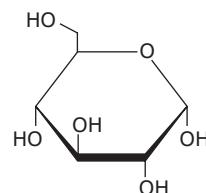
Das informações contidas no texto, é **INCORRETO** afirmar que:

- A) A sacarose é um dissacarídeo.
- B) A glicose tem fórmula molecular  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .
- C) São consumidos, na queima de um mol de glicose, 6 mol de gás oxigênio.
- D) A glicose atua como combustível do nosso organismo.
- E) A glicose e a frutose são isômeros.

- 02.** (FUVEST-SP-2007) Aldeídos podem reagir com álcoois, conforme representado.



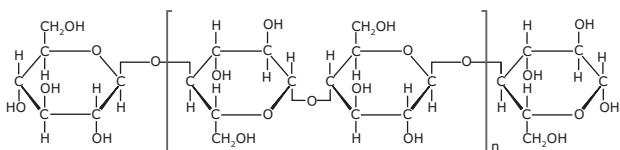
Este tipo de reação ocorre na formação da glicose cíclica, representada por



Entre os seguintes compostos, aquele que, ao reagir como indicado, porém de forma intramolecular, conduz à forma cíclica da glicose é

- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

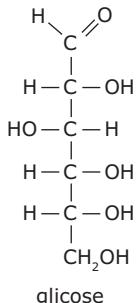
- 03.** (UFMG) A celulose, um polímero natural, apresenta a estrutura



Em relação à celulose, assinale a alternativa **CORRETA**.

- A) É destruída na fabricação de carvão vegetal.
- B) É solúvel em água.
- C) Tem a sacarose como monômero.
- D) Tem grupos fenólicos.

- 04.** (UFTM-MG) A glicose apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Em relação à glicose, são feitas as afirmações:

- I. É uma substância apolar.
- II. Suas soluções aquosas não apresentam condutividade elétrica.
- III. Suas soluções aquosas são opticamente ativas.
- IV. É produzida por meio da hidrólise do amido.

Está **CORRETO** o conteúdo apenas em

- A) I.
- B) I e II.
- C) II e III.
- D) III e IV.
- E) II, III e IV.

- 05.** (UFMG) Qual das afirmações a seguir é **CORRETA**?

- A) Oses são glicídios que se hidrolisam.
- B) Ósides não se hidrolisam.
- C) A sacarose é uma óside.
- D) A sacarose é uma ose.
- E) A glicose é uma óside.

- 06.** (UFTM-MG-2007) Glicídios são compostos sintetizados pelos organismos vivos e são pertencentes à função mista poliol e aldeído ou poliol e cetona. A hidrólise da rafinose,  $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_{16}$ , produz os isômeros: glicose, frutose e galactose.

Considere as afirmações sobre esses glicídios:

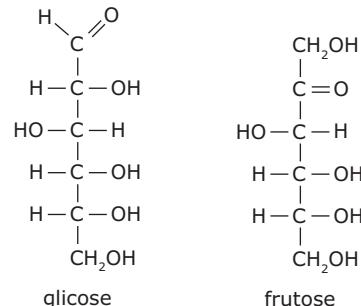
- I. A rafinose é um oligossacarídeo e a galactose é um monossacarídeo.
- II. Para hidrólise de um mol de moléculas de rafinose são necessários 2 mols de moléculas de água.
- III. Na combustão completa de um mol de moléculas de frutose, são necessários 6 mol de moléculas de oxigênio.

É **CORRETO** o conteúdo em

- A) I, II e III.
- B) I e II, apenas.
- C) I e III, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) II, apenas.

- 07.** (UFMG) A glicose,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , é uma das fontes de energia mais importantes para os organismos vivos. A levedura, por exemplo, responsável pela fermentação do caldo da cana-de-açúcar, alimenta-se da glicose.

1. Na decomposição da glicose pela levedura, a primeira reação que ocorre é a conversão da glicose em frutose



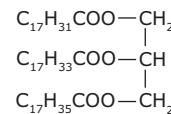
**CITE** três funções orgânicas que podem ser encontradas em uma ou em ambas as estruturas desses compostos.

- 2. A levedura utiliza a energia liberada na fermentação e produz etanol e dióxido de carbono. Considerando que a fermentação é anaeróbica – isto é, ocorre na ausência de oxigênio –, **ESCREVA** a equação balanceada da reação de fermentação da glicose.
- 3. **INDIQUE** se a energia liberada nesse processo é menor, igual ou maior que a energia liberada na combustão completa da glicose, que produz exclusivamente dióxido de carbono e água. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

- 08.** A hidrogenação de um óleo é feita para

- A) produção de gorduras.
- B) produzir sabões duros.
- C) aumentar o índice de iodo do óleo.
- D) alterá-lo ao paladar de modo que não possa ser empregado na alimentação.

- 09.** (FCMSC-SP) A fórmula estrutural



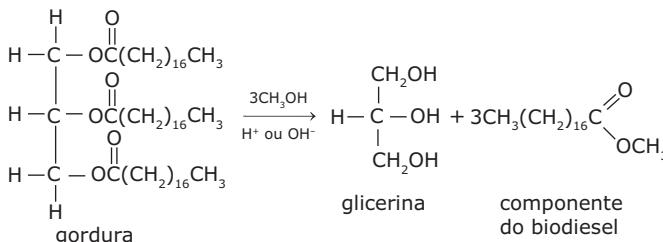
refere-se à molécula de

- A) óleo vegetal saturado.
- B) óleo animal saturado.
- C) óleo vegetal ou animal insaturado.
- D) sabão de ácidos graxos saturados.
- E) detergentes.

- 10.** (FEI-SP) A sacarose e a celulose podem ser extraídas, respectivamente, de

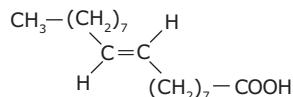
- A) madeira e cana-de-açúcar.
- B) cana-de-açúcar e madeira.
- C) petróleo e madeira.
- D) cana-de-açúcar e petróleo.
- E) madeira e petróleo.

- 11.** (UFJF-MG-2006) O biodiesel é produzido a partir de óleos vegetais, novos ou usados, ou de gorduras animais, através do processo de transesterificação (ou alcoólise). A reação a seguir representa a transformação de uma gordura em uma mistura de glicerina e um componente do biodiesel.



- A) Quantos átomos de carbono com hibridização  $sp^3$  possuem a molécula de glicerina e qual a fórmula molecular do componente do biodiesel representado anteriormente?
  - B) Qual a função química orgânica presente em ambas as moléculas de gordura e biodiesel? Qual a massa molar do componente do biodiesel representado anteriormente?
  - C) A hidrólise da molécula do componente do biodiesel apresentado, em presença de NaOH, irá gerar um composto utilizado na limpeza. Qual a fórmula estrutural dessa substância?
  - D) **ESCREVA** a fórmula estrutural de um isômero plano funcional (conforme original) do componente do biodiesel dado acima.

- 12.** (UFTM-MG-2007) Os rótulos dos alimentos devem informar a presença de gordura trans para atender à norma da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Além dessa gordura, outros constituintes devem constar ainda no rótulo dos alimentos, como, por exemplo, o sódio. O consumo excessivo de gorduras trans pode causar aumento do colesterol, e o de sódio pode resultar no aumento da pressão arterial, que estão associados às doenças do coração, como o infarto. O ácido elaiídico, com a estrutura mostrada na figura, é classificado como gordura trans e o seu isômero geométrico é o ácido oleico.



A tabela refere-se à informação nutricional para uma porção de 10 g que consta no rótulo de uma lata de 200 g de manteiga.

<b>Quantidade por porção</b>	<b>% VD*</b>
Valor calórico _____ 74 kcal	4%
Carboidratos _____ 0 g	0%
Proteínas _____ 0 g	0%
Gorduras totais _____ 8,3 g	15%
Gorduras saturadas _____ 4,8 g	22%
Gorduras trans _____ 0,2 g	**
Fibra alimentar _____ 0 g	0%
Sódio _____ 92 mg	4%

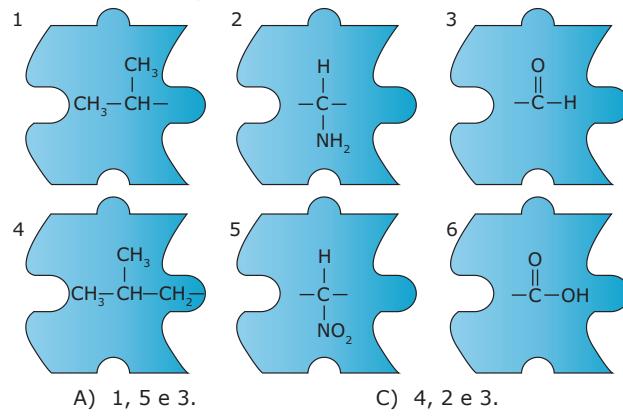
(\*) Valores diários com base em uma dieta de 2 kcal  
 (\*\*\*) VD não disponível

- A) **APRESENTE** a fórmula estrutural do ácido oleico.

B) **CALCULE** a quantidade em mol de átomos de sódio (massa molar 23 g/mol) e o número de átomos de sódio na manteiga contida dentro dessa lata.

- 13.** (UERJ) Um estudante recebeu um quebra-cabeça que contém peças numeradas de 1 a 6, representando partes de moléculas.

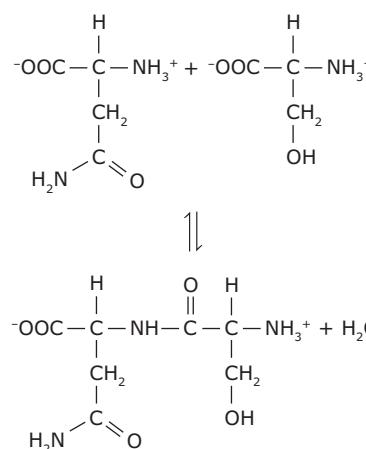
Para montar a estrutura de uma unidade fundamental de uma proteína, ele deverá juntar três peças do jogo na seguinte sequência:



- 14.** (Cesgranrio-RJ) Os compostos que tomam parte na formação de moléculas de proteínas são

  - A) aminoácidos.
  - B) cetoácidos.
  - C) ácidos carboxílicos.
  - D) ácidos sulfônicos.

- 15.** (UNESP–2008) Considere a equação química a seguir, que apresenta a reação entre dois aminoácidos produzindo um dipeptídio.



As reações direta e inversa na equação química apresentada são classificadas, respectivamente, como de A) condensação e hidrólise.

- A) condensação e hidrólise.
  - B) adição e hidrólise.
  - C) hidrólise e adição.
  - D) eliminação e condensação
  - E) substituição e eliminação.

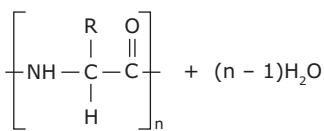
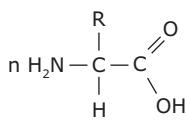
- 16.** (PUC-SP) Todas as afirmações a seguir se aplicam às proteínas, **EXCETO**

- A) São polímeros de elevada massa molecular.
- B) Hidrolisadas produzem aminoácidos.
- C) Contêm o grupo  $\text{--CO--NH--}$ .
- D) Geralmente, são formadas a partir da reação entre ácidos e aminas.
- E) Apresentam a ligação amídica.

- 17.** (PUC-RJ) A estrutura primária de uma proteína é determinada

- A) por sua forma tridimensional que dá origem às estruturas secundárias.
- B) pela sua disposição espacial originada pela interação da cadeia peptídica.
- C) pela sequência dos aminoácidos na cadeia peptídica.
- D) pela divisão das estruturas secundárias.
- E) pela quantidade de colágeno presente.

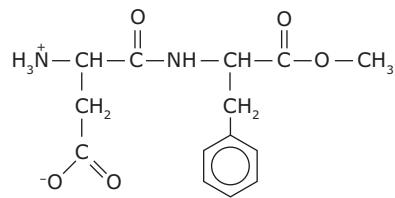
- 18.** (UFMG) A estrutura primária das proteínas é formada pela polimerização de sequências definidas de aminoácidos, conforme representado pela equação



Essa estrutura primária é mantida unida por

- A) ligações de hidrogênio.
- B) ligações iônicas.
- C) ligações covalentes.
- D) ligações de Van der Waals.

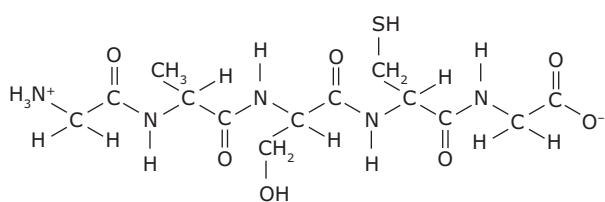
- 19.** (UNIFESP-2006) As mudanças de hábitos alimentares e o sedentarismo têm levado a um aumento da massa corporal média da população, o que pode ser observado em faixas etárias que se iniciam na infância. O consumo de produtos *light* e *diet* tem crescido muito nas últimas décadas e o adoçante artificial mais amplamente utilizado é o aspartame. O aspartame é o éster metílico de um dipeptídeo, formado a partir da fenilalanina e do ácido aspártico.



aspartame

- A) Com base na estrutura do aspartame, **FORNEÇA** a estrutura do dipeptídeo fenilalanina-fenilalanina.
- B) Para se preparar uma solução de um alfa aminoácido, como a glicina ( $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ), dispõe-se dos solventes  $\text{H}_2\text{O}$  e benzeno. **JUSTIFIQUE** qual desses solventes é o mais adequado para preparar a solução.
- 20.** As enzimas são responsáveis, em parte, por diversas reações químicas que ocorrem em nosso organismo. Essas reações podem ser influenciadas em algumas condições. Quando estamos com febre, por exemplo, nosso metabolismo é acelerado. Caso atinjamos temperaturas superiores a  $40^\circ\text{C}$  essa febre pode levar a morte. Todas as alternativas apresentam explicações coerentes para tais observações, **EXCETO**
- A) O aumento da temperatura acarreta em uma diminuição da energia mínima necessária para a ocorrência da reação química.
  - B) Temperaturas muito elevadas causam o rompimento de interações presentes nas enzimas, fazendo com que estas percam sua atividade catalítica.
  - C) Trata-se de catalisadores biológicos essenciais à vida, pois, na sua ausência, estas reações seriam muito lentas.
  - D) A variação da concentração enzimática pode causar mudanças nos valores de velocidade das reações.
- 21.** (UFTM-MG) A gripe do frango surgiu em diversos países da Ásia. Os avicultores tiveram de sacrificar milhares de frangos para tentar erradicar a doença que é transmitida para o homem. O vírus influenza tipo A pode infectar várias espécies animais, como aves, suínos, cavalos, focas e baleias. As aves industriais, assim como os humanos, adquirem o vírus em contato direto com as aves infectadas. O vírus da influenza é classificado de acordo com os tipos de proteínas, que se localizam em sua superfície: hemaglutinina (H) e neuraminidase (N). As proteínas são compostos formados pela reação de polimerização de um número muito grande de alfa-aminoácidos.
- Considere as afirmações sobre os aminoácidos:
- I. São compostos orgânicos de função mista amina e ácido carboxílico.
  - II. Apresentam caráter anfótero.
  - III. A ligação peptídica formada entre um ácido e uma amina resulta em um grupo funcional amida.
- Está **CORRETO** o contido em
- A) II, apenas.
  - B) I e II, apenas.
  - C) I e III, apenas.
  - D) II e III apenas.
  - E) I, II e III.

**22.** (FUVEST-SP)



A hidrólise de um peptídeo rompe a ligação peptídica, originando aminoácidos. Quantos aminoácidos diferentes se formam na hidrólise total do peptídeo representado anteriormente?

- A) 2
- B) 3
- C) 4
- D) 5
- E) 6

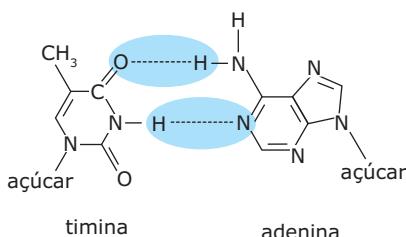
**23.** (UFTM-MG) Quanto aos aminoácidos, pode-se afirmar que

- I. suas moléculas se unem por ligação peptídica para formar proteínas.
- II. sob a ação de enzimas podem sofrer descarboxilação, reação que ocorre na putrefação.
- III. os aminoácidos essenciais são sintetizados somente pelos animais superiores.
- IV. apresentam caráter anfótero.

As afirmações **CORRETAS** são

- A) I, II, III e IV.
- B) I, II e IV, apenas.
- C) I, III e IV, apenas.
- D) I e II, apenas.
- E) I e IV, apenas.

**24.** (PUC Minas) Sabe-se que um tipo importante de ligação que mantém as bases nitrogenadas ligadas no DNA são aquelas circuladas na figura a seguir.



Observando-se o desenho anterior, essas ligações são do tipo

- A) covalente apolar.
- B) ligações de hidrogênio.
- C) covalente polar.
- D) iônica.

**25.** (FUVEST-SP) Na tabela a seguir é dada a composição aproximada de alguns constituintes de três alimentos

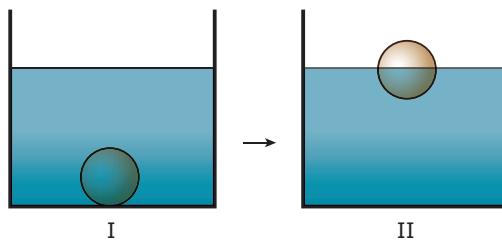
Alimento	Composição (% em massa)		
	Proteínas	Gorduras	Carboidratos
I	12,5	8,2	1,0
II	3,1	2,5	4,5
III	10,3	1,0	76,3

Os alimentos I, II e III podem ser, respectivamente,

- A) ovo de galinha, farinha de trigo e leite de vaca.
- B) ovo de galinha, leite de vaca e farinha de trigo.
- C) leite de vaca, ovo de galinha e farinha de trigo.
- D) leite de vaca, farinha de trigo e ovo de galinha.
- E) farinha de trigo, ovo de galinha e leite de vaca.

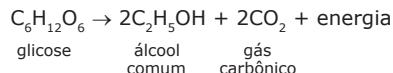
## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2000) No processo de fabricação de pão, os padeiros, após prepararem a massa utilizando fermento biológico, separam uma porção de massa em forma de bola e a mergulham em um recipiente com água, aguardando que ela suba, como pode ser observado, respectivamente, em I e II do esquema a seguir. Quando isso acontece, a massa está pronta para ir ao forno.



Um professor de Química explicaria esse procedimento da seguinte maneira:

A bola de massa torna-se menos densa que o líquido e sobe. A alteração da densidade deve-se à fermentação, processo que pode ser resumido pela equação



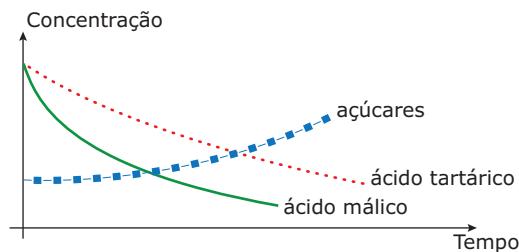
Considere as afirmações a seguir:

- I. A fermentação dos carboidratos da massa de pão ocorre de maneira espontânea e não depende da existência de qualquer organismo vivo.
- II. Durante a fermentação, ocorre produção de gás carbônico, que vai se acumulando em cavidades no interior da massa, o que faz a bola subir.
- III. A fermentação transforma a glicose em álcool. Como o álcool tem maior densidade do que a água, a bola de massa sobe.

Entre as afirmativas, apenas

- A) I está correta.
- B) II está correta.
- C) I e II estão corretas.
- D) II e III estão corretas.
- E) III está correta.

- 02.** (Enem-2006) As características dos vinhos dependem do grau de maturação das uvas nas parreiras, porque as concentrações de diversas substâncias da composição das uvas variam à medida que as uvas vão amadurecendo. O gráfico a seguir mostra a variação da concentração de três substâncias presentes em uvas, em função do tempo.



O teor alcoólico do vinho deve-se à fermentação dos açúcares do suco da uva. Por sua vez, a acidez do vinho produzido é proporcional à concentração dos ácidos tartárico e málico. Considerando-se as diferentes características desejadas, as uvas podem ser colhidas

- A) mais cedo, para a obtenção de vinhos menos ácidos e menos alcoólicos.
- B) mais cedo, para a obtenção de vinhos mais ácidos e mais alcoólicos.
- C) mais tarde, para a obtenção de vinhos mais alcoólicos e menos ácidos.
- D) mais cedo e ser fermentadas por mais tempo, para a obtenção de vinhos mais alcoólicos.
- E) mais tarde e ser fermentadas por menos tempo, para a obtenção de vinhos menos alcoólicos.

## GABARITO

### Fixação

01. C    02. C    03. E    04. A

05. 1. Ácido: III

Básico: I

2. A)  $\text{--COOH}$

B)  $\text{--NH}_2$

3. Como o  $\text{pK}_a$  da carboxila varia entre 1,8 e 2,5, enquanto o do grupamento amino entre 8,7 e 10,7 em pH neutro, a amina encontra-se protonada ( $\text{--NH}_3^+$ ) e a carboxila encontra-se desprotonada ( $\text{--COO}^-$ ).

### Propostos

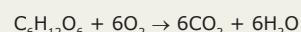
01. B    03. A    05. C  
02. C    04. E    06. A

07. 1. Álcool, Aldeído e Cetona

2.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2\text{CO}_2$

3. Indicação: Na combustão completa da glicose, há maior liberação de energia.

Justificativa: No processo de fermentação, a substância  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  ainda pode ser oxidada, liberando uma quantidade de energia extra, como ocorre no processo de combustão completa, em que a glicose é oxidada totalmente. Esse processo pode ser descrito pela equação balanceada a seguir:



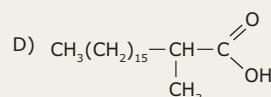
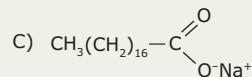
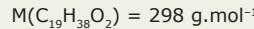
08. A

09. C

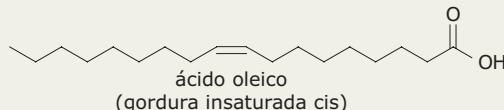
10. B

11. A) A glicerina apresenta 3 átomos de carbono com hibridização  $sp^3$  e a fórmula molecular do componente do biodiesel é  $\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$ .

B) Função éster orgânico.



12. A)



B) 0,08 mol de sódio;  $4,8 \times 10^{22}$  átomos de sódio.

13. D

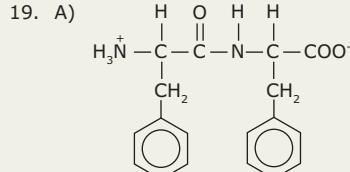
14. A

15. A

16. D

17. C

18. C



B) O melhor solvente é a água. A dissolução de um aminoácido é favorecida ao utilizar-se um solvente polar, devido à presença de grupos amino e carboxila, altamente polares, na estrutura do aminoácido. O benzeno tem uma polaridade muito baixa, incapaz de estabelecer interações favoráveis com os aminoácidos.

20. A

22. C

24. B

21. E

23. E

25. B

### Seção Enem

01. B

02. C

# QUÍMICA

## Química ambiental I

MÓDULO

23

FRENTE  
D

### A ATMOSFERA

A atração gravitacional de nosso planeta não permite que gases gerados em sua superfície ou em seu interior escapem para o espaço sideral, mantendo-os próximos à superfície do planeta. Esses gases formam uma camada de 500 km de espessura, a qual denomina-se atmosfera terrestre.

### Composição da atmosfera terrestre

A composição gasosa da atmosfera terrestre é a seguinte:

Gás	Composição em volume
Nitrogênio ( $N_2$ )	78%
Oxigênio ( $O_2$ )	21%
Argônio (Ar)	0,93%
Gás carbônico ( $CO_2$ )	0,035%
Outros gases	0,035%

Além de gases, a atmosfera apresenta materiais microparticulados sólidos em suspensão.

### Estrutura da atmosfera terrestre

A definição da estrutura de camadas da atmosfera terrestre baseia-se na variação da temperatura em função da altitude. Esse parâmetro permite dividir a atmosfera em 4 regiões: a troposfera, a estratosfera, a mesosfera e a termosfera.

### A troposfera

A troposfera é a camada imediatamente acima da superfície terrestre e apresenta uma extensão que varia de 10 a 16 km. Nessa camada, a temperatura diminui com o aumento da altitude.

O limite superior da troposfera é denominado tropopausa. Na tropopausa, a temperatura gira em torno de  $-56^{\circ}C$  e a água atmosférica encontra-se na forma de micropartículas sólidas.

A troposfera contém 85% de toda a massa da atmosfera. Ela é formada por moléculas gasosas eletricamente neutras.

Na troposfera, ocorrem todos os fenômenos climáticos, tais como a movimentação de correntes de ar (ventos), a formação de nuvens, a precipitação de chuvas, etc.

Os principais impactos ambientais existentes na troposfera são a chuva ácida, o agravamento do efeito estufa e a poluição por monóxido de carbono, aldeídos, ozônio e óxidos de nitrogênio.

### A estratosfera

A estratosfera é a camada acima da troposfera e apresenta uma extensão compreendida entre 16 e 50 km de altitude. É nessa camada que encontra-se o ozônio ( $O_3$ ) em sua maior concentração, a chamada camada de ozônio.

A temperatura na estratosfera aumenta com o aumento da altitude, pois o ozônio absorve a radiação ultravioleta (UV) e a emite na forma de energia térmica, aumentando a temperatura até  $-2^{\circ}C$ .

O principal impacto ambiental que ocorre na estratosfera é a rarefação da camada de ozônio.

### A mesosfera

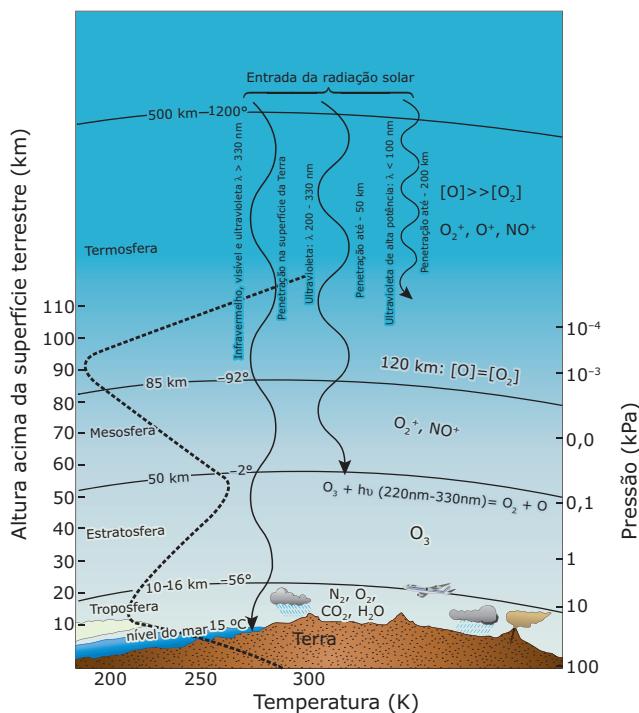
A mesosfera é a penúltima camada da atmosfera e apresenta uma extensão compreendida entre 50 e 85 km de altitude. Nessa camada, a temperatura diminui com o aumento da altitude, atingindo valores de  $-92^{\circ}C$ . Isso é atribuído à pequena concentração de gases capazes de absorver a radiação ultravioleta (UV) e emitir calor, especialmente o ozônio.

Na mesosfera, as radiações de alta energia fragmentam moléculas, originando radicais livres e íons.

### A termosfera

A termosfera é a última camada da atmosfera e apresenta uma extensão compreendida entre 85 e 500 km de altitude. Nessa camada, a temperatura aumenta com o aumento da altitude, devido à presença de gases que absorvem radiação de alta energia e emitem calor, aumentando a temperatura até  $1\ 200^{\circ}C$ .

Na termosfera, as radiações de alta energia fragmentam as moléculas, diminuindo suas concentrações e aumentando a concentração de radicais livres e íons.



As principais regiões da atmosfera terrestre.

MANAHAN, 1984; MOORE e MOORE, 1977. In: Cadernos Temáticos de Química Nova na escola. Edição Especial, maio 2011 (Adaptação)

## IMPACTOS AMBIENTAIS NA TROPOSFERA

### Poluição por monóxido de carbono

Monóxido de carbono é um gás incolor extremamente tóxico. É um seríssimo poluente do ar atmosférico. Forma-se na queima incompleta de madeira e de combustíveis como álcool (etanol), gasolina, óleo diesel, etc.

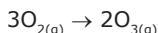
A quantidade de CO lançada na atmosfera pelo escapamento de automóveis, caminhões, ônibus, etc. cresce na seguinte ordem crescente, em relação ao combustível usado:



A gasolina usada como combustível contém certo teor de álcool (etanol), que serve, entre outros motivos, para diminuir a quantidade de CO lançada na atmosfera e, com isso, diminuir o impacto ambiental gerado pela emissão desse gás.

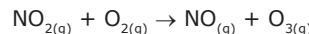
### Poluição por ozônio

O ozônio é um gás oxidante que pode ser formado pelos motores de combustão interna dos veículos automotores, a partir do oxigênio atmosférico. Submetido a altas temperaturas e à descarga elétrica, ocorre o seguinte processo:



Parte do ozônio produzido nos veículos automotores é novamente convertido em oxigênio pelos catalisadores.

Na atmosfera, pode ocorrer a produção de ozônio a partir da reação entre o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), liberado pelos motores de combustão interna, e o oxigênio:



O ozônio que não sofre a ação de catalisadores dos veículos automotores e o obtido a partir do dióxido de nitrogênio se acumulam nas porções baixas da atmosfera (troposfera), pois possuem maior densidade do que o ar atmosférico.

O ozônio provoca problemas respiratórios, degrada tecidos e células, devido a sua ação oxidante, e é um dos responsáveis pela formação da névoa seca ou nevoeiro fotoquímico (*smog*). Essa névoa é formada quando ocorre a condensação de vapor-d'água associada a particulados sólidos em suspensão (poeira e fumaça) e a outros poluentes (entre eles, o ozônio), proporcionando um aspecto acinzentado ao ar.

### Poluição por aldeído fórmico e aldeído acético

O aldeído fórmico ou metanal é obtido na queima do cigarro, a partir de alguns tipos de resinas sintéticas e na combustão incompleta do metanol. Ele é um gás de odor penetrante que causa irritações, podendo afetar as vias respiratórias. É considerado carcinogênico para animais de laboratório e, provavelmente, para seres humanos.

Já o aldeído acético ou etanal pode ser encontrado na forma líquida ou vapor devido a sua baixa temperatura de ebulição (22 °C). Esse aldeído origina-se da combustão incompleta de etanol em motores de combustão e apresenta neurotoxicidade, podendo causar vertigens, convulsões, coma e morte quando sua concentração atmosférica é alta. Em baixas concentrações ele irrita as mucosas dos olhos, do nariz e das vias respiratórias em geral, provocando constrição dos brônquios (crise asmática).

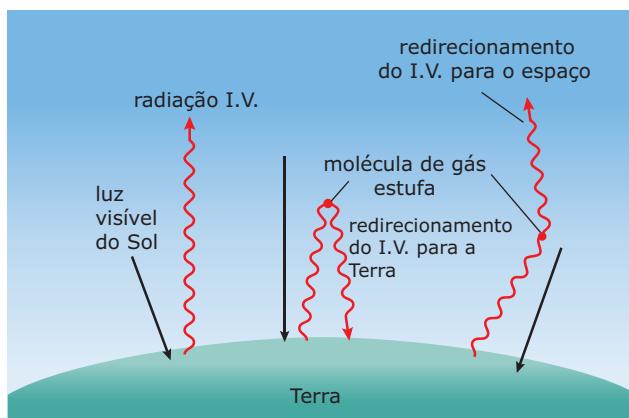
### Intensificação do efeito estufa

#### O efeito estufa

O Sol irradia para a Terra uma grande quantidade de energia luminosa. Cerca de 55% dessa energia são refletidos ou utilizados em processos naturais, tal como a fotossíntese. Contudo, os 45% restantes são absorvidos por alguns gases atmosféricos e transformados em energia térmica de movimento molecular (radiação na região do infravermelho).

Se não fosse a atmosfera, a Terra irradiaria para o espaço uma quantidade de energia igual à que absorve do Sol.

O efeito estufa consiste na retenção (aprisionamento na troposfera) de parte da energia térmica recebida do Sol. Esse fenômeno permite que em nosso planeta a temperatura média seja de 15 °C e, portanto, que a água possa se apresentar na fase líquida, condição fundamental para a existência de vida.



Interação da radiação infravermelha com a superfície e a atmosfera terrestre.

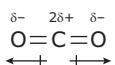
BAIRD, C. Química Ambiental. Porto Alegre: Bookman, 2002, p. 199. Adaptação.

A maior parte do efeito estufa é de origem natural e se deve à presença de gás carbônico e de vapor-d'água na atmosfera. Aproximadamente 85% da água atmosférica encontram-se na forma de vapor-d'água e cerca de 12%, na forma líquida. Entretanto, algumas atividades humanas (atividades antrópicas) podem causar uma intensificação do efeito estufa e, consequentemente, contribuir para o aquecimento do planeta, visto que essas atividades provocam o aumento da concentração de gases que promovem o efeito estufa.

## Gases do efeito estufa

Em uma molécula, os átomos ligantes vibram em torno de uma posição de equilíbrio. Durante uma vibração, o valor do momento dipolar de uma molécula pode sofrer alteração. As moléculas que apresentam esse comportamento são ativas no infravermelho (I.V.), ou seja, absorvem e emitem radiação infravermelha e são denominadas gases do efeito estufa.

O gás carbônico é um gás do efeito estufa. Ele apresenta moléculas lineares que no estado fundamental são apolares, ou seja, apresentam momento dipolar igual a zero.



Entretanto, quando as moléculas de gás carbônico recebem radiação, ocorrem alterações em suas configurações, por meio de vibrações que geram deformações de dois tipos:

**Deformação axial:** consiste no afastamento e na aproximação de átomos ligantes, devido a um estiramento ou uma compressão da ligação química:



deformação axial

As moléculas de CO<sub>2</sub> podem sofrer dois tipos de deformações axiais:

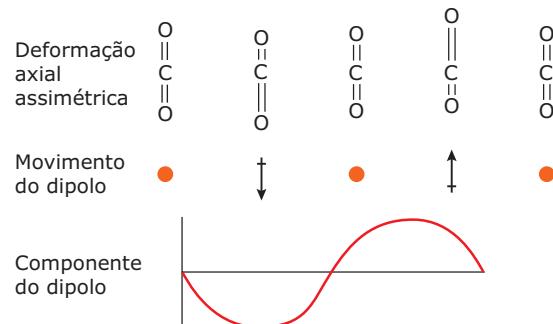
1. Deformação axial simétrica: Esse tipo de deformação ocorre quando uma molécula de CO<sub>2</sub> é esticada e / ou comprimida, mantendo o mesmo comportamento das ligações duplas entre o carbono e o oxigênio.

Assim, quando uma é comprimida, a outra também é.



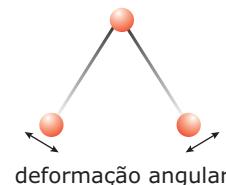
Nesse caso de deformação, o momento dipolar da molécula de CO<sub>2</sub> não é alterado. Quando isso ocorre, essas moléculas não absorvem e não emitem radiação infravermelha.

2. Deformação axial assimétrica: Esse tipo de deformação ocorre quando a molécula de CO<sub>2</sub> é esticada e / ou comprimida, opondo os comportamentos das ligações duplas entre o carbono e o oxigênio. Assim, quando uma é esticada, a outra é comprimida.



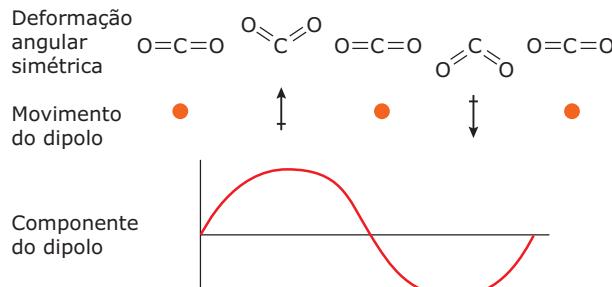
Nesse caso de deformação, o momento dipolar da molécula de CO<sub>2</sub> é alterado periodicamente, oscilando entre um valor igual a zero e outro diferente de zero. Quando isso ocorre, essas moléculas absorvem e emitem radiação infravermelha.

**Deformação angular simétrica:** consiste no afastamento ou na aproximação de átomos ligantes, devido ao aumento ou à diminuição do ângulo entre duas ligações químicas:



deformação angular

Esse tipo de deformação nas moléculas de CO<sub>2</sub> ocorre quando os ângulos entre as ligações duplas carbono-oxigênio tornam-se menor do que 180°.



Nesse caso de deformação, o momento dipolar da molécula de CO<sub>2</sub> é alterado periodicamente, oscilando entre um valor igual a zero e outro diferente de zero. Quando isso ocorre, essas moléculas absorvem e emitem radiação infravermelha.

Portanto, apenas as deformações axial assimétrica e angular simétrica alteram o momento dipolar das moléculas de CO<sub>2</sub>, tornando-as ativas no infravermelho, ou seja, tornando-as capazes de absorver e de emitir radiação infravermelha.

As moléculas dos gases nitrogênio e oxigênio não são ativas no infravermelho, pois são moléculas diatônicas e apenas podem vibrar comprimindo ou esticando as ligações entre seus átomos, o que não altera o momento dipolar. Se essas moléculas fossem ativas no infravermelho, a temperatura média de nosso planeta seria muito mais elevada, pois elas correspondem a 99% da composição da atmosfera terrestre.

Quanto maior for o número de diferentes modos de vibração de uma molécula, maior será a sua capacidade de absorção e de emissão de radiação infravermelha. Portanto, quanto maior a complexidade de uma molécula, maior será o impacto na intensificação do efeito estufa. Por exemplo, uma molécula de metano, CH<sub>4</sub>, apresenta quatro ligações e, portanto, é mais complexa do que uma molécula de gás carbônico, CO<sub>2</sub>. Uma molécula de CH<sub>4</sub> causa um efeito de aquecimento 21 vezes mais intenso do que o causado por uma molécula de CO<sub>2</sub>.

## Principais gases do efeito estufa

Na tabela a seguir, são apresentados alguns gases do efeito estufa e suas características.

Gás	Origem	Concentração atual	Taxa de aumento anual	Tempo médio de permanência na atmosfera	Poder relativo de absorção de radiação infravermelha por molécula em relação ao CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queima de combustíveis fósseis;</li> <li>Decomposição aeróbica de substâncias orgânicas.</li> </ul>	365 p.p.m.	0,4%	100 anos	1
CH <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Decomposição anaeróbica de substâncias orgânicas, principalmente celulose;</li> <li>Flatulência de bovinos;</li> <li>Depósitos de combustíveis fósseis;</li> <li>Decomposição de lixo orgânico em aterros sanitários e lixões;</li> <li>Pântanos e esgotos.</li> </ul>	1,72 p.p.m.	0,5%	10 anos	21
N <sub>2</sub> O	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queima de combustíveis fósseis;</li> <li>Reação entre o oxigênio e o nitrogênio atmosférico devido a uma descarga elétrica de alta intensidade;</li> <li>Decomposição de adubos nitrogenados;</li> <li>Decomposição aeróbica lenta da matéria, após desmatamento e em represas construídas para a geração de energia hidroelétrica sem a remoção de cobertura vegetal.</li> </ul>	312 p.p.b. <sup>1</sup>	0,3%	Entre 120 e 175 anos	206
CFC's	São gases artificiais utilizados como <ul style="list-style-type: none"> <li>Propelentes em aerossóis;</li> <li>Gases de compressão em aparelhos de refrigeração;</li> <li>Gases de expansão em polímeros.</li> </ul>	0,27 p.p.b. (CFC-11) <sup>2</sup>	0% (CFC-11)	Dependendo do tipo de composto, entre 75 (CFC-11) e 380 anos (CFC-115) <sup>3</sup>	12 400 (CFC-11)
HCFC's	Classe de gases artificiais que substituem os CFC's por provocarem uma menor destruição na camada de ozônio.	0,11 p.p.b. (HCFC-22) <sup>4</sup>	5% (HCFC-22)	12 anos (HCFC-22)	11 000 (HCFC-22)

<sup>1</sup> p.p.b.: partes por bilhão

<sup>2</sup> CFC-11, também denominado freon-11, cuja fórmula molecular é CCl<sub>3</sub>F.

<sup>3</sup> CFC-115, também denominado freon-115, cuja fórmula molecular é C<sub>2</sub>ClF<sub>5</sub>.

<sup>4</sup> HCFC-22, também denominado freon-22, cuja fórmula molecular é CHCl(F<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.

Existe uma nomenclatura técnica para os CFC's e HCFC's, na qual eles são indicados da seguinte forma:

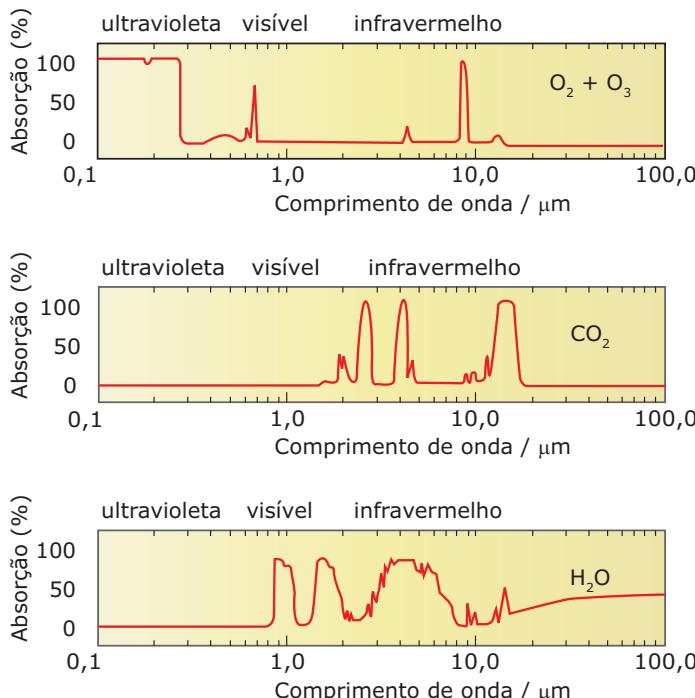
CFC → XYZ

em que:

- X = nº de átomos de carbono - 1 (omitido quando X = 0);
- Y = nº de átomos de hidrogênio + 1;
- Z = nº de átomos de flúor.

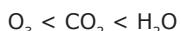
Outro gás que contribui para a intensificação do efeito estufa é o ozônio troposférico ( $O_3$ ).

O vapor-d'água é o gás que produz maior aquecimento entre todos os gases de efeito estufa, por se encontrar em alta concentração na atmosfera e absorver, praticamente, todos os comprimentos de onda do espectro de radiação infravermelha.



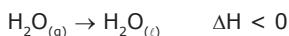
Os três gráficos registram, simplificadamente, a absorção de radiação eletromagnética em função do comprimento de onda da radiação de alguns dos gases presentes na atmosfera terrestre. A região do infravermelho corresponde à radiação eletromagnética de comprimento de onda entre 1 μm e 100 μm.

A análise dos gráficos nos permite concluir que a ordem crescente do potencial desses gases para a intensificação do efeito estufa, que é a seguinte:



As moléculas de água absorvem, praticamente, todos os comprimentos de onda do espectro I.V., ao contrário dos demais gases, que absorvem esses comprimentos em regiões de comprimento de onda específicas.

No período da noite, quando a superfície terrestre emite radiação para o espaço, mas não recebe radiação do Sol, a temperatura da superfície terrestre tende a diminuir muito rapidamente. Porém, durante a noite, as moléculas de vapor-d'água, que absorveram energia durante o dia, emitem radiação I.V. e interagem formando ligações de hidrogênio, condensando e originando o orvalho. Esse processo é exotérmico e libera energia térmica para o ambiente, evitando que a temperatura caia bruscamente.



É por esse motivo que as regiões de climas desérticos, em que a concentração de vapor-d'água na atmosfera é baixa, podem ser muito quentes durante o dia e muito frias durante a noite.

## Impactos ambientais gerados pela intensificação do efeito estufa

A intensificação do efeito estufa é denominada **aquecimento global**. Modelos matemáticos e computacionais projetam, como melhor estimativa, que a Terra sofrerá um aumento de temperatura de 2 °C até o ano de 2100. Esse aquecimento global, se confirmado, trará como consequências

- o derretimento parcial das calotas polares e geleiras de regiões montanhosas, com consequente alagamento de regiões costeiras. O Egito poderá perder até 10% de seu território;
- o aumento da evaporação da água, devido ao aumento da temperatura média dos oceanos, mares, rios e lagos, o que levará a uma alteração das correntes de ar e marítimas. As alterações nessas correntes implicariam uma mudança profunda no clima de todo o planeta, o que provocaria a incidência de furacões, tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, longos períodos de seca que levariam à diminuição da produção agrícola, extinção de espécies, ocorrência de epidemias, proliferação de insetos e a modificações na vegetação;
- o aumento no teor de CO<sub>₂</sub> dissolvido nos oceanos, o que implicaria em um sensível aumento dos organismos com exoesqueletos formados por carbonato de cálcio.

Contudo, o aquecimento global poderá gerar alguns efeitos positivos em algumas regiões de nosso planeta, tais como

- a tenuação da temperatura em locais de invernos muito rigorosos;
- distribuição mais abundante de chuva.

## Redução da emissão de CO<sub>₂</sub>

Cerca de metade do CO<sub>₂</sub> produzido por atividades antrópicas é absorvida pelos sistemas naturais de nosso planeta. A outra metade gera um aumento da concentração atmosférica desse gás de 1,5 p.p.m. por ano.

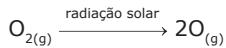
Entre todos os gases do efeito estufa, o CO<sub>₂</sub> é o maior vilão, porque, apesar de seu potencial estufa ser relativamente pequeno, a sua concentração atmosférica é a mais alta entre os gases estufa antropogênicos. A situação tende a se agravar, pois, atualmente, à medida que a economia do mundo avança, necessariamente, ocorre um crescimento na produção de CO<sub>₂</sub>. Portanto, é preciso realizar algumas ações para a redução dos níveis de gás carbônico na atmosfera, tais como

- substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis de origem na biomassa, como etanol e biodiesel, ou ainda por hidrogênio;
- redução do desmatamento;
- redução do nível de queimadas, como o manejo agrícola;
- utilização de fontes alternativas de energia, como as energias solar, eólica e maremotriz, em substituição às termoelétricas;
- reflorestamento de áreas desmatadas;
- queima de gás metano originado em lixões e aterros sanitários, convertendo-o em gás carbônico que apresenta efeito estufa 21 vezes menos intenso;
- aplicar, nas ações cotidianas, a política dos 3R (reciclar, reutilizar e reduzir).

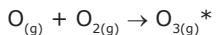
# IMPACTOS AMBIENTAIS NA ESTRATOSFERA

## Formação da camada de ozônio

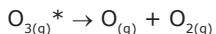
As moléculas de gás oxigênio e de compostos oxigenados que atingem a estratosfera absorvem radiação solar e sofrem fotodecomposição, originando radicais livres oxigênio (oxigênio atômico):



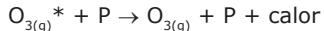
Os radicais livres oxigênio são muito instáveis e reagem com moléculas de oxigênio, formando ozônio:



A molécula de ozônio formada ( $\text{O}_{3(g)}^*$ ) encontra-se em um estado excitado de alta energia, no qual os movimentos vibracionais de seus átomos levam a sua decomposição:



Mas, quando ocorre a formação de uma molécula de ozônio excitada e esta colide com outra partícula P (geralmente  $\text{O}_{2(g)}$  ou  $\text{N}_{2(g)}$ ), transferindo a energia excedente, ocorre a formação de uma molécula de ozônio no estado fundamental (estável):



O processo global de formação do ozônio é representado pela soma das equações de suas respectivas etapas:



Nesse processo, ocorre a transformação de radiação solar em energia térmica, tornando a temperatura da estratosfera maior do que a temperatura da troposfera.

Contudo, as moléculas de ozônio absorvem radiação ultravioleta (UV) e sofrem fotodecomposição:



O radical oxigênio pode atacar uma molécula de gás oxigênio, recompor o ozônio e estabelecer um estado de equilíbrio químico dinâmico, fazendo com que a concentração de ozônio estratosférico seja praticamente constante.

## A camada de ozônio é um filtro aos raios UV

Na estratosfera e acima dela, as moléculas de  $\text{O}_2$  e  $\text{N}_2$  filtram as radiações solares de comprimento de onda menores do que 200 nm. As radiações de comprimento de onda na faixa de 250 a 310 nm são filtradas pelo ozônio estratosférico. Portanto, juntos,  $\text{O}_2$  e  $\text{O}_3$  absorvem a radiação solar de alta intensidade e geram calor.

Os processos de formação (etapas I, II e III) e decomposição (etapas IV e V) de ozônio absorvem radiação solar de alta intensidade (UV) e geram calor:

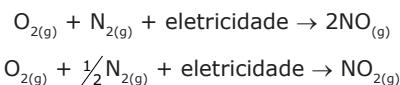
Etapa I	$\text{O}_{2(g)} + \text{UV} \rightarrow 2\text{O}_{(g)}$
Etapa II	$\text{O}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{O}_{3(g)}^* + \text{calor}$
Etapa III	$\text{O}_{3(g)}^* + \text{P} \rightarrow \text{O}_{3(g)} + \text{P} + \text{calor}$
Etapa IV	$\text{O}_{3(g)} + \text{UV} \rightarrow \text{O}_{2(g)} + \text{O}_{(g)}$
Etapa V	$\text{O}_{(g)} + \text{O}_{(g)} \rightarrow \text{O}_{2(g)} + \text{calor}$
Processo global	$\text{UV} \rightarrow \text{calor}$

Ao final da associação dos dois processos, duas moléculas de  $\text{O}_2$  absorvem radiação UV e a converte em energia térmica.

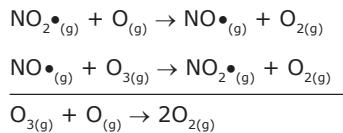
Se não fosse a transformação de radiação solar de alta intensidade em calor, essa radiação atravessaria a atmosfera e atingiria a superfície terrestre, impossibilitando a existência de vida em nosso planeta. Essa radiação possui uma energia tão alta que fotodecomporia qualquer matéria orgânica primitiva e, consequentemente, os primeiros coacervados jamais poderiam ter sido formados.

## A destruição da camada de ozônio

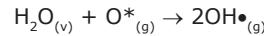
Na década de 1970, estudos revelaram que os óxidos de nitrogênio, NO e  $\text{NO}_2$ , catalisavam o processo de decomposição do ozônio estratosférico. Esses gases são produzidos naturalmente quando uma descarga elétrica, ao passar pela atmosfera, fornece energia suficiente para que o  $\text{N}_2$ , praticamente inerte devido a sua alta estabilidade (alta energia da ligação N≡N), reaja com o  $\text{O}_2$ :



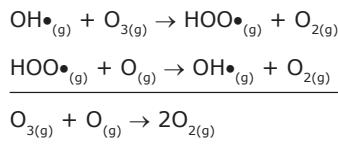
A ação catalítica desses gases na degradação do ozônio estratosférico ocorre de acordo com o seguinte mecanismo:



Posteriormente, descobriu-se que algumas moléculas de água que atingem a estratosfera colidem com oxigênios excitados ( $\text{O}^*$ ), originando radicais livres hidroxila:



Os radicais hidroxila catalisam a decomposição do ozônio:



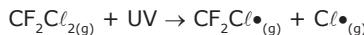
Estudos posteriores revelaram que os CFC's (clorofluorcarbonetos, também conhecidos como gases freons) eram nocivos à camada de ozônio.

Os CFC's foram muito utilizados, no século passado, na indústria como propelentes em aerossóis, gases de expansão de polímeros e gases refrigeradores em geladeira e aparelhos de ar condicionado. Isso porque os CFC's

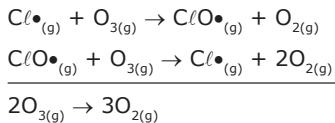
- não oxidam metais;
- não são combustíveis;
- não são tóxicos;
- não apresentam cheiro.

Devido a sua alta estabilidade e grande inércia química, esses gases chegam à estratosfera, absorvem radiação UV e sofrem fotodecomposição, produzindo o radical livre cloro, que é um potente catalisador da destruição do ozônio estratosférico.

Como as ligações C–Cl são mais fracas dos que as ligações C–F, a absorção de radiação UV por um CFC origina apenas radical cloro:



O processo de catálise do radical livre cloro ocorre de acordo com o seguinte mecanismo:



No processo, o radical livre cloro é regenerado e pode destruir centenas de milhares de moléculas de ozônio até que se combine com outro radical, formando uma molécula inativa à destruição da camada de ozônio.

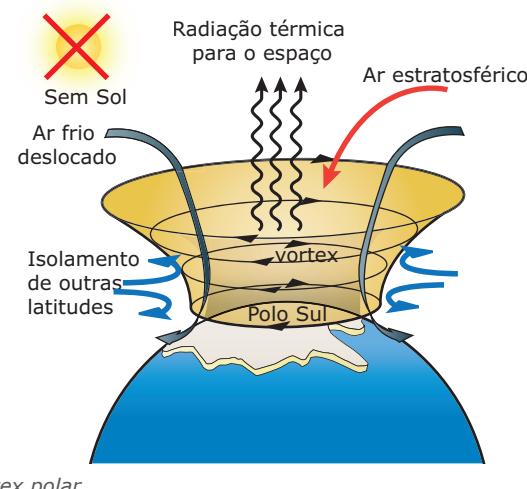
## O buraco na camada de ozônio sobre a Antártida

Na primavera antártica (período de setembro a novembro), ocorre uma grande diminuição da concentração de ozônio estratosférico, a qual denominamos buraco na camada de ozônio.

O fenômeno responsável pela formação do buraco na camada de ozônio é o vento polar, denominado vortex.

O vortex polar é um ciclone de grande duração e extensão formado pelo deslocamento de ar da parte média e superior da troposfera e da estratosfera, acima dos polos geográficos

do planeta no período do inverno.



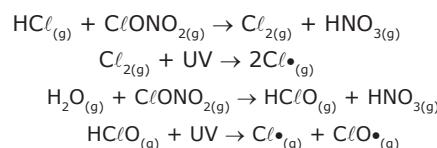
Vortex polar

Esses ciclones podem atingir velocidades de até 100 km/h, atraindo para os polos massas de ar de outras regiões terrestres contendo CFC's, NO, NO<sub>2</sub>, HCl<sup>1</sup>, ClONO<sub>2</sub><sup>2</sup> e Cl, gerados a milhares de quilômetros de distância.

No inverno antártico, a temperatura da estratosfera pode chegar a -90 °C, temperatura suficientemente baixa para formar nuvens contendo pequenos cristais de gelo que armazenarão os gases atraídos pelo vortex, sem que haja fotodecomposição, devido à ausência de luz solar.

Com a chegada da primavera antártica, em setembro, ocorrem o desaparecimento do vortex polar, o aumento da temperatura e o derretimento dos cristais de gelo, liberando os gases aprisionados, o que provoca o aumento, na estratosfera, da concentração de gases nocivos à camada de ozônio. Nesse período,

- ocorre a absorção de radiação UV pelos CFC's, produzindo radicais livres Cl;
- HCl e ClONO<sub>2</sub> transformam-se em cloro molecular e ácido hipocloroso que são fotolizados, produzindo radicais livres Cl e ClO:



- ocorre o ataque dos radicais livres Cl, NO<sub>2</sub>, ClO ao ozônio, tornando-o rarefeito.

A concentração de ozônio somente atinge os níveis normais em novembro, ou seja, no período em que o buraco se fecha, com a renovação do ar vindo de outras regiões.

1 O ácido clorídrico é gerado a partir de uma série de reações complexas com halogênios orgânicos e radicais hidroxila.

2 O nitrato de cloro, ClONO<sub>2</sub>, pode ser gerado a partir do seguinte conjunto de reações químicas:

I. Os radicais hidroxila podem combinar-se com os radicais cloro e formar ácido hipocloroso:  
 $\text{OH}_{(g)} + \text{Cl}_{(g)} \rightarrow \text{HCLO}_{(g)}$

II. Os radicais ClO<sub>2</sub> podem combinar-se com dióxido de nitrogênio e formar o nitrato de cloro:  
 $\text{ClO}_{(g)} + \text{NO}_{2(g)} \rightarrow \text{ClONO}_{2(g)}$

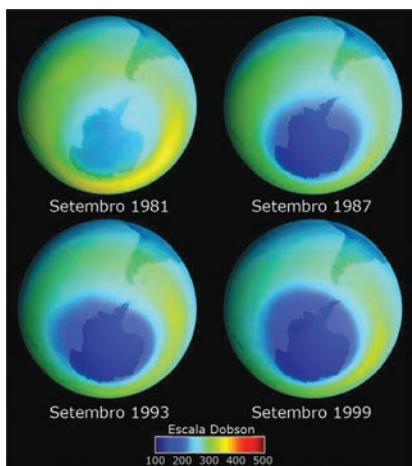


Imagen de satélite colorizada artificialmente mostrando o buraco na camada de ozônio sobre a Antártida (região azul-escura). Evolução do buraco na camada de ozônio nos anos de 1981, 1987, 1993 e 1999.

Disponível em: <<http://earthobservatory.nasa.gov>>.

No Ártico, também ocorre a formação de vortex, porém menos intenso e duradouro que no Antártico. Portanto, no Polo Norte o buraco na camada de ozônio é menor do que no Polo Sul, devido

- à menor atração de massas de ar de outras regiões, gerando menor acúmulo de catalisadores da decomposição do ozônio;
- às temperaturas mais altas, dificultando a formação de nuvens e microcristais de gelo que armazenam tais catalisadores.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01.** Os óxidos são compostos binários em que o elemento de maior eletronegatividade é o oxigênio. Alguns desses óxidos causam impactos ambientais incalculáveis, ameaçando, inclusive, a existência de vida em nosso planeta. Com base nessa afirmação e em conhecimentos correlatos, **JULGUE** os itens.

- ( ) O CO<sub>2</sub> é um gás obtido pela combustão completa de todo tipo de matéria orgânica. Seu excesso na atmosfera agrava o efeito estufa, que altera as condições do clima de várias regiões.
- ( ) O dióxido de carbono também é um dos responsáveis pelo fenômeno *El Niño*.
- ( ) O monóxido de carbono e os aldeídos são poluentes atmosféricos obtidos pela oxidação incompleta de combustíveis orgânicos.
- ( ) Entre os combustíveis de veículos automotores utilizados no Brasil, o menos poluidor é o álcool (etanol) e o mais poluidor é o diesel.
- ( ) O ozônio livre em porções baixas da atmosfera é um poluente atmosférico.

**02. JULGUE** os itens.

- ( ) O CO<sub>2</sub> contribui para o agravamento do efeito estufa na Terra, já que sua concentração tem aumentado devido ao aumento cada vez maior da queima de combustíveis e à diminuição do processo de fotossíntese em decorrência da devastação das florestas.
- ( ) A gasolina combustível possui um teor máximo de 25% de álcool que é utilizado como antidetonante e que diminui a quantidade de CO lançada na atmosfera.

**03.** (UFMG) O efeito estufa, causado pelo acúmulo de gás carbônico, CO<sub>2</sub>, na atmosfera, tem contribuído para um significativo aumento da temperatura média da Terra. Todas as alternativas apresentam processos que produzem gás carbônico, **EXCETO**

- A) A fabricação de cal, CaO, pelo aquecimento de carbonato de cálcio, CaCO<sub>3</sub>.
- B) A fotossíntese realizada pelas plantas.
- C) A queima de combustível por um motor de automóvel.
- D) A queima de gás em um fogão.
- E) A queimada de florestas.

**04.** (UFOP-MG-2008) Cerca de 55% da radiação solar é refletida ou usada em processos naturais e 45% são convertidos em calor. A maior parte deste escapa como radiação infravermelha e pode ser retida por certos gases na atmosfera, o que provoca o fenômeno conhecido como efeito estufa. São gases que contribuem para esse efeito

- A) H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFCs.
- B) H<sub>2</sub>O, CO, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CFCs.
- C) H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CFCs.
- D) H<sub>2</sub>O, CO, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>.

**05.** (UEM-PR-2007) Sobre os gases CFCs e outros gases que podem destruir a camada de ozônio, assinale a alternativa **CORRETA**.

- A) Os gases CFCs são instáveis e degradam-se com liberação de O<sub>3</sub>, que atua como filtro da radiação UV-B.
- B) O cloro proveniente dos gases CFC ataca e destrói a molécula de ozônio, que é o agente protetor contra as radiações UV.
- C) Os gases hálons usados nos sistemas de refrigeração, propulsão e combate a incêndio podem escapar para a troposfera, destruindo o carbono da camada de ozônio.
- D) O bromoclorotrifluormetano é um exemplo de gás hálon que contribui para a destruição da camada de ozônio.
- E) O buraco da camada de ozônio acentua-se no inverno, quando o cloro preso nas nuvens de gelo sobre o Polo Sul se desprende.

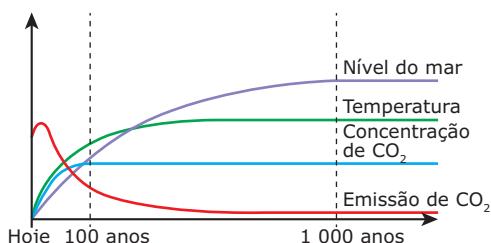
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFMG) A queima de combustíveis fósseis nos veículos automotores e nas indústrias e as grandes queimadas nas regiões de florestas tropicais são duas das principais causas do aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera. Esse aumento – cerca de 11% nos últimos trinta anos – contribuiu para a elevação da temperatura média do globo terrestre, através do efeito estufa. Desse ponto de vista, o uso do álcool como combustível em automóveis é interessante, porque não contribui, de forma permanente, para o aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono.
- A alternativa que **MELHOR** explica essa vantagem do álcool etílico é:
- A queima do etanol é completa.
  - A queima do etanol não produz CO<sub>2</sub>.
  - O catalisador usado nos carros a etanol impede a formação de CO<sub>2</sub>.
  - O replantio da cana-de-açúcar consome CO<sub>2</sub>.
- 02.** (UNESP-2008) A queima dos combustíveis fósseis (carvão e petróleo), assim como dos combustíveis renováveis (etanol, por exemplo), produz CO<sub>2</sub> que é lançado na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa e possível aquecimento global. Por qual motivo o uso do etanol é preferível ao da gasolina?
- O etanol é solúvel em água.
  - O CO<sub>2</sub> produzido na queima dos combustíveis fósseis é mais tóxico do que aquele produzido pela queima do etanol.
  - O CO<sub>2</sub> produzido na queima da gasolina contém mais isótopos de carbono-14 do que aquele produzido pela queima do etanol.
  - O CO<sub>2</sub> produzido na queima do etanol foi absorvido recentemente da atmosfera.
  - O carbono do etanol é proveniente das águas subterrâneas.
- 03.** (UnB-DF) Entre os poluentes da atmosfera, pode-se encontrar, em quantidades muito pequenas, a amônia. Ela se origina da fermentação de materiais orgânicos, de algumas atividades industriais (como a obtenção de fertilizantes) e de certas regiões rurais, pela ação de micro-organismos em fertilizantes (como a ureia e os sais de amônio).
- Com relação ao assunto do texto, **JULGUE** os itens.
- ( ) A grande importância da síntese industrial da amônia está na produção dos freons.
- ( ) Óxidos de enxofre e de nitrogênio, bem como aldeídos e ozônio, são exemplos de outros poluentes de atmosferas urbanas.
- 04** (Mackenzie-SP-2006) Uma teoria sobre o aquecimento global da Terra propõe que a elevação da temperatura está relacionada, principalmente, com o crescente aumento do teor de gás carbônico atmosférico. O gás carbônico, assim como os vidros transparentes de uma estufa usada no cultivo de flores, permite a entrada de luz solar, mas dificulta a dissipação do calor para o espaço. Esse comportamento
- é a causa da chuva ácida.
  - leva à destruição da camada de ozônio.
  - provoca a solidificação de grandes massas de água nos polos.
  - é, possivelmente, minimizado pela presença de alguns aerossóis (partículas em suspensão na atmosfera), que rebatem a luz solar, diminuindo a radiação que aquece a Terra.
  - não interfere na temperatura da superfície do planeta.
- 05.** (Unimontes-MG-2007) A atmosfera do planeta Terra é única e sem barreiras que possam reter, em determinado local, os materiais nela lançados. Esses materiais são transformados durante o seu deslocamento até sua absorção por sorvedouros, como mostram as figuras a seguir:
- 

Em relação ao caminho dos materiais lançados na atmosfera, é **INCORRETO** afirmar que

- a atmosfera terrestre constitui um ambiente bastante oxidante, devido principalmente à alta concentração de oxigênio.
- os materiais particulados, dispersos no ar, adsorcem gases e líquidos, assim como gotas de água das nuvens dissolvem gases.
- a atmosfera é o primeiro receptor da radiação solar que chega ao planeta, e os seres vivos e água são os receptores finais.
- o tempo de permanência, no planeta, dos materiais transportados independe das interações e de sua absorção por sorvedouros.

- 06.** (UFG-2010) O gráfico a seguir representa uma previsão futura sobre as condições ambientais na Terra.



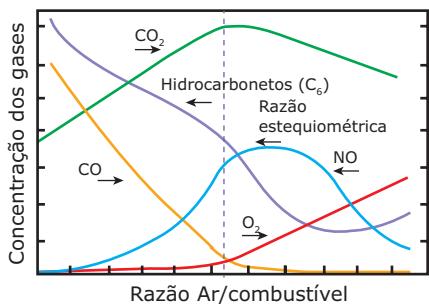
Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesisppm/synthesis-spm-en.pdf>>  
Acesso em: 30 out. 2009.

Com base nessa figura, é possível concluir que, de hoje até os próximos 1 000 anos, a emissão de CO<sub>2</sub>

- A) levará a um aumento do nível do mar.
- B) diminuirá, como resultado da estabilização da concentração de CO<sub>2</sub>.
- C) apresentará um máximo como consequência do constante aumento da temperatura na Terra e do nível do mar.
- D) se estabilizará juntamente com a temperatura.
- E) diminuirá na mesma proporção que aumenta o nível do mar.

- 07.** (UFG-2010) Entre os atuais problemas ambientais estão a chuva ácida, a poluição atmosférica e o efeito estufa, sendo o último causado por gases como o dióxido de carbono e o metano. Por outro lado, as substâncias que contribuem para o aumento da poluição atmosférica são óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre e compostos aromáticos.

A figura a seguir mostra o gráfico das emissões de um motor a gasolina em função da mistura ar / combustível, operando em condições de mistura: deficiente, estequiométrica e rica em oxigênio.

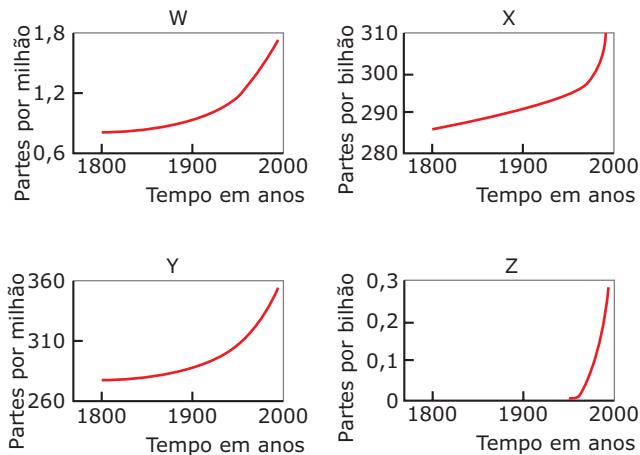


QUÍMICA NOVA , 2003, 26(2), 265 (Adaptação).

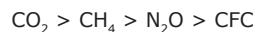
Com base nas informações apresentadas,

- A) **JUSTIFIQUE** em qual condição de mistura o motor emite as menores quantidades dos gases responsáveis pelo efeito estufa;
- B) Por que as quantidades de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos são menores no lado direito do gráfico?

- 08.** (UERJ-2008) As concentrações de alguns gases vêm crescendo na atmosfera em função da atividade humana e poderão acarretar consequências ecológicas graves. Cada um dos gráficos a seguir mostra, em diferentes escalas, a variação temporal das concentrações dos seguintes gases: carbônico, óxido nitroso, metano e clorofluorcarbonos (CFC).



Em 2000, essas concentrações encontravam-se na seguinte ordem:



Os gráficos correspondentes à variação da concentração atmosférica dos dois gases mais importantes, em termos de responsabilidade pelo incremento do aquecimento global, são

- A) Y e W.
- B) Z e X.
- C) Y e Z.
- D) X e W.

- 09.** (FUVEST-SP) Entidades ligadas à preservação ambiental têm exercido fortes pressões para a redução da produção de gases CFCs (clorofluorcarbonos). Isso se deve, principalmente, ao fato de os CFCs

- A) reagirem com H<sub>2</sub>O, produzindo ácidos e chuva ácida.
- B) reagirem espontaneamente com O<sub>2</sub>, produzindo CO<sub>2</sub> e agravando o efeito estufa.
- C) escaparem para o espaço, provocando o fenômeno da inversão térmica.
- D) reagirem com oxigênio a baixas pressões, produzindo ozônio.
- E) produzirem sob a ação da luz radicais livres, que reagem com o ozônio.

- 10.** (UFES) O ozônio,  $O_3$ , está normalmente presente na estratosfera e oferece proteção contra a radiação ultravioleta do Sol, prejudicial aos organismos vivos. O desaparecimento de ozônio na estratosfera é consequência, assim se admite, da decomposição do  $O_3$  catalisada por átomos de cloro. Os átomos de cloro presentes na estratosfera provêm, principalmente,
- da decomposição dos clorofluorcarbonos usados em sistemas de refrigeração, propelentes de aerossóis domésticos, etc.
  - das indústrias que fazem a eletrólise do  $NaCl_{(aq)}$  para a produção de gás  $Cl_2$ .
  - da evaporação da água do mar, que arrasta grande quantidade de íons cloreto.
  - do processo de branqueamento de polpa de celulose, que usa componentes clorados.
  - dos alvejantes domésticos que têm grande quantidade de cloro ativo.
- 11.** (UEM-PR-2009) Sobre a atmosfera, sua estrutura e composição e os efeitos da ação humana, assinale o que for **CORRETO**.
- Cerca de 78% da atmosfera é constituída por gás hidrogênio e gás oxigênio. O restante é composto por outros gases (entre eles o carbônico, o nitrogênio e o hélio), além de partículas de poeira, cinza e vapor-d'água.
  - A troposfera é a camada que envolve a superfície terrestre, está diretamente integrada ao habitat humano e contém cerca de 80% dos gases que compõem a atmosfera.
  - Na ionosfera, ocorre a reflexão dos raios ultravioleta emitidos pelo Sol. Esse fenômeno é vital para a manutenção do calor na superfície do planeta. Sem ele, ocorreria o resfriamento e perder-se-iam as condições para o desenvolvimento da vida.
  - Os CFCs, compostos formados pelos elementos cloro, flúor e carbono, utilizados durante anos em geladeiras, condicionadores de ar, isolantes térmicos e sprays, dão origem, na estratosfera, a átomos de cloro livres que são os responsáveis pela reação que leva ao aumento nos buracos na camada de ozônio.
  - $CO_2$  é um gás incolor, no entanto, quando esse é expelido de um extintor de incêndio, forma-se uma nuvem branca resultante do resfriamento e da condensação de vapor de água.
- Soma ( )
- 12.** (Unicamp-SP-2011) Cerca de 1/4 de todo o dióxido de carbono liberado pelo uso de combustíveis fósseis é absorvido pelo oceano, o que leva a uma mudança em seu pH e no equilíbrio do carbonato na água do mar. Se não houver uma ação rápida para reduzir as emissões de dióxido de carbono, essas mudanças podem levar a um impacto devastador em muitos organismos que possuem esqueletos, conchas e revestimentos, como os corais, os moluscos, os que vivem no plâncton, e no ecossistema marinho como um todo.

Levando-se em conta a capacidade da água de dissolver o dióxido de carbono, há uma proposta de se bombear esse gás para dentro dos oceanos, em águas profundas. Considerando-se o exposto no texto inicial e a proposta de bombeamento do dióxido de carbono nas águas profundas, pode-se concluir que esse bombeamento

- favoreceria os organismos que utilizariam o carbonato oriundo da dissolução do gás na água para formar suas carapaças ou exoesqueletos, mas aumentaria o nível dos oceanos.
- diminuiria o problema do buraco da camada de ozônio, mas poderia comprometer a vida marinha.
- diminuiria o problema do efeito estufa, mas poderia comprometer a vida marinha.
- favoreceria alguns organismos marinhos que possuem esqueletos e conchas, mas aumentaria o problema do efeito estufa.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2009) Potencializado pela necessidade de reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa, o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e limpas dificilmente resultará em um modelo hegemônico. A tendência é que cada país crie uma combinação própria de matrizes, escolhida entre várias categorias de biocombustíveis, a energia solar ou a eólica e, mais tarde, provavelmente o hidrogênio, capaz de lhe garantir eficiência energética e ajudar o mundo a atenuar os efeitos das mudanças climáticas. O hidrogênio, em um primeiro momento, poderia ser obtido a partir de hidrocarbonetos ou de carboidratos.

Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br>>. Acesso em: mar. 2007 (Adaptação).

Considerando-se as fontes de hidrogênio citadas, a de **MENOR** impacto ambiental seria

- aquela obtida de hidrocarbonetos, pois possuem maior proporção de hidrogênio por molécula.
- aquela de carboidratos, por serem estes termodinamicamente mais estáveis que os hidrocarbonetos.
- aquela de hidrocarbonetos, pois o carvão resultante pode ser utilizado também como fonte de energia.
- aquela de carboidratos, uma vez que o carbono resultante pode ser fixado pelos vegetais na próxima safra.
- aquela de hidrocarbonetos, por estarem ligados a carbonos tetraédricos, ou seja, que apresentam apenas ligações simples.

- 02.** (Enem-1998) Um dos índices de qualidade do ar diz respeito à concentração de monóxido de carbono (CO), pois esse gás pode causar vários danos à saúde. A tabela a seguir mostra a relação entre a qualidade do ar e a concentração de CO.

Qualidade do ar	Concentração de CO - p.p.m.* (média de 8 h)
Inadequada	15 a 30
Péssima	30 a 40
Critica	Acima de 40

\*p.p.m. (parte por milhão) = 1 micrograma ( $10^{-6}$  g) de CO por grama de ar

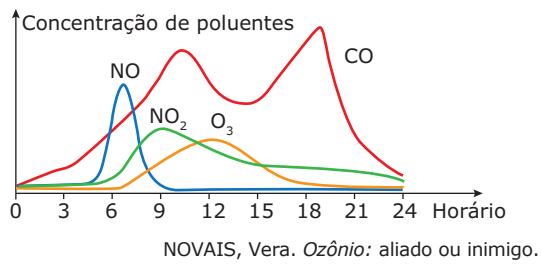
Para analisar os efeitos do CO sobre os seres humanos, dispõe-se dos seguintes dados:

Concentração de CO - p.p.m.	Sintomas em seres humanos
10	Nenhum
15	Diminuição da capacidade visual
60	Dores de cabeça
100	Tonturas, fraqueza muscular
270	Inconsciência
800	Morte

Suponha que você tenha lido em um jornal que, na cidade de São Paulo, foi atingido um péssimo nível de qualidade do ar. Uma pessoa que estivesse nessa área poderia

- A) não apresentar nenhum sintoma.
- B) ter sua capacidade visual alterada.
- C) apresentar fraqueza muscular e tontura.
- D) ficar inconsciente.
- E) morrer.

- 03.** (Enem-1999) O gráfico a seguir refere-se às variações das concentrações de poluentes na atmosfera, no decorrer de um dia útil, em um grande centro urbano.



NOVAIS, Vera. Ozônio: aliado ou inimigo. São Paulo: Scipione, 1998. (Adaptação).

As seguintes explicações foram dadas para essas variações:

- I. A concentração de NO diminui, e a de NO<sub>2</sub> aumenta em razão da conversão de NO em NO<sub>2</sub>.
- II. A concentração de monóxido de carbono no ar está ligada à maior ou à menor intensidade de tráfego.
- III. Os veículos emitem óxidos de nitrogênio apenas nos horários de pico de tráfego do período da manhã.
- IV. Nos horários de maior insolação, parte do ozônio da estratosfera difunde-se para camadas mais baixas da atmosfera.

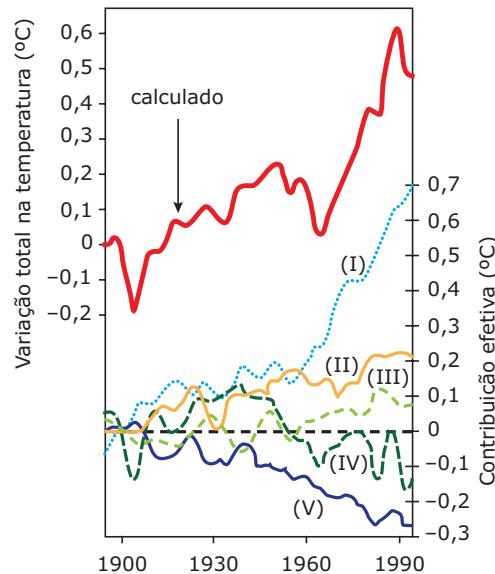
Dessas explicações, são plausíveis somente

- A) I e II. C) II e III. E) III e IV.
- B) I e III. D) II e IV.

- 04.** (Enem-2006) As florestas tropicais úmidas contribuem muito para a manutenção da vida no planeta, por meio do chamado sequestro de carbono atmosférico. Resultados de observações sucessivas, nas últimas décadas, indicam que a Floresta Amazônica é capaz de absorver até 300 milhões de toneladas de carbono por ano. Conclui-se, portanto, que as florestas exercem importante papel no controle

- A) das chuvas ácidas, que decorrem da liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono resultante dos desmatamentos por queimadas.
- B) das inversões térmicas, causadas pelo acúmulo de dióxido de carbono resultante da não dispersão dos poluentes para as regiões mais altas da atmosfera.
- C) da destruição da camada de ozônio, causada pela liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono contido nos gases do grupo dos clorofluorcarbonos.
- D) do efeito estufa provocado pelo acúmulo de carbono na atmosfera, resultante da queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo.
- E) da eutrofização das águas, decorrente da dissolução, nos rios, do excesso de dióxido de carbono presente na atmosfera.

- 05.** (Enem-2007) O gráfico a seguir ilustra o resultado de um estudo sobre o aquecimento global. A curva mais escura e contínua representa o resultado de um cálculo em que se considerou a soma de cinco fatores que influenciaram a temperatura média global de 1900 a 1990, conforme mostrado na legenda do gráfico. A contribuição efetiva de cada um desses cinco fatores isoladamente é mostrada na parte inferior do gráfico.



Legenda: (I) Gases estufa (IV) Atividade vulcânica  
(II) Atividade solar (V) Ozônio  
(III) Aerossóis

Disponível em: <solar-center.stanford.edu>.

Os dados apresentados revelam que, de 1960 a 1990, contribuíram de forma efetiva e positiva para aumentar a temperatura atmosférica

- A) aerossóis, atividade solar e atividade vulcânica.
- B) atividade vulcânica, ozônio e gases estufa.
- C) aerossóis, atividade solar e gases estufa.
- D) aerossóis, atividade vulcânica e ozônio.
- E) atividade solar, gases estufa e ozônio.

**06.** (Enem-2009) A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio ( $N_2$ ) e oxigênio ( $O_2$ ), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico ( $CO_2$ ), vapor de água ( $H_2O$ ), metano ( $CH_4$ ), ozônio ( $O_3$ ) e o óxido nitroso ( $N_2O$ ), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos de pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o  $CO_2$ , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de  $CO_2$  na atmosfera: o desmatamento.

BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S.

Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. In: A. G. Moreira; S. Schwartzman. *As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros*. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000 (Adaptação).

Considerando-se o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é

- A) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- B) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de  $CH_4$ .
- C) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o  $CO_2$  da atmosfera.
- D) aumentar a concentração atmosférica de  $H_2O$ , molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
- E) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

**07.** (Enem-2010) O aquecimento global, ocasionado pelo aumento do efeito estufa, tem como uma de suas causas a disponibilização acelerada de átomos de carbono para a atmosfera. Essa disponibilização acontece, por exemplo, na queima de combustíveis fósseis, como a gasolina, os óleos e o carvão que libera o gás carbônico ( $CO_2$ ) para a atmosfera. Por outro lado, a produção de metano ( $CH_4$ ), outro gás causador do efeito estufa, está associada à pecuária e à degradação de matéria orgânica em aterros sanitários.

Apesar dos problemas causados pela disponibilização acelerada dos gases citados, eles são imprescindíveis à vida na Terra e importantes para a manutenção do equilíbrio ecológico, porque, por exemplo, o

- A) metano é fonte de carbono para os organismos fotossintetizantes.
- B) metano é fonte de hidrogênio para os organismos fotossintetizantes.
- C) gás carbônico é fonte de energia para os organismos fotossintetizantes.
- D) gás carbônico é fonte de carbono inorgânico para os organismos fotossintetizantes.
- E) gás carbônico é fonte de oxigênio molecular para os organismos heterotróficos aeróbios.

**08.** (Enem-2010) Os corais que formam o banco dos Abrolhos, na Bahia, podem estar extintos até 2050 devido a uma epidemia. Por exemplo, os corais-cérebro já tiveram cerca de 10% de sua população afetada pela praga-branca, a mais prevalente das seis doenças identificadas em Abrolhos, causada provavelmente por uma bactéria. Os cientistas atribuem a proliferação das patologias ao aquecimento global e à poluição marinha. O aquecimento global reduziria a imunidade dos corais ou estimularia os patógenos causadores desses males, trazendo novos agentes infecciosos.

FURTADO, F. Peste branca no mar. *Ciência hoje*. Rio de Janeiro, v. 42, 251, ago. 2008 (Adaptação).

A fim de combater a praga-branca, a medida mais apropriada, segura e de efeitos mais duradouros seria

- A) aplicar antibióticos na águas litorâneas de Abrolhos.
- B) substituir os aterros sanitários por centros de reciclagem de lixo.
- C) introduzir, nas águas de Abrolhos, espécies que se alimentem da bactéria causadora da doença.
- D) aumentar, mundialmente, o uso de transportes coletivos e diminuir a queima de derivados de petróleo.
- E) criar uma lei que projeta os corais, impedindo que mergulhadores e turistas se aproximem deles e os contaminem.

**09.** Alguns campos de pré-sal descobertos recentemente pela Petrobras possuem considerável quantidade de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), um dos gases causadores do efeito estufa que mais contribui para as mudanças climáticas. Por essa razão, a estatal brasileira tem concentrado pesquisas nessas áreas com o objetivo de “sequestrar”, transportar, processar e armazenar o gás carbônico encontrado junto ao petróleo das camadas exploradas.

A Petrobras já testa o sistema de reinjeção de  $\text{CO}_2$  em campos de petróleo desde 1988, quando aplicou tal processo no Recôncavo Baiano. Esse processo funciona da seguinte forma: o gás é separado do petróleo e, posteriormente, é reinjetado no próprio reservatório de onde foi originalmente extraído, através de poços perfurados. Essa tecnologia está em fase de testes nos campos petrolíferos de Tupi, na bacia de Santos, onde 12% do  $\text{CO}_2$  da camada pré-sal encontram-se concentrados.

Disponível em: [http://www.aquiacontece.com.br/index.php?pag=meio\\_ambiente&cod=250](http://www.aquiacontece.com.br/index.php?pag=meio_ambiente&cod=250). Acesso em: 08 set. 2010.  
(Adaptação).

A tecnologia de reinjeção de gás carbônico nos próprios reservatórios de onde o petróleo foi extraído é um processo

- A) questionável, pois apresenta um risco de vazamento de  $\text{CO}_2$ , o que traria consequências catastróficas.
- B) ecologicamente incorreto, já que diminui a quantidade de gás carbônico gerado por ações antropogênicas.
- C) economicamente viável, pois os custos para a separação do  $\text{CO}_2$  do petróleo são baixos, já que não envolvem reações químicas.
- D) tecnicamente simples, porque as altas pressões no fundo do mar impedem o escape de gases para a superfície.
- E) viável para todos os postos de petróleo perfurados, já que eles apresentam uniforme concentração de  $\text{CO}_2$ .

## GABARITO

### Fixação

- 01. V F V V V
- 02. V V
- 03. B
- 04. A
- 05. B

### Propostos

- 01. D
- 02. D
- 03. F V
- 04. D
- 05. D
- 06. D
- 07. A) Mistura deficiente em oxigênio. Conforme o gráfico, a emissão de  $\text{CO}_2$  é menos intensa quando a razão ar/combustível é pequena. Isso significa que a mistura deve ser deficiente em oxigênio, o que dificulta a oxidação completa do combustível.
- B) O lado direito do gráfico representa a condição de mistura rica em oxigênio. Em decorrência da maior probabilidade de ocorrer combustão completa, haverá maior conversão dos hidrocarbonetos presentes no combustível em  $\text{CO}_2$ , reduzindo a quantidade de monóxido de carbono produzido.
- 08. A
- 09. E
- 10. A
- 11. Soma = 26
- 12. C

### Seção Enem

- 01. D
- 02. B
- 03. A
- 04. D
- 05. E
- 06. C
- 07. D
- 08. D
- 09. A

# QUÍMICA

## Química ambiental II

MÓDULO

24

FRENTE  
D

### IMPACTOS AMBIENTAIS NOS SOLOS

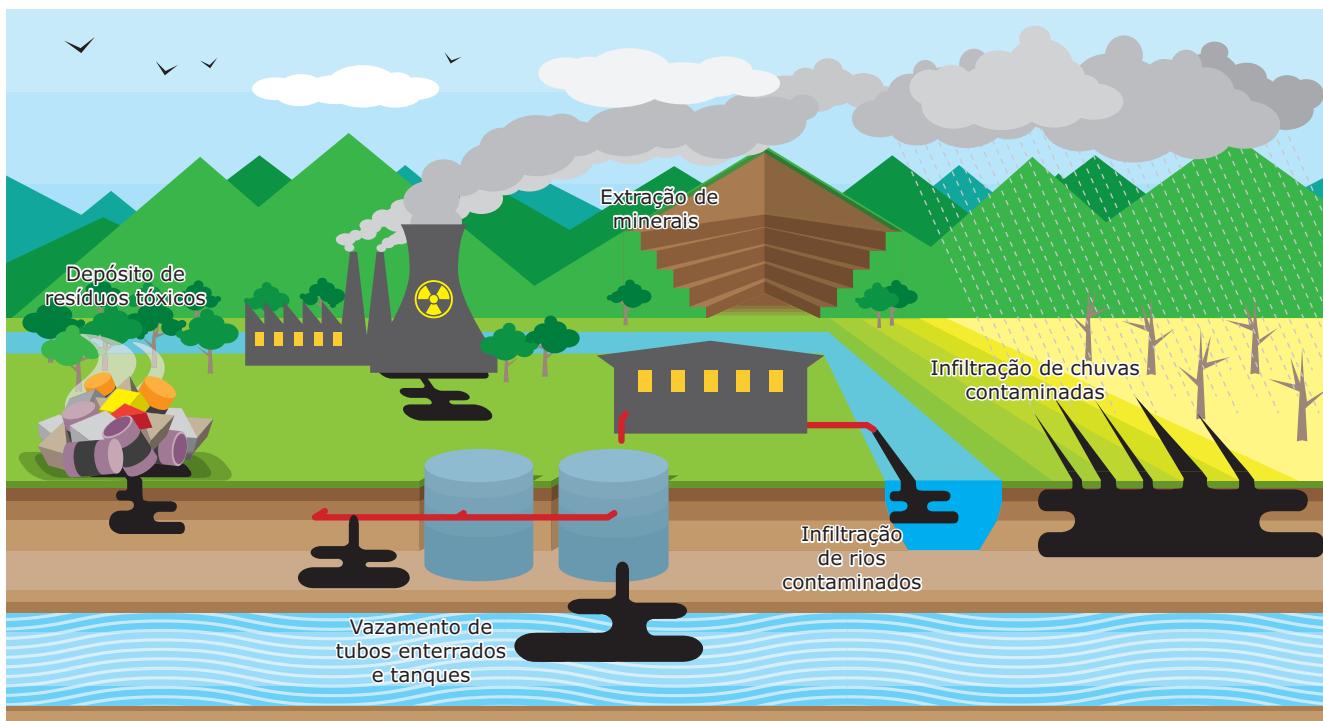
O solo constitui a camada superficial da crosta terrestre. Ele é formado pelo intemperismo das rochas e, por isso, é composto por partículas minerais. Além de minerais, apresenta em sua constituição água, ar, substâncias orgânicas e organismos vivos (bactérias, fungos e pequenos animais).

Muitos poluentes ficam retidos no solo, já que ele funciona como um filtro que impede a passagem de compostos químicos para a água subterrânea. A sua poluição consiste no depósito desses poluentes sobre a sua superfície ou no seu interior, capazes de provocar alterações significativas em sua estrutura e composição natural.

Além disso, o solo constitui um meio no qual muitos compostos orgânicos são decompostos.

As principais atividades antropogênicas que levam à poluição do solo são:

- a utilização de fertilizantes e de agrotóxicos na produção agrícola;
- o descarte de resíduos da produção industrial e os vazamentos de matéria-prima ou produtos finais;
- a estocagem e a distribuição de combustíveis e lubrificantes;
- a utilização de substâncias tóxicas na extração de metais na mineração;
- a produção de energia em usinas nucleares, quando há vazamento de produtos radioativos em acidentes nucleares;
- a deposição de lixo sem tratamento, a não reciclagem e o não reuso de materiais;
- os despejos de esgoto sem tratamento ou de resíduos de seu tratamento, os quais são ricos em nutrientes.



A poluição do solo ocorre pelo depósito de substâncias capazes de provocar alterações em sua estrutura e composição natural.

Os processos que levam à contaminação do solo podem ser minimizados com a remoção da fonte poluidora e com o bloqueio das vias de transferência (isolamento da área).

Para a descontaminação do solo, pode-se, ainda, removê-lo do local contaminado e tratá-lo com processos físicos (lavagem do solo), químicos (combustão, pirólise e adição de substâncias químicas que convertem produtos tóxicos e produtos inertes ou inofensivos) e biológicos (adição de organismos que metabolizam, decompõem, os poluentes). Depois desses processos, o solo é devolvido ao seu local de origem.

## Os fertilizantes e os agrotóxicos

Para suprir a demanda mundial por alimentos, os grandes produtores utilizam fertilizantes e agrotóxicos com a finalidade de aumentar a produtividade agrícola.

Os fertilizantes são sistemas formados por diversas substâncias orgânicas ou minerais, que são macro e micronutrientes dos vegetais, e são utilizados para aumentar a disponibilidade desses nutrientes no solo, o que aumenta sua fecundidade e produtividade. No entanto, o uso excessivo desses compostos gera desequilíbrio ecológico. Os agentes decompositores não conseguem processá-los na mesma proporção em que são adicionados ao solo, provocando, neste, um aumento da concentração de nutrientes – eutrofização. Esse excesso pode causar um decréscimo de matéria orgânica no solo e alterar a sua capacidade de retenção de água.

Os agrotóxicos são substâncias tóxicas usadas para combater as pragas que atacam as plantações: ácaros, ervas daninhas, fungos, bactérias e insetos.

O controle biológico das culturas é uma alternativa para substituição dos agrotóxicos. Consiste no combate às pragas através de seus predadores ou parasitas naturais, como, por exemplo, a criação de vírus transgênicos, desenvolvidos para, em determinadas condições, atacarem exclusivamente certas larvas ou insetos. Nesse tipo de controle, os vírus atacam apenas algumas espécies, sendo inofensivos para outras, e se autodestruidos quando seu trabalho termina.

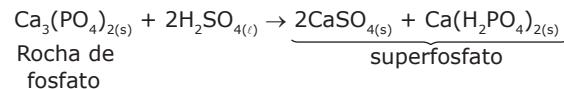
Outro método utilizado para substituir ou minimizar o uso de agrotóxicos é a utilização de feromônios naturais (substâncias químicas que alteram o comportamento dos animais).

Ao pulverizar uma cultura com feromônios que advertem os insetos de uma determinada espécie sobre uma situação de perigo, consegue-se afastá-los da plantação. Pode-se, também, fazer armadilhas colocando-se, em seu interior, feromônios que atraem os machos de uma determinada espécie que visam à reprodução. Dessa forma, esses machos ficarão aprisionados nas armadilhas, diminuindo a sua disponibilidade para a reprodução, o que reduz, consideravelmente, o número desses insetos na plantação.

## Poluição por fosfatos

Os fosfatos são encontrados em águas que escorrem de terras excessivamente tratadas com fertilizantes do tipo NPK. Os fertilizantes do tipo NPK são constituídos de compostos dos três macronutrientes de um vegetal: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Nesse tipo de fertilizante, o fósforo geralmente se encontra na forma de óxido ( $P_2O_5$ ) que, em contato com a água do solo, é convertido em fosfato ( $PO_4^{3-}$ ).

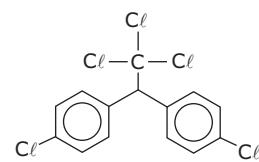
Outro tipo de fertilizante muito utilizado é o superfosfato, que é uma mistura de sulfatos e fosfatos obtida pelo tratamento da rocha de fosfato com ácido sulfúrico.



As terras onde se pratica a pecuária intensiva também são contaminadas com fosfatos eliminados nas excretas dos animais.

## Poluição por DDT e outros pesticidas

Essas substâncias utilizadas, principalmente, na agricultura, mesmo em baixa concentração, são altamente tóxicas. A concentração desses produtos no solo envenena alimentos e sua presença na água mata os seres vivos aquáticos, como peixes e crustáceos. Muitos reduzem a quantidade de insetos úteis nas plantações e, dessa forma, provocam o aparecimento de novas pragas e enfermidades vegetais. Outros pesticidas são cancerígenos, representando um perigo à saúde humana.



Estrutura do DDT

## A estocagem e a distribuição de produtos químicos

Tubulações ou reservatórios que armazenam produtos químicos em indústrias, em postos e em refinarias de combustíveis, bem como os reservatórios de caminhões transportadores, quando são danificados por impacto mecânico ou deteriorados por corrosão, permitem o vazamento de substâncias químicas que contaminam o solo.

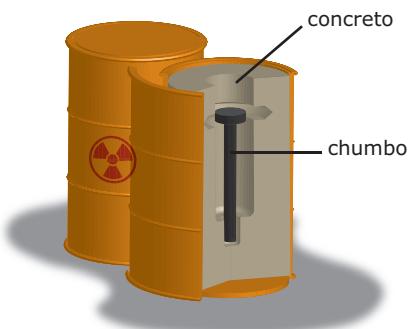
## Os radionuclídeos

Um acidente em reatores de usina nuclear, em laboratórios de pesquisas nucleares, na produção de radiofármacos ou em testes de explosão de armas nucleares pode gerar contaminação direta do solo. A contaminação pode ser acentuada quando a nuvem de poeira radioativa gerada pelo acidente dispersa para locais distantes por meio da chuva e do vento.

Alguns materiais radioativos também são utilizados em máquinas que auxiliam no tratamento de câncer, como as bombas de célio e de cobalto. Nessas máquinas, o material radioativo é utilizado como fonte de radiação gama, que é administrada ao paciente com câncer na tentativa de destruir as células cancerígenas sem afetar os tecidos saudáveis.

Em 1987, na cidade de Goiânia, uma cápsula de chumbo contendo cerca de 100 gramas de cloreto de célio-137 ( $\text{CsCl}$ ) foi removida de um aparelho de radioterapia abandonado. Várias pessoas tiveram contato direto com esse material, que se espalhou em uma determinada região, gerando várias toneladas de lixo radioativo.

Para evitar que resíduos radioativos contaminem o solo, estes devem ser vitrificados, armazenados em blocos de vidro (evitando que a água os dissolva e que haja oxidação por contato com o ar), e, posteriormente, introduzidos em tonéis ou contêineres que contêm uma camada interna espessa de chumbo e uma camada externa de concreto, a fim de evitar que as radiações emitidas desses materiais tenham contato com o meio ambiente.



No tambor, o lixo atômico fica dentro do recipiente de chumbo mais interno.

## Mineração

A exploração de minérios de elementos radioativos ou não radioativos expõe tais minérios às intempéries atmosféricas e climáticas. Essa exposição pode levar à contaminação de solos próximos ao local de exploração através da erosão e lixiviação. Já em solos distantes da mina de exploração, a contaminação se dá por dissolução em águas que penetram no solo ou por arraste de partículas sólidas pelo vento.

## Os lixões e os aterros

Os lixões são locais onde são depositados os resíduos urbanos sem nenhuma forma de tratamento ou reciclagem.

Nesses locais, a decomposição da matéria orgânica origina o chorume, um líquido de cor escura e odor forte que atrai insetos que trazem doenças aos seres humanos. O seu tratamento é fundamental para a preservação do meio ambiente, pois pode atingir lençóis freáticos, rios e córregos, causando a contaminação desses recursos hídricos.

Existem algumas soluções para minimizar a contaminação do solo por lixões, como a separação seletiva do lixo, a reciclagem e o reuso dos materiais descartados e a utilização de aterros sanitários.

Nos aterros sanitários, há a disposição de resíduos sólidos na menor área possível de solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, minimizando, assim, os impactos ambientais.

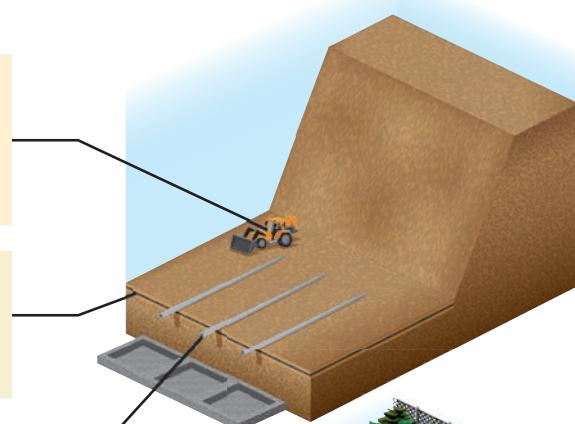
O local a ser instalado um aterro deve ser criteriosamente avaliado, de forma a se evitar a possibilidade de contaminação dos lençóis freáticos, dos lagos e dos rios. Além disso, é importante verificar a ausência de populações próximas.

O infográfico a seguir descreve a configuração de um aterro sanitário.

**Processo de construção de um aterro sanitário**

1

A construção de um aterro sanitário inicia-se com a escavação de um grande buraco em um terreno previamente estudado. Esse terreno deve apresentar um tipo de solo adequado para a construção (que não seja muito arenoso) além de ser necessário manter uma distância de 2 metros acima do lençol freático.



2

Sobre a terra compactada no fundo do buraco, é construída uma camada impermeabilizante constituída de polietileno de alta densidade e, logo acima desta, é construída uma camada de pedra britada, por onde irão escorrer os líquidos e os gases produzidos pelo lixo.



3

Para drenar o líquido que sai do lixo (percolado), são instaladas, a cada 20 metros, calhas de concreto, que levarão a mistura para lagoas de acumulação.



4

A área ao redor do aterro é cercada, a fim de evitar invasões e degradação por terceiros. Em São Paulo, por exemplo, essa área consiste em um cinturão verde com 50 metros de largura.



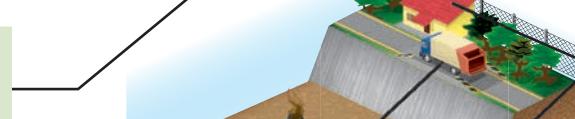
5

O lixo armazenado no aterro libera gases, principalmente o gás metano, que podem ser coletados em tambores ou liberados na atmosfera. Esses gases são captados por tubos verticais até a superfície do aterro.



6

Cada camada do aterro tem 5 metros: 4 metros de lixo e 1 metro de terra mais a camada impermeabilizante. Em cidades pequenas, os aterros possuem 3 camadas, mas, nas metrópoles, chegam a ter 20 camadas.



7

O percolado produzido pode ser tratado no próprio aterro e lançado no esgoto ou coletado em espécies de piscinões para, posteriormente, serem transportados às estações de tratamento.



8

Balanças parecidas com as das estradas controlam a quantidade de lixo que chega ao aterro em cada caminhão. Caminhões coletores comuns transportam cerca de 7 a 9 toneladas de lixo.



9

Essa área é responsável por coordenar e monitorar as atividades do aterro. É realizado, também, o estudo do momento em que é necessário encerrar as atividades do aterro e a construção de um novo.



10

Quando o aterro esgota sua capacidade, é necessário fechá-lo. Para isso, coloca-se sobre ele áreas verdes de preservação. Como o terreno é instável, devido a produção de percolado e gases, não é recomendado construções sobre essas áreas.



Os resíduos, antes de serem depositados em um aterro, devem ser devidamente compactados a fim de economizar espaço útil. A sua área interna deve ser vedada com, pelo menos, duas camadas de telas impermeáveis, de forma a evitar a passagem do chorume para o solo.

Um problema grave que ocorre em depósitos de lixo é a mistura do lixo contaminado, por exemplo, o hospitalar, com o lixo comum. Isso ocorre pelo fato de não haver um processo de separação desses materiais antes do descarte. Como consequência disso, o solo pode agregar produtos tóxicos com grande potencial de contaminação.

## IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁGUAS

O lançamento de substâncias orgânicas e tóxicas nas águas superficiais (lagos, rios, mares, oceanos), o descarte de poluentes no solo sem nenhum tipo de controle e a infiltração de líquidos provenientes da decomposição do lixo no solo atingindo os lençóis freáticos geram, atualmente, um grave desequilíbrio aos ecossistemas aquáticos.

As atividades antropogênicas que levam à poluição das águas são as mesmas que levam à poluição dos solos acrescidas das chuvas ácidas e das chuvas que trazem da atmosfera partículas em suspensão.

### Poluição por fertilizantes e agrotóxicos

A utilização de fertilizantes e agrotóxicos em plantações pode contaminar a água usada na irrigação agrícola. Essa água, ao atingir os lagos, os rios ou o lençol freático, acaba por contaminar os peixes e outros animais que fazem uso dela. Por sua vez, a reutilização das águas contaminadas para novas irrigações leva à contaminação dos alimentos (frutas, verduras, legumes, etc.).

Os fertilizantes, quando em contato com águas paradas ou lentas, atuam como nutrientes (principalmente  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ ) favorecendo o crescimento de plantas superficiais, como as algas. O crescimento acelerado dessas espécies forma uma camada sobre a água que dificulta a sua oxigenação, levando ao fenômeno da eutrofização.

### Poluição pela exploração do petróleo

A exploração de poços de petróleo no fundo dos oceanos e o transporte desse produto por meio marítimo ou por oleodutos tem provocado acidentes em que ocorre o espalhamento de grandes quantidades de petróleo.

Como esse composto é menos denso do que a água, geralmente, quando ocorre seu espalhamento em rios e mares, a área afetada é isolada com boias.

Observe a seguir alguns exemplos extraídos de algumas reportagens.



Barreira utilizada para evitar que os 16 mil litros de óleo cru, vazados do navio Brota da Petrobras, cheguem à praia da baía de ilha Grande, em Angra dos Reis (município a 150 km do Rio de Janeiro), em maio de 2002. O petróleo vazou de um furo no tanque principal do navio, que estava sendo abastecido. O furo teria sido causado por corrosão.

Disponível em: <[http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesaude/album/100430vazamentos\\_album.jhtm#fotoNav=24](http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesaude/album/100430vazamentos_album.jhtm#fotoNav=24)>. Acesso em: 02 jun. 2011.



Técnicos fazem a limpeza do rio Caceribu, após vazamento de óleo combustível provocado pelo descarrilhamento de vagões de trem em Itaboraí (RJ), que contaminou grande parte da área de Preservação Ambiental de Guarapimirim, uma das mais importantes do Brasil, em abril de 2005.

Disponível em: <[http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesaude/album/100430vazamentos\\_album.jhtm#fotoNav=20](http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesaude/album/100430vazamentos_album.jhtm#fotoNav=20)>. Acesso em: 02 jun. 2011.



Vazamento de petróleo no Golfo do México: o acidente trouxe à tona a discussão sobre a segurança da exploração petrolífera.

Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/meio-ambiente-e-energia/noticias/gabrielli-preciso-reforcar-seguranca-evitar-acidentes-petroleo-572005>>. Acesso em: 02 jun. 2011.

Após o isolamento da área afetada, o petróleo sobrenadante é aspirado.

Ultimamente, são utilizados cabelo e pelos de animais dentro de meias de náilon para ajudar a absorver o óleo espesso que se aproxima das praias e das margens dos rios. O cabelo é um material extremamente eficiente na absorção de vários tipos de óleo, incluindo o petróleo. A sua utilização no interior de meias de náilon é eficaz, pois cada folículo tem grande área superficial, à qual o óleo adere-se por meio de interações intermoleculares.

Quando o petróleo é levado pelas correntes para as margens dos rios ou para as praias, o solo, naquela região, é contaminado, há a necessidade de retirar a camada atingida e submetê-la à descontaminação.

Gotículas de petróleo que boiam na superfície das águas podem aglutinar material particulado em suspensão na água, formar um sistema mais denso e decantar. Esses sedimentos, a longo prazo, geram problemas graves, pois liberam algumas substâncias potencialmente carcinogênicas que contaminam os corpos-d'água.

## Poluição por esgotos domésticos

Os esgotos domésticos lançam nos mananciais os seguintes poluentes:

- matéria orgânica, que permite o desenvolvimento de micro-organismos e a propagação de mau cheiro;
- ureia, que, posteriormente, se transformará em amônia, o que provocará a alteração do pH do meio;
- coliformes, que são prejudiciais à saúde;
- surfactantes, como sabões e detergentes, que podem produzir espuma na água;
- óleos e gorduras, que são insolúveis e, geralmente, sobrenadam a água, dificultando a absorção de gás oxigênio;
- particulados sólidos, que podem ficar em suspensão, alterando a cor, o sabor e a turbidez da água.

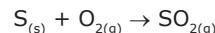
As estações de tratamento de esgoto (ETE) têm como finalidade eliminar os poluentes da água suja através de processos biológicos, químicos, de conversão de substâncias, e físicos, de separação de componentes da mistura, a fim de devolver a água a seus mananciais com níveis aceitáveis de poluentes.

## Poluição por fosfatos

Os fosfatos encontrados nos esgotos são provenientes, principalmente, do uso de detergentes. Nos resíduos aquosos que escorrem de terras excessivamente tratadas com fertilizantes e de terras nas quais se pratica a pecuária intensiva, devido às excretas dos animais, também são encontrados compostos que contém fosfatos.

## Poluição por dióxido de enxofre

Dióxido de enxofre é um gás incolor, tóxico, de cheiro forte e que provoca irritações. Forma-se na queima do enxofre ou dos compostos de enxofre com o oxigênio.



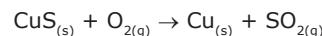
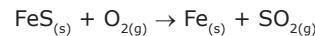
O gás  $\text{SO}_2$  é um grande poluente atmosférico. Em regiões onde há fábricas de ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , haverá altas concentrações desse gás, pois uma das fases da fabricação desse ácido consiste na queima de enxofre.

Outro processo que promove a liberação de  $\text{SO}_2$  na atmosfera é a queima de combustíveis derivados de petróleo que contêm compostos sulfurados como a gasolina, o óleo diesel e outros.

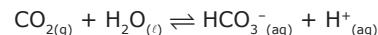
O impacto ambiental causado pelo óleo diesel é maior do que o causado pela gasolina, visto que ele contém maior teor de enxofre em sua composição.

Já o etanol não contém compostos de enxofre. Logo, na sua queima, não é liberado  $\text{SO}_2$ , o que o torna um combustível menos poluente se comparado aos combustíveis fósseis.

Por outro lado, a produção de metais a partir de sulfetos metálicos em processos metalúrgicos é uma atividade que também gera grande quantidade de dióxido de enxofre. A redução do metal por combustão é denominada ustulação.

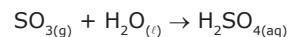
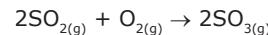


A chuva, normalmente, apresenta caráter ácido, pH de 5,6, devido à presença de  $\text{CO}_{2(g)}$  na atmosfera em equilíbrio com os íons  $\text{HCO}_3^-_{(aq)}$ , provenientes da hidrólise desse gás na água da chuva.



Precipitações que apresentam pH menor que 5,6, são denominadas **chuvas ácidas**. Esse fenômeno ocorre quando óxidos presentes na atmosfera reagem com a água da chuva, dando origem aos seus respectivos ácidos, o que aumenta a acidez do meio.

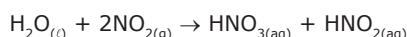
O  $\text{SO}_2$  lançado na atmosfera transforma-se em  $\text{SO}_3$ , o qual se dissolve na água da chuva, formando o ácido sulfúrico, o que causa sérios impactos ambientais, como a destruição da vegetação, a acidificação de solos e de espelhos-d'água, além do desgaste de monumentos de mármore.



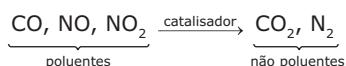
## Poluição por dióxido de nitrogênio

Nos motores a explosão, usados em automóveis e caminhões, a temperatura e a pressão de trabalho são muito elevadas. Neles, o nitrogênio e o oxigênio do ar combinam-se, formando óxidos de nitrogênio, principalmente o gás  $\text{NO}_2$ , que poluem a atmosfera.

O gás  $\text{NO}_2$  presente na atmosfera, ao dissolver-se na água, forma o ácido nítrico e o ácido nitroso, contribuindo, assim, para a formação da chuva ácida.



Atualmente, os escapamentos dos automóveis possuem um dispositivo contendo catalisadores que transformam os poluentes  $\text{CO}$  e óxidos de nitrogênio em  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ , que não são poluentes. Com isso, tem-se conseguido significativa redução da emissão de gases nocivos.



## Poluição por metais pesados

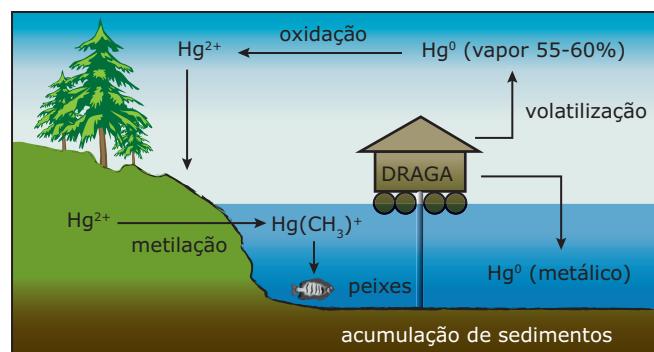
São metais pesados aqueles que possuem densidade superior a  $6 \text{ g.cm}^{-3}$ . Eles ocorrem naturalmente em rochas, mas, quando se apresentam em concentrações elevadas nas águas e nos solos, evidenciam a ocorrência de ações antropogênicas naqueles locais. Entre os metais pesados mais perigosos estão o mercúrio e o chumbo.

## Poluição por mercúrio

O mercúrio provém de combustíveis fósseis, de indústrias de cloroálcalis, de fábricas de aparelhos elétricos e de tintas, de atividades de mineração e refino e de indústrias de papel. O mercúrio é um metal pesado e forte contaminante de alimentos, principalmente de peixes e crustáceos. Sua assimilação pelo ser humano afeta o sistema nervoso.

Na extração do ouro, os garimpeiros costumam utilizar mercúrio para aumentar o rendimento do processo, devido à formação de uma amálgama (liga de ouro e mercúrio). Nesse caso, boa parte desse metal é lançado na água, ou na atmosfera na forma de vapor, quando os garimpeiros aquecem a liga para separar os dois metais, o que constitui um grande risco ambiental.

Alguns dos processos físicos, químicos e bioquímicos que ocorrem com o mercúrio, após seu lançamento no ambiente, estão representados na figura a seguir:



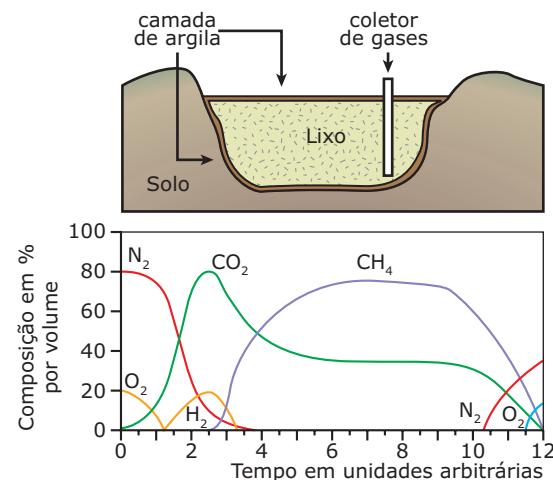
Disponível em: <<http://web.cpv.ufmg.br/Arquivos/2008/ProvasUFMG/1ETAPA/Qu%edmica%20-%20Caderno%201%20-%202011%aa%20Etapa%20-%20202008.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

## Poluição por chumbo

O chumbo, que também é um metal pesado, é uma substância tóxica que se acumula no organismo, contaminando o sítio ativo das enzimas e interferindo no metabolismo celular. Essa substância é encontrada em indústrias químicas e de pesticidas. Armazena-se em sedimentos marinhos e na água doce.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (Unicamp-SP) Em um aterro sanitário, o lixo urbano é enterrado e isolado da atmosfera por uma camada de argila conforme esquematizado na figura a seguir. Nessas condições, micro-organismos decompõem o lixo proporcionando, entre outras coisas, o aparecimento de produtos gasosos. O gráfico a seguir ilustra a composição dos gases emanados em função do tempo.



- Em que instante do processo a composição do gás coletado corresponde à do ar atmosférico?
- Em que intervalo de tempo prevalece a atividade microbiológica anaeróbica? **JUSTIFIQUE**.
- Se você quisesse aproveitar, como combustível, o gás emanado, qual seria o melhor intervalo de tempo para fazer isto? **JUSTIFIQUE** a sua resposta e **ESCREVA** a equação química da reação utilizada na obtenção de energia térmica.

**02.** (Enem-2001) Considere os seguintes acontecimentos ocorridos no Brasil:

- Goiás, 1987 – Um equipamento contendo célio radioativo, utilizado em medicina nuclear, foi encontrado em um depósito de sucatas e aberto por pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: mortes e consequências ambientais sentidas até hoje.
- Distrito Federal, 1999 – Cilindros contendo cloro, gás bactericida utilizado em tratamento de água, encontrados em um depósito de sucatas, foram abertos por pessoa que desconhecia o seu conteúdo. Resultado: mortes, intoxicações e consequências ambientais sentidas por várias horas.

Para evitar que novos acontecimentos dessa natureza voltassem a ocorrer, foram feitas as seguintes propostas para a atuação do Estado:

- I. Proibir o uso de materiais radioativos e gases tóxicos.
- II. Controlar rigorosamente a compra, uso e destino de materiais radioativos e de recipientes contendo gases tóxicos.
- III. Instruir usuários sobre a utilização e descarte destes materiais.
- IV. Realizar campanhas de esclarecimentos à população sobre os riscos da radiação e da toxicidade de determinadas substâncias.

Dessas propostas, são adequadas apenas

- |             |                 |                  |
|-------------|-----------------|------------------|
| A) I e II.  | C) II e III.    | E) II, III e IV. |
| B) I e III. | D) I, III e IV. |                  |

**03.** Os óxidos são compostos binários em que o elemento de maior eletronegatividade é o oxigênio. Alguns desses óxidos causam impactos ambientais incalculáveis, ameaçando, inclusive, a existência de vida em nosso planeta. Com base nessas afirmações e em conhecimentos correlatos, **JULGUE** os itens.

- ( ) Os combustíveis fósseis possuem, como impurezas, compostos de enxofre que, ao serem queimados, produzem  $\text{SO}_2$ , sendo este, na atmosfera, oxidado a  $\text{SO}_3$ . Ambos os óxidos em contato com a água da chuva diminuem o seu pH.
- ( ) Os químicos consideram o nitrogênio um gás inerte, devido à sua baixa reatividade. Porém, sob condições drásticas (temperatura elevada no interior de um motor a combustão ou em um ambiente, mesmo sem poluição, na presença de raios e relâmpagos), este pode ser oxidado a  $\text{NO}_2$ .
- ( ) A chuva em ambientes não poluídos é ácida, porém não provoca impacto ambiental.
- ( ) O dióxido de enxofre propicia o aparecimento de doenças respiratórias.
- ( ) O mercúrio possui ação sobre o sistema nervoso.

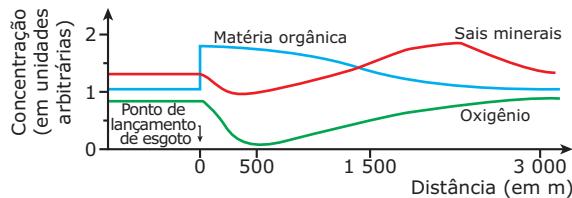
**04.** (FGV-SP) Um matadouro de bovinos instalou-se às margens de um rio de pequena vazão. Não há tratamento dos efluentes desse matadouro, e o sangue dos animais sacrificados é lançado in natura no rio.

A análise da água do rio revelou que, nas proximidades do matadouro, houve um rápido aumento da DBO (demanda bioquímica de oxigênio).

Isso quer dizer que

- A) os animais sacrificados pelo matadouro estão seriamente doentes.
- B) os animais sacrificados pelo matadouro digerem substâncias tóxicas.
- C) estão sendo utilizadas substâncias tóxicas na lavagem do matadouro.
- D) era esperado um aumento da DBO em consequência do lançamento no rio do sangue dos animais sacrificados.
- E) deve haver outras razões para o aumento da DBO, como, por exemplo, o lançamento de esgotos domésticos no rio, uma vez que o sangue, mesmo em grandes quantidades, não altera a DBO da água.

**05.** (UFBA-2008)



Metal	PF ( $^{\circ}\text{C}$ ) a 1 atm	PE ( $^{\circ}\text{C}$ ) a 1 atm
Mercúrio	-39	357
Ouro	1 064	2 807

O rio São Francisco tornou-se o ponto central de uma grande polêmica em relação ao projeto de transposição de suas águas, como forma de solucionar o problema da falta de água no Sertão nordestino.

Os estudos sobre o impacto ambiental são insuficientes para garantir o sucesso da iniciativa. De acordo com os movimentos sociais, 70% das águas desviadas servirão para atender aos megaempreendimentos e aos investimentos industriais, e somente 4% serão destinados à população.

Desde as nascentes, a bacia do São Francisco vem sendo degradada com sérios impactos ambientais sobre as águas e, consequentemente, sobre os peixes. A maioria dos povoados lança os esgotos domésticos e industriais diretamente no rio. Os garimpos, as mineradoras e as indústrias despejam altas cargas de metais pesados, como mercúrio, em níveis acima do permitido. Na cabeceira principal do rio, o maior problema é o desmatamento ilegal para a produção de carvão vegetal, que destrói a mata nativa e as matas ciliares. Tudo isso causa impacto direto à sobrevivência da população ribeirinha e aponta para a revitalização do rio em lugar da transposição.

GOMES, 2007, p. 11.

Com base na análise das informações apresentadas – texto, tabela e gráfico –, sabendo-se que o ouro se encontra dissolvido no mercúrio e desconsiderando-se os valores da pressão de vapor do ouro,

- A) **APRESENTE** uma recomendação para reduzir os impactos sobre o ecossistema, causados por esgotos domésticos lançados diretamente no rio São Francisco.
- B) **INDIQUE** uma ação sustentável que diminua a devastação das matas e um processo físico de separação do mercúrio do ouro, que permita a reutilização do mercúrio.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (PUC-SP) Considere que na coleta seletiva do lixo são separados objetos e resíduos de

- I. papéis; IV. metais;
- II. plásticos; V. vidros.
- III. madeiras;

Qual desses grupos de materiais, por ser de difícil reciclagem e decomposição, causa **MAIOR** prejuízo ambiental?

- A) I      B) II      C) III      D) IV      E) V

- 02.** (UnB-DF) **JULGUE** os itens.

( ) Atualmente, os escapamentos dos automóveis têm um dispositivo contendo catalisadores que transformam os poluentes CO, aldeídos, hidrocarbonetos, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{N}_2$ , que não são poluentes. Com isso, tem-se conseguido uma significativa redução da poluição ambiental.

( ) Os fosfatos degradam as águas de rios e lagos.

- 03.** (Unimontes-MG-2008) A amônia é um gás de grande importância para neutralização da chuva ácida na atmosfera, configurando-se no processo de formação de partículas representado pela equação



Em relação ao processo mencionado e suas implicações ambientais, é **INCORRETO** afirmar que

- A) a conversão para aerossóis resulta na formação de um sal básico, sob forma de partículas, difíceis de serem removidas do ar atmosférico.
- B) a amônia é principalmente um produto da atividade biológica, resultante da decomposição enzimática da ureia proveniente de urina.
- C) o uso de fertilizantes inorgânicos e a produção de excrementos em áreas de confinamento de animais aceleram a emissão de amônia pelo solo.
- D) a emissão de 100 mL de amônia 0,1 mol/L neutraliza completamente 50 mL de ácido sulfúrico 0,1 mol/L proveniente da chuva ácida.

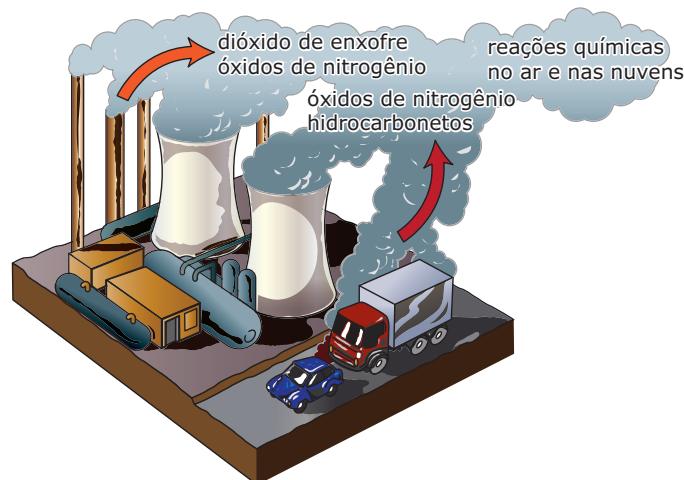
- 04.** (UnB-DF) O pH padrão da água da chuva em áreas não poluídas é 5,6. Chuvas com pH abaixo desse valor são denominadas chuvas ácidas e causam sérios problemas ambientais. Sobre esse assunto, **JULGUE** os itens.

- ( ) As chuvas ácidas destroem monumentos, florestas e causam a mortandade de peixes.
- ( ) O dióxido de enxofre proveniente das caldeiras e fornos das indústrias é um dos principais responsáveis pelas chuvas ácidas.
- ( ) A água da chuva em áreas não poluídas é mais ácida do que a água pura.
- ( ) A água da chuva que apresenta concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$  igual a  $10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup> não é considerada ácida.
- ( ) A concentração de dióxido de carbono na atmosfera não influí no pH da chuva.

**05.** (UFSCar-SP-2008) Atualmente, a humanidade depende fortemente do uso de combustíveis fósseis para atender suas necessidades energéticas. No processo de queima desses combustíveis, além dos produtos diretos da reação de combustão – dióxido de carbono e vapor de água – vários outros poluentes gasosos são liberados para a atmosfera, como dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre. Embora nos últimos anos tenha sido dado destaque especial ao dióxido de carbono por seu papel no efeito estufa, ele, juntamente com os óxidos de nitrogênio e enxofre, têm um outro impacto negativo sobre o meio ambiente: a propriedade de se dissolverem e reagirem com a água, produzindo os ácidos correspondentes, que acarretam a acidificação das águas das chuvas, rios, lagos e mares.

- A) **ESCREVA** as equações químicas balanceadas das reações de dióxido de carbono e dióxido de enxofre com a água, dando origem aos ácidos correspondentes.
- B) A chuva acidificada pela poluição reage com o carbonato de cálcio, principal componente de rochas calcárias, provocando a dissolução lenta dessas rochas. **ESCREVA** a equação química balanceada entre o carbonato de cálcio e os íons  $\text{H}^+$  presentes na chuva acidificada.

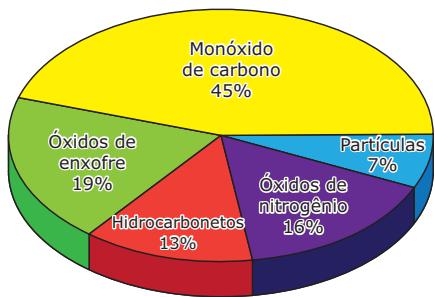
- 06.** (UFOP-MG-2009) A figura a seguir representa uma situação típica de grandes cidades e centros industriais.



O principal problema ambiental causado pelas reações químicas no ar e nas nuvens envolvendo os gases representados é conhecido como

- A) efeito estufa.
- B) chuva ácida.
- C) buraco na camada de ozônio.
- D) derretimento das calotas polares.

- 07.** (UEG-2010) A figura a seguir mostra a quantidade percentual dos principais poluentes atmosféricos em áreas metropolitanas brasileiras.



AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. *Biologia das populações: genética, evolução e ecologia*. v. 3. São Paulo: Moderna, 1994. p. 465.

Sobre essa temática, é **CORRETO** afirmar:

- A) As principais fontes geradoras da poluição atmosférica por óxidos de enxofre e nitrogênio são as incinerações de lixo doméstico, as queimadas de florestas e a queima de combustíveis fósseis.
- B) O percentual maior de monóxido de carbono comparado aos demais poluentes justifica-se pelo maior número de fontes emissoras representadas por veículos motorizados e processos industriais.
- C) A presença de partículas suspensas no ar, mesmo que em percentual menor que os demais poluentes, pode causar diversas doenças pulmonares, tais como fibrose e enfisemas.
- D) A presença de hidrocarbonetos provenientes da queima industrial na atmosfera favorece a formação de chuvas ácidas, provocando a destruição de complexos vegetacionais.

- 08.** (UESC-BA-2009) Salvador, embora seja uma cidade litorânea, é detentora da má qualidade de ar, o que a coloca entre as capitais mais poluídas do país.

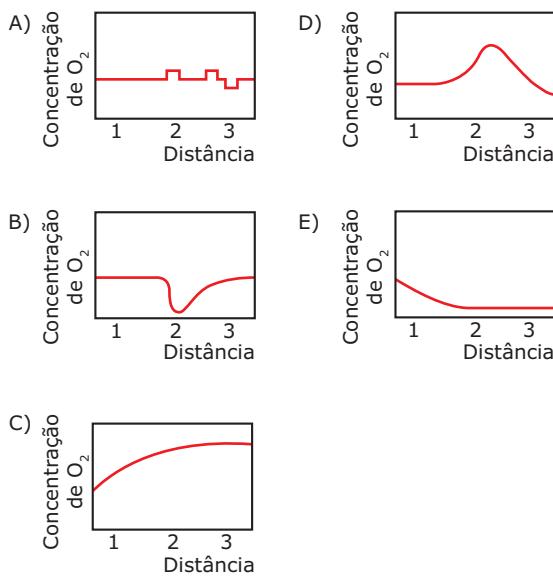
É visível, a determinada hora do dia, a auréola de coloração castanha, atribuída, em parte, à presença de  $\text{NO}_{2(g)}$ , proveniente dos escapamentos de automóveis, e a fumaça escura e densa, rica em fuligem, oriunda dos veículos pesados, como ônibus, caminhões e caçambas movidos a óleo diesel. Além desses gases poluentes, estão presentes no ar o dióxido de enxofre,  $\text{SO}_{2(g)}$ , o monóxido de nitrogênio,  $\text{NO}_{(g)}$ , e o de carbono,  $\text{CO}_{(g)}$ , provenientes de indústrias e do escapamento de veículos pesados.

Sobre as causas da poluição atmosférica de Salvador, é **CORRETO** afirmar:

- A) O  $\text{NO}_{2(g)}$  e o  $\text{SO}_{2(g)}$  são responsáveis pelo aumento do pH da chuva que cai sobre a cidade.
- B) O  $\text{NO}_{2(g)}$  contribui para a formação de amônia, um gás irritante aos olhos, ao ser oxidado na presença de oxigênio do ar.

- C) A fumaça escura e densa é decorrente do escapamento de motores desregulados que queimam óleo diesel na presença insuficiente de oxigênio.
- D) A fuligem é um material sólido, disperso no ar e, quando inalada, deposita-se nos pulmões e provoca a liberação de  $\text{SO}_{2(g)}$ , ao reagir com o oxigênio da respiração.
- E) Os óxidos  $\text{NO}_{(g)}$  e  $\text{CO}_{(g)}$  provocam impacto sobre materiais de construção, a exemplo da argamassa, dos mármore e do ferro, que são desgastados sob ação da acidez desses compostos, ao reagirem com água.

- 09.** (FUVEST-SP) Um rio nasce numa região não poluída, atravessa uma cidade com atividades industriais, das quais recebe esgoto e outros efluentes, e desemboca no mar após percorrer regiões não poluidoras. Qual dos gráficos a seguir mostra o que acontece com a concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) dissolvido na água, em função da distância percorrida desde a nascente? Considere que o teor de oxigênio no ar e a temperatura sejam praticamente constantes em todo o percurso.



- 10.** A maior parte da platina produzida no mundo é utilizada na produção de catalisadores para escapamentos de veículos automotores, na forma de uma liga com ródio em uma matriz cerâmica, que é capaz de converter compostos nocivos de carbono e nitrogênio em gases que são naturalmente encontrados na atmosfera, tais como

- A)  $\text{CH}_4$  e  $\text{NO}_2$ .
- B)  $\text{CO}$  e  $\text{NO}$ .
- C)  $\text{CO}$  e  $\text{NH}_3$ .
- D)  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ .

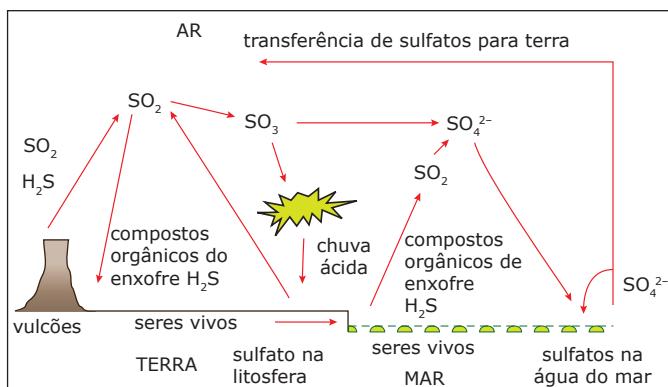
## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem–1998) Um dos problemas ambientais decorrentes da industrialização é a poluição atmosférica. Chaminés altas lançam ao ar, entre outros materiais, o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) que pode ser transportado por muitos quilômetros em poucos dias. Dessa forma, podem ocorrer precipitações ácidas em regiões distantes, causando vários danos ao meio ambiente (chuva ácida).

Um dos danos ao meio ambiente diz respeito à corrosão de certos materiais. Considere as seguintes obras:

- Monumento Itamarati – Brasília (mármore).
  - Esculturas do Aleijadinho – MG (pedra-sabão, contém carbonato de cálcio).
  - Grades de ferro ou alumínio de edifícios.
- A ação da chuva ácida pode acontecer em
- A) I, apenas.
  - B) I e II, apenas.
  - C) I e III, apenas.
  - D) II e III, apenas.
  - E) I, II e III.

**Instrução:** O esquema a seguir se refere às questões **02** e **03**.



BRIMBLECOMBE, P. *Air Composition and Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996 (Adaptação).

**02.** (Enem–2001) O esquema representa o ciclo do enxofre na natureza, sem considerar a intervenção humana.

O ciclo representado mostra que a atmosfera, a litosfera, a hidrosfera e a biosfera, naturalmente,

I. são poluídas por compostos de enxofre.

II. são destinos de compostos de enxofre.

III. transportam compostos de enxofre.

IV. são fontes de compostos de enxofre.

Dessas afirmações, estão corretas apenas

- A) I e II.
- B) I e III.
- C) II e IV.
- D) I, II e III.
- E) II, III e IV.

**03.** (Enem–2001) Algumas atividades humanas interferiram significativamente no ciclo natural do enxofre, alterando as quantidades das substâncias indicadas no esquema. Ainda hoje isso ocorre, apesar do grande controle por legislação.

Pode-se afirmar que duas dessas interferências são resultantes da

- A) queima de combustíveis em veículos pesados e da produção de metais a partir de sulfetos metálicos.
- B) produção de metais a partir de óxidos metálicos e da vulcanização da borracha.
- C) queima de combustíveis em veículos leves e da produção de metais a partir de óxidos metálicos.
- D) queima de combustíveis em indústria e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.
- E) vulcanização da borracha e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.

**04.** (Enem–2007) O artigo 1º da Lei Federal nº 9.433 / 1997 (Lei das Águas) estabelece, entre outros, os seguintes fundamentos:

- A água é um bem de domínio público.
- A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.
- Em situações de escassez, os usos prioritários dos recursos hídricos são o consumo humano e a dessedentação de animais.
- A gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

Considere que um rio nasça em uma fazenda cuja única atividade seja a lavoura irrigada de milho e que a companhia de águas desse município em que se encontra a fazenda colete água desse rio para abastecer a cidade. Considere, ainda, que, durante uma estiagem, o volume de água do rio tenha chegado ao nível crítico, tornando-se insuficiente para garantir o consumo humano e a atividade agrícola mencionada.

Nessa situação, qual das medidas a seguir estaria de acordo com o artigo 1º da Lei das Águas?

- A) Manter a irrigação da lavoura, pois a água do rio pertence ao dono da fazenda.
- B) Interromper a irrigação da lavoura, para se garantir o abastecimento de água para o consumo humano.
- C) Manter o fornecimento de água apenas para aqueles que pagam mais, já que a água é bem dotado de valor econômico.
- D) Manter o fornecimento de água tanto para a lavoura quanto para o consumo humano, até o esgotamento do rio.
- E) Interromper o fornecimento de água para a lavoura e para o consumo humano, a fim de que a água seja transferida para outros rios.

**05.** (Enem-2000) Um dos grandes problemas das regiões urbanas é o acúmulo de lixo sólido e sua disposição. Há vários processos para a disposição do lixo, dentre eles o aterro sanitário, o depósito a céu aberto e a incineração. Cada um deles apresenta vantagens e desvantagens.

Considere as seguintes vantagens de métodos de disposição do lixo:

- I. Diminuição do contato humano direto com o lixo;
- II. Produção de adubo para agricultura;
- III. Baixo custo operacional do processo;
- IV. Redução do volume de lixo.

A relação correta entre cada um dos processos para a disposição do lixo e as vantagens apontadas é:

Aterro sanitário	Depósito a céu aberto	Incineração
I	II	I
I	III	IV
II	IV	I
II	I	IV
III	II	I

**06.** (Enem-2000) Para compreender o processo de exploração e o consumo dos recursos petrolíferos, é fundamental conhecer a gênese e o processo de formação do petróleo descritos no texto a seguir.

O petróleo é um combustível fóssil, originado provavelmente de restos de vida aquática acumulados no fundo dos oceanos primitivos e cobertos por sedimentos. O tempo e a pressão do sedimento sobre o material depositado no fundo do mar transformaram esses restos em massas viscosas de coloração negra denominadas jazidas de petróleo.

TUNDISI. *Usos de energia*. São Paulo: Atual Editora, 1991 (Adaptação).

As informações do texto permitem afirmar que

- A) o petróleo é um recurso energético renovável a curto prazo, em razão de sua constante formação geológica.
- B) a exploração de petróleo é realizada apenas em áreas marinhas.
- C) a extração e o aproveitamento do petróleo são atividades não poluentes dada sua origem natural.
- D) o petróleo é um recurso energético distribuído homogeneamente, em todas as regiões, independentemente da sua origem.
- E) o petróleo é um recurso não renovável a curto prazo, explorado em áreas continentais de origem marinha ou em áreas submarinas.

**07.** (Enem-1998) Com relação aos efeitos sobre o ecossistema, pode-se afirmar que

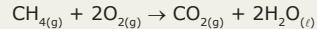
- I. as chuvas ácidas poderiam causar a diminuição do pH da água de um lago, o que acarretaria a morte de algumas espécies, rompendo a cadeia alimentar.
- II. as chuvas ácidas poderiam provocar acidificação do solo, o que prejudicaria o crescimento de certos vegetais.
- III. as chuvas ácidas causam danos se apresentarem valor de pH maior que o da água destilada.

Dessas afirmativas está(ão) correta(s)

- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| A) I, apenas.      | D) II e III, apenas. |
| B) III, apenas.    | E) I e III, apenas.  |
| C) I e II, apenas. |                      |

## GABARITO Fixação

01. A) No instante inicial, tempo zero.
02. B) Entre 1,2 e 11,5, que corresponde o intervalo de tempo em que não há presença de O<sub>2</sub> na composição do gás do aterro.
03. C) Entre 4 e 10, aproximadamente. Nesse intervalo, a concentração de gás metano é alta.



04. E
05. D
06. A) Para minimizar os impactos causados pelo lançamento de esgotos no Rio São Francisco, é necessário o seu tratamento, pois a decomposição da matéria orgânica presente nos dejetos provoca a diminuição da concentração de oxigênio. A diminuição desse gás promove grande impacto nos ecossistemas aquáticos ali presentes.
- B) Para promover a sustentabilidade de diversas atividades, pode-se incentivar o replantio de árvores nativas da região.

Considerando a diferença nos pontos de ebulação do ouro e do mercúrio, é possível separá-los através da destilação simples.

## Propostos

01. E    02. V V    03. A    04. V V V F F
05. A)  $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}$   
 $\text{SO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_{3(aq)}$
- B)  $\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

06. B    07. C    08. C    09. B    10. D

## Seção Enem

01. E    03. A    05. B    07. C
02. E    04. B    06. E

# TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Elementos representativos		Elementos de transição externa																		Elementos representativos																													
IA 1 1,0 H 1 Hidrogênio	IIA 2 6,9 Li 3 Litio	<p>Massa Atômica → 1,0 Número Atômico → 1 Símbolo → H Nome → Hidrogênio</p>																		VIII 18 4,0 He 2 Hélio																													
III 13 23,0 Na 11 Sódio	IV 14 24,3 Mg 12 Magnésio	VB 15 3 Sc 21 Escândio	VIB 16 4 Ti 22 Titânio	VIIIB 17 5 V 23 Vanádio	VIIIB 18 6 Cr 24 Cromo	VIIIB 19 7 Mn 25 Manganês	VIIIB 20 8 Fe 26 Ferro	VIIIB 21 9 Co 27 Cobalto	VIIIB 22 10 Ni 28 Niquel	IB 23 11 Cu 29 Cobre	IIB 24 12 Zn 30 Zinco	III 25 13 Alumínio	IV 26 14 Si 14 Silício	VA 27 15 P 15 Fósforo	VIA 28 16 O 8 Oxigênio	VIIA 29 17 F 9 Flúor																																	
IV 26 39,1 K 19 Potássio	IV 27 40,1 Ca 20 Cálcio	IV 28 45,0 Sc 21 Escândio	IV 29 47,9 Ti 22 Titânio	IV 30 50,9 V 23 Vanádio	IV 31 52,0 Cr 24 Cromo	IV 32 54,9 Mn 25 Manganês	IV 33 55,8 Fe 26 Ferro	IV 34 58,9 Co 27 Cobalto	IV 35 58,7 Ni 28 Niquel	IV 36 63,5 Cu 29 Cobre	IV 37 65,4 Zn 30 Zinco	IV 38 69,7 Ga 31 Gálio	IV 39 72,6 Ge 32 Germânia	IV 40 74,9 As 33 Arsénio	IV 41 79,0 Se 34 Selénio	IV 42 79,9 Br 35 Bromo																																	
V 28 85,5 Rb 37 Rubídio	V 29 87,6 Sr 38 Estrônio	V 30 88,9 Y 39 Ítrio	V 31 91,2 Zr 40 Zircônio	V 32 92,9 Nb 41 Nióbio	V 33 95,9 Mo 42 Molibdênio	V 34 [98] Tc 43 Tecnécio	V 35 101,1 Ru 44 Ruténio	V 36 102,9 Rh 45 Ródio	V 37 106,4 Pd 46 Paládio	V 38 107,9 Ag 47 Prata	V 39 112,4 Cd 48 Cádmio	V 40 114,8 In 49 Índio	V 41 118,7 Sn 50 Estanho	V 42 121,8 Sb 51 Antimônio	V 43 127,6 Te 52 Telúrio	V 44 126,9 I 53 Iodo																																	
VI 28 132,9 Cs 55 Césio	VI 29 137,3 Ba 56 Bárho	VI 30 138,9 La 57 Lantântio	VI 31 178,5 Hf 72 Háfnio	VI 32 180,9 Ta 73 Tântalo	VI 33 183,8 W 74 Tungstênio	VI 34 186,2 Re 75 Rênio	VI 35 190,2 Os 76 Ósmio	VI 36 192,2 Ir 77 Iridio	VI 37 195,1 Pt 78 Platina	VI 38 197,0 Au 79 Ouro	VI 39 200,6 Hg 80 Mercúrio	VI 40 204,4 Tl 81 Tálio	VI 41 207,2 Pb 82 Chumbo	VI 42 209,0 Bi 83 Bismuto	VI 43 [209] Po 84 Polônio	VI 44 [210] At 85 Astato	VI 45 [222] Rn 86 Radônio																																
VII 28 [223] Fr 87 Frâncio	VII 29 [226] Ra 88 Rádio	VII 30 [227] Ac 89 Actínio																			VII 46 [294] Uuo 118 Ununhexio																												
Legenda		Elementos de transição interna																		DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA																													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidrogênio</li> <li>Não metais</li> <li>Gases nobres</li> <li>Metais</li> <li>Lantanídeos</li> <li>Actinídeos</li> </ul>		<table border="1"> <tr><td>140,1 58 Ce Cério</td><td>140,9 59 Pr Praseodímio</td><td>144,2 60 Nd Neodímio</td><td>[145] 61 Pm Promécio</td><td>150,4 62 Sm Samário</td><td>152,0 63 Eu Europio</td><td>157,3 64 Gd Gadolínia</td><td>158,9 65 Tb Térblio</td><td>162,5 66 Dy Disprósio</td><td>164,9 67 Ho Holmio</td><td>167,3 68 Er Erbio</td><td>168,9 69 Tm Túlio</td><td>173,0 70 Yb Itérbio</td><td>175,0 71 Lu Lutécio</td></tr> <tr><td>232,0 90 Th Tório</td><td>231,0 91 Pa Protactínio</td><td>238,0 92 U Urânia</td><td>[237] 93 Np Netúnio</td><td>[244] 94 Pu Plutônio</td><td>[243] 95 Am Americo</td><td>[247] 96 Cm Curio</td><td>[247] 97 Bk Berkelio</td><td>[251] 98 Cf Califórnia</td><td>[252] 99 Es Einstênia</td><td>[257] 100 Fm Férmino</td><td>[258] 101 Md Mendelévio</td><td>[259] 102 No Nobelio</td><td>[262] 103 Lr Lauréncio</td></tr> </table>																		140,1 58 Ce Cério	140,9 59 Pr Praseodímio	144,2 60 Nd Neodímio	[145] 61 Pm Promécio	150,4 62 Sm Samário	152,0 63 Eu Europio	157,3 64 Gd Gadolínia	158,9 65 Tb Térblio	162,5 66 Dy Disprósio	164,9 67 Ho Holmio	167,3 68 Er Erbio	168,9 69 Tm Túlio	173,0 70 Yb Itérbio	175,0 71 Lu Lutécio	232,0 90 Th Tório	231,0 91 Pa Protactínio	238,0 92 U Urânia	[237] 93 Np Netúnio	[244] 94 Pu Plutônio	[243] 95 Am Americo	[247] 96 Cm Curio	[247] 97 Bk Berkelio	[251] 98 Cf Califórnia	[252] 99 Es Einstênia	[257] 100 Fm Férmino	[258] 101 Md Mendelévio	[259] 102 No Nobelio	[262] 103 Lr Lauréncio	(energia crescente)	
140,1 58 Ce Cério	140,9 59 Pr Praseodímio	144,2 60 Nd Neodímio	[145] 61 Pm Promécio	150,4 62 Sm Samário	152,0 63 Eu Europio	157,3 64 Gd Gadolínia	158,9 65 Tb Térblio	162,5 66 Dy Disprósio	164,9 67 Ho Holmio	167,3 68 Er Erbio	168,9 69 Tm Túlio	173,0 70 Yb Itérbio	175,0 71 Lu Lutécio																																				
232,0 90 Th Tório	231,0 91 Pa Protactínio	238,0 92 U Urânia	[237] 93 Np Netúnio	[244] 94 Pu Plutônio	[243] 95 Am Americo	[247] 96 Cm Curio	[247] 97 Bk Berkelio	[251] 98 Cf Califórnia	[252] 99 Es Einstênia	[257] 100 Fm Férmino	[258] 101 Md Mendelévio	[259] 102 No Nobelio	[262] 103 Lr Lauréncio																																				
<b>A</b> Líquidos <b>A</b> Gasosos naturais <b>A</b> Gasosos artificiais <b>A</b> Sólidos naturais <b>A</b> Sólidos artificiais		1: Metais alcalinos 2: Metais alcalinoterrosos 13: Grupo do boro 14: Grupo do carbono 15: Grupo do nitrogênio 16: Calcogênios 17: Halogênios 18: Gases nobres																		nível (ou camada) K L M N O P Q n° de elétrons permitidos 2 8 18 32 32 18 2																													

Tabela Periódica da IUPAC. Disponível em: <www.iupac.org/reports/periodic\_table>. Acesso em: 22 jun. 2007 (Adaptação).

## PROPRIEDADES GERAIS DAS SUBSTÂNCIAS

	Iônica	Molecular	Covalente	Metálica
Unidades	cátions e ânions	moléculas	átomos	cátions metálicos
Exemplos	NaCl, MgO, CaCO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O, I <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	diamante, quartzo, grafita	Na, Mg, Fe
Forças de coesão entre as unidades	atração eletrostática (ligação iônica)	interações intermoleculares	ligações covalentes	atração eletrostática entre os cátions metálicos e o mar de elétrons livres (ligação metálica)
Dureza	duras, porém quebradiças	macias	muito duras (exceto a grafita)	de macias a duras, maleáveis
Ponto de Fusão	alto	baixo	muito alto	de baixo a alto
Condutividade elétrica	alta quando fundidas ou em soluções aquosas	quase nula	quase nula (exceto a grafita)	alta
Solubilidade em água dos compostos sólidos	em geral, são solúveis	moléculas polares geralmente são solúveis	insolúveis	insolúveis

## SOLUBILIDADE DOS SAIS EM ÁGUA

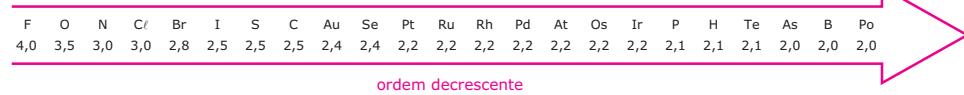
Substância	Regra geral	Exceção
Nitratos → NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Solúveis	
Acetatos → CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Solúveis	Ag <sup>+</sup> (* )
Cloreto → Cl <sup>-</sup> Brometo → Br <sup>-</sup> Iodeto → I <sup>-</sup>	Solúveis	Ag <sup>+</sup> , Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> e Pb <sup>2+</sup>
Fluoretos → F <sup>-</sup>	Insolúveis	Ag <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e alcalinos
Hidróxidos → OH <sup>-</sup>	Insolúveis	Alcalinos, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> (* ), Sr <sup>2+</sup> (* ) e Ba <sup>2+</sup> (* )
Sulfetos → S <sup>2-</sup>	Insolúveis	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , alcalinos e alcalinoterrosos(* )
Sulfatos → SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Solúveis	Ca <sup>2+</sup> (* ), Sr <sup>2+</sup> (* ), Ba <sup>2+</sup> (* ), Pb <sup>2+</sup> , Ag <sup>+</sup> (* ) e Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>
Fosfatos → PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Carbonatos → CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Sulfitos → SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Oxalatos → C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Insolúveis	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e alcalinos
Compostos de alcalinos Compostos de amônio	Solúveis	KC <sub>4</sub> O <sub>4</sub>

(\* ) = Parcialmente solúvel

## FILA DE REATIVIDADE

METAIS	Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Cd, Co, Fe, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Ag, Hg, Pt, Au	metais nobres
NÃO METAIS	F, Cl, Br, I, S	

## ESCALA DE ELETRONEGATIVIDADE



# NOMENCLATURA DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

Prefixo	Infixo	Sufixo
Número de carbonos na cadeia principal	Tipo de ligação entre carbonos	Função a que o composto pertence
Nº de carbonos	Tipo de ligação	Funções
1 C → met	11 C → undec	saturada → an insaturadas entre carbonos: éter → ilíco (usual)
2 C → et	12 C → dodec	álicoos → ol
3 C → prop	13 C → tridec	éter → ilíco (usual)
4 C → but	15 C → pentadec	dupla → en aldeído → al
5 C → pent	20 C → icos	cetona → ona
6 C → hex	30 C → triacont	ácidos carboxílicos → oico
7 C → hept	40 C → tetracont	2 duplas → adien amina → amina
8 C → oct	50 C → pentacont	amida → amida
9 C → non	80 C → octacont	nitrila → nitrila
10 C → dec	100 C → hect	1 dupla e 1 tripla → enim anidrido → oico

Se o composto for cíclico, receberá o prenome → ciclo

# NOMENCLATURA DOS COMPOSTOS INORGÂNICOS

## Ácidos

### Hidrácidos:

ácido (nome do ânion menos -eto) + ídrico

$\text{Cl}^- \rightarrow$  ânion cloreto

$\text{HC}\ell \rightarrow$  ácido clorídrico

### Oxiácidos:

A) Quando o elemento forma um único oxiácido:

ácido (nome do ânion menos -ato) + ico

$\text{CO}_3^{2-} \rightarrow$  ânion carbonato

$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow$  ácido carbônico

B) Quando o elemento forma mais de um oxiácido (NOx variável):

quando o NOx for igual a +7 ácido per (nome do ânion menos -ato) + ico

$\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow$  ânion perclorato

$\text{HC}\ell\text{O}_4 \rightarrow$  ácido perclórico

quando o NOx for igual a +6 ou +5 ácido (nome do ânion menos -ato) + ico

$\text{ClO}_3^{-} \rightarrow$  ânion clorato

$\text{HC}\ell\text{O}_3 \rightarrow$  ácido clórico (NOx = +5)

$\text{SO}_4^{2-} \rightarrow$  ânion sulfato

$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ácido sulfúrico (NOx = +6)

quando o NOx for igual a +4 ou +3 ácido (nome do ânion menos -ito) + oso

$\text{C}\ell\text{O}_2^{-} \rightarrow$  ânion clorito

$\text{HC}\ell\text{O}_2 \rightarrow$  ácido cloroso (NOx = +3)

$\text{SO}_3^{2-} \rightarrow$  ânion sulfito

$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow$  ácido sulfuroso (NOx = +4)

quando o NOx for igual a +1 ácido hipo (nome do ânion menos -ito) + oso

$\text{C}\ell\text{O}^{-} \rightarrow$  ânion hipoclorito

$\text{HC}\ell\text{O} \rightarrow$  ácido hipocloroso

## NOX USUAIS

Elementos	NOx	Ocorrência	Exemplos
IA(1) ⇒ Metais alcalinos: Li, Na, K, Rb, Cs e Fr	+1	Substâncias compostas	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , $\text{NaCl}$ , $\text{KOH}$
IIA(2) ⇒ Metais alcalino-terrosos: Be, Mg, Ca, Sr, Ba e Ra	+2	Substâncias compostas	$\text{CaO}$ , $\text{BeCl}_2$ , $\text{BaSO}_4$
VIA(16) ⇒ Calcogênios: S, Se e Te	-2	Substâncias binárias em que o calcogênio é o elemento mais eletronegativo	$\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CS}_2$ , $\text{CaSe}$
VIIA(17) ⇒ Halogênios: F, Cl, Br e I	-1	Substâncias binárias em que o halogênio é o elemento mais eletronegativo	$\text{OF}_2$ , $\text{NaCl}$ , $\text{HC}\ell$
Ag ⇒ Prata	+1	Substâncias compostas	$\text{AgNO}_3$ , $\text{AgCl}$ , $\text{AgCN}$
Zn ⇒ Zinco	+2	Substâncias compostas	$\text{Zn}(\text{OH})_2$ , $\text{ZnCl}_2$ , $\text{ZnO}$
Al ⇒ Alumínio	+3	Substâncias compostas	$\text{Al}_2\text{S}_3$ , $\text{AlCl}_3$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
H ⇒ Hidrogênio	+1	Substâncias compostas em que o hidrogênio é o elemento menos eletronegativo	$\text{H}_2\text{O}$ , $\text{NH}_3$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$
	-1	Substâncias compostas em que o hidrogênio é o elemento mais eletronegativo	$\text{SiH}_4$ , $\text{CaH}_2$
O ⇒ Oxigênio	+2	Em fluoretos	$\text{OF}_2$
	+1	Em fluoretos	$\text{O}_2\text{F}_2$
	-1	Em peróxidos (compostos binários)	$\text{H}_2\text{O}_2$ , $\text{Na}_2\text{O}_2$
	-1/2	Em superóxidos (compostos binários)	$\text{CaO}_4$ , $\text{Na}_2\text{O}_4$
	-2	Em óxidos (compostos binários)	$\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{O}$
	-2	Excetuando-se os casos anteriores	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , $\text{KMnO}_4$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$

## Bases

### hidróxido de (nome do elemento)

$\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow$  hidróxido de magnésio

Quando o elemento apresenta mais de um NOx, devemos utilizar a notação de Stock:

$\text{AuOH} \rightarrow$  hidróxido de ouro (I)

$\text{Au}(\text{OH})_3 \rightarrow$  hidróxido de ouro (III)

## Óxidos

A) Quando o elemento forma apenas um óxido (NOx fixo):

### óxido de (nome do elemento)

$\text{CaO} \rightarrow$  óxido de cálcio

B) Quando o elemento forma dois ou mais óxidos (NOx variável):

### Sistematica (prefixos gregos)

$\text{FeO} \rightarrow$  monóxido de monoferro ou óxido de ferro

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow$  trióxido de ferro

### Notação de Stock (NOx – Algarismos romanos)

Essa notação é útil quando se quer especificar o estado de oxidação do elemento.

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow$  óxido de ferro (III)

$\text{FeO} \rightarrow$  óxido de ferro (II)

- O prefixo mono pode ser omitido antes do nome do elemento e, algumas vezes, também antes da palavra óxido, desde que não resulte em ambiguidade. Isso também pode ocorrer com os demais prefixos.

## Sais normais

### (nome do ânion) de (nome do cátion)

$\text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow$  carbonato de potássio

$\text{Mg}(\text{C}\ell\text{O}_4)_2 \rightarrow$  clorato de magnésio

Para elementos que apresentam mais de um NOx, utilize a notação de Stock:

$\text{FeSO}_4 \rightarrow$  sulfato de ferro (II)

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow$  sulfato de ferro (III)

## Hidrogeno-Sais

Adição do prefixo hidrogeno ao nome do sal normal, acrescido dos prefixos mono, di, tri, etc.

$\text{NaHCO}_3 \rightarrow$  (mono)hidrogenocarbonato de sódio

$\text{KH}_2\text{PO}_4 \rightarrow$  di-hidrogenofosfato de potássio

## Hidrixo-Sais

Adição do prefixo hidroxi ao nome do sal normal, acrescido dos prefixos mono, di e tri.

$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} \rightarrow$  tri-hidroxicloreto de cobre (II)

## Sais duplos e triplos

Em geral, os cátions são colocados da esquerda para a direita, em ordem decrescente de eletronegatividade.

$\text{KNaSO}_4 \rightarrow$  sulfato (duplo) de potássio e sódio

$\text{PbCl}_2 \rightarrow$  cloreto-fluoreto de chumbo (II)

$\text{Cs}_2\text{CuPb}(\text{NO}_3)_6 \rightarrow$  nitrito (triplo) de dicésio, cobre (II) e chumbo (II)

# GEOMETRIA DAS MOLECULAS

Nº de átomos que se ligam	Geometria molecular	Forma da molécula	Ângulos	Exemplos
2	Linear		180°	$\text{HC}\ell$
3	Angular (com presença de elétrons não ligantes no átomo central)		180°	$\text{CO}_2$
4	Trigonal plana		120°	$\text{HCHO}$
5	Piramidal (com presença de um par de elétrons não ligantes no átomo central)		109°28'	$\text{NH}_3$
6	Tetraédrica		109°28'	$\text{CH}_4$
7	Bipirâmide trigonal		120° e 90°	$\text{PCl}_5$
8	Octaédrica		90°	$\text{SF}_6$
Geometria	Condição: ligantes ao átomo central		Polaridade	
				Iguais
				Diferentes
Angular e piramidal			Polar	Polar
				Iguais ou diferentes

NOx	Anion	Nome
-1	$\text{F}^-$	fluoreto
-1	$\text{Cl}^-$	cloreto
-1	$\text{Br}^-$	brometo
-1	$\text{I}^-$	iodeto
+1	$\text{C}\ell\text{O}^-$	hipoclorito
+3	$\text{C}\ell\text{O}_2^-$	clorito
+5	$\text{C}\ell\text{O}_3^-$	clorato
+7	$\text{C}\ell\text{O}_4^-$	perclorato
+1	$\text{BrO}^-$	hipobromito
+5	$\text{BrO}_3^-$	bromato
+1	$\text{IO}^-$	hipoiodito
+5	$\text{IO}_3^-$	iodato
+7	$\text{IO}_4^-$	periodato
<b>Nitrogênio</b>		
+3	$\text{NO}_2^-$	nitrito
+5	$\text{NO}_3^-$	nitrito
<b>Carbono</b>		
+2	$\text{C}^{\cdot-}$	cianeto
+4	$\text{CNO}^-$	cianato
+4	$\text{CNS}^-$	tiocianato
-3 e +3	$\text{H}_3\text{CCOO}^-$	acetato
+4	$\text{CO}_3^{2-}$	carbonato
+4	$\text{HCO}_3^-$	bicarbonato
+3	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	oxalato
<b>Enxofre</b>		
-2	$\text{S}^{2-}$	sulfeto
+4	$\text{SO}_2^{2-}$	sulfito
+6	$\text{SO}_4^{2-}$	sulfato
+2	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	tiosulfato
+7	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	persulfato
<b>Fósforo</b>		
+1	$\text{H}_3\text{PO}_2$	hipofosfito
+3	$\text{HPO}_3^{2-}$	fosfato
+5	$\text{PO}_3^{3-}$	(orto)fosfato
+5	$\text{PO}_4^{3-}$	metafosfato
+5	$\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$	pirofosfato
<b>Outros</b>		
-1	$\text{H}^-$	hidreto
-2	$\text{O}^{2-}$	óxido
-1	$\text{O}_2^{2-}$	peróxido
-2	$\text{OH}^-$	hidróxido
+3	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	ferricianeto
+2	$\text{Fe}(\text{C}\ell\text{N})_6^{4-}$	ferrocianeto
+6	$\text{CrO}_4^{2-}$	cromato
+6	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	dicromato
+7	$\text{MnO}_4^-$	permanganato
+6	$\text{MnO}_4^{2-}$	manganato
+4	$\text{MnO}_4^{3-}$	manganato
+3	$\text{A}^{\cdot-}$	aluminato
+2	$\text{ZnO}_4^{2-}$	zincato
+4	$\text{SiO}_4^{4-}$	metasilicato
+6	$\text{SiO}_4^{2-}$	(orto)silicato
+2	$\text{SnO}_3^{2-}$	estanato
+4	$\text{SnO}_3^{3-}$	estanato
+2	$\text{PbO}_2^{2-}$	plumbito
+4	$\text{PbO}_2^{2-}$	plumbato
+3	$\text{AsO}_3^{3-}$	arsenito
+3	$\text{SbO}_3^{3-}$	antimonito
+3	$\text{BO}_3^{3-}$	borato
+4	$\text{SiF}_6^{4-}$	fluorsilicato
<b>Cátion</b>		
$\text{NH}_4^+$		amônio
$\text{H}^+$		hidrogênio
$\text{H}_3\text{O}^+$		hidroxônio
$\text{Al}^{3+}$		alumínio
$\text{Ba}^{2+}$		bário
$\text{Bi}^{3+}$		bismuto
$\text{Cd}^{2+}$		cádmio
$\text{Ca}^{2+}$		cálcio
$\text{Pb}^{2+}$		chumbo (II)
$\text{Pb}^{4+}$		chumbo (IV)
$\text{Co}^{2+}$		cobalto (II)
$\text{Co}^{3+}$		cobalto (III)
$\text{Cu}^+$		cobre (I)
$\text{Cu}^{2+}$		cobre (II)
$\text{Cr}^{2+}$		cromo (II)
$\text{Cr}^{3+}$		cromo (III)
$\text{Sn}^{2+}$		estanho (II)
$\text{Sn}^{4+}$		estanho (IV)
$\text{Fe}^{2+}$		ferro (II)
$\text{Fe}^{3+}$		ferro (III)
$\text{La}^{3+}$		lantântio
$\text{Li}^+$		lítio
$\text{Mn}^{2+}$		manganês (II)
$\text{Mn}^{3+}$		manganês (III)
$\text{Mn}^{4+}$		manganês (IV)
$\text{Hg}^{2+}$		mercúrio (II)
$\text{Hg}^{2+}$		mercúrio (II)
$\text{Ni}^{2+}$		níquel (II)
$\text{Ni}^{3+}$		níquel (III)
$\text{Au}^+$		ouro (I)
$\text{Au}^{3+}$		ouro (III)
$\text{Pt}^{2+}$		platina (II)
$\text{Pt}^{4+}$		platina (IV)
$\text{K}^+$		potássio
$\text{Ag}^+$		prata
$\text{Ra}^{2+}$		rádio
$\text{Rb}^+$		rubídio
$\text{Na}^+$		sódio
$\text{Ti}^{4+}$		titânio (IV)
$\text{Zn}^{2+}$		zinc