

QUÍ

PRÉ-VESTIBULAR
QUÍMICA

2



Avenida Dr. Nelson D'Ávila, 811
Jardim São Dimas – CEP 12245-030
São José dos Campos – SP
Telefone: (12) 3924-1616
www.sistemapoliedro.com.br

Coleção PV

Copyright © Editora Poliedro, 2021.

Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal, Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ISBN 978-65-5613-087-3

Autoria: Guilherme Aulicino Bastos Jorge e Thiago Bernini Gaspar

Direção-geral: Nicolau Arbex Sarkis

Gerência editorial: Wagner Nicaretta

Coordenação de projeto editorial: Brunna Mayra Vieira da Conceição

Edição de conteúdo: Ana Luiza Areas Matos Alves e João Messias Junior

Analista editorial: Débora Cristina Guedes

Assistentes editoriais: Gabriel Henrique Siqueira Neves e Grazielle Baltar Ferreira Antonio

Gerência de *design* e produção editorial: Ricardo de Gan Braga

Coordenação de revisão: Rogério Salles

Revisão: Amanda Andrade Santos, Ana Rosa Barbosa Ancosqui, Ellen Barros de Souza, Mait Paredes Antunes, Rafaella de A. Vasconcellos e Sonia Galindo Melo

Coordenação de arte: Fabricio dos Santos Reis

Diagramação: Daniela Capezzuti, Fabiana Florencio Fernandes, Gilbert Julian, Gisele Oliveira, Leonel N. Maneskul, Valmir S. Santos, Vivian dos Santos e Walter Tierno

Projeto gráfico e capa: Aurélio Camilo

Coordenação de licenciamento e iconografia: Leticia Palaria de Castro Rocha

Pesquisa iconográfica: Jessica Clifton Riley

Planejamento editorial: Maria Carolina das Neves Ramos

Coordenação de multimídia: Kleber S. Portela

Gerência de produção gráfica: Guilherme Brito Silva

Coordenação de produção gráfica: Rodolfo da Silva Alves

Produção gráfica: Anderson Flávio Correia, Fernando Antônio Oliveira Arruda, Matheus Luiz Quinhonhes Godoy Soares e Vandrê Luis Soares

Colaboradores externos: Thiago Menzonatto (Edição de conteúdo), Madrigais Produção Editorial, Flávio Marcelo Vianna de Oliveira ME (Revisão), Casa de Tipos e Elizete Ferreira (Diagramação)

Impressão e acabamento: PifferPrint

Fotos de capa: angellodeco/Shutterstock.com e Jamesboy Nuchaikong/Shutterstock.com

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as imagens presentes nesta obra didática. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos, colocamo-nos à disposição para avaliação e consequente correção e inserção nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos no Art. 28 da lei 9.610/98.

Sumário

Frente 1

4 Propriedades físicas das substâncias	5
Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares, 6	Texto complementar, 20
Solubilidade dos compostos, 8	Resumindo, 22
Revisando, 12	Quer saber mais?, 23
Exercícios propostos, 15	Exercícios complementares, 23
5 Introdução à Química Orgânica	31
Histórico, 32	Resumindo, 50
Revisando, 41	Quer saber mais?, 51
Exercícios propostos, 45	Exercícios complementares, 52
Texto complementar, 49	
6 Nomenclatura dos compostos orgânicos	59
Introdução, 60	Nitrilas, 79
Nomenclatura substitutiva, 60	Nitrocomposto, 80
Hidrocarbonetos, 61	Cloreto de ácido carboxílico, 80
Haleto orgânico, 71	Anidrido de ácido carboxílico, 80
Álcool, 72	Ácido sulfônico, 80
Fenol, 73	Sal de ácido sulfônico, 80
Éter, 73	Tiocompostos, 81
Aldeído, 74	Enol, 81
Cetona, 75	Revisando, 81
Ácidos carboxílicos, 76	Exercícios propostos, 84
Sal de ácido carboxílico, 77	Texto complementar, 105
Éster orgânico, 77	Resumindo, 106
Amina, 78	Quer saber mais?, 108
Amida, 79	Exercícios complementares, 109
7 Isomeria	137
Introdução, 138	Textos complementares, 163
Isomeria plana ou constitucional, 138	Resumindo, 164
Isomeria espacial ou estereoisomeria, 141	Quer saber mais?, 165
Revisando, 148	Exercícios complementares, 165
Exercícios propostos, 149	

Frente 2

4 Ácidos e bases	181
Teoria de Arrhenius, 182	Exercícios propostos, 195
Funções químicas, 184	Textos complementares, 199
Ácidos, 185	Resumindo, 200
Bases ou hidróxidos, 190	Quer saber mais?, 200
Revisando, 194	Exercícios complementares, 201

5 Sais e óxidos.....	207
Sais, 208	Textos complementares, 234
Óxidos, 216	Resumindo, 236
Revisando, 222	Quer saber mais?, 236
Exercícios propostos, 224	Exercícios complementares, 236
6 Soluções.....	245
Dispersões, 246	Titulação, 258
Soluções, 247	Revisando, 259
Coeficiente de solubilidade (C_s) e curvas de solubilidade, 248	Exercícios propostos, 260
Tipos de concentração de soluções, 251	Texto complementar, 269
Diluição de soluções, 256	Resumindo, 269
Misturas de soluções, 257	Quer saber mais?, 270
	Exercícios complementares, 270
Frente 3	
4 Cinética Química	281
Introdução, 282	Exercícios propostos, 299
Velocidade de uma reação, 282	Texto complementar, 311
Teoria das colisões, 284	Resumindo, 313
Fatores que alteram a velocidade de uma reação, 286	Quer saber mais?, 314
Lei da ação das massas (lei de Guldberg-Waage), 291	Exercícios complementares, 314
Revisando, 294	
5 Equilíbrios químicos I.....	331
Reações reversíveis, 332	Exercícios propostos, 356
Grau de equilíbrio (α), 333	Texto complementar, 372
Constantes de equilíbrio, 334	Resumindo, 373
Princípio de Le Chatelier, 342	Quer saber mais?, 374
Equilíbrios iônicos, 346	Exercícios complementares, 374
Revisando, 350	
Gabarito.....	391



FRENTE 1

CAPÍTULO

4

Propriedades físicas das substâncias

Na imagem, vemos alguns insetos sobre a água e suas sombras projetadas no fundo do recipiente que contém o líquido. Perceba que a sombra das patas dos insetos é bem diferente de suas patas; esse fenômeno ocorre porque, quando o inseto pousa na superfície aquática, seu peso muda a distribuição das moléculas da água, que estão sob o efeito da **tensão superficial**, fazendo o peso do inseto gerar uma leve concavidade na superfície, mudando os padrões de refração da luz e formando uma sombra maior de suas patas.

As atrações entre partículas estão divididas em atrações interatômicas, ou seja, aquelas que ocorrem entre átomos na formação de ligações químicas; e atrações intermoleculares, as que ocorrem entre moléculas, sejam da mesma substância, sejam de substâncias diferentes.

Muitas das propriedades da matéria, como temperaturas de fusão e ebulição e solubilidade, estão intimamente relacionadas às atrações intermoleculares.

Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares

Há uma variação muito grande nas temperaturas de fusão e ebulição das substâncias moleculares. Por esse motivo, em temperatura ambiente, é possível encontrá-las nos estados sólido, líquido e gasoso.

Essa variação se deve basicamente:

- aos diversos tipos de atração intermolecular (dipolo induzido, dipolo permanente e ligação de hidrogênio) que essas moléculas apresentam, pois quanto mais intensas são essas atrações, maior será a quantidade de energia necessária para separá-las portanto maior a temperatura de ebulição.
- ao tamanho e à massa das moléculas, pois as maiores apresentam maiores superfícies de contato e, conseqüentemente, quantidades maiores de atrações intermoleculares, o que aumenta a temperatura de ebulição. As moléculas de maior massa necessitam de mais energia térmica a fim de adquirir velocidade suficiente para escapar da superfície do líquido durante a ebulição.

Observe, nas Tab. 1 a Tab. 4, algumas comparações das temperaturas de ebulição dos compostos moleculares:

Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela
F ₂	-187,9	38	2
Cl ₂	-34,4	71	3
Br ₂	59	159,8	4
I ₂	184,6	253,8	5

Tab. 1 Temperaturas de ebulição das substâncias F₂, Cl₂, Br₂ e I₂.

As substâncias formadas pelos elementos do grupo 17 são apolares, portanto realizam o mesmo tipo de atração intermolecular (dipolo induzido). Os elementos flúor e cloro, em condições ambiente, apresentam-se na forma gasosa, ao passo que o bromo é líquido, e o iodo, sólido.

Perceba que, conforme descemos o grupo 17 na tabela periódica, as substâncias formadas por seus elementos aumentam de tamanho e de massa, devido ao aumento de camadas eletrônicas e da quantidade de prótons no núcleo. Essa diferença entre as substâncias é responsável pela diferença nas temperaturas de ebulição.

Atenção

Lembre-se de que, em moléculas ou átomos maiores, a deformação da nuvem eletrônica é mais intensa, pois, além de existirem mais elétrons, eles estão mais afastados do núcleo, o que facilita a formação dos dipolos induzidos (maior polarizabilidade), aumentando a intensidade das forças de London.

Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela
HF	19,5	20	2
HCl	-85,1	36,5	3
HBr	-67	80,9	4
HI	-35,3	127,9	5

Tab. 2 Temperaturas de ebulição das substâncias HF, HCl, HBr e HI.

Os hidretos dos elementos do grupo 17 são substâncias polares que se atraem por interação do tipo dipolo permanente, por isso apresentam temperaturas de ebulição maiores do que as das substâncias formadas apenas pelos elementos.

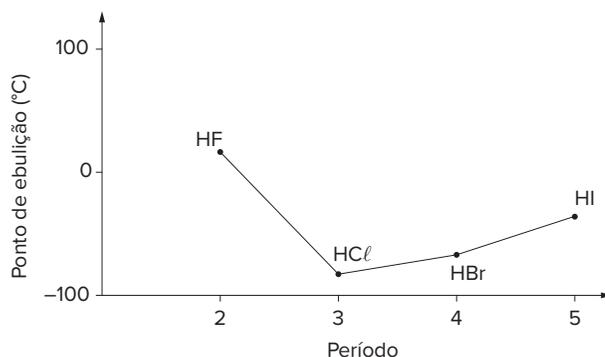


Fig. 1 A temperatura de ebulição do fluoreto de hidrogênio (HF) não acompanha a tendência observada nos outros hidretos do mesmo grupo.

O HF é o único hidreto do grupo 17 que realiza interação do tipo ligação de hidrogênio, uma interação intermolecular mais intensa, o que faz sua temperatura de ebulição ser bem mais alta que o esperado, diferentemente das temperaturas dos outros hidretos do grupo.

A diferença entre as temperaturas de ebulição do cloreto de hidrogênio (HCl), do brometo de hidrogênio (HBr) e do iodeto de hidrogênio (HI) se deve ao aumento do tamanho e da massa das moléculas. Quanto maior o tamanho e a massa, maior a temperatura de ebulição.

Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela
H ₂ O	100	18	2
H ₂ S	-60,4	34	3
H ₂ Se	-41,25	80,9	4
H ₂ Te	-2,2	129,6	5

Tab. 3 Temperaturas de ebulição das substâncias H₂O, H₂S, H₂Se e H₂Te.

O mesmo comportamento observado nos hidretos do grupo 17 pode ser observado nos do grupo 16. Veja que a água (H_2O) é a única substância que realiza interação do tipo ligação de hidrogênio (interação mais intensa), portanto apresenta a maior temperatura de ebulição. O sulfeto de hidrogênio (H_2S), o seleneto de hidrogênio (H_2Se) e o telureto de hidrogênio (H_2Te) são polares e realizam interação do tipo dipolo permanente, mais fraca que a ligação de hidrogênio, apresentando temperaturas de ebulição mais baixas que a da H_2O .

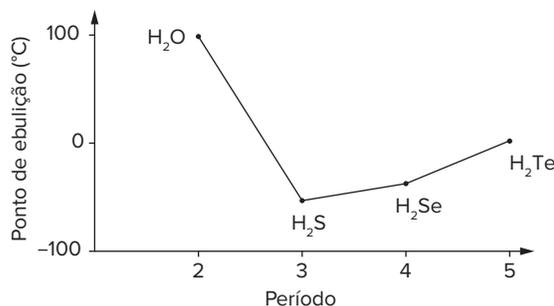
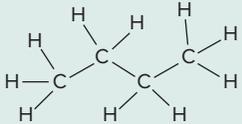
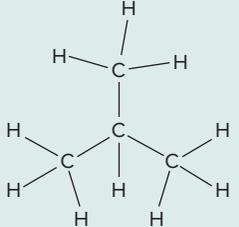


Fig. 2 A diferença entre as temperaturas de ebulição das demais substâncias se deve ao aumento do tamanho e da massa das moléculas. Quanto maiores o tamanho e a massa, maior a temperatura de ebulição.

Fórmula estrutural	Massa molecular (u)	Temperatura de ebulição (°C)
 butano	58	-0,5
 isobutano	58	-11,7

Tab. 4 Temperatura de ebulição do butano e do isobutano.

Observe que os dois compostos são apolares, realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo induzido) e apresentam a mesma massa molecular (58u). Nesse caso, o formato da molécula é o fator determinante das temperaturas de ebulição.

Moléculas com formatos mais alongados e extensos apresentam maior superfície de contato. Dessa forma, encaixam-se melhor entre si, e, com isso, há maior intensidade na atração intermolecular.

! Atenção

Quando comparamos a temperatura de ebulição de hidrocarbonetos isômeros, quanto mais ramificada for a cadeia, menor a superfície de contato entre os compostos e, conseqüentemente, menor a temperatura de ebulição.

Saiba mais

Número de ligações de hidrogênio por molécula

Foi estudado que as ligações de hidrogênio ocorrem apenas quando o hidrogênio está ligado a flúor, oxigênio e nitrogênio. As substâncias mais simples que formam ligações de hidrogênio são a amônia (NH_3), a água (H_2O) e o fluoreto de hidrogênio (HF).

Como a ligação de hidrogênio ocorre entre o hidrogênio de carga parcial positiva de uma molécula e o elemento com carga parcial negativa da outra molécula, a força da ligação de hidrogênio está relacionada à diferença de eletronegatividade entre o hidrogênio e o outro elemento que forma a molécula, pois quanto mais polarizada for a ligação covalente, mais forte será a força de atração entre as moléculas.

Dessa forma, a ordem crescente da força das ligações de hidrogênio é $\text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$.

Porém, quando comparamos as temperaturas de ebulição dessas substâncias, podemos observar um comportamento diferente:

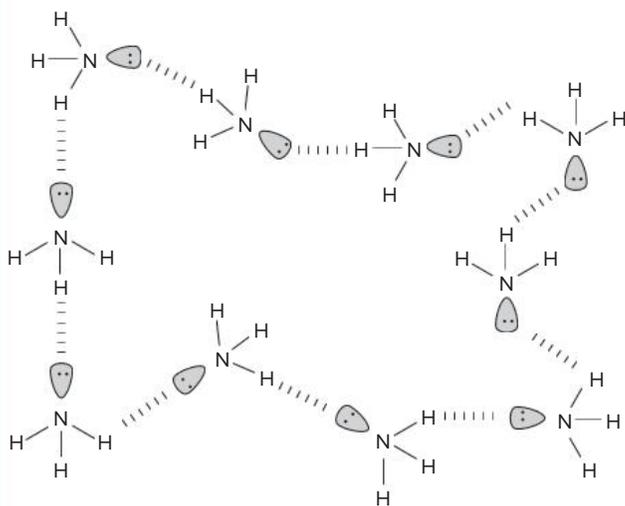
Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)
NH_3	-33,3	17
H_2O	100	18
HF	19,5	20

Como a polaridade e a massa molecular do HF são maiores, era esperado que a temperatura de ebulição fosse superior à da água. Porém, isso não é visto porque, para que a ligação de hidrogênio ocorra, é necessário que o hidrogênio com carga parcial positiva se atraia a um par de elétrons não compartilhados do elemento mais eletronegativo. Observe a tabela a seguir.

Substância	Número de H ligado em F, O ou N	Número de pares de elétrons livres	Número de ligações de hidrogênio por molécula
HF		1	3
H ₂ O		2	4
NH ₃		3	2

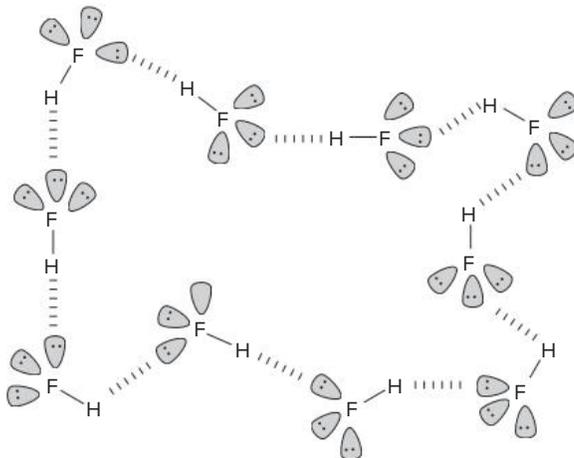
Analisando as informações da tabela, podemos notar que:

- na molécula de amônia, apesar de existirem três hidrogênios ligados ao nitrogênio, há apenas um par de elétrons livres, ou seja, não existem pares de elétrons suficientes para todos os hidrogênios. Imagine uma situação hipotética em que um recipiente contenha apenas 1000 moléculas de amônia no estado líquido. Nesse recipiente, existiriam 3000 átomos de hidrogênio, mas apenas 1000 pares de elétrons, de forma que 2000 hidrogênios ficariam sem ligação de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



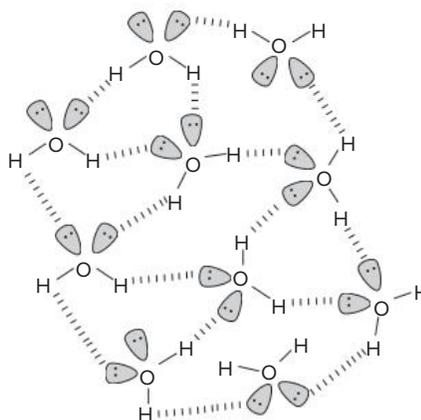
Apenas duas ligações de hidrogênio por molécula.

- na molécula de fluoreto de hidrogênio, a situação se inverte: apesar de existirem três pares de elétrons livres, há apenas um hidrogênio ligado ao flúor, ou seja, não existem hidrogênios suficientes para todos os pares de elétrons. No caso hipotético de 1000 moléculas de fluoreto de hidrogênio no estado líquido, 2000 pares de elétrons ficariam sem ligação de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



Apenas duas ligações de hidrogênio por molécula.

- na molécula de água, existem dois átomos de hidrogênio ligados ao oxigênio e dois pares de elétrons livres no oxigênio, ou seja, há um átomo de hidrogênio para cada par de elétrons. No caso hipotético de 1000 moléculas de água no estado líquido, existiriam 2000 átomos de hidrogênio e 2000 pares de elétrons, de forma que todos poderiam formar ligações de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



Quatro ligações de hidrogênio por molécula.

Como a água realiza um número maior de ligações de hidrogênio, sua temperatura de ebulição é maior do que a da amônia e a do fluoreto de hidrogênio.

Solubilidade dos compostos

Dois substâncias são solúveis entre si ou se dissolvem uma na outra quando formam uma mistura homogênea. Para que isso aconteça, é necessário que existam forças de atração entre as partículas do soluto (substância que vai ser dissolvida) e as partículas do solvente (substância em que vai ocorrer a dissolução).

Uma regra muito usada para prever a solubilidade é: **semelhante dissolve semelhante**.

Substâncias que apresentam a mesma polaridade tendem a se agrupar e/ou interagir entre si, o que não acontece com substâncias que apresentam polaridades diferentes: elas não interagem, formando as fases que observamos nas misturas heterogêneas.

As substâncias iônicas, por exemplo, tendem a se dissolver em solventes polares, assim como substâncias polares podem se misturar, formando soluções líquidas. No entanto, substâncias polares não podem ser dissolvidas em

substâncias apolares, e vice-versa. Ao tentarmos misturar água (H₂O) e iodo (I₂), por exemplo, o sistema formado será heterogêneo, pois a água é polar, e o iodo, apolar; portanto, a interação entre essas duas substâncias é bem reduzida.

Se misturarmos I₂ em tetracloreto de carbono (CCl₄), o sistema formado será homogêneo, pois são duas substâncias apolares e realizam o mesmo tipo de interação (dipolo induzido).

Outro exemplo é a dissolução de NaCl em água. As moléculas de água, com sua alta polaridade, conseguem envolver os íons individualmente conforme se soltam do retículo cristalino (sofrem dissociação), por meio de uma interação chamada de **íon-dipolo**. Os cátions são estabilizados pelo lado negativo da água, e os ânions, pelo lado positivo (Fig. 3).

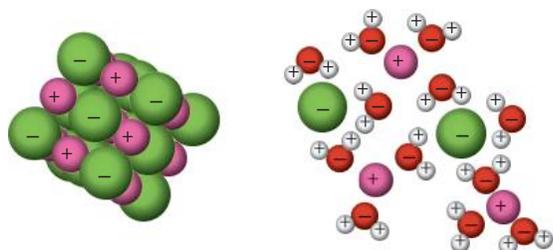
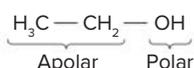


Fig. 3 Solvatação do NaCl.

A regra geral “semelhante dissolve semelhante” deve ser usada com cautela, principalmente em compostos orgânicos.

Compostos como os hidrocarbonetos (C_xH_y), que são apolares, e os haletos (R – X), em que (X = halogênio), que são muito pouco polares, são insolúveis em água. Já compostos que apresentam funções orgânicas oxigenadas e nitrogenadas, como álcoois, éteres, cetonas, aminas, entre outros, têm uma parte apolar (cadeia carbônica) e uma parte polar (grupo funcional); portanto podem ser solúveis ou insolúveis em água, dependendo de alguns fatores.



Por exemplo, metanol, etanol e propanol são álcoois miscíveis com água em quaisquer proporções. Nesses casos, os grupos alquilas (–CH₃, –C₂H₅, –C₃H₇, respectivamente), que são apolares, são relativamente pequenos e não atrapalham a formação da ligação de hidrogênio entre a água e o grupo hidroxila dos álcoois (Fig. 4).

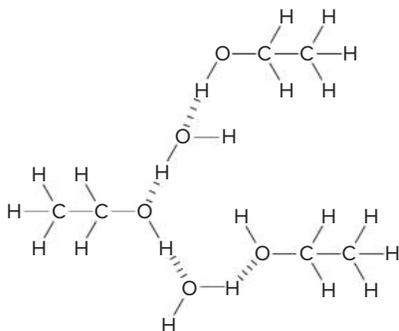


Fig. 4 Ligação de hidrogênio entre água e grupos hidroxila.

Em contrapartida, esses mesmos grupos alquilas são responsáveis pela solubilidade dos álcoois em solventes apolares, tais como a gasolina, que é um hidrocarboneto, por meio de interações dipolo induzido.

Nos álcoois com cadeias carbônicas maiores, a solubilidade em água diminui consideravelmente. Por exemplo, o butanol e o pentanol têm solubilidade em água muito baixa (8,3 e 2,4 g/100 g de H₂O a 20 °C, respectivamente); já o decanol (Fig. 5) é insolúvel em água, pois, apesar de ser possível a formação de ligações de hidrogênio entre o grupo hidroxila e a água, a cadeia carbônica (parte apolar) desse álcool é muito grande, tornando o composto predominantemente apolar. Diz-se que a cadeia longa de carbonos (parte apolar) é **hidrofóbica**, ao passo que o grupo hidroxila (parte polar) é **hidrofílico**.



Fig. 5 Decanol.

A solubilidade dos compostos orgânicos em água pode ser prevista de forma mais clara pelas seguintes regras:

- Hidrocarbonetos (C_xH_y) e haletos orgânicos (R – X) são insolúveis.
- Compostos que apresentam **um grupo hidrofílico** (grupo polar capaz de realizar ligação de hidrogênio com a água), por exemplo, uma função oxigenada ou nitrogenada e cadeias carbônicas com:
 - até três carbonos são solúveis;
 - quatro ou cinco carbonos são parcialmente solúveis;
 - seis ou mais carbonos são insolúveis.

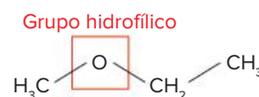
! Atenção

Empiricamente, toda substância tem algum grau de solubilidade em outra. Por exemplo, óleo mineral e água não se misturam. No entanto, caso as duas sejam colocadas no mesmo recipiente e posteriormente separadas, a água se tornará não potável, pois haveria uma pequena dissolução do óleo na água.

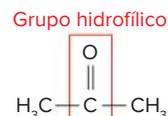
Não há consenso em relação à quantidade de substância que deve ser dissolvida para que seja considerada solúvel. Na Química Geral, costuma-se dizer que, para solubilidade acima de 0,01 mol/L, o composto é solúvel, já em Química Orgânica são considerados solúveis compostos com solubilidade a partir de 3 g em 100 mL (30 g/L).

Observe os exemplos a seguir:

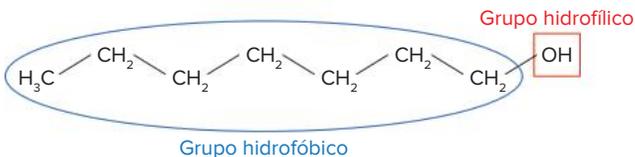
- O composto metoxietano é solúvel em água, pois apresenta um grupo hidrofílico e uma cadeia com três carbonos.



- O composto propanona é solúvel em água, pois apresenta um grupo hidrofílico e uma cadeia com três carbonos.

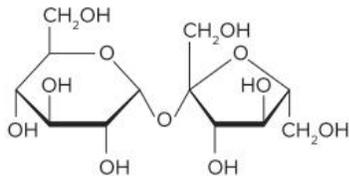


- c. O composto heptanol é insolúvel em água, pois, apesar de apresentar um grupo hidrofílico, sua cadeia carbônica (parte apolar) apresenta sete carbonos.



Atenção

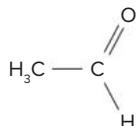
Para substâncias com mais de um grupo hidrofílico, essa regra não se aplica. Por exemplo, a sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) tem 12 carbonos, mas a presença de 11 grupos hidrofílicos a torna altamente solúvel em água.



Exercício resolvido

1 Dadas as seguintes substâncias orgânicas:

- I. $H_3C-CH_2-O-CH_2-CH_3$
- II. $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
- III. $H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$
- IV. $HO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
- V.



Qual alternativa contém, respectivamente, a substância que apresenta maior temperatura de ebulição e a de menor solubilidade em água?

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

Resolução:

Os compostos II e IV podem formar ligações de hidrogênio, portanto devem apresentar as maiores temperaturas de ebulição. Como o composto IV apresenta dois grupos $-OH$, ele pode formar mais ligações de hidrogênio que o II, logo tem maior temperatura de ebulição.

O único composto que não apresenta grupo hidrofílico é o III. Portanto, não pode formar ligações de hidrogênio com a água e deve apresentar a menor solubilidade.

Alternativa: C.

Sabões e detergentes

A manufatura do sabão constitui uma das sínteses químicas conhecidas mais antigas. A hidrólise básica dos glicerídeos (óleos ou gorduras) dá origem aos sais de ácidos carboxílicos e ao glicerol (Fig. 6). Essa reação é também conhecida como **saponificação**.

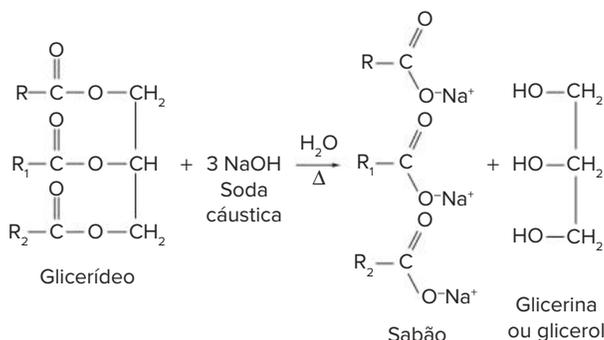


Fig. 6 Hidrólise de glicerídeo.

Os sabões (Fig. 7) são, portanto, sais de sódio e/ou potássio de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos).

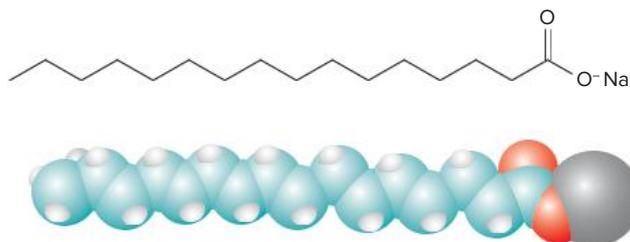


Fig. 7 Palmitato de sódio (sabão comum).

Os detergentes (Fig. 8), por sua vez, foram desenvolvidos no início do século XX. São sais de sódio de ácido sulfônico de cadeia longa.

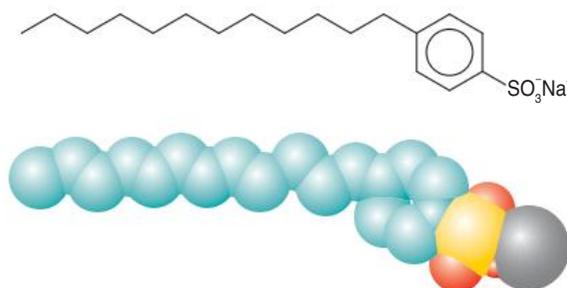


Fig. 8 Laurilbenzenosulfonato de sódio (detergente comum).

Observe que, apesar de apresentarem funções orgânicas diferentes, eles têm ação semelhante. Ambos possuem um grupo funcional hidrofílico muito polar (iônico) e uma cadeia carbônica longa (grupo hidrofóbico). Tanto o sabão quanto o detergente são **moléculas anfífilas** e podem ser representados esquematicamente conforme a Fig. 9.

Molécula anfífila: aquela cuja estrutura tem uma parte hidrofílica (solúvel em água) e outra parte lipofílica (solúvel em lipídios).

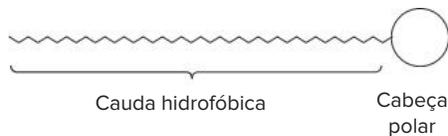


Fig. 9 Representação esquemática de um sabão ou um detergente.

Essa estrutura permite que a molécula do sabão interaja simultaneamente com substâncias apolares, como óleos e gorduras, e com a água, formando **micelas** (Fig. 10). Os óleos e as gorduras ficam na parte interna apolar da micela e a parte externa (polar) interage com a água.

Micela: estrutura globular formada por um agregado de moléculas anfipáticas, ou seja, compostos com características simultaneamente polares e apolares, dispersos em um líquido, constituindo uma das fases de um coloide.

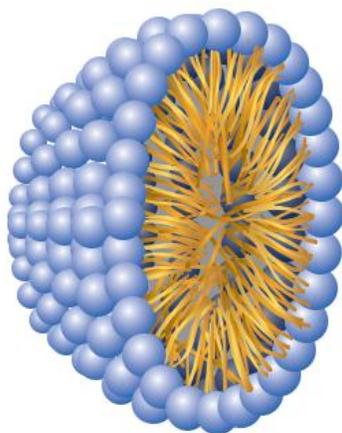


Fig. 10 Micela.

O processo de formação de micelas é denominado **emulsificação**. Dizemos que o sabão ou o detergente atuam como emulsificantes ou emulsionantes, ou seja, têm a propriedade de fazer o óleo ou a gordura se dispersar na água, formando uma emulsão. A Fig. 11 demonstra esse processo:

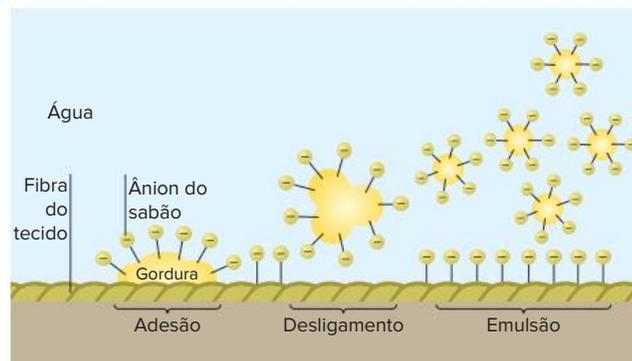


Fig. 11 Ação de limpeza de um sabão ou detergente.

A formação de uma monocamada (Fig. 12) de sabão ou detergente na superfície da água é responsável também pelo **efeito tensoativo** ou **surfactante**, ou seja, pela diminuição da tensão superficial da água.

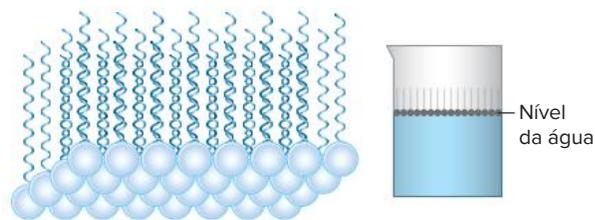


Fig. 12 Monocamada na superfície da água.

Saiba mais

Bolha de sabão

Bolha de sabão é uma película muito fina de sabão e água em forma de esfera. Normalmente, as bolhas de sabão duram apenas alguns segundos e logo explodem por si mesmas ou por contato com outro objeto.

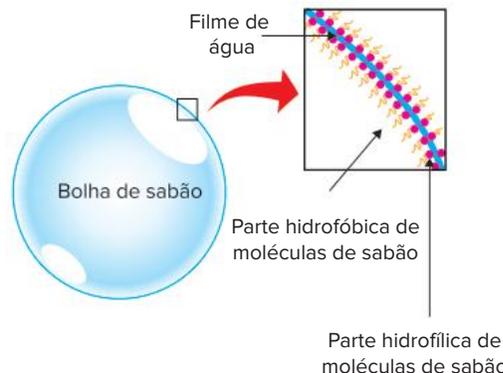
Ao primeiro contato com a bolha, a parte apolar do sabão é atraída pelo objeto e expõe a fina camada de água ao ar. O desmanche da camada de água se propaga rapidamente para o outro lado da bolha.

Surge, assim, a pergunta: Como se forma uma bolha de sabão?

A bolha pode existir porque a camada muito fina de água tem certa tensão superficial, o que faz a camada se comportar como folha elástica e adquirir o formato esférico, pois a esfera tem menor área superficial para um volume determinado. Essa tensão superficial é causada pela forte atração que as moléculas de água têm entre si.

O sabão é outro componente essencial para a formação da bolha. É um erro acreditar que o sabão aumenta a tensão superficial da água. Na realidade, ele faz justamente o contrário, diminuindo a tensão superficial de um líquido em, aproximadamente, $\frac{1}{3}$.

O sabão estabiliza a bolha por reduzir a evaporação da água e, principalmente, por aprisionar uma fina camada de água entre sua parte polar, enquanto sua parte apolar mantém contato com o ar.



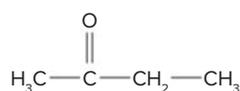
Revisando

1 Considere as seguintes interações:

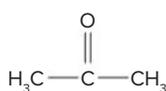
- I. $\text{CH}_4 \dots \text{CH}_4$
- II. $\text{HBr} \dots \text{HBr}$
- III. $\text{CH}_3\text{OH} \dots \text{H}_2\text{O}$

Identifique as forças intermoleculares predominantes que atuam nas interações I, II e III.

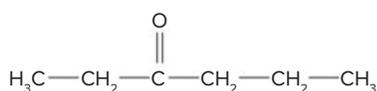
2 Considere as seguintes substâncias:



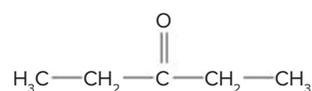
Butanona



Propanona



Hexan-3-ona



Pentan-3-ona

As temperaturas de ebulição, sob pressão de 1 atm, dessas substâncias são, 101 °C, 80 °C, 124 °C e 56 °C, não necessariamente nessa ordem. Estabeleça uma relação entre as estruturas e as temperaturas de ebulição.

3 Pode-se afirmar que, sob a mesma pressão, a temperatura de ebulição do butan-1-ol ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$) é maior que a do éter dietílico ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$). Explique esse comportamento com base na estrutura desses compostos.

4 Identifique o composto que apresenta a maior e a menor temperatura de ebulição.

- I. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- II. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
- III. $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- IV. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

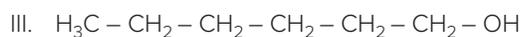
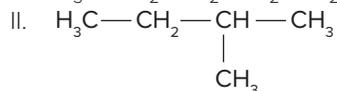
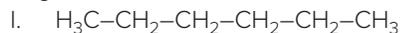
5 Os ácidos em maior ou menor grau são prejudiciais quando manuseados ou podem causar danos só de chegarmos perto. Alguns deles em temperatura ambiente são gases (isso se deve ao fato de apresentarem baixas temperaturas de ebulição) e a sua inalação pode provocar irritação das vias respiratórias.

(SARDELLA, A. *Química*. São Paulo: Ática, 2005. p. 74 (Série Novo ensino médio, vol. único).

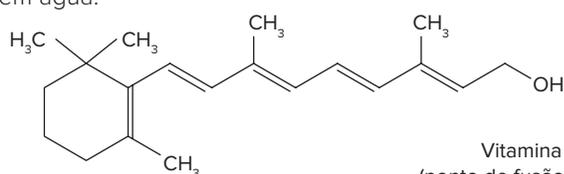
De acordo com a tabela a seguir, determine a ordem crescente das temperaturas de ebulição dos ácidos.

Composto	Massa molecular (u)
H_2S	34
H_2Se	81
H_2Te	129

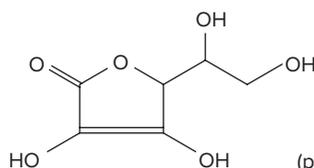
6 Organize as substâncias I, II e III em ordem crescente de temperatura de ebulição.



7 Uma das propriedades que determina maior ou menor concentração de uma vitamina na urina é a sua solubilidade em água.



Vitamina A
(ponto de fusão = 62 °C)

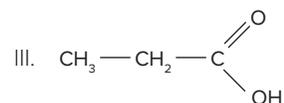
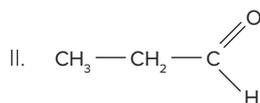
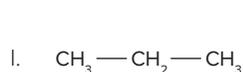


Vitamina C
(ponto de fusão = 193 °C)

a) Qual dessas vitaminas é mais facilmente eliminada na urina? Justifique.

b) Dê uma justificativa para a temperatura de fusão da vitamina C ser superior à da vitamina A.

8 Com relação aos compostos I, II e III a seguir, responda:



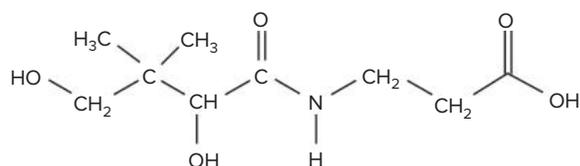
a) Qual deles possui maior temperatura de ebulição? Justifique sua resposta.

b) Qual é o menos solúvel em água? Justifique sua resposta.

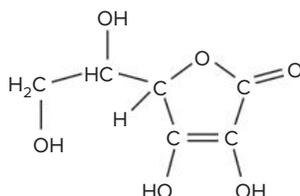
c) Quais são aqueles que formam ligações de hidrogênio entre suas moléculas? Mostre a formação dessas ligações.

9 As vitaminas são compostos orgânicos, presentes nos alimentos, essenciais para o funcionamento normal do metabolismo. As vitaminas podem ser classificadas em dois grupos de acordo com sua solubilidade: lipossolúveis (solúveis em gordura) e hidrossolúveis (solúveis em água). Baseando-se nas estruturas, classifique as vitaminas a seguir em lipossolúvel ou hidrossolúvel.

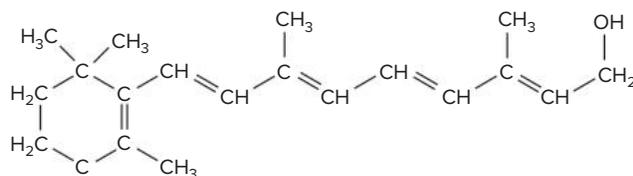
a) Vitamina B₅



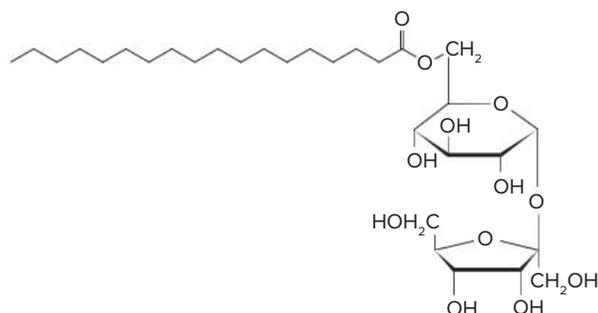
b) Vitamina C



c) Vitamina A



10 Um tensoativo bastante utilizado na produção de alimentos, tais como sorvete e maionese, tem sua fórmula mostrada a seguir.



Na fórmula do tensoativo, circunde com linha pontilhada a parte hidrofílica e a parte hidrofóbica. Justifique sua escolha em termos de forças de interação com a água e o óleo.

Exercícios propostos

1 UFPE A compreensão das interações intermoleculares é importante para a racionalização das propriedades físico-químicas macroscópicas, bem como para o entendimento dos processos de reconhecimento molecular que ocorrem nos sistemas biológicos. A tabela a seguir apresenta as temperaturas de ebulição (TE), para três líquidos à pressão atmosférica.

Líquido	Fórmula Química	TE (°C)
acetona	(CH ₃) ₂ CO	56
água	H ₂ O	100
etanol	CH ₃ CH ₂ OH	78

Com relação aos dados apresentados na tabela acima, podemos afirmar que:

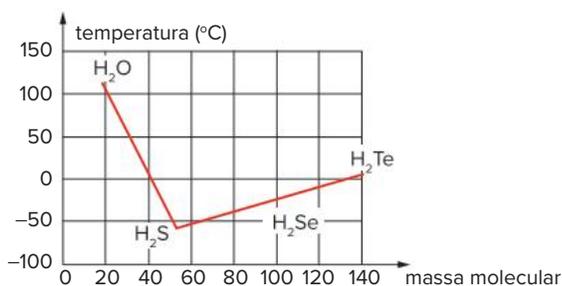
- A** as interações intermoleculares presentes na acetona são mais fortes que aquelas presentes na água.
B as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na acetona.
C dos três líquidos, a acetona é o que apresenta ligações de hidrogênio mais fortes.
D a magnitude das interações intermoleculares é a mesma para os três líquidos.
E as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na água.

2 UEPG 2016 Dentre os compostos relacionados abaixo, identifique aqueles que se caracterizam por serem insolúveis em água e assinale o que for correto.

- 01 Tetracloreto de carbono.
 02 Metanol
 04 Acetileno
 08 Éter dimetílico

Soma:

3 PUC-Minas Analise o gráfico, que apresenta as temperaturas de ebulição de compostos binários do hidrogênio com elementos do grupo 16 (coluna 6A), à pressão de 1 atm.



A partir das informações apresentadas, é incorreto afirmar que:

- A** a substância mais volátil é o H₂S, pois apresenta a menor temperatura de ebulição.

- B** a água apresenta maior temperatura de ebulição, pois apresenta ligações de hidrogênio.
C todos os hidretos são gases à temperatura ambiente, exceto a água, que é líquida.
D a 100 °C, a água ferve, rompendo as ligações covalentes antes das intermoleculares.

4 Enem 2019 Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição. O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C _n H _{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C ₁ a C ₄
2	30 a 180	Gasolina	C ₆ a C ₁₂
3	170 a 290	Querosene	C ₁₁ a C ₁₆
4	260 a 350	Óleo diesel	C ₁₄ a C ₁₈

Na fração 4, a separação dos compostos ocorre em temperaturas mais elevadas porque

- A** suas densidades são maiores.
B o número de ramificações é maior.
C sua solubilidade no petróleo é maior.
D as forças intermoleculares são mais intensas.
E a cadeia carbônica é mais difícil de ser quebrada.

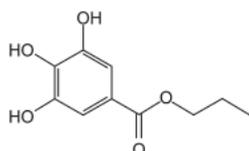
5 PUC-RS

	Nome do Composto	Fórmula
I	n-pentano	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃
II	neo-pentano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
III	pentanol	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —OH
IV	1,5-pentanodiol	HO—CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —OH
V	2-cloro-2-metilpropano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

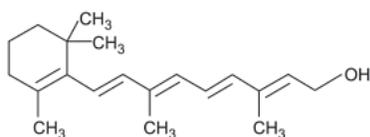
Pela análise do quadro, conclui-se que a ordem crescente dos pontos de ebulição dos compostos indicados é:

- A I < II < III < IV < V
- B II < I < V < III < IV
- C II < V < I < III < IV
- D III < IV < I < II < V
- E IV < III < V < I < II

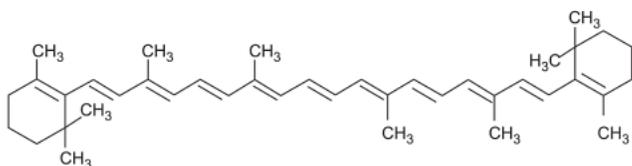
6 Inesper 2019 A indústria de alimentos emprega diversos aditivos em seus produtos, como vitaminas, corantes e agentes para prevenção da degradação do produto. Na figura, são representadas as fórmulas estruturais de quatro dessas substâncias empregadas pela indústria de alimentos.



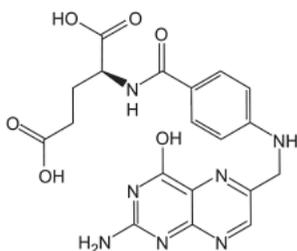
Substância I



Substância II



Substância III



Substância IV

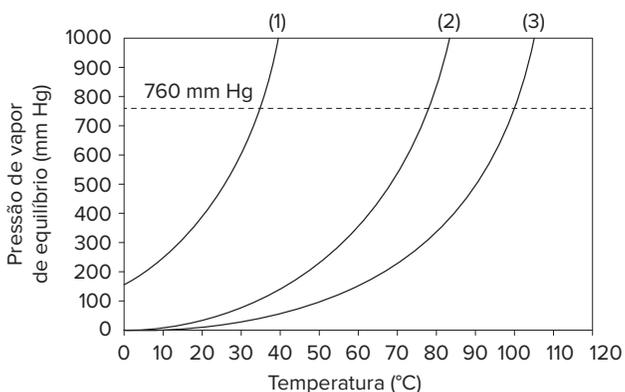
Dentre essas substâncias, as que são solubilizadas em água durante a preparação de alimentos industrializados são aquelas correspondentes às fórmulas estruturais identificadas por:

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

7 UCS 2014 O sulfeto de hidrogênio, H_2S , é um dos compostos responsáveis pela halitose, ou mau hálito. Ele é formado pela reação das bactérias presentes na boca com os restos de alimento. Apesar de apresentar estrutura semelhante à molécula de água, o H_2S é um gás à temperatura ambiente e pressão atmosférica, porque apresenta

- A forças intermoleculares mais fracas em relação às ligações de hidrogênio na água.
- B forças intermoleculares mais fortes em relação às ligações de hidrogênio na água.
- C ligação iônica, e a água apresenta geometria angular.
- D ligação covalente, e a água apresenta ligação iônica.
- E geometria linear e ligação covalente.

8 UCS 2015 Se um líquido for aquecido a uma temperatura suficientemente elevada, a tendência ao escape de suas moléculas torna-se tão grande que ocorre a ebulição. Em outras palavras, “um líquido entra em ebulição quando a pressão máxima de seus vapores torna-se igual à pressão externa – que, no caso de um recipiente aberto, é a pressão atmosférica local”. No gráfico abaixo encontram-se representadas as curvas de pressão de vapor de equilíbrio para três líquidos puros distintos (aqui designados por (1), (2) e (3), respectivamente), em função da temperatura.



Fonte: RUSSELL, John B. *Química Geral*. 2. ed., v. 1, 1994, p. 460. (Adapt.)

Considerando que os três líquidos tenham sido aquecidos até a ebulição, em um mesmo local e ao nível do mar, assinale a alternativa correta.

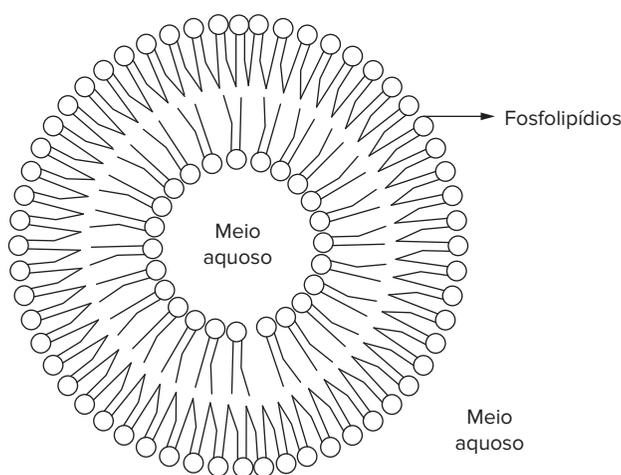
- A A pressão de vapor de equilíbrio do líquido (1) é menor do que a dos líquidos (2) e (3), a 25 °C.
- B A 30 °C, o líquido (1) é o menos volátil de todos.
- C O menor ponto de ebulição está associado ao líquido (2).
- D As forças intermoleculares que ocorrem no líquido (3) são mais fortes do que aquelas nos líquidos (1) e (2).
- E Os líquidos (1), (2) e (3) apresentam pontos de ebulição idênticos.

9 Enem PPL 2019 Em derramamentos de óleo no mar, os produtos conhecidos como “dispersantes” são usados para reduzir a tensão superficial do petróleo derramado, permitindo que o vento e as ondas “quebrem” a mancha em gotículas microscópicas. Estas são dispersas pela água do mar antes que a mancha de petróleo atinja a costa. Na tentativa de fazer uma reprodução do efeito desse produto em casa, um estudante prepara um recipiente contendo água e gotas de óleo de soja. Há disponível apenas azeite, vinagre, detergente, água sanitária e sal de cozinha.

Qual dos materiais disponíveis provoca uma ação semelhante à situação descrita?

- A Azeite.
- B Vinagre.
- C Detergente.
- D Água sanitária.
- E Sal de cozinha.

10 Enem 2012 Quando colocamos em água, os fosfolipídeos tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura. Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.



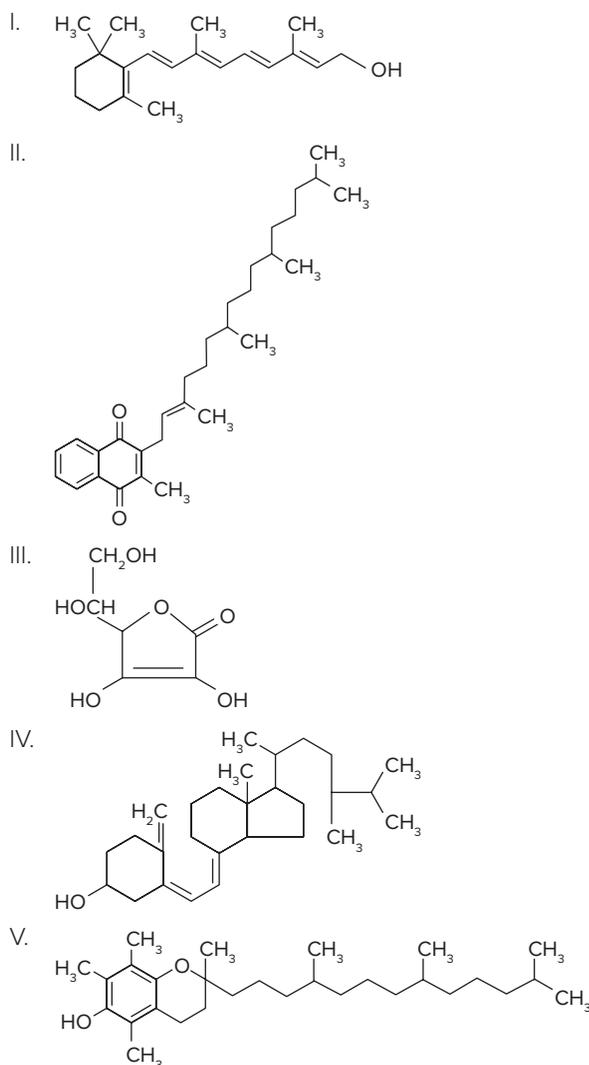
Disponível em: <<http://course1.winona.edu>>. Acesso em: 1 mar. 2012. (Adapt.)

Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolipídeos apresentarem uma natureza

- A polar, ou seja, serem inteiramente solúveis em água.
- B apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa.
- C anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- D insaturada, ou seja, possuírem duplas ligações em sua estrutura.
- E anfílica, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.

11 Enem O armazenamento de certas vitaminas no organismo apresenta grande dependência de sua solubilidade. Por exemplo, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária, enquanto

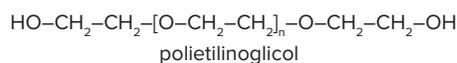
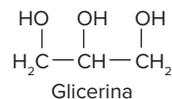
vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência. A seguir são apresentadas as estruturas químicas de cinco vitaminas necessárias ao organismo.



Dentre as vitaminas apresentadas na figura, aquela que necessita de maior suplementação diária é

- A I.
- B II.
- C III.
- D IV.
- E V.

12 Enem A pele humana, quando está bem hidratada, adquire boa elasticidade e aspecto macio e suave. Em contrapartida, quando está ressecada, perde sua elasticidade e se apresenta opaca e áspera. Para evitar o ressecamento da pele é necessário, sempre que possível, utilizar hidratantes umectantes, feitos geralmente à base de glicerina e polietilenoglicol:



Disponível em: <<http://www.brasilescola.com>>. Acesso em: 23 abr. 2010. (Adapt.)

A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de

- A ligações iônicas.
- B forças de London.
- C ligações covalentes.
- D forças dipolo-dipolo.
- E ligações de hidrogênio.

13 Unicamp 2015 Os *sprays* utilizados em partidas de futebol têm formulações bem variadas, mas basicamente contêm água, butano e um surfactante. Quando essa mistura deixa a embalagem, forma-se uma espuma branca que o árbitro utiliza para marcar as posições dos jogadores. Do ponto de vista químico, essas informações sugerem que a espuma estabilizada por certo tempo seja formada por pequenas bolhas, cujas películas são constituídas de água e

- A surfactante, que aumenta a tensão superficial da água.
- B butano, que aumenta a tensão superficial da água.
- C surfactante, que diminui a tensão superficial da água.
- D butano, que diminui a tensão superficial da água.

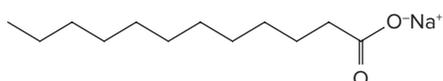
14 Imed 2016 Considere os seguintes álcoois:

- I. $\text{CH}_3\text{-OH}$
- II. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$
- III. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$
- IV. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

Assinale a alternativa que apresenta em ordem crescente a solubilidade desses álcoois em água.

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

15 UEG 2015 (Adapt.) A remoção de gordura em utensílios domésticos é feita por ação mecânica, entretanto, a ação dos sabões facilita o processo de remoção de sujeiras gordurosas. Um exemplo de uma molécula de sabão é o dodecanoato de sódio, cuja estrutura química está mostrada a seguir.



O papel do sabão no processo de limpeza ocorre devido à

- A interação de van der Waals da parte apolar e à ligação de hidrogênio da parte polar de sua molécula, respectivamente, com a gordura e a água.
- B redução do pH do meio, possibilitando a solubilização da gordura na água.

C diminuição da densidade da água, facilitando a precipitação das moléculas de gordura, que serão removidas por centrifugação.

D tensão superficial da água que é elevada e que possibilita a formação de espuma que remove a sujeira.

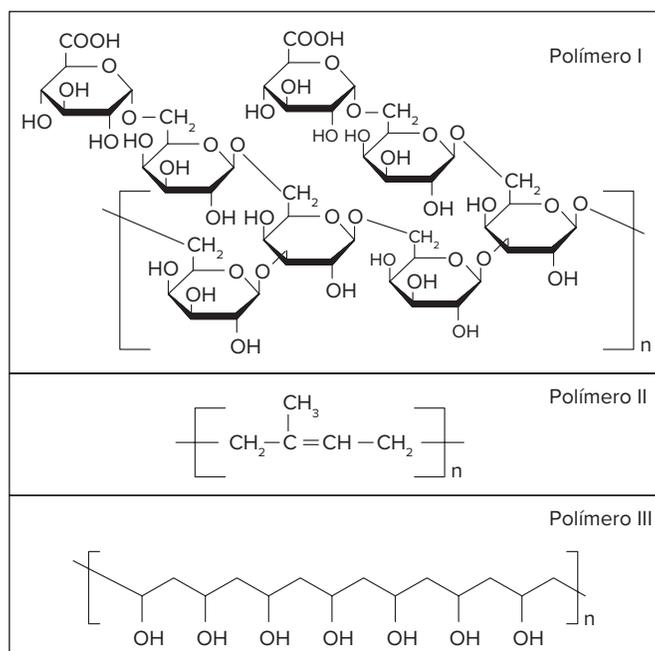
16 Fatec 2015 Após identificar a presença de álcool etílico, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, em amostras de leite cru refrigerado usado por uma empresa na produção de leite longa vida e de requeijão, fiscais da superintendência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomendaram que os lotes irregulares dos produtos fossem recolhidos das prateleiras dos supermercados, conforme prevê o Código de Defesa do Consumidor. Segundo o Ministério, a presença de álcool etílico no leite cru refrigerado pode mascarar a adição irregular de água no produto.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/m8hxq6b>>. Acesso em: 21 ago. 2014. (Adapt.)

Essa fraude não é facilmente percebida em virtude da grande solubilidade desse composto em água, pois ocorrem interações do tipo

- A dipolo-dipolo.
- B íon-dipolo.
- C dispersão de London.
- D ligações de hidrogênio.
- E dipolo instantâneo-dipolo induzido.

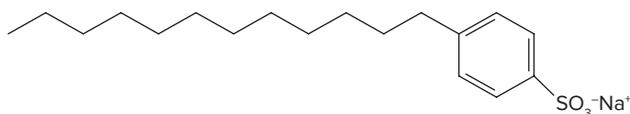
17 Fuvest 2013 Um funcionário de uma empresa ficou encarregado de remover resíduos de diferentes polímeros que estavam aderidos a diversas peças. Após alguma investigação, o funcionário classificou as peças em três grupos, conforme o polímero aderido a cada uma. As fórmulas estruturais de cada um desses polímeros são as seguintes:



Para remover os resíduos de polímero das peças, o funcionário dispunha de apenas dois solventes: água e n-hexano. O funcionário analisou as fórmulas estruturais dos três polímeros e procurou fazer a correspondência entre cada polímero e o solvente mais adequado para solubilizá-lo. A alternativa que representa corretamente essa correspondência é:

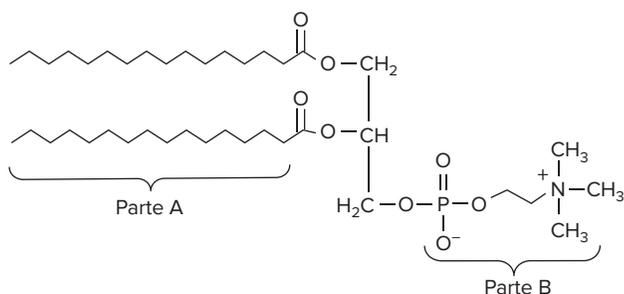
	Polímero I	Polímero II	Polímero III
A	água	n-hexano	água
B	n-hexano	água	n-hexano
C	n-hexano	água	água
D	água	água	n-hexano
E	água	n-hexano	n-hexano

- 18 Unioeste 2012** Um dos grandes problemas de poluição mundial é o descarte de detergentes não biodegradáveis nos rios, lagos e mananciais. Os detergentes não biodegradáveis formam densas espumas que impedem a entrada de gás oxigênio na água e com isso afeta a vida das espécies aeróbicas aquáticas. Para resolver ou amenizar este problema surgiu o detergente biodegradável, a qual sua estrutura pode ser observada abaixo:



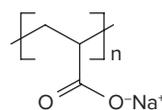
Com relação aos detergentes biodegradáveis, pode-se afirmar que

- A sua cadeia carbônica saturada apresenta somente uma ramificação.
 B sua estrutura apresenta uma porção polar e uma apolar.
 C o anel aromático é monossustituído.
 D a parte apolar apresenta uma cadeia insaturada.
 E a porção sulfônica apresenta ligação metálica.
- 19 PUC-Minas** A maionese é uma emulsão formada entre óleo (azeite, por exemplo) e água (proveniente do ovo). Como água e óleo não se misturam, é necessária a presença de um agente tensoativo, que pode ser representado pelas lecitinas, fosfolipídeos que podem possuir a estrutura exemplificada a seguir e que são encontrados na gema do ovo.

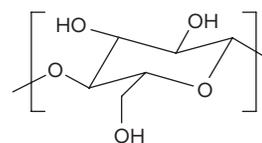


Sobre as lecitinas e seu papel na formação da maionese, é incorreto afirmar que:

- A as lecitinas apresentam uma porção hidrofílica (polar) representada por A e uma porção hidrofóbica (apolar) representada por B.
 B as lecitinas diminuem a tensão superficial entre a água e o óleo.
 C na formação da maionese, a parte A das lecitinas deve ficar voltada para as gotas de óleo e a parte B, para as gotas de água.
 D as lecitinas na maionese apresentam o mesmo papel que os detergentes na remoção de gorduras.
- 20 Enem 2013** As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliacrilato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



(1)



(2)

CURI, D. *Química nova na escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006. (Adapt.)

A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

- A interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
 B interações íon-íon mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
 C ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.
 D ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.
 E interações íon-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

Propriedades dos líquidos

As forças intermoleculares evidenciam algumas características e propriedades dos líquidos. Vamos analisar dois fenômenos associados aos líquidos em geral: a tensão superficial e a viscosidade. Discutiremos também as estruturas e propriedades da água.

Tensão superficial

As moléculas do interior de um líquido são puxadas em todas as direções pelas forças intermoleculares; não há tendência de elas serem puxadas em direção preferencial. Contudo, as moléculas situadas na superfície são puxadas para dentro do líquido e para os lados por outras moléculas, mas não para fora (figura a seguir).



Forças intermoleculares agindo em uma molécula situada na camada superficial de um líquido e no interior do líquido.



A tensão superficial permite que alguns insetos “andem” sobre a água.

Estas atrações intermoleculares tendem a puxar as moléculas para dentro do líquido e levam a superfície a comportar-se como um filme elástico. Uma vez que as atrações entre as moléculas polares da água e as moléculas apolares da cera na superfície de um automóvel encerado são pequenas ou nulas, uma gota de água toma a forma de uma gotícula redonda, já que essa forma esférica minimiza a área superficial de um líquido. A superfície envernizada de uma maçã úmida também produz esse efeito (figura a seguir).

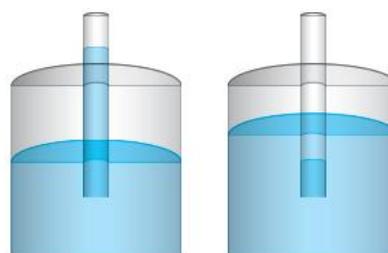


Gotas de água em uma maçã com a superfície encerada.

Uma medida da força elástica que existe na superfície de um líquido é a tensão superficial. A **tensão superficial** de um líquido é a *quantidade de energia necessária para esticar ou aumentar a área dessa superfície em uma unidade* (por exemplo, em 1 cm^2). Os líquidos que têm forças

intermoleculares intensas têm também elevadas tensões superficiais. Assim, a água, devido às ligações de hidrogênio, tem uma tensão superficial consideravelmente mais elevada do que a maioria dos líquidos comuns.

Outro exemplo de existência de tensão superficial é a *ação capilar*. A próxima figura (a) mostra a água subindo espontaneamente em um tubo capilar. Um fino filme de água adere à parede do tubo de vidro. A tensão superficial da água provoca a contração do filme, que, por sua vez, faz a água subir no tubo. Há dois tipos de forças responsáveis pela ação capilar. Uma é a **coesão**, a *atração intermolecular entre moléculas semelhantes* (nesse caso, as moléculas de água). A outra, chamada de **adesão**, é a *atração entre moléculas diferentes*, como as da água e as das paredes do vidro. Se a adesão for mais forte que a coesão, como na figura (a), o líquido contido no tubo é puxado para cima ao longo do tubo. O processo continua até que a força de adesão seja equilibrada pelo peso da água no tubo. Esse comportamento está longe de ser universal para todos os líquidos, como se vê na figura (b). No mercúrio, a coesão é maior do que a adesão entre o mercúrio e o vidro, de modo que, quando se mergulha um tubo capilar em mercúrio, o resultado é uma descida no nível do mercúrio – ou seja, a altura do líquido no tubo capilar está abaixo do nível exterior do mercúrio no recipiente.

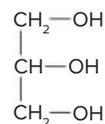


(a) Quando a adesão é maior do que a coesão, o líquido (por exemplo, a água) sobe no tubo capilar. (b) Quando a coesão é maior do que a adesão, como acontece com o mercúrio, surge uma depressão do líquido no tubo capilar. Note que o menisco no tubo com água é côncavo ou arredondado para baixo, enquanto no tubo de mercúrio é convexo ou arredondado para cima.

Viscosidade

A veracidade da expressão “lento como meloço em junho” deve-se a outra propriedade física dos líquidos chamada viscosidade. A **viscosidade** é uma medida da resistência que um fluido oferece ao escoamento. Quanto maior a viscosidade, mais lentamente flui o líquido. A viscosidade de um líquido normalmente diminui à medida que a temperatura aumenta; por isso, o meloço quente flui mais depressa do que o meloço frio.

Os líquidos que têm grandes forças intermoleculares têm também viscosidades mais altas do que os que têm forças intermoleculares mais fracas (tabela a seguir). A água tem uma viscosidade superior a de muitos outros líquidos por causa de sua capacidade de formar ligações de hidrogênio. É interessante notar que o glicerol é o líquido da tabela a seguir com maior valor de viscosidade. A estrutura do glicerol é a seguinte:



Tal como a água, o glicerol pode formar ligações de hidrogênio. Cada molécula de glicerol tem três grupos —OH que podem participar de ligações de hidrogênio com outras moléculas de glicerol.

Além disso, estas moléculas, devido à sua forma, têm grande tendência a se entrelaçar em vez de escorregar umas sobre as outras, como acontece com as moléculas de líquidos menos viscosos. Essas interações contribuem para a elevada viscosidade do glicerol.

Líquido	Viscosidade (N s/m ²)
Acetona (C ₃ H ₆ O)	3,16 · 10 ⁻⁴
Água (H ₂ O)	1,01 · 10 ⁻³
Benzeno (C ₆ H ₆)	6,25 · 10 ⁻⁴
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	1,20 · 10 ⁻³
Éter dietílico (C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅)	2,33 · 10 ⁻⁴
Glicerol (C ₃ H ₈ O ₃)	1,49
Mercúrio (Hg)	1,55 · 10 ⁻³
Sangue	4 · 10 ⁻³
Tetracloroeto de carbono (CCl ₄)	9,69 · 10 ⁻⁴

Fig. 13 Viscosidade de alguns líquidos comuns a 20 °C

Estrutura e propriedades da água

A água é uma substância tão comum na Terra que muitas vezes não percebemos sua natureza única. Todos os processos vitais envolvem água. A água é um excelente solvente para muitos compostos iônicos, assim como para outras substâncias capazes de formar com ela ligações de hidrogênio.

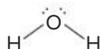
A água tem um calor específico elevado. A razão disso é que a elevação da temperatura da água (isto é, o aumento da energia cinética média das moléculas da água) implica primeiramente a quebra de muitas ligações de hidrogênio intermoleculares existentes. Então, a água pode absorver uma quantidade substancial de calor enquanto a sua temperatura sofre apenas um ligeiro aumento. O contrário também é verdadeiro: a água pode liberar muito calor enquanto a sua temperatura diminui ligeiramente. Por essa razão, as enormes quantidades de água presentes nos lagos e oceanos podem efetivamente moderar o clima das regiões adjacentes, absorvendo calor no verão e liberando calor no inverno, sem haver, no entanto, grandes variações na temperatura da água.

A propriedade mais surpreendente da água é o fato de a sua forma sólida ser menos densa do que a líquida: o gelo flutua na superfície da água líquida. A densidade de quase todas as outras substâncias é maior no estado sólido do que no estado líquido (figura a seguir).



Esquerda: o benzeno sólido afunda no benzeno líquido. Direita: cubos de gelo flutuando na água.

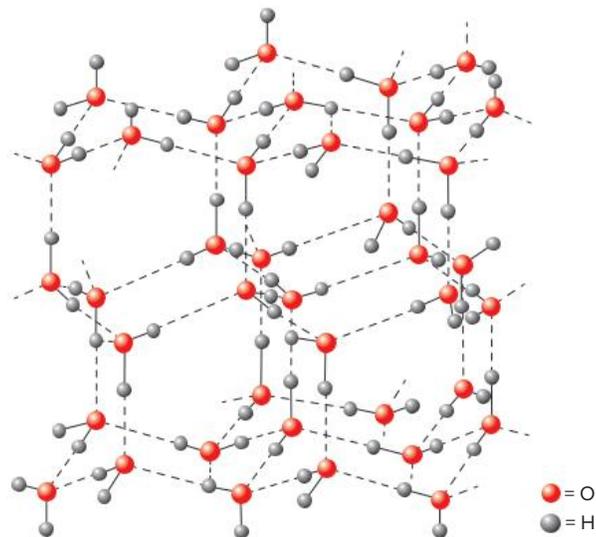
Para compreender por que a água é diferente, temos que observar a estrutura eletrônica da molécula de H₂O. No átomo de oxigênio há dois pares de elétrons não ligantes, ou dois pares isolados:



Embora muitos outros compostos possam formar ligações de hidrogênio intermoleculares, a diferença entre H₂O e outras moléculas polares, como NH₃ e HF, é que cada átomo de oxigênio pode formar duas ligações de hidrogênio, ou seja, um número igual ao número de pares de elétrons isolados. Assim, as moléculas de água ficam ligadas, formando uma rede tridimensional extensa na qual cada átomo de oxigênio está ligado a quatro átomos de hidrogênio por duas ligações covalentes e por duas ligações de hidrogênio, adotando uma geometria

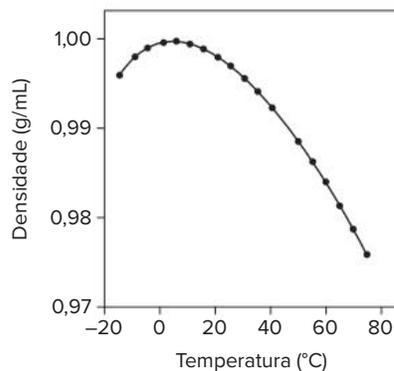
aproximadamente tetraédrica. Esta igualdade entre o número de átomos de hidrogênio e o número de pares isolados não se verifica nem em NH₃ ou HF, nem em alguma outra molécula capaz de formar ligações de hidrogênio. Como consequência, estas moléculas podem formar anéis ou cadeias, mas não estruturas tridimensionais.

A estrutura tridimensional altamente ordenada do gelo (figura a seguir) impede as moléculas de se aproximarem demasiado umas das outras.



Estrutura tridimensional do gelo. Cada átomo de O está ligado a quatro átomos de H. As ligações covalentes estão representadas por traços curtos contínuos e as ligações de hidrogênio, mais fracas, por linhas pontilhadas mais compridas entre O e H. O espaço vazio na estrutura é responsável pela baixa densidade do gelo.

Analisemos o que acontece quando o gelo funde. No ponto de fusão, algumas moléculas de água têm energia cinética suficiente para se libertarem das ligações de hidrogênio. Estas moléculas ficam presas nas cavidades da estrutura tridimensional que se quebra, dividindo-se em pequenos agregados. Como resultado deste processo, há mais moléculas por unidade de volume na água líquida do que no gelo. Então, uma vez que a densidade = massa/volume, a densidade da água líquida é maior que a do gelo. Com mais aquecimento, aumenta o número de moléculas que se libertam das ligações de hidrogênio, de modo que, imediatamente acima do ponto de fusão, a densidade da água aumenta com a elevação da temperatura. Claro que, ao mesmo tempo, a água expande ao ser aquecida e a sua densidade diminui. Esses dois processos – o aprisionamento das moléculas de água em cavidades e a expansão térmica – atuam em sentidos opostos. De 0 a 4 °C, o aprisionamento prevalece, e a água torna-se progressivamente mais densa. Acima de 4 °C, contudo, a expansão térmica predomina, e a densidade da água diminui à medida que a temperatura aumenta (figura ao lado).



Densidade em função da temperatura para a água líquida. A densidade máxima da água é atingida a 4 °C. A densidade do gelo a 0 °C é cerca de 0,92g/cm³.

CHANG, Raymond; GOLDSBY, Kenneth A. *Química*. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. p. 475-8.

• Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares

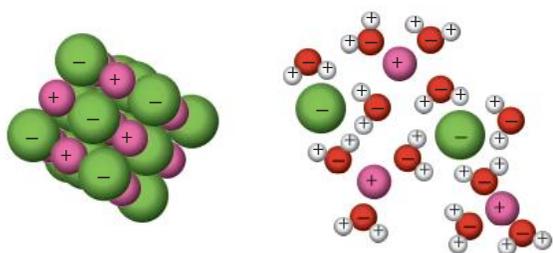
A temperatura de ebulição dos compostos moleculares está relacionada basicamente a dois fatores:

- O tipo de interação intermolecular: quanto mais forte a interação, maior a temperatura de ebulição.
- O tamanho e a massa das moléculas: quanto maior o tamanho/massa da molécula, maior a temperatura de ebulição.

• Solubilidade dos compostos

Regra geral: “semelhante dissolve semelhante”.

- Substâncias que apresentam a mesma polaridade tendem a se agrupar e/ou interagir entre si.
- Substâncias que apresentam diferentes polaridades não interagem, formando as fases que observamos nas misturas heterogêneas.
- Na dissolução de NaCl em água, as moléculas de água, com sua alta polaridade, conseguem envolver os íons individualmente conforme se soltam do retículo cristalino (sofrem dissociação), por uma interação chamada de **íon-dipolo**. Os cátions são estabilizados pelo lado negativo da água, ao passo que os ânions, pelo lado positivo.

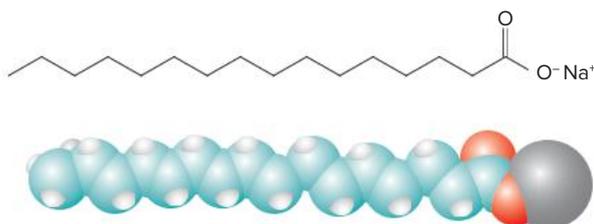


Solvatação do NaCl .

• Solubilidade dos compostos orgânicos em água

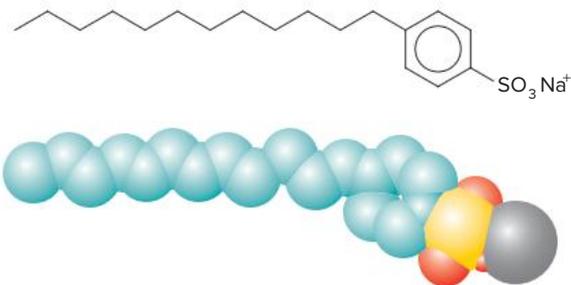
A solubilidade dos compostos orgânicos em água pode ser prevista de maneira mais clara pelas seguintes regras:

- Hidrocarbonetos (C_xH_y) e haletos orgânicos ($\text{R}-\text{X}$) são insolúveis.
- Compostos que apresentam **um grupo hidrofílico** (grupo polar capaz de realizar ligação de hidrogênio com a água), por exemplo, uma função oxigenada ou nitrogenada e cadeias carbônicas com:
 - até três carbonos, são solúveis;
 - quatro ou cinco carbonos, são parcialmente solúveis;
 - seis ou mais carbonos, são insolúveis.
- **Sabões e detergentes**
 - Os sabões são sais de sódio e/ou potássio de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos).



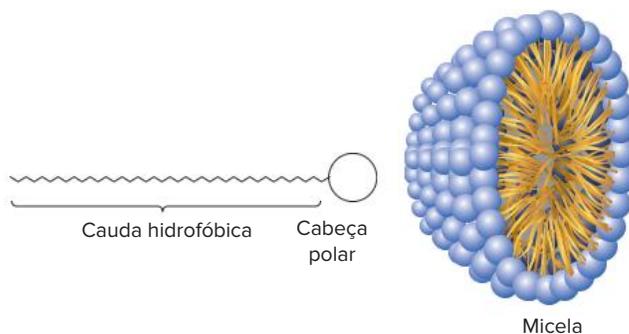
Palmitato de sódio (sabão comum).

- Os detergentes são sais de sódio de ácido sulfônico de cadeia longa.

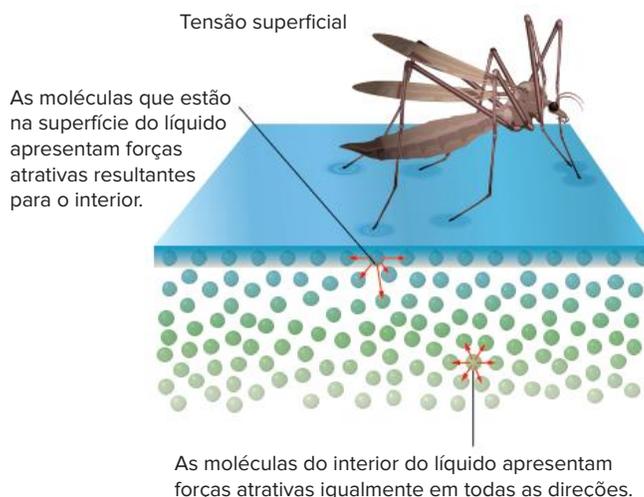


Laurilbenzenosulfonato de sódio (detergente comum).

- A presença de uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica na mesma molécula permite a formação de micelas.
- O processo de formação de micelas é denominado emulsificação. Dizemos que o sabão ou o detergente atuam como emulsificantes ou emulsionantes, ou seja, eles têm a propriedade de fazer com que o óleo ou a gordura se disperse na água, formando uma emulsão.



- **Tensão superficial:** quanto maior for a atração entre moléculas de um líquido, maior será sua tensão superficial. Esse fenômeno ocorre porque as forças de atração que as moléculas da superfície sofrem para baixo não são anuladas, gerando uma película mais coesa na superfície.





Sites

- Solubilidade das substâncias orgânicas
<<http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n8/v36n8a26.pdf>>
- Coesão e adesão da água
<<https://pt.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/cohesion-and-adhesion/a/cohesion-and-adhesion-in-water>>
- Propriedades dos líquidos
<<http://cnx.org/contents/WglNhlpX@3/Properties-of-Liquids>>

Exercícios complementares

1 UFRGS 2017 Quando tetracloreto de carbono, água e hexano são, nessa sequência, adicionados em uma proveta, é formada uma mistura trifásica com tetracloreto de carbono na fase inferior, água na fase do meio e hexano na fase superior. Quando a ordem de adição é modificada para CCl_4 , hexano e água, formase uma mistura bifásica. Considere as afirmações abaixo, a respeito desses solventes.

- A polaridade do CCl_4 é elevada, dada a alta eletronegatividade do cloro e do número de átomos de cloro, tornando-o miscível com a água.
- Uma das fases, na mistura bifásica, é constituída de hexano e tetracloreto de carbono; a outra, de água.
- Um litro de água apresenta uma massa maior que um litro de hexano.

Quais estão corretas?

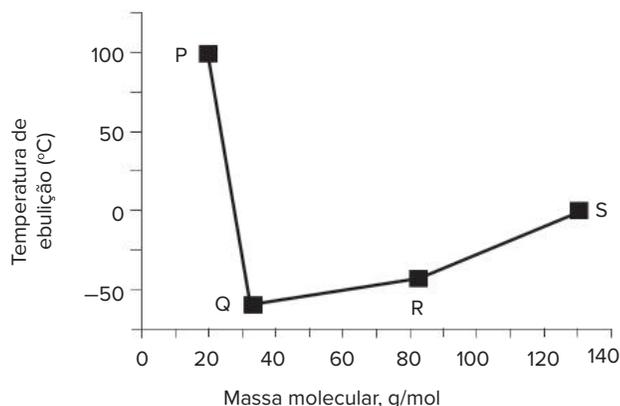
- A Apenas I. B Apenas II. C Apenas III. D Apenas II e III. E I, II e III.

2 Unesp O gráfico a seguir foi construído com dados dos hidretos dos elementos do grupo 16. Com base neste gráfico, são feitas as afirmações seguintes.

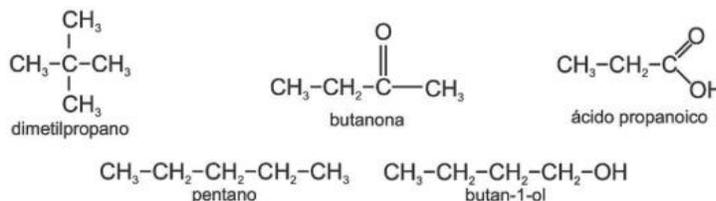
- Os pontos P, Q, R e S no gráfico correspondem aos compostos H_2Te , H_2S , H_2Se e H_2O , respectivamente.
- Todos estes hidretos são gases à temperatura ambiente, exceto a água, que é líquida.
- Quando a água ferve, as ligações covalentes se rompem antes das intermoleculares.

Das três afirmações apresentadas:

- A apenas I é verdadeira.
 B apenas I e II são verdadeiras.
 C apenas II é verdadeira.
 D apenas I e III são verdadeiras.
 E apenas III é verdadeira.



3 PUC-SP 2017 As propriedades das substâncias moleculares estão relacionadas com o tamanho da molécula e a intensidade das interações intermoleculares. Considere as substâncias a seguir, e suas respectivas massas molares.



A alternativa que melhor associa as temperaturas de ebulição (T_{eb}) com as substâncias é:

T_{eb}	10 °C	36 °C	80 °C	118 °C	141 °C
a)	dimetilpropano	pentano	butanona	butan-1-ol	ácido propanoico
b)	ácido propanoico	dimetilpropano	pentano	butanona	butan-1-ol
c)	dimetilpropano	pentano	butanona	ácido propanoico	butan-1-ol
d)	pentano	dimetilpropano	butan-1-ol	butanona	ácido propanoico

4 Enem 2016 Para lavar e refrescar o ambiente, que estava a 40 °C, uma pessoa resolveu jogar água sobre um piso de granito. Ela observou que o líquido se concentrou em algumas regiões, molhando parcialmente a superfície. Ao adicionar detergente sobre essa água, a pessoa verificou que o líquido se espalhou e deixou o piso totalmente molhado.

A molhabilidade da superfície foi melhorada em função da:

- A solubilidade do detergente em água ser alta.
- B tensão superficial da água ter sido reduzida:
- C pressão de vapor da água ter sido diminuída.
- D densidade da solução ser maior que a da água.
- E viscosidade da solução ser menor que a da água.

5 Unifesp A geometria molecular e a polaridade das moléculas são conceitos importantes para prever o tipo de força de interação entre elas. Dentre os compostos moleculares nitrogênio, dióxido de enxofre, amônia, sulfeto de hidrogênio e água, aqueles que apresentam o menor e o maior ponto de ebulição são, respectivamente:

- A SO₂ e H₂S
- B N₂ e H₂O
- C NH₃ e H₂O
- D N₂ e H₂S
- E SO₂ e NH₃

6 UFSC 2020

O que são microplásticos?

Plástico é o tipo mais prevalente de lixo em nossos oceanos e lagos. Resíduos de plástico podem ser encontrados em todos os formatos e tamanhos, mas uma das definições desse material considera que aqueles com menos de 5 mm de comprimento constituem os “microplásticos”. Há diversas fontes de microplásticos, incluindo a degradação de material plástico de maiores dimensões. Além disso, microesferas, um tipo de microplástico, são pedaços muito pequenos de polietileno (um polímero produzido pela polimerização de moléculas de eteno) adicionados a produtos de saúde e beleza, como cremes dentais e cosméticos esfoliantes. Essas pequenas partículas passam pelos sistemas de filtração de água e acabam nos oceanos e lagos, o que representa um risco potencial para a vida de organismos aquáticos.

Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>. [Adaptado]. Acesso em: 14 set. 2019.

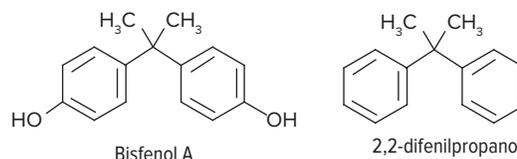
Sobre o assunto, é correto afirmar que:

- 01 a contaminação de corpos aquáticos por microplásticos formados por polietileno é decorrente da elevada solubilidade em água desse polímero, já que ele é capaz de interagir por ligações de hidrogênio com substâncias polares.
- 02 a presença de microplásticos nos oceanos é decorrente do descarte e do tratamento inadequado de materiais poliméricos, algo que poderia ser minimizado com a adoção de políticas eficazes de incentivo e implementação de processos de reciclagem.

- 04 um processo eficaz e pouco poluente para a degradação de plásticos como alternativa ao descarte em aterros consiste na combustão conduzida em ambiente aberto, já que esse processo leva à produção de substâncias inertes como CO e CO₂.
- 08 polímeros sintéticos, como o polietileno, são degradados rapidamente na natureza, portanto a deposição de material plástico que contém esse polímero pode ser realizada em aterros sanitários convencionais, com baixo risco de danos ao meio ambiente.
- 16 a substituição do polietileno adicionado a cosméticos por polímeros biodegradáveis ou por polímeros naturais tem o potencial de reduzir a produção e a disseminação de microplásticos não degradáveis.
- 32 as ligações iônicas que unem os átomos na cadeia polimérica do polietileno tornam esse material termicamente sensível, o que permite sua degradação com a aplicação de temperaturas moderadas, como as produzidas pela irradiação solar.

Soma:

7 UEL 2019 (Adapt.) O bisfenol A é uma substância empregada na síntese de policarbonato e resinas epóxi, com aplicações que vão desde computadores e eletrodomésticos até revestimentos para latas de alimentos e bebidas. Estudos apontam que a substância, por possuir similaridade com um hormônio feminino da tireoide, atua como um interferente endócrino. No Brasil, desde 2012 é proibida a venda de mamadeiras ou outros utensílios que contenham bisfenol A. O 2,2-difenilpropano, de estrutura similar ao bisfenol A, é um hidrocarboneto com grau de toxicidade ainda maior que o bisfenol A. As fórmulas estruturais dessas substâncias são apresentadas a seguir.



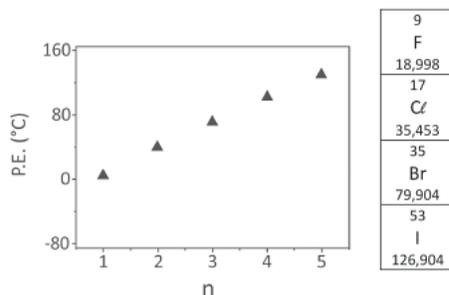
Com base nas propriedades físico-químicas dessas substâncias, considere as afirmativas a seguir.

- I. A solubilidade do bisfenol A em solução alcalina é maior que em água pura.
- II. Ligações de hidrogênio são forças intermoleculares que atuam entre moléculas de bisfenol A.
- III. A solubilidade do 2,2-difenilpropano em água é maior do que em hexano.
- IV. O ponto de fusão do 2,2-difenilpropano é maior que do bisfenol A.

Assinale a alternativa correta.

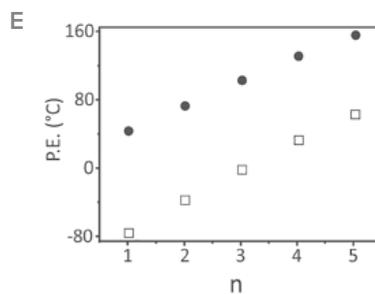
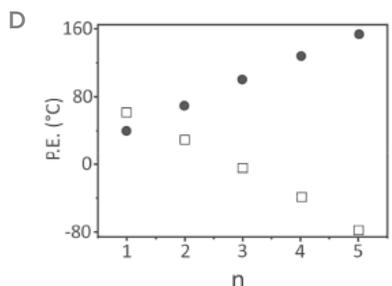
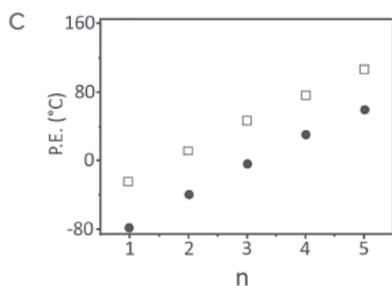
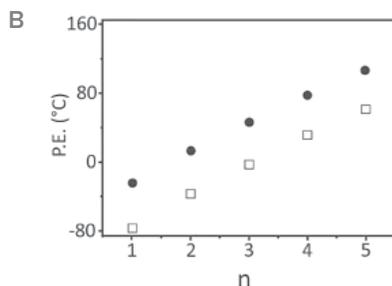
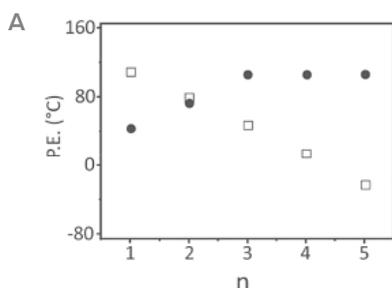
- A Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- C Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- E Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

- 8 **Fuvest 2019** O gráfico a seguir indica a temperatura de ebulição de bromoalcanos ($C_nH_{2n+1}Br$) para diferentes tamanhos de cadeia carbônica.



Considerando as propriedades periódicas dos halogênios, a alternativa que descreve adequadamente o comportamento expresso no gráfico de temperaturas de ebulição *versus* tamanho de cadeia carbônica para $C_nH_{2n+1}F$ (□) e $C_nH_{2n+1}I$ (●) é:

► **Note e adote:** P.E = ponto de ebulição



- 9 **UFMG** Analise este quadro, em que está apresentada a temperatura de ebulição de quatro substâncias.

Substância	Temperatura de ebulição/°C
CH ₄	-164,0
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	-0,5
CH ₃ OH	64
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	118

Considerando-se os dados desse quadro, é correto afirmar que, à medida que a cadeia carbônica aumenta, tornam-se mais fortes as:

- A ligações covalentes.
 B interações dipolo instantâneo-dipolo induzido.
 C ligações de hidrogênio.
 D interações dipolo permanente-dipolo permanente.
- 10 **FICSAE** As substâncias pentano, butan-1-ol, butanona e ácido propanoico apresentam massas molares semelhantes, mas temperaturas de ebulição bem distintas devido às suas interações intermoleculares. Assinale a alternativa que relaciona as substâncias com suas respectivas temperaturas de ebulição.

	36 °C	80 °C	118 °C	141 °C
A	butanona	butan-1-ol	pentano	ácido propanoico
B	pentano	ácido propanoico	butanona	butan-1-ol
C	ácido propanoico	butanona	butan-1-ol	pentano
D	pentano	butanona	butan-1-ol	ácido propanoico

- 11 **UPF 2016** A seguir, na tabela 1, são fornecidas as temperaturas de ebulição (à pressão atmosférica de 1 atm) dos compostos orgânicos indicados na tabela 2.

Tabela 1 – Temperaturas de ebulição			
A: 78 °C	B: 101 °C	C: -42 °C	D: -0,5 °C

Tabela 2 – Compostos orgânicos (massa molar g·mol ⁻¹)			
CH ₃ CH ₂ OH (46)	CH ₃ CH ₂ CH ₃ (44)	HCOOH (46)	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃ (58)
I	II	III	IV

Correlacione cada composto com a temperatura de ebulição adequada, considerando a influência relativa dos fatores que atuam sobre as propriedades físicas dos compostos orgânicos.

A correspondência correta é:

- A I – A; II – C; III – B; IV – D.
 B I – C; II – A; III – D; IV – B.
 C I – B; II – A; III – C; IV – D.
 D I – C; II – D; III – A; IV – B.
 E I – A; II – B; III – D; IV – C.

12 Enem 2015 Pesticidas são substâncias utilizadas para promover o controle de pragas. No entanto, após sua aplicação em ambientes abertos, alguns pesticidas organoclorados são arrastados pela água até lagos e rios e, ao passar pelas guelras dos peixes, podem difundir-se para seus tecidos lipídicos e lá se acumularem.

A característica desses compostos, responsável pelo processo descrito no texto, é o(a)

- A baixa polaridade.
 B baixa massa molecular.
 C ocorrência de halogênios.
 D tamanho pequeno das moléculas.
 E presença de hidroxilas nas cadeias.

13 UFRGS 2015 (Adapt.) A seguir estão listadas informações relativas a cinco substâncias diferentes e são apresentadas propriedades relacionadas a essas informações. Associe adequadamente.

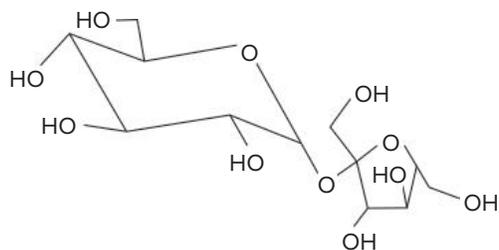
- As moléculas da substância 1 são tetraédricas com átomos idênticos ligados ao átomo central.
- A substância 2 tem massa molar semelhante à da água e interações intermoleculares do tipo Van der Waals.
- A substância 3 sofre ionização quando dissolvida em água.
- As moléculas da substância 4 são trigonais planas com átomos de diferentes eletronegatividades, ligados ao átomo central.
- A substância 5 tem massa molar e densidade maior que a da água.

- A substância é mais volátil que água pura.
 A substância é solúvel em solventes polares.
 A substância é solúvel em solventes apolares.
 A substância forma soluções aquosas eletrolíticas.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A 2 – 1 – 4 – 5.
 B 2 – 4 – 1 – 3.
 C 3 – 1 – 2 – 5.
 D 5 – 2 – 4 – 1.
 E 5 – 2 – 1 – 3.

14 UFSCar A sacarose (açúcar comum), cuja estrutura é mostrada na figura, é um dissacarídeo constituído por uma unidade de glicose ligada à frutose.



A solubilidade da sacarose em água deve-se:

- A ao rompimento da ligação entre as unidades de glicose e frutose.
 B às ligações de hidrogênio resultantes da interação da água com a sacarose.
 C às forças de Van der Waals, resultantes da interação da água com a unidade de glicose desmembrada.
 D às forças de dipolo-dipolo, resultantes da interação da água com a unidade de frutose desmembrada.
 E às forças de natureza íon-dipolo, resultantes da interação do dipolo da água com a sacarose.

15 Acafe 2016 No jornal *Folha de São Paulo*, de 23 de junho de 2015, foi publicada uma reportagem sobre a formação de espuma branca no rio Tietê “[...] a formação de espuma está associada à baixa vazão da água e à presença de esgoto doméstico não tratado. A falta de oxigênio na água dificulta a degradação de detergente doméstico [...]”.

Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos, analise as afirmações a seguir.

- O detergente é uma substância anfipática.
- O complexo formado entre detergente, óleo e água pode ser chamado de micela.
- O oxigênio é uma molécula apolar formada por uma ligação covalente do tipo sigma (σ) e outra do tipo pi (π).
- A espuma branca formada pode ser classificada de coloide.

Assinale a alternativa **correta**.

- A Apenas I, II e III estão corretas.
 B Apenas II, III e IV estão corretas.
 C Todas as afirmações estão corretas.
 D Apenas a afirmação IV está correta.

16 Unicamp 2016 O trecho seguinte foi extraído de uma revista de divulgação do conhecimento químico, e trata de alguns aspectos da lavagem a seco de tecidos. “*Tratando-se do desempenho para lavar, o tetracloroetileno é um solvente efetivo para limpeza das roupas, pois evita o encolhimento dos tecidos, já que evapora facilmente, dada sua baixa pressão de vapor (0,017 atm, 20 °C), e dissolve manchas lipofílicas, como óleos, ceras e gorduras em geral...*” A leitura desse trecho sugere **que o tetracloroetileno é um líquido apolar e sua alta volatilidade se deve ao seu baixo valor de pressão de vapor**. Levando em conta o conhecimento químico, pode-se

- A concordar parcialmente com a sugestão, pois há argumentos que justificam a polaridade, mas não há argumentos que justifiquem a volatilidade.
- B concordar totalmente com a sugestão, pois os argumentos referentes à polaridade e à volatilidade apresentados no trecho justificam ambas.
- C concordar parcialmente, pois não há argumentos que justifiquem a polaridade, mas há argumentos que justificam a volatilidade.
- D discordar totalmente, pois não há argumentos que justifiquem a polaridade nem a volatilidade.

17 Uerj 2014 O enxofre é um elemento químico que pode formar dois óxidos moleculares: SO_2 e SO_3 . Nomeie a geometria dessas moléculas. Explique, ainda, por que apenas o SO_2 é solúvel em água.

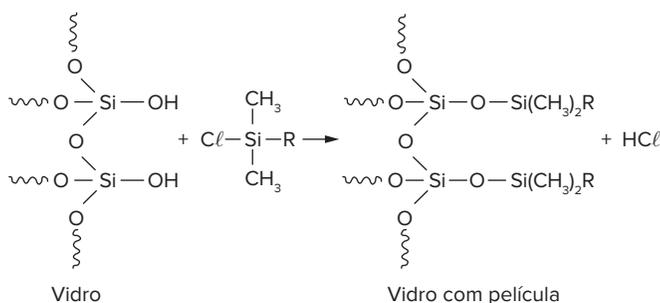
18 Enem 2016 Em sua formulação, o *spray* de pimenta contém porcentagens variadas de oleoresina de *Capsicum*, cujo princípio ativo é a capsaicina, e um solvente (um álcool como etanol ou isopropanol). Em contato com os olhos, pele ou vias respiratórias, a capsaicina causa um efeito inflamatório que gera uma sensação de dor e ardor, levando à cegueira temporária. O processo é desencadeado pela liberação de neuropeptídios das terminações nervosas.

Como funciona o gás de pimenta. Disponível em: <<http://pessoas.hsw.uol.com.br/>>. Acesso em: 1 mar. 2012. (Adapt.)

Quando uma pessoa é atingida com o *spray* de pimenta nos olhos ou na pele, a lavagem da região atingida com água é ineficaz porque a

- A reação entre etanol e água libera calor, intensificando o ardor.
- B solubilidade do princípio ativo em água é muito baixa, dificultando a sua remoção.
- C permeabilidade da água na pele é muito alta, não permitindo a remoção do princípio ativo.
- D solubilização do óleo em água causa um maior espalhamento além das áreas atingidas.
- E ardência faz evaporar rapidamente a água, não permitindo que haja contato entre o óleo e o solvente.

19 Fuvest 2017 Para aumentar o grau de conforto do motorista e contribuir para a segurança em dias chuvosos, alguns materiais podem ser aplicados no para-brisa do veículo, formando uma película que repele a água. Nesse tratamento, ocorre uma transformação na superfície do vidro, a qual pode ser representada pela seguinte equação química não balanceada:



Das alternativas apresentadas, a que representa o melhor material a ser aplicado ao vidro, de forma a evitar o acúmulo de água, é:

► **Note e adote:**

– R = grupo de átomos ligado ao átomo de silício.

- A $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OH}$
- B $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{O(CHOH)CH}_2\text{NH}_2$
- C $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{O(CHOH)}_5\text{CH}_3$
- D $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$
- E $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$

20 Enem 2012 Em uma planície, ocorreu um acidente ambiental em decorrência do derramamento de grande quantidade de um hidrocarboneto que se apresenta na forma pastosa à temperatura ambiente. Um químico ambiental utilizou uma quantidade apropriada de uma solução de para-dodecil-benzenossulfonato de sódio, um agente tensoativo sintético, para diminuir os impactos desse acidente.

Essa intervenção produz resultados positivos para o ambiente porque

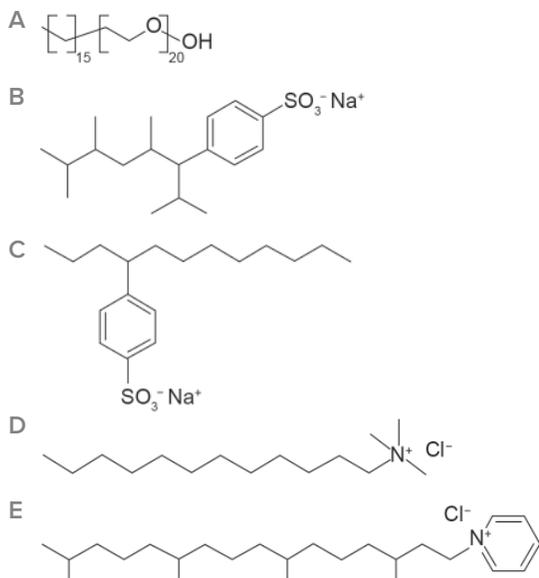
- A promove uma reação de substituição no hidrocarboneto, tornando-o menos letal ao ambiente.
- B a hidrólise do para-dodecil-benzenossulfonato de sódio produz energia térmica suficiente para vaporizar o hidrocarboneto.
- C a mistura desses reagentes provoca a combustão do hidrocarboneto, o que diminui a quantidade dessa substância na natureza.
- D a solução de para-dodecil-benzenossulfonato possibilita a solubilização do hidrocarboneto.
- E o reagente adicionado provoca uma solidificação do hidrocarboneto, o que facilita sua retirada do ambiente.

21 Enem 2018

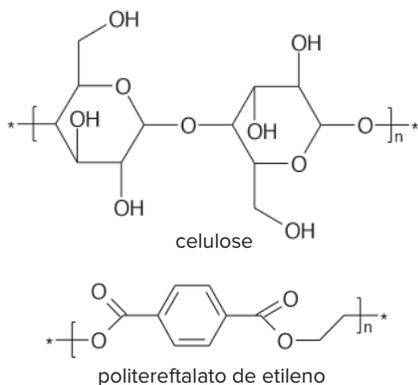
Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfífilo. Isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica. O principal tensoativo aniônico sintético surgiu na década de 1940 e teve grande aceitação no mercado de detergentes em razão do melhor desempenho comparado ao do sabão. No entanto, o uso desse produto provocou grandes problemas ambientais, dentre eles a resistência a degradação biológica, por causa dos diversos carbonos terciários na cadeia que compõe a porção hidrofóbica desse tensoativo aniônico. As ramificações na cadeia dificultam sua degradação, levando a persistência no meio ambiente por longos períodos. Isso levou a sua substituição na maioria dos países por tensoativos biodegradáveis, ou seja, com cadeias alquílicas lineares.

PENTEADO, J. C. P.; EL SEUD, O. A.; CARVALHO, L. R. F. [...]: uma abordagem ambiental e analítica. *Química Nova*, n. 5, 2006 (adaptado)

Qual a fórmula estrutural do tensoativo persistente no ambiente mencionado no texto?



22 UFPR 2017 A estrutura molecular que compõe as fibras dos tecidos define o comportamento deles, como maciez, absorção de umidade do corpo e tendência ao encolhimento. As fibras de algodão contêm, em maior proporção, celulose, um polímero carboidrato natural. Já os tecidos sintéticos de poliéster têm propriedades diferentes do algodão. O poliéster é uma classe de homopolímeros e copolímeros que contém o grupo funcional éster na sua estrutura, como o politereftalato de etileno.



- a) Tecidos de algodão absorvem muito bem a umidade, diferentemente do poliéster. Com base nas estruturas químicas mostradas, escreva um texto explicando a razão pela qual a fibra do algodão apresenta essa propriedade.
- b) Roupas de tecidos de algodão tendem a encolher após as primeiras lavagens, principalmente se secas em secadoras, diferentemente dos tecidos de poliéster. Isso ocorre porque as fibras de algodão são esticadas a altas tensões no processo de tecelagem. Porém esse estado tensionado não é o mais estável da fibra. Com o movimento proporcionado pela lavagem e o aquecimento na secadora, as fibras tendem a relaxar para conformação mais estável, causando o encolhimento.

Escreva um texto explicando qual é o tipo de interação responsável por atrair as fibras e resultar no encolhimento do tecido.

23 UFPR 2015 A temperatura de ebulição de uma determinada substância está intimamente relacionada à sua massa molar e às forças intermoleculares predominantes nessa substância. Por exemplo, a acetona (propanona) e o isopropanol (propan-2-ol) são líquidos à temperatura ambiente e diferem em massa em apenas 2 unidades de massa atômica. Porém, as temperaturas de ebulição dessas substâncias são bastante diferentes: da propanona é 56 °C e do isopropanol é 82 °C.

- a) Qual é a força intermolecular predominante que atua na acetona? E no isopropanol?
- b) Baseando-se nas forças intermoleculares predominantes, explique por que a temperatura de ebulição do isopropanol é maior do que a da acetona.

24 UFU 2015 O experimento abaixo foi descrito no periódico *Química Nova na Escola*, n. 23, de maio 2006:

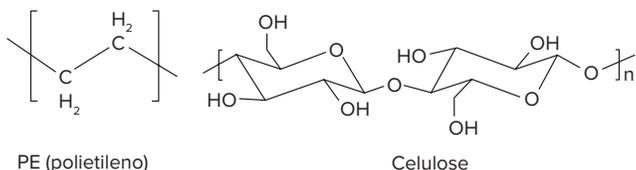
Materiais

- Pedacos de papel não encerado (guardanapo, folha de caderno etc.)
- Pedacos de papel encerado (as ceras utilizadas são formadas por hidrocarbonetos)
- Pedacos de saco plástico (formados por polietileno)

Procedimento

1. Coloque os diferentes pedacos de papel e de saco plástico lado a lado;
2. Pingue algumas gotas de água sobre cada um deles e espere alguns minutos;
3. Observe a absorção da água nos materiais.

Considere as estruturas abaixo:



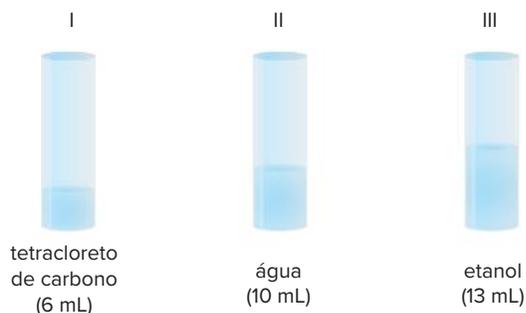
Faça o que se pede:

- a) Indique qual(is) material(is) absorveu(ram) água.
- b) Explique, utilizando as estruturas moleculares e as informações acima, o motivo da diferença de absorção da água nos três casos.

25 UFRJ A solubilidade dos compostos é um conhecimento muito importante em química.

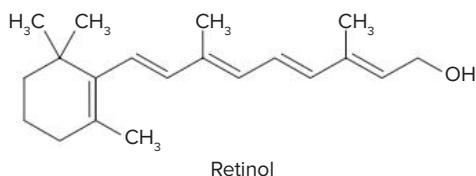
Sabe-se que, de uma forma geral, substâncias polares dissolvem substâncias polares e substâncias apolares dissolvem substâncias apolares.

Em um laboratório, massas iguais de tetracloreto de carbono, água e etanol foram colocadas em três recipientes idênticos, conforme se vê na figura a seguir.



- a) Mostre, por meio de desenhos semelhantes ao apresentado, como fica a mistura de I e II, identificando cada substância, e como fica a mistura de II e III.
- b) A graxa lubrificante utilizada em automóveis é uma mistura de hidrocarbonetos pesados derivados de petróleo com aditivos diversos. Indique qual, dentre os três solventes apresentados, é o mais adequado para remover uma mancha de graxa em uma camisa. Justifique sua resposta.

26 Unesp 2016 Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

Texto para a questão **27**.

Do lixo ao câncer

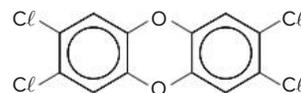
O vertiginoso crescimento populacional humano associado à industrialização e ao aumento do consumo resultou em um problema de proporções gigantescas: o lixo. No Brasil, entre 2003 e 2014, a geração de lixo cresceu 29%, taxa maior que aquela apresentada pelo próprio crescimento populacional no período, que foi de 6%. Nesse cenário, o grande desafio, sem dúvida, é o descarte adequado dos resíduos. Dentre as opções existentes, uma das mais controversas é a incineração de resíduos de serviços de saúde, de lixo urbano e de resíduos industriais.



Muitos especialistas condenam a prática da incineração do lixo principalmente pelo fato de que a combustão de certos resíduos gera dioxinas. Pesquisas têm demonstrado que essas substâncias são cancerígenas em diversos pontos do organismo, em ambos os sexos e em diversas espécies. Por serem lipofílicas, as dioxinas se bioacumulam nas cadeias alimentares. Desse modo, além de se contaminarem diretamente ao inalarem emissões atmosféricas, as pessoas também podem sofrer contaminação indireta por via alimentar. Ao que tudo indica, a incineração do lixo, apesar de reduzir o problema do acúmulo de resíduos, acarreta problemas de saúde para a população.



27 FICSAE 2016 Entre as dioxinas, a que tem mostrado a maior toxicidade e, por isso mesmo, é a mais famosa, é a 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-para-dioxina (TCDD). Essa substância, cuja estrutura está representada a seguir, apresenta uma dose letal de $1,0\mu\text{g}/\text{kg}$ de massa corpórea, quando ministrada por via oral, em cobaias.

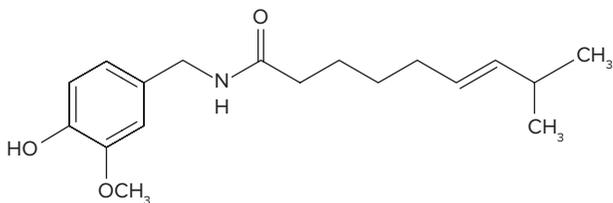


A respeito do TCDD, responda aos seguintes itens:

- a) Classifique a molécula de TCDD quanto à polaridade. Com base nessa classificação e nas interações intermoleculares, explique o caráter lipofílico dessa substância.
- b) Determine a fórmula molecular e a massa molar do TCDD. Calcule a quantidade de matéria de TCDD, em mol, considerada letal para uma cobaia que apresenta 966 g de massa.

► Massa molar ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$): H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0;
Cl = 35,5;
 $1\mu\text{g} = 10^{-6}\text{g}$

28 Unicamp 2016 Já faz parte do folclore brasileiro alguém pedir um “prato quente” na Bahia e se dar mal. Se você come algo muito picante, sensação provocada pela presença da capsaicina (fórmula estrutural mostrada a seguir) no alimento, logo toma algum líquido para diminuir essa sensação. No entanto, nem sempre isso adianta, pois logo em seguida você passa a sentir o mesmo ardor.



- a) Existem dois tipos de pimenta em conserva, um em que se usa vinagre e sal, e outro em que se utiliza óleo comestível. Comparando-se os dois tipos, observa-se que o óleo comestível se torna muito mais picante que o vinagre. Em vista disso, o que seria mais eficiente para eliminar o ardor na boca provocado pela ingestão de pimenta: vinagre ou óleo? Justifique sua escolha baseando-se apenas nas informações dadas.
- b) Durante uma refeição, a ingestão de determinados líquidos nem sempre é palatável; assim, se o “prato quente” também estiver muito salgado, a ingestão de leite faz desaparecer imediatamente as duas sensações. Baseando-se nas interações químicas entre os componentes do leite e os condimentos, explique por que ambas as sensações desaparecem após a ingestão do leite. Lembre-se que o leite é uma suspensão constituída de água, sais minerais, proteínas, gorduras e açúcares.

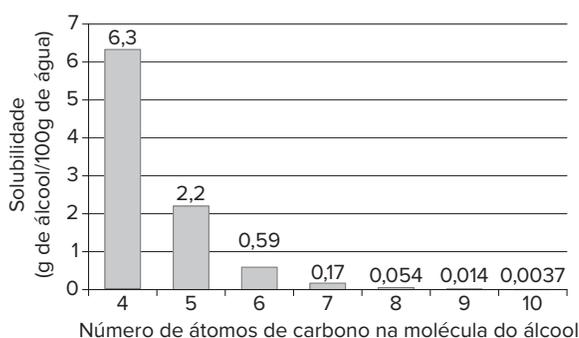
29 Unicamp 2014 Na tirinha abaixo, o autor explora a questão do uso apropriado da linguagem na Ciência. Muitas vezes, palavras de uso comum são utilizadas na Ciência, e isso pode ter várias consequências.



Disponível em: <www.reddit.com/r/funny/comments/1ln5uc/bear-troubles>. Acesso em 10 set. 2013. (Adapt.)

- a) De acordo com o urso cinza, o urso branco usa o termo “dissolvendo” de forma cientificamente inadequada. Imagine que o urso cinza tivesse respondido: **“Eu é que deveria estar aflito, pois o gelo é que está dissolvendo!”** Nesse caso, estaria o urso cinza usando o termo “dissolvendo” de forma cientificamente correta? Justifique.
- b) Considerando a última fala do urso branco, interprete o duplo significado da palavra “polar” e suas implicações para o efeito cômico da tirinha.

30 Fuvest 2014 O gráfico abaixo apresenta a solubilidade em água, a 25 °C, de álcoois primários de cadeia linear, contendo apenas um grupo –OH no extremo da cadeia não ramificada. Metanol, etanol e 1-propanol são solúveis em água em quaisquer proporções.



- a) Analise o gráfico e explique a tendência observada.
Um químico recebeu 50 mL de uma solução de 1-dodecanol ($C_{12}H_{25}OH$) em etanol. A essa solução, adicionou 450 mL de água, agitou a mistura e a deixou em repouso por alguns minutos. Esse experimento foi realizado a 15 °C.
- b) Descreva o que o químico observou ao final da sequência de operações do experimento.

► **Dados:**

- 1-dodecanol é insolúvel em soluções diluídas de etanol em água ($\leq 10\%$ em volume).
- ponto de fusão do 1-dodecanol = 24 °C.
- a densidade do 1-dodecanol é menor do que a de soluções diluídas de etanol em água.



FRENTE 1

CAPÍTULO

5

Introdução à Química Orgânica

A ureia é uma substância muito utilizada, por exemplo, como fertilizante. Sua obtenção em laboratório está relacionada ao desenvolvimento da química orgânica e contribuiu para eliminar a barreira que separava os compostos orgânicos – produzidos e obtidos apenas de seres vivos – dos compostos inorgânicos – obtidos de minerais.

Histórico

Na história da humanidade, há diversos relatos sobre a utilização dos compostos orgânicos, antes mesmo de sua classificação e sistematização, que aconteceu no século XVIII. Em pesquisas arqueológicas no Egito, por exemplo, foram encontrados jarros de vinho, nas tumbas de faraós, que datam de 3150 a.C. e papiros de cerca de 1500 a.C. que descrevem combinações de ervas utilizadas para fins medicinais. O álcool e outras substâncias, como polifenóis, presentes nos vinhos, são atualmente classificados como substâncias orgânicas, assim como o papiro e diversas outras presentes em plantas.



Fig. 1 O papiro (*Cyperus papyrus*) é uma planta que pode chegar a 1,2 m a 2,5 m de altura, nasce nas margens do Rio Nilo, e a celulose presente na parte interna de seus talos era utilizada na fabricação de papiro pelos egípcios.

Já na América do Sul, existem cerâmicas da era maia, aproximadamente do século XV, que eram coloridas com corante índigo. Também há relatos de seu uso por egípcios e romanos para tingir roupas. Atualmente esse corante é sintetizado e utilizado para dar cor ao jeans, porém sua origem é de plantas do gênero *Indigofera*, que é abundante em regiões quentes, como América do Sul e Egito.



Fig. 2 A planta *Indigofera tinctoria* é uma das espécies utilizadas para a obtenção do corante azul.

Apesar da grande utilização de compostos orgânicos até então, a tecnologia da época não possibilitava o estudo de sua composição e de sua estrutura, por isso suas propriedades não eram bem conhecidas.

É possível notar que os compostos orgânicos apresentados até aqui são todos de origem vegetal. Há também outros compostos de origem animal, como o almíscar, que é utilizado na indústria da perfumaria e originalmente era obtido de uma glândula do cervo. Diante disso, o químico francês Lavoisier (1743-1794) relatou que esses compostos eram diferentes daqueles do reino mineral, pois eram constituídos principalmente de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

Em 1777, o físico e matemático sueco Torbern Olof Bergman (1735-1784) sugeriu uma divisão da Química em:

- Química Orgânica: estuda os compostos extraídos dos seres vivos (animais e vegetais).
- Química Inorgânica: estuda os compostos extraídos dos minerais.

Essa ideia permaneceu por muitas décadas, e vários químicos acreditavam que a origem dos compostos orgânicos e inorgânicos era responsável pela diferença entre eles, ou seja, os compostos classificados como orgânicos apenas poderiam ser sintetizados por seres vivos, pois eram os únicos que possuíam a força vital para possibilitar sua síntese.

Essa teoria foi chamada de **Teoria da força vital** ou **Vitalismo**. Ela foi formulada por Jöns Jacob Berzelius em 1807 e afirmava que os compostos orgânicos eram obtidos pela intermediação de uma força que existia apenas em seres vivos, como plantas e animais. Tais compostos poderiam ser extraídos e transformados em outros, orgânicos ou inorgânicos, mas era impossível obtê-los a partir de elementos do reino mineral, pois estes não possuíam a força vital.

A teoria do vitalismo começou a perder adeptos quando, em 1828, o médico e químico Friedrich Wöhler (1800-1882) sintetizou a ureia (substância obtida da urina de alguns animais, como cães) a partir do cianato de amônio, reação que ficou conhecida como **Síntese de Wöhler** (Fig. 3).

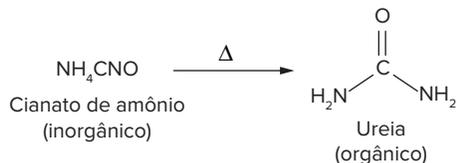


Fig. 3 Síntese de Wöhler.

A intenção de Wöhler era obter cianato de amônio a partir do tratamento de cianato de chumbo com hidróxido de amônio. Porém, nesse processo, surgiu um material sólido diferente do que era esperado para o cianato de amônio. Ao analisar o ocorrido, descobriu que havia obtido ureia, idêntica àquela anteriormente isolada da urina. Na realidade, a reação do cianato de chumbo com o hidróxido de amônio, de fato, forma o cianato de amônio, porém, ao aquecer a síntese, o cianeto de amônio forma a ureia.

Logo depois dessa evidência, muitos cientistas ainda acreditavam na teoria da força vital, porém, à medida que novos compostos orgânicos eram sintetizados e caracterizados, essa teoria foi perdendo força. Com isso, a definição proposta por Bergman deixa de ser adequada e, então, o químico alemão **Kekulé**, em 1858, propõe a definição da Química Orgânica **como o ramo da Química que estuda os compostos de carbono**. Essa afirmação está correta, contudo, nem todo composto que contém carbono é orgânico. Por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂), o carbonato de sódio (Na₂CO₃), o ácido carbônico (H₂CO₃), o cianeto de hidrogênio (HCN), entre outros, não são compostos orgânicos. Entretanto, todo composto orgânico contém carbono.

Por conveniência, o termo “orgânica” se mantém até hoje, buscando classificar um grande número de compostos que possuem uma série de propriedades em comum. Diferente dos outros elementos, o átomo de carbono tem a capacidade de se ligar entre si formando cadeias em um número ilimitado de combinações, gerando, com essas ligações, milhares de compostos diferentes.

! Atenção

Deve-se enfatizar, contudo, que as divisões da Química nunca foram, nem se espera que venham a ser, mutuamente exclusivas, pois o campo da Química é um só, e há uma tendência natural para a unificação e a remoção de barreiras artificiais. A divisão em Química Orgânica, Inorgânica, Analítica, Físico-química e Bioquímica se faz buscando uma finalidade didática e em função do enfoque que se deseja dar a determinado problema.

Características do carbono

O elemento químico carbono tem características especiais que são responsáveis pela variedade gigantesca de compostos orgânicos diferentes.

O número atômico do carbono é seis, portanto, ele tem seis elétrons na eletrosfera quando neutro. Esses elétrons se distribuem da seguinte forma:



- O carbono é tetravalente, ou seja, realiza quatro ligações covalentes para completar o octeto em sua última camada. A tetravalência do carbono foi reconhecida por Kekulé em 1858 e é o chamado **primeiro postulado de Kekulé**.
- As quatro ligações simples (do tipo sigma – σ) do carbono são equivalentes. Observe o exemplo do CH₂Cl₂ na Fig. 4. Podemos representar sua fórmula estrutural espacial de várias maneiras, pois todas as ligações simples são iguais.

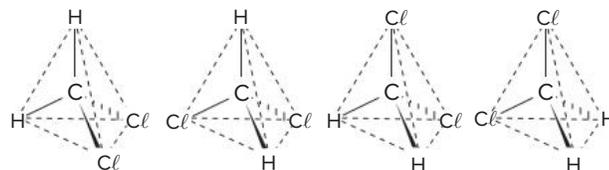


Fig. 4 Fórmula estrutural espacial do CH₂Cl₂.

A igualdade entre as quatro valências do carbono é conhecida como **segundo postulado de Kekulé**.

- Além de ligações simples, o carbono também pode realizar ligações duplas ou triplas. A Tab. 1 apresenta essas possibilidades de ligações, bem como a hibridação e a geometria adquirida pelo carbono em cada caso.

Hibridação	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
sp ³		109°28'	Tetraédrica
sp ²		120°	Trigonal plana
sp		180°	Linear

Tab. 1 Tipos de hibridação do carbono.

- O carbono pode se ligar a diversos elementos. Existe carbono ligado a praticamente qualquer elemento da tabela periódica. Apesar dessa variedade, os elementos mais frequentemente encontrados em compostos orgânicos são o hidrogênio (presente em quase todos os compostos orgânicos), o oxigênio e o nitrogênio, além do enxofre, do fósforo e de halogênios, como cloro, bromo, iodo e eventualmente o flúor.

Por esse motivo, o carbono, o hidrogênio, o oxigênio e o nitrogênio (C, H, N e O) costumam ser chamados de **elementos organógenos**, que significam elementos formadores de compostos orgânicos.

A Tab. 2 ilustra o número de ligações e a geometria respectiva de cada um desses elementos organógenos.

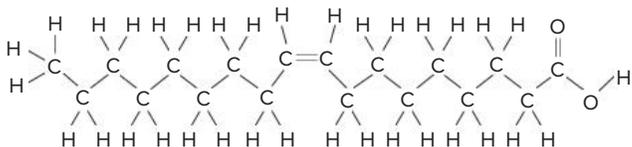
Elemento	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
Hidrogênio	H —	—	—
Oxigênio		105°	Angular
	O =	—	—
Nitrogênio		107°	Piramidal
		120°	Angular
	N ≡	—	—

Tab. 2 Elementos organógenos (exceto carbono).

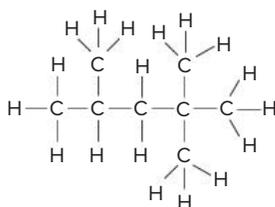
- O carbono pode formar cadeias.

Esse fato, conhecido como **terceiro postulado de Kekulé**, é a propriedade mais importante do carbono. Nenhum outro elemento químico forma cadeias tão longas, tão variadas e estáveis como o carbono. Essa propriedade é, sem dúvida, a principal responsável pela existência de milhões de compostos orgânicos.

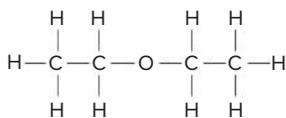
A Fig. 5 ilustra algumas dessas cadeias.



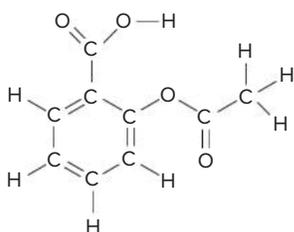
Ácido oleico
(encontrado nos óleos vegetais)



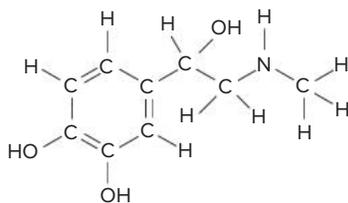
Isoctano
(principal componente da gasolina)



Éter etílico
(usado antigamente como anestésico)



Ácido acetilsalicílico
(AAS ou aspirina)

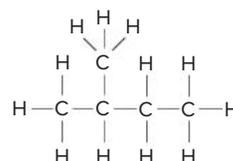


Adrenalina
(hormônio natural)

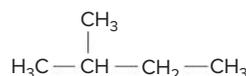
Fig. 5 Propriedade de encadeamento do carbono.

Fórmulas estruturais em Química Orgânica

Muitas vezes, a representação da fórmula estrutural de um composto orgânico pode se tornar lenta e trabalhosa. Para facilitar a representação de um composto orgânico, foi criada a fórmula estrutural chamada **condensada** ou **simplificada**, em que as ligações entre hidrogênio e carbono não são representadas, e a quantidade de hidrogênios ligados a cada carbono é indicada por índices. Como o hidrogênio sempre faz uma ligação simples, fica subentendido que cada um deles está fazendo uma ligação simples com o átomo ao seu lado. Dessa forma, as representações tornam-se visualmente menos poluídas e mais simples. Observe o exemplo na Fig. 6.



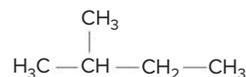
Fórmula estrutural



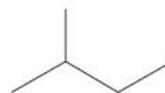
Fórmula estrutural
condensada

Fig. 6 Fórmula estrutural e fórmula estrutural condensada do metilbutano.

Outra maneira simplificada de representar um composto orgânico é a representação por meio de **linhas** ou **bastão**. Nelas, fica subentendido que cada vértice indica um carbono e cada traço uma ligação. As ligações que faltarem para o carbono completar suas quatro ligações são feitas com hidrogênio, que não é representado. Observe, na Fig. 7, como fica a fórmula estrutural em linhas ou bastão do metilbutano.



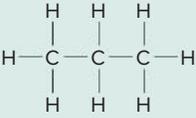
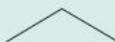
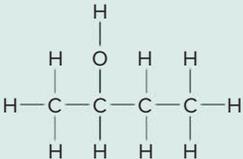
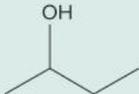
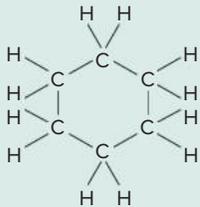
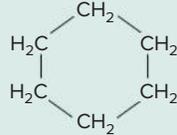
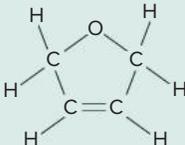
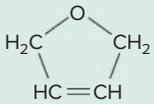
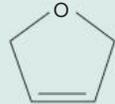
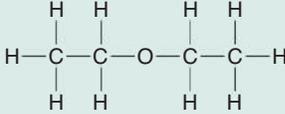
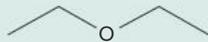
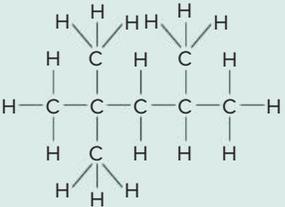
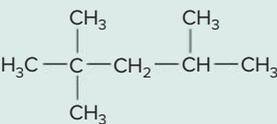
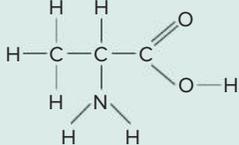
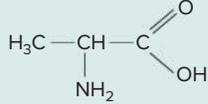
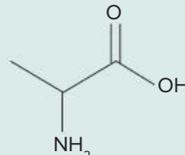
Fórmula estrutural condensada



Fórmula estrutural
em linhas ou bastão

Fig. 7 Fórmula estrutural condensada e fórmula em linhas ou bastão do metilbutano.

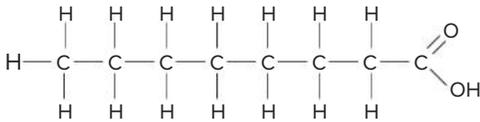
Caso a molécula apresente qualquer outro átomo diferente de carbono e hidrogênio, ele deverá ser representado pelo seu símbolo. A Tab. 3 ilustra vários exemplos de compostos orgânicos e suas diferentes representações:

Fórmula estrutural	Fórmula estrutural condensada	Fórmula estrutural em linhas ou bastão
 <p>Propano</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>Butan-2-ol</p>	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>Ciclo-hexano</p>		
 <p>Furano</p>		
 <p>Éter dietílico</p>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>2,2,4-trimetilpentano</p>		
 <p>Ácido 2-aminopropanoico</p>		

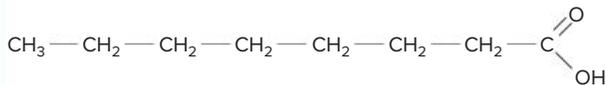
Tab. 3 Representações de compostos orgânicos.

Saiba mais

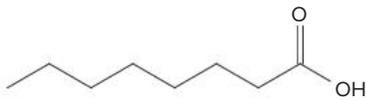
Em alguns casos, a condensação pode ser maior ainda. Porém, é importante que, na representação gráfica de um composto orgânico, a informação sobre a estrutura não seja perdida. Observe as diferentes representações para o ácido caprílico:



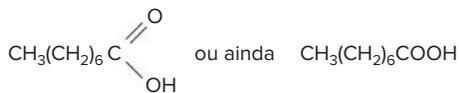
Fórmula estrutural do ácido caprílico.



Fórmula estrutural condensada do ácido caprílico.



Fórmula estrutural condensada ou bastão do ácido caprílico.

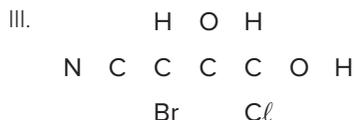
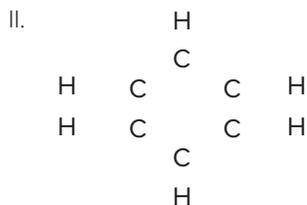


Fórmulas estruturais alternativas do ácido caprílico.

Outra fórmula que eventualmente pode aparecer é a fórmula funcional. Nessa representação, temos a informação da função a que pertence o composto; no entanto, não temos informação sobre a estrutura da cadeia. O ácido caprílico, por exemplo, teria como fórmula funcional $C_8H_{15}COOH$. **Uma fórmula funcional não é considerada estrutural, pois não contém informação suficiente sobre a estrutura.**

Exercício resolvido

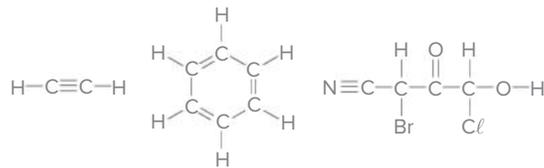
1 Complete as ligações simples, duplas e triplas que estão faltando nas seguintes estruturas:



No total, teremos:

- A 17 ligações simples, 4 duplas e 3 triplas.
- B 19 ligações simples, 3 duplas e 3 triplas.
- C 20 ligações simples, 4 duplas e 2 triplas.
- D 18 ligações simples, 5 duplas e 2 triplas.
- E 22 ligações simples, 3 duplas e 2 triplas.

Resolução:



Alternativa: C.

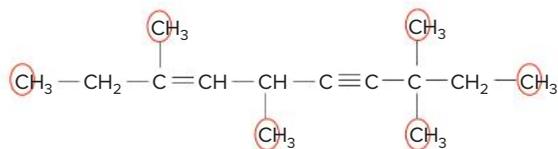
Classificação do carbono

Para classificar um carbono, devemos observar a quantos outros átomos de carbono ele está ligado em uma cadeia carbônica. Ele pode ser classificado em:

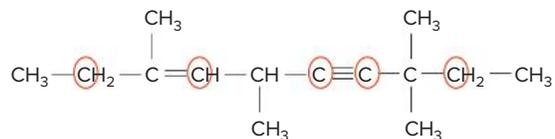
- Carbono primário: ligado apenas a um átomo de carbono.
- Carbono secundário: ligado a dois átomos de carbono.
- Carbono terciário: ligado a três átomos de carbono.
- Carbono quaternário: ligado a quatro átomos de carbono.

Observe o exemplo na Fig. 8:

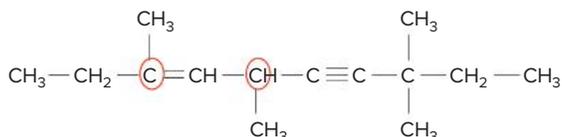
Carbono primário



Carbono secundário



Carbono terciário



Carbono quaternário

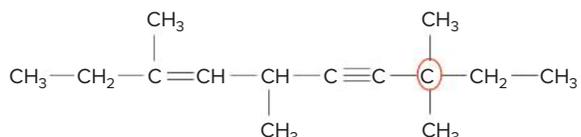
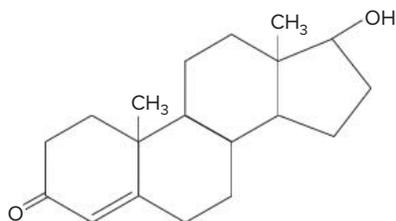


Fig. 8 Classificação dos carbonos.

Exercício resolvido

2 A testosterona, um dos principais hormônios sexuais masculinos, possui fórmula estrutural plana:

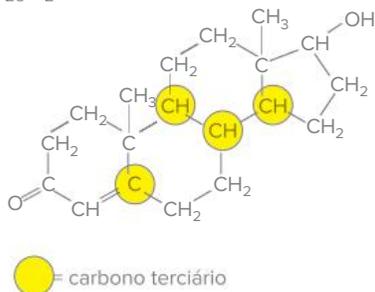


Determine:

- A o número de átomos de carbono, classificados como terciários, de sua molécula;
 B sua fórmula molecular.

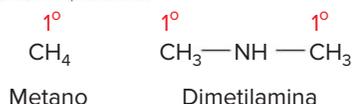
Resolução:

- A 4 carbonos terciários
 B $C_{19}H_{28}O_2$



Atenção

Em certos compostos, o átomo de carbono pode não estar ligado a nenhum outro átomo de carbono. Nesses casos, por convenção, ele será classificado como primário.



Classificação das cadeias carbônicas

Para que possamos descrever a maneira como os átomos estão unidos nas cadeias carbônicas, elas também são classificadas.

Classificação quanto à forma

O primeiro critério da classificação de uma cadeia carbônica é em relação à sua forma. Nesse critério, devemos avaliar se a cadeia é aberta (acíclica), fechada (cíclica) ou mista.

• Cadeias abertas ou acíclicas

São cadeias que têm pelo menos duas extremidades livres e não formam nenhum ciclo ou anel (Fig. 9 e Fig. 10).

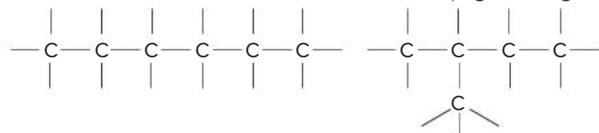


Fig. 9 Cadeias abertas.

Alguns exemplos:

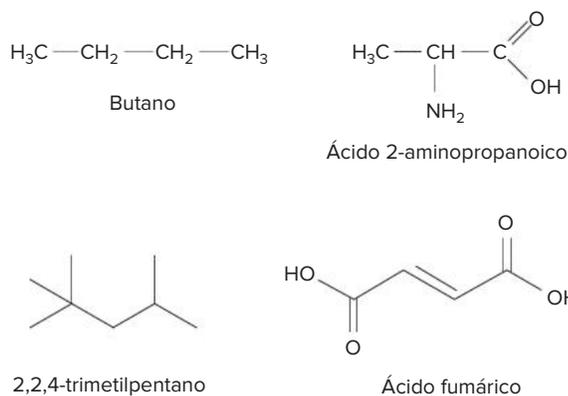


Fig. 10 Compostos orgânicos de cadeia aberta.

• Cadeias fechadas ou cíclicas

Aquelas em que os átomos se unem formando um ou mais ciclos e que não têm extremidades livres (Fig. 11 e Fig. 12).

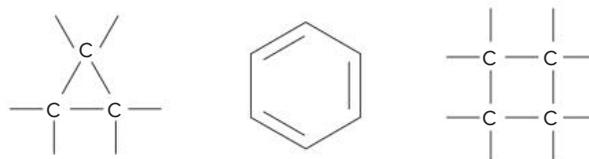


Fig. 11 Cadeias fechadas.

Alguns exemplos:



Fig. 12 Compostos orgânicos de cadeia fechada.

As cadeias fechadas também são classificadas quanto à sua quantidade de ciclos.

– Mononucleares: cadeias que apresentam apenas um ciclo (Fig. 13).

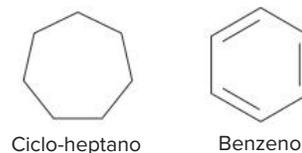


Fig. 13 Cadeias mononucleares.

– Polinucleares: cadeias que apresentam dois ou mais ciclos (Fig. 14).

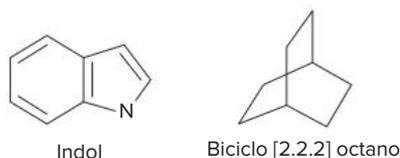


Fig. 14 Cadeias polinucleares.

As cadeias polinucleares são ainda classificadas em relação à organização de seus ciclos.

– Núcleos isolados: quando os ciclos não apresentam carbonos em comum (Fig. 15).



Fig. 15 Cadeia polinuclear com núcleos isolados.

– Núcleos condensados: quando os ciclos apresentam pelo menos dois carbonos comuns (Fig. 16).

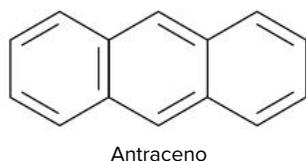


Fig. 16 Cadeia polinuclear com núcleos condensados.

• Cadeia mista

Essa classificação é utilizada quando a cadeia a ser classificada apresenta dois critérios conflitantes. Por exemplo:

– Cadeias que apresentam uma parte fechada e uma parte aberta, ou seja, pelo menos um ciclo e uma extremidade livre formada por um carbono fora desse ciclo (Fig. 17).

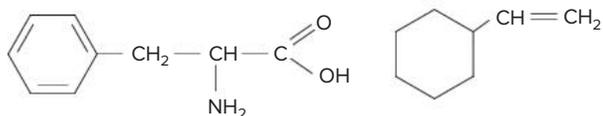


Fig. 17 Cadeia mista (aberta e fechada).

– Cadeias polinucleares que apresentam núcleos isolados e núcleos condensados (Fig. 18).

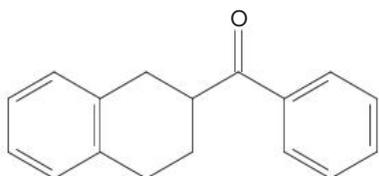
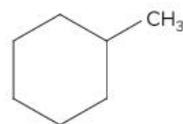


Fig. 18 Cadeia mista (núcleos condensados e isolados).

! Atenção

Cadeias fechadas com pequenas ramificações têm sido classificadas como fechadas com ramificações em alguns exames de vestibular, sem nenhum prejuízo aos critérios de nomenclatura e referências.



Cadeia fechada e ramificada.

Classificação quanto à disposição

Critério utilizado para avaliar quantas sequências de carbono a cadeia possui.

• Cadeia normal ou reta

Apresenta apenas uma sequência de carbonos (Fig. 19 e Fig. 20).

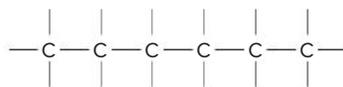
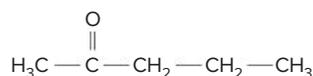


Fig. 19 Cadeia normal ou reta.

Alguns exemplos:



Pentano



pentan-2-ona

Fig. 20 Compostos orgânicos de cadeia normal.

• Cadeia ramificada

Apresenta duas ou mais sequências de carbonos (Fig. 21 e Fig. 22).

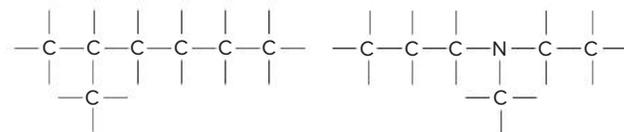
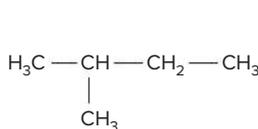
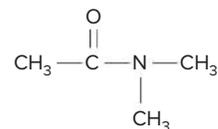


Fig. 21 Cadeia ramificada.

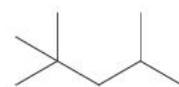
Alguns exemplos:



Metilbutano



N,N-dimetiletanamida



2,2,4-trimetilpentano

Fig. 22 Compostos orgânicos de cadeia ramificada.

Classificação quanto à natureza

Nesse critério, devemos avaliar se existe ou não a presença de um heteroátomo (átomo diferente de carbono entre carbonos).

- **Cadeia homogênea**

Cadeias que **não** apresentam heteroátomos (Fig. 23 e Fig. 24).

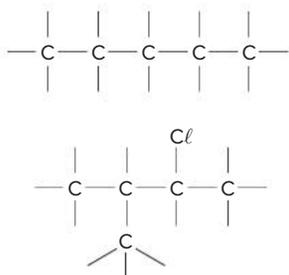
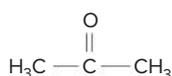
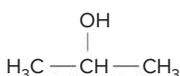


Fig. 23 Cadeias homogêneas.

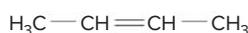
Alguns exemplos:



Propanona



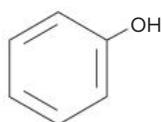
Propan-2-ol



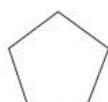
But-2-eno

Fig. 24 Compostos orgânicos de cadeia homogênea.

Quando uma cadeia carbônica é cíclica e homogênea, também podemos utilizar o termo **homocíclica** (homogênea + cíclica), como as cadeias da Fig. 25.



Benzenol



Ciclopentano

Fig. 25 Cadeias homocíclicas.

- **Cadeia heterogênea**

Apresenta pelo menos um heteroátomo (Fig. 26 e Fig. 27).

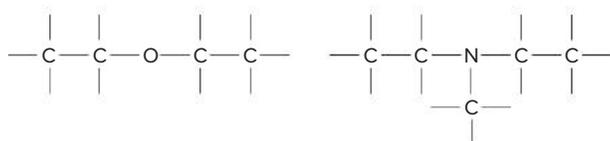
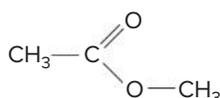


Fig. 26 Cadeias heterogêneas.

Alguns exemplos:



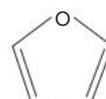
Etanoato de metila



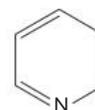
Dimetilamina

Fig. 27 Compostos orgânicos com cadeia heterogênea.

Quando uma cadeia carbônica é cíclica e heterogênea, também podemos utilizar o termo **heterocíclica** (heterogênea + cíclica), como na Fig. 28.



Furano



Piridina

Fig. 28 Cadeias heterocíclicas.

Classificação quanto ao tipo de ligação

Esse critério é utilizado para avaliar o tipo de ligação (simples, dupla ou tripla) que existe entre os carbonos em uma cadeia carbônica.

- **Cadeia saturada**

Apresenta apenas ligações simples entre carbonos (Fig. 29 e Fig. 30).

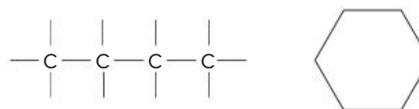
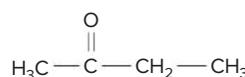
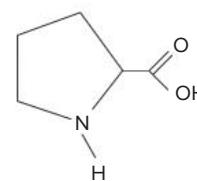


Fig. 29 Cadeias saturadas.

Alguns exemplos:



Butanona



Prolina

Fig. 30 Compostos orgânicos de cadeia saturada.

- **Cadeia insaturada**

Apresenta pelo menos uma ligação dupla ou uma ligação tripla entre carbonos (Fig. 31 e Fig. 32).

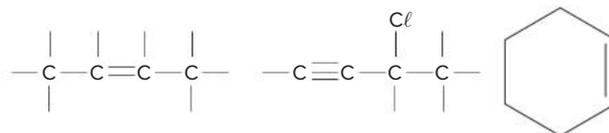
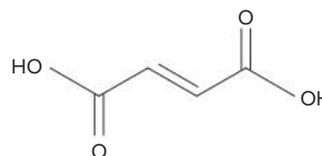


Fig. 31 Cadeias insaturadas.

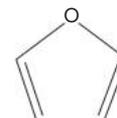
Alguns exemplos:



Ácido fumárico



But-2-ino



Furano

Fig. 32 Compostos orgânicos de cadeia insaturada.

Classificação quanto à aromaticidade

O termo “aromático” começou a ser utilizado aproximadamente no final do século XVIII para classificar compostos obtidos de algumas plantas medicinais que apresentavam odor agradável, porém suas estruturas ainda não haviam sido definidas. Em 1834, o físico-químico inglês Michael Faraday (1791-1867) determinou que a fórmula empírica do benzeno era CH e, alguns anos mais tarde, sua fórmula molecular foi determinada como C₆H₆.

Os químicos da época propuseram várias fórmulas estruturais para o benzeno, já que sua proporção entre átomos de carbono e hidrogênio era diferente de tudo o que se conhecia até então, porém nenhuma delas se mostrava adequada. Somente em 1865 o químico alemão August Kekulé von Stradonitz (1829-1896) propôs uma fórmula estrutural que se mostrou correta para essa substância. Ele sugeriu que os átomos de carbono deveriam estar ligados entre si, formando um anel. Cada carbono se ligaria a um hidrogênio, e as ligações entre os carbonos deveriam ser duplas e simples alternadas, conforme representado na Fig. 33:

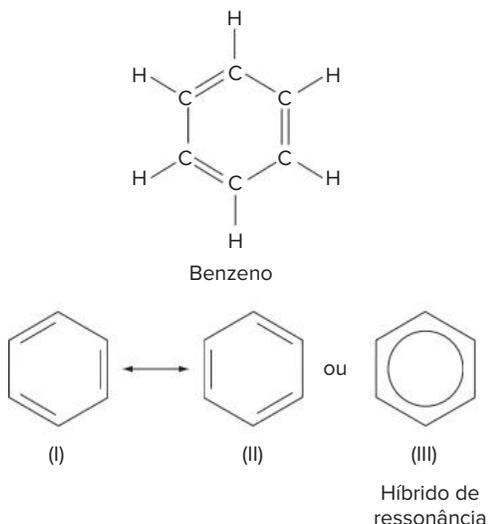


Fig. 33 Representações do benzeno.

Apesar de a representação mostrar ligações duplas e simples entre os carbonos, na realidade, todas as ligações carbono-carbono têm o mesmo comprimento (140 pm). Essa distância é intermediária entre uma ligação simples C – C (~154 pm) e uma ligação dupla C = C (~133 pm). A ordem das ligações C – C no benzeno é de 1,5, o que pode ser representado pela fórmula denominada **híbrido de ressonância**, em que os seis elétrons π estão deslocalizados (em ressonância). É por isso que a fórmula estrutural do benzeno é frequentemente representada pela estrutura (III), em que o círculo ou anel corresponde ao sexteto eletrônico (6 elétrons π).

O círculo ou anel que caracteriza esses compostos é denominado **núcleo** ou **anel aromático**, ou ainda **núcleo** ou **anel benzênico**.

Para efeito de classificação, em virtude do fenômeno de ressonância (deslocalização dos elétrons π), anéis aromáticos são frequentemente representados pela fórmula do híbrido de ressonância.

• Cadeias alifáticas

Cadeias abertas e fechadas que não possuem núcleo ou anel aromático (fenômeno da ressonância), como as da Fig. 34.

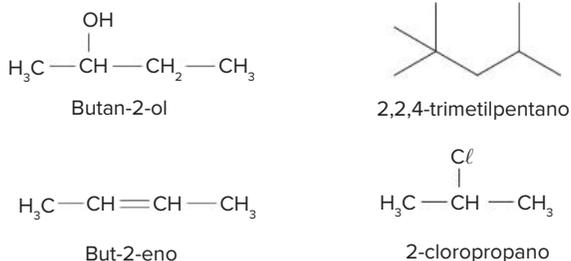


Fig. 34 Cadeias alifáticas.

Quando a cadeia é alifática e fechada (cíclica), costuma-se usar o termo **alícíclica** (alifática + cíclica), como na Fig. 35.



Fig. 35 Cadeias alícíclicas.

• Cadeias aromáticas

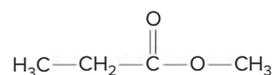
Cadeias fechadas que apresentam pelo menos um núcleo ou anel aromático (fenômeno da ressonância), como as da Fig. 36.



Fig. 36 Cadeias aromáticas.

Exercício resolvido

- 3 O propanoato de metila, representado a seguir, apresenta cadeia carbônica:



- A alifática, normal, saturada e heterogênea.
- B alícíclica, normal, saturada e heterogênea.
- C aberta, normal, insaturada e heterogênea.
- D acíclica, normal, saturada e homogênea.
- E alifática, ramificada, insaturada e homogênea.

Resolução:

A cadeia é alifática, pois não apresenta núcleo ou anel aromático; aberta, pois não forma nenhum ciclo; saturada, pois apresenta apenas ligações simples entre os carbonos; e heterogênea, pois apresenta um heteroátomo.

Alternativa: A.

Revisando

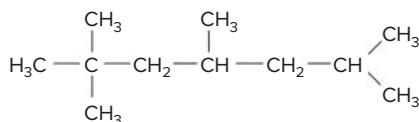
1 Para os químicos dos séculos XVIII e XIX, os compostos orgânicos eram originados somente de seres vivos; e os inorgânicos, dos materiais inanimados, como os minerais. A produção de substâncias orgânicas pelos seres vivos estaria associada a uma “força vital”.

Em 1828, Wöhler obteve a ureia (H_2NCONH_2), constituinte típico da urina, a partir do aquecimento do composto inorgânico cianato de amônio ($\text{NH}_4^+\text{CNO}^-$).

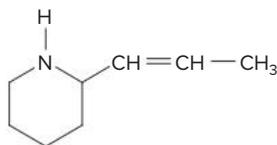
a) Escreva a equação química da reação de Wöhler utilizando fórmulas estruturais dos compostos envolvidos.

b) Explique por que a experiência de Wöhler colocou em dúvida a teoria da “força vital”.

2 Indique o número de átomos de carbonos 1º, 2º, 3º e 4º nas cadeias carbônicas a seguir.



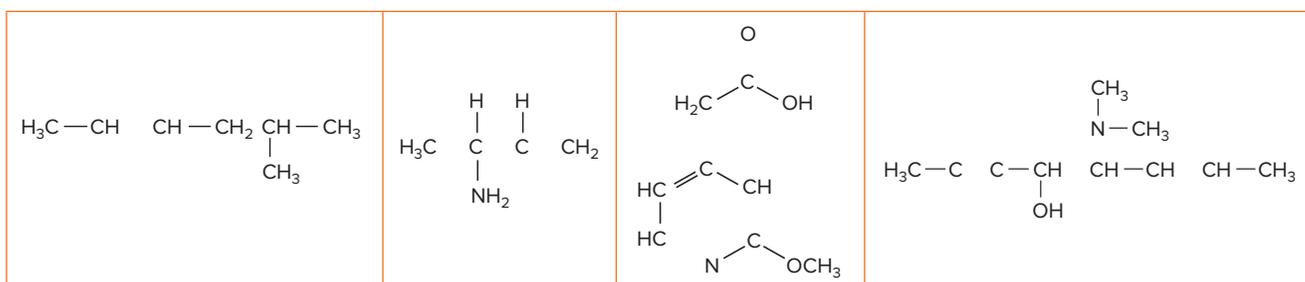
Composto 1



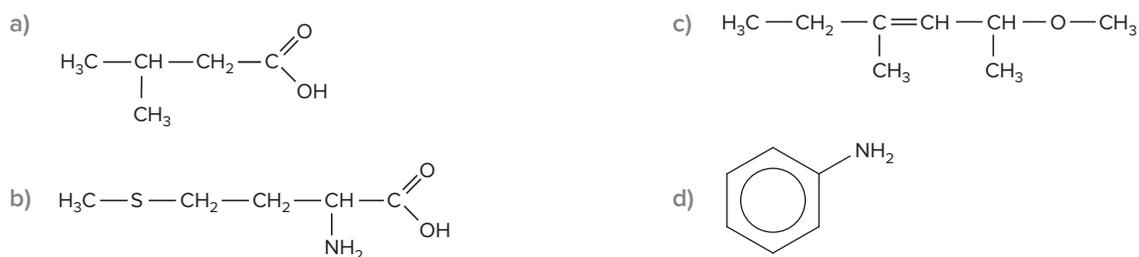
Composto 2

1º		
2º		
3º		
4º		

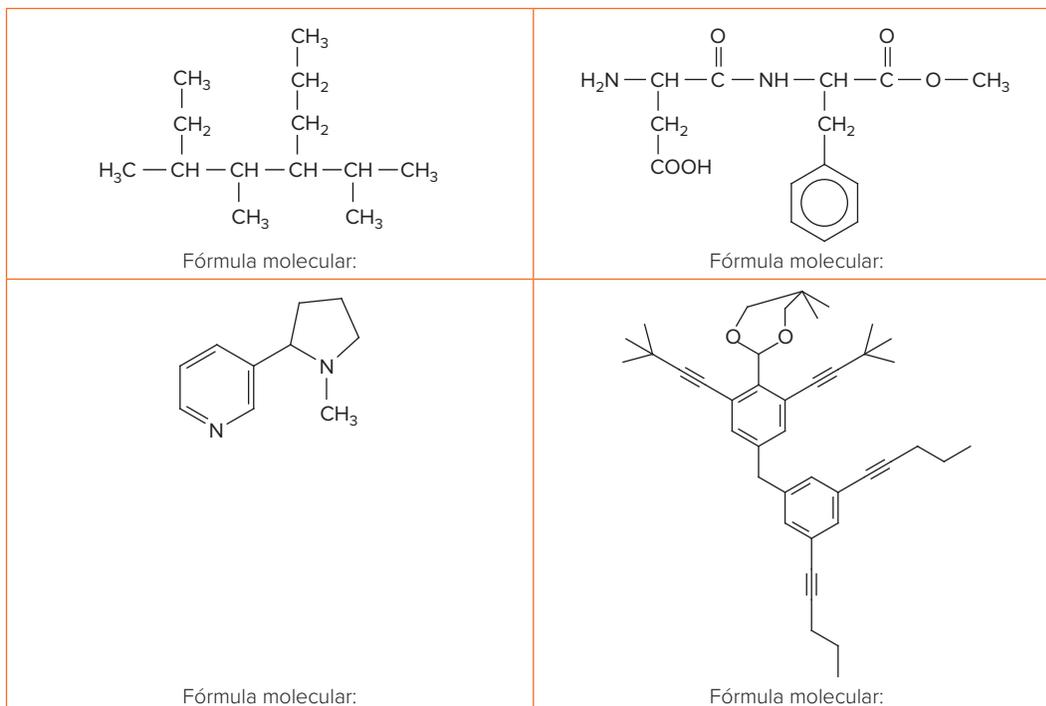
3 Complete os compostos a seguir com a ligação química (simples, dupla ou tripla) que está faltando:



4 Classifique as cadeias carbônicas dos compostos a seguir quanto a quatro itens cada.



5 Para o conjunto de compostos a seguir, encontre a fórmula molecular de cada um deles.



6 Relacione as colunas:

Coluna 1 – Cadeias carbônicas

- | | |
|---------------|----------------|
| 1. aberta | 5. saturada |
| 2. fechada | 6. insaturada |
| 3. normal | 7. homogênea |
| 4. ramificada | 8. heterogênea |

Coluna 2 – Características

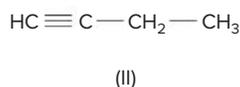
- Cadeia em que os átomos de carbono ligam-se exclusivamente por meio de ligações simples.
- Cadeia que apresenta exclusivamente átomos de carbono.
- Cadeia em que os átomos de carbono apresentam mais de uma sequência.
- Cadeia em que os átomos de carbono formam anéis ou ciclos.
- Cadeia em que pelo menos dois átomos de carbono estão ligados por dupla ou tripla ligação.
- Cadeia que apresenta átomo diferente do carbono.
- Cadeia em que os átomos de carbono não formam anéis ou ciclos.
- Cadeia em que todos os átomos de carbono encontram-se em uma única sequência.

7 Considere os compostos I, II, III, IV e V, representados a seguir pelas fórmulas respectivas.

- I. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
- II. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- III. CH_3CCH
- IV. CH_3CH_3
- V. CH_2CHCH_3

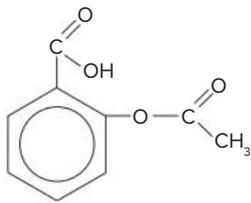
Indique os compostos que apresentam apenas ligações do tipo sigma (σ).

8 Considere os compostos de fórmula:



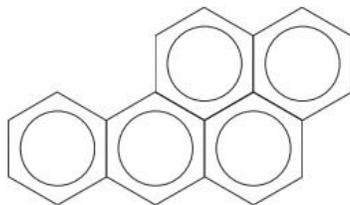
Classifique cada um deles como saturado ou insaturado, alifático ou aromático.

- 9 O ácido acetilsalicílico é um analgésico de diversos nomes comerciais (AAS, Aspirina, Buferin e outros). Sua fórmula estrutural é:



Classifique sua cadeia carbônica.

- 10 O 1,2-benzopireno, mostrado na figura, é um agente cancerígeno encontrado na fumaça do cigarro.

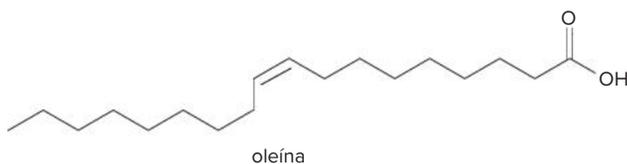


- Determine sua fórmula molecular.
- Indique o número de ligações pi (π) presentes na estrutura do 1,2-benzopireno.

Exercícios propostos

Texto para a questão 1:

O óleo da amêndoa da andiroba, árvore de grande porte encontrada na região da Floresta Amazônica, tem aplicações medicinais como antisséptico, cicatrizante e anti-inflamatório. Um dos principais constituintes desse óleo é a oleína, cuja estrutura química está representada a seguir.



- 1 UEA 2014 O número de átomos de carbono na estrutura da oleína é igual a
- A 16. B 18. C 19. D 20. E 17.

Texto para a questão 2:

Ano Internacional da Cooperação pela Água

A Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2013 como o “Ano Internacional da Cooperação pela Água” com a finalidade de uma reflexão mundial sobre os desafios da gestão, acesso, distribuição e serviços relacionados a este recurso cada vez mais escasso no planeta.

Tratamento de águas

Entre os grandes exploradores de fontes aquáticas estão as indústrias têxteis. Estas requerem grandes quantidades de água, corantes, entre outros produtos. O processamento têxtil é um grande gerador de dejetos poluidores de recursos hídricos. Uma técnica promissora para a minimização desse problema é a eletrofloculação, que tem se mostrado eficiente tanto no processo de reciclagem da água quanto do corante. A Fig. 1 mostra uma representação esquemática de um dispositivo de eletrofloculação e a estrutura química do corante índigo, bastante usado nas indústrias têxteis.

Extraído do artigo “Tratamento da água de purificação do biodiesel utilizando eletrofloculação”. *Química Nova*, v. 35, n. 4, 2012.

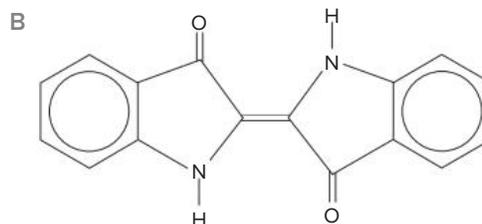
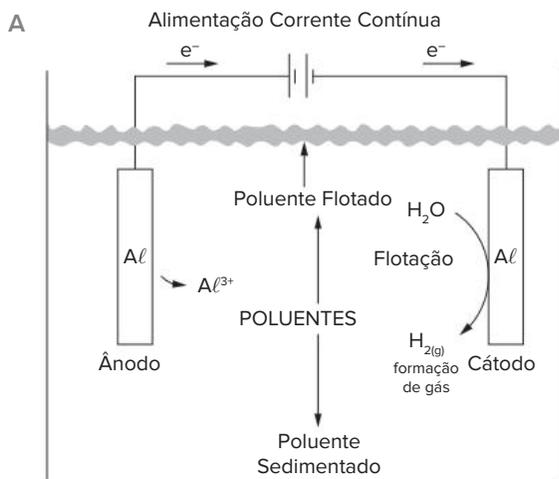


Fig. 1 A: Representação esquemática de um dispositivo de eletrofloculação. B: Estrutura do corante índigo usado em indústrias têxteis.

- 2 UEPB 2014 A fórmula molecular do corante índigo é:

- A C₁₆H₁₆N₂O₂ D C₁₆H₁₀NO
 B C₁₄H₁₀N₂O₂ E CHNO
 C C₁₆H₁₀N₂O₂

Texto para a questão 3:

O conhecimento científico tem sido cada vez mais empregado como uma ferramenta na elucidação de crimes. A química tem fornecido muitas contribuições para a criação da ciência forense. Um exemplo disso são as investigações de impressões digitais empregando-se a substância I (figura). Essa substância interage com resíduos de proteína deixados pelo contato das mãos e, na presença de uma fonte de luz adequada, luminesce e revela vestígios imperceptíveis a olho nu.



FARIAS, R. F. *Introdução à química forense*. Átomo, 2010. (Adapt.)

- 3 FGV 2014 A fórmula molecular e o total de ligações sigma na molécula da substância I são, correta e respectivamente:

- A C₁₀H₁₀N₂O; 16. D C₁₁H₁₀N₂O; 22.
 B C₁₁H₆N₂O; 16. E C₁₁H₆N₂O; 22.
 C C₁₀H₆N₂O; 22.

Texto para a questão 4:

No tratamento da maioria dos cânceres, a quimioterapia é frequentemente usada para retardar a progressão da doença. Contudo, esse tratamento provoca, muitas vezes, efeitos colaterais indesejáveis, tais como a perda de cabelo, vômitos e problemas digestivos. A razão desses efeitos colaterais está associada ao fato das drogas quimioterápicas injetáveis conseguirem chegar a qualquer parte do corpo, atingindo não só as células cancerosas, mas também as células saudáveis.

Para minimizar esse tipo de dano à saúde já debilitada do paciente, muitas pesquisas estão sendo feitas utilizando nanopartículas no tratamento do câncer.

A nanotecnologia se tornou, nos últimos anos, uma importante aliada na área de saúde, em especial da medicina, no que se refere à manipulação de partículas ultrapequenas (nanopartículas), para prevenir, diagnosticar ou curar doenças. Atualmente, a definição mais usada estipula que uma partícula é nano se o seu diâmetro equivale a um bilionésimo de metro (10^{-9} m).

No combate ao câncer de próstata, por exemplo, pesquisadores desenvolveram uma estratégia de ataque direto às células doentes por meio de nanopartículas. São elas que levam o fármaco, em altas concentrações, até as células cancerosas, evitando que a maioria das células saudáveis sejam atingidas. Os pesquisadores utilizaram nanopartículas de sílica carregadas de uma substância que combate esse tipo de câncer. Elas são, ainda, revestidas por uma vitamina, o folato, que é naturalmente atraída pelas células tumorais.

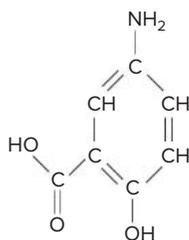
Nos testes *in vitro*, as nanopartículas atingiram seu objetivo e eliminaram cerca de 70% das células tumorais da próstata, enquanto apenas 10% das células saudáveis foram atingidas.

Esse resultado foi considerado muito favorável se comparado aos efeitos gerais de uma quimioterapia.

Porém, por trás dessa nova tecnologia promissora, existe um risco: determinados tipos de nanopartículas poderiam passar livremente pelas defesas naturais do corpo humano, tais como a pele, a membrana mucosa do nariz, da garganta, dos pulmões e do intestino. Isso prejudicaria os órgãos internos, suscetíveis a essas partículas ultrapequenas.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/zesrhtm>>. Acesso em: 16 set. 2016. (Adapt.)

- 4 CPS 2017** O uso de fármacos já conhecidos dentro dessas nanopartículas é uma das aplicações positivas dessa tecnologia. Desse modo, seria usada uma menor quantidade do medicamento e diminuindo, assim, os efeitos colaterais. Observe a estrutura do ácido 5-aminosalicílico, fármaco utilizado como anti-inflamatório intestinal.



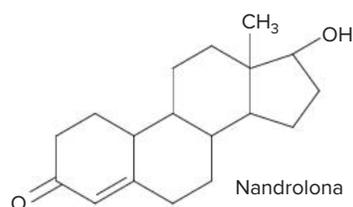
Assinale a alternativa que apresenta a fórmula molecular desse ácido.

- A $C_7H_7NO_3$ D CHNO
 B $C_7H_7NO_2$ E C_7H_7
 C $C_6H_7NO_3$
- 5 Uece 2019** Assinale a opção que completa correta e respectivamente o seguinte enunciado: "Muitas substâncias orgânicas têm em sua estrutura um ciclo formado por _____¹ átomos de

carbono com 3 ligações duplas _____². Compostos que têm esse ciclo são chamados de _____³.

- A seis¹, alternadas², aromáticos³
 B seis¹, alternadas², parafínicos³
 C cinco¹, contínuas², aromáticos³
 D cinco¹, contínuas², parafínicos³

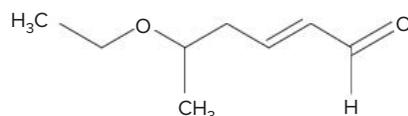
- 6 UFJF 2017** O Comitê Olímpico Internacional, durante as Olimpíadas Rio 2016, estava bastante atento aos casos de *doping* dos atletas. A nandrolona, por exemplo, é um hormônio derivado da testosterona muito utilizado pela indústria farmacêutica para a produção de derivados de esteroides anabólicos.



Quantos carbonos terciários com hibridização sp^3 possui esse hormônio na sua estrutura molecular?

- A 1 B 2 C 3 D 4 E 5

- 7 UEM 2016** Considerando o composto abaixo, assinale o que for **correto**.



- 01 O oxigênio que forma apenas ligações simples é um heteroátomo.
 02 O composto possui cinco carbonos com hibridização sp^3 .
 04 O composto possui quatro carbonos primários.
 08 A cadeia carbônica possui duas insaturações.
 16 A molécula possui 14 ligações sigma e 2 ligações pi.
 Soma:

- 8 UFPA 2016** Um anel aromático tem estrutura plana porque seus carbonos têm hibridização

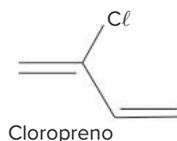
- A somente sp . D sp e sp^2 alternadas.
 B somente sp^2 . E sp^2 e sp^3 alternadas.
 C somente sp^3 .

- 9 UFRGS 2019** Octanagem ou índice de octano serve como uma medida de qualidade da gasolina. O índice faz relação da equivalência à resistência de detonação de uma mistura percentual de isoctano e n-heptano.

O nome IUPAC do composto isoctano é 2,2,4-trimetilpentano e o número de carbono(s) secundário(s) que apresenta é

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

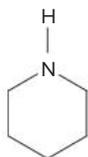
- 10 Uefs 2018** Camisas térmicas têm sido utilizadas para banhos de mar por proporcionar proteção térmica e proteção contra a radiação solar. Uma das fibras utilizadas na confecção dessas camisas é a de neoprene, obtida a partir da polimerização do cloropreno.



A cadeia carbônica do cloropreno é classificada como

- A homogênea, insaturada e normal.
 B homogênea, insaturada e ramificada.
 C homogênea, saturada e normal.
 D heterogênea, insaturada e ramificada.
 E heterogênea, saturada e ramificada.

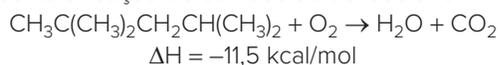
- 11 UEPG 2016** Sobre a piperidina, de fórmula estrutural representada abaixo, assinale o que for correto.



- 01 É uma molécula acíclica.
 02 Todos os átomos de carbono são hibridizados em sp^2 .
 04 É um composto de cadeia saturada.
 08 Apresenta heteroátomo.

Soma:

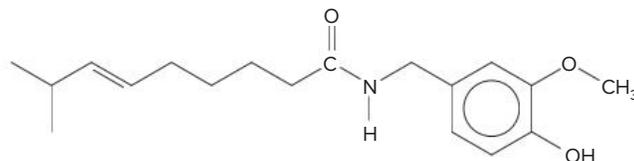
- 12 IFSul 2018** Leia o texto abaixo e responda à questão
 A qualidade da gasolina é definida de acordo com o índice de octanagem do combustível. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos que variam sua cadeia carbônica de quatro a doze átomos de carbono (gasolina automotiva) e de cinco a dez átomos de carbono (gasolina de aviação), a média de átomos de carbono geral das cadeias é de oito carbonos. As gasolinas que possuem alto índice de isoctano são considerados combustíveis de alta qualidade e poder de combustão. A equação não-balanceada abaixo representa a reação de combustão do isoctano:



O isoctano é um hidrocarboneto que apresenta cadeia carbônica

- A normal e insaturada.
 B ramificada e saturada.
 C ramificada e insaturada.
 D normal e saturada.

- 13 UEL** Você já sentiu o ardido de pimenta na boca? Pois bem, a substância responsável pela sensação picante na língua é a capsaicina, substância ativa das pimentas. Sua fórmula estrutural está representada a seguir.



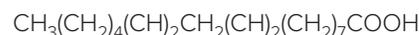
Em relação à estrutura da capsaicina, considere as afirmativas a seguir.

- I. Apresenta cadeia carbônica insaturada.
 II. Apresenta três átomos de carbono terciário.
 III. Apresenta possibilidade de formar ligações (ponte) de hidrogênio.
 IV. Apresenta um ciclo de 6 átomos de carbono sp^2 com elétrons π ressonantes.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

- 14 PUC-Rio** Um grupo de compostos, denominado ácidos graxos, constitui a mais importante fonte de energia na dieta do homem. Um exemplo destes é o ácido linoleico, presente no leite humano. A sua fórmula estrutural simplificada é:

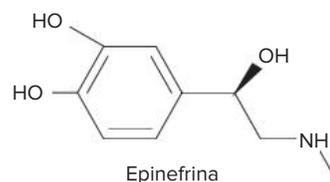


Sua cadeia carbônica é classificada como:

- A aberta, normal, saturada e homogênea.
 B aberta, normal, insaturada e heterogênea.
 C aberta, ramificada, insaturada e heterogênea.
 D aberta, ramificada, saturada e homogênea.
 E aberta, normal, insaturada e homogênea.

Texto para a questão **15**:

A molécula de epinefrina foi primeiramente isolada em sua forma pura em 1897 e sua estrutura foi determinada em 1901. Ela é produzida na glândula adrenal (daí vem o seu nome usual, adrenalina) como um único enantiômero.



- 15 Udesc 2016** Analisando a estrutura da molécula de epinefrina, é **incorreto** afirmar que:
- A o átomo de nitrogênio está ligado a dois carbonos de configuração sp^3 .
 B apresenta ligações covalentes polares e apolares, em sua estrutura.
 C os três átomos de oxigênio estão ligados a carbonos e hidrogênios por meio de ligações covalentes polares.
 D possui 17 ligações sigma (σ) e três ligações pi (π).
 E suas moléculas podem formar ligações de hidrogênio entre si.

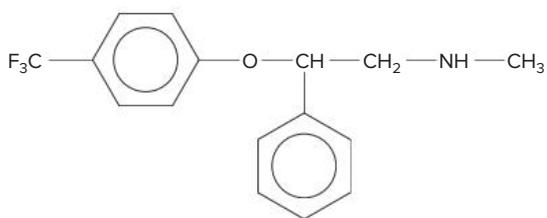
Texto para a questão 16:

Observe o remédio a seguir e sua composição para responder à questão.



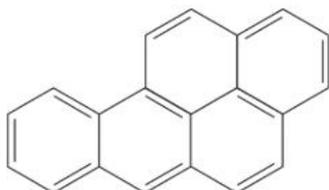
- 16 IFSul 2015** O composto orgânico reproduzido no início do enunciado apresenta várias características, dentre as quais, caracteriza-se como correta a
- A presença de anel aromático com quatro ligações duplas alternadas.
 B existência de três átomos de carbono com hibridização sp .
 C massa molar aproximadamente igual a $200 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
 D presença de cinco ligações covalentes em eixos paralelos (ligação π).

- 17 PUC-RS** A fluoxetina, presente na composição química do Prozac, apresenta fórmula estrutural:



Com relação a esse composto, é correto afirmar que apresenta:

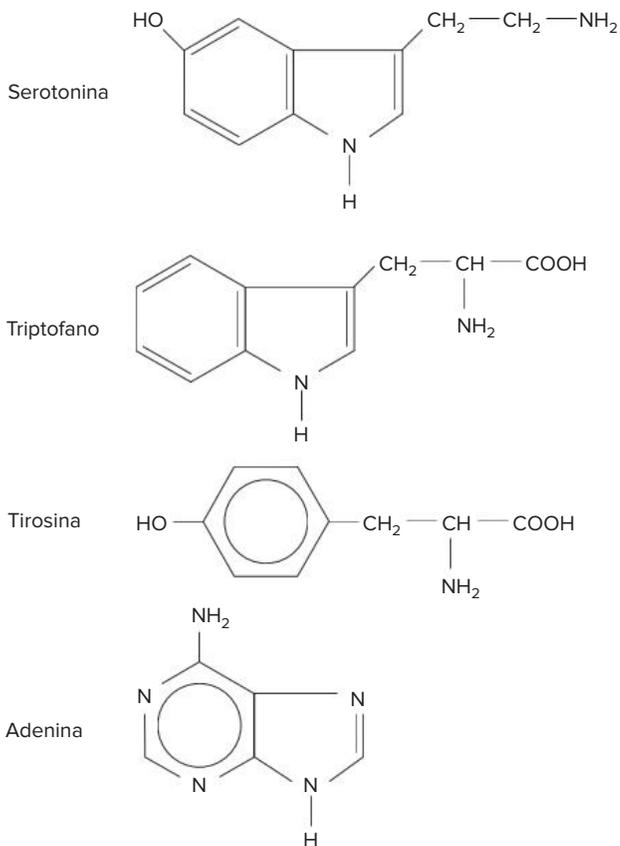
- A cadeia carbônica cíclica e saturada.
 B cadeia carbônica aromática e homogênea.
 C cadeia carbônica mista e heterogênea.
 D somente átomos de carbonos primários e secundários.
 E fórmula molecular $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{ONF}$.
- 18 Uerj 2018** A exposição ao benzopireno é associada ao aumento de casos de câncer. Observe a fórmula estrutural dessa substância:



Com base na fórmula, a razão entre o número de átomos de carbono e o de hidrogênio presentes no benzopireno, corresponde a:

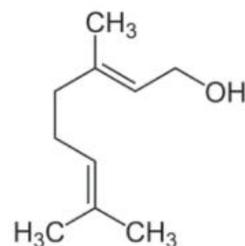
- A $\frac{3}{7}$. B $\frac{6}{5}$. C $\frac{7}{6}$. D $\frac{5}{3}$.

- 19 FSM** Considere, a seguir, o conjunto de representações de moléculas de algumas substâncias químicas com fundamental importância na fisiologia humana.



Então, qual a afirmação correta a respeito das ligações químicas existentes nas moléculas representadas?

- A Todas as moléculas contêm ligações π entre carbono sp^3 e nitrogênio.
 B Na serotonina e na tirosina, existem ligações π entre carbono sp^2 e oxigênio.
 C Todas as moléculas contêm, pelo menos, uma ligação entre carbono sp e oxigênio.
 D Todas as moléculas contêm ligações π em um sistema com deslocalização de elétrons.
 E Somente na serotonina, existem ligações σ e π entre átomos de carbono e nitrogênio.
- 20 UEPG 2018** Com relação à cadeia carbônica da molécula apresentada abaixo, assinale o que for correto.



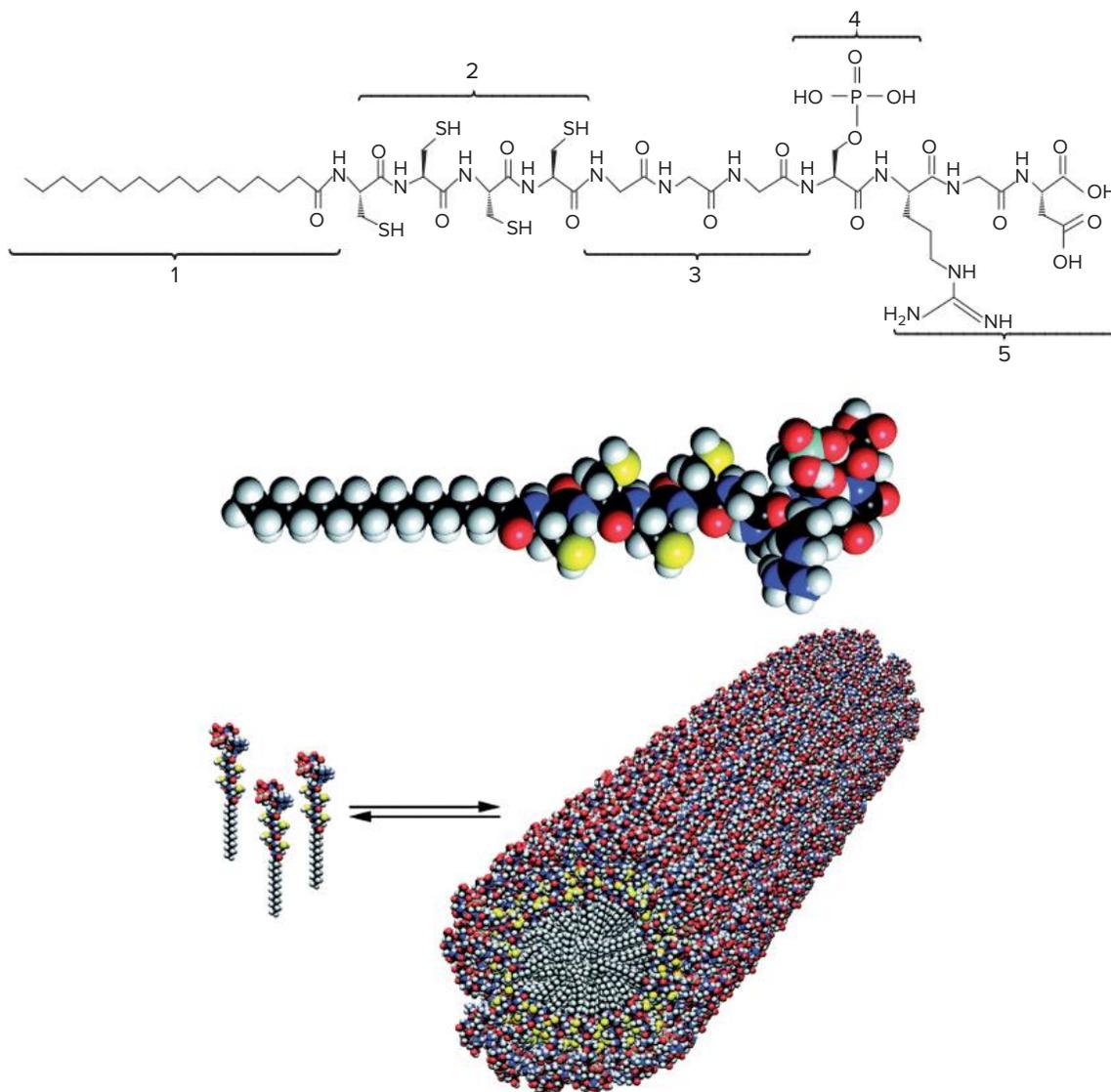
- 01 É alifática. 04 É ramificada.
 02 É insaturada. 08 É heterogênea.

Soma:

Modelos orgânicos desenvolvidos para imitar o crescimento de ossos

As forças intermoleculares têm papéis importantes na vida e no mundo ao nosso redor. As forças intermoleculares mantêm as fitas de nosso DNA unidas, fornecem estrutura para as nossas membranas moleculares, fazem com que os pés das lagartixas puguem nas paredes e telhados, não deixam que a água entre em ebulição à temperatura ambiente e pressão normal e literalmente fornecem as forças adesivas que mantêm nossas células, ossos e tecidos unidos. Como esses exemplos mostram, o mundo que nos cerca fornece instruções extraordinárias na nanotecnologia e na bioengenharia, e os cientistas através dos tempos têm se inspirado para criar e inovar com base na natureza. Um alvo de recente pesquisa na bioengenharia é o desenvolvimento de materiais sintéticos que imitam os modelos naturais para o crescimento de ossos. Um material sintético com propriedades de promover o osso poderia ser usado para reparar ossos quebrados, compensar a osteoporose e tratar câncer ósseo.

Tanto o crescimento natural de ossos quanto o sistema sintético em desenvolvimento dependem enormemente das forças intermoleculares. Nos sistemas vivos, os ossos crescem por adesão de células especializadas a um modelo natural fibroso longo chamado de colágeno. Determinados grupos funcionais ao longo do colágeno promovem a união de células do crescimento do osso, enquanto outros grupos funcionais facilitam a cristalização do cálcio. Os químicos da Universidade do Noroeste (liderados por S. I. Stupp) desenvolveram uma molécula que pode ser preparada em laboratório e que imita esse processo. A molécula mostrada adiante agrupa-se espontaneamente em um agregado tubular longo, imitando as fibras do colágeno. As forças de Van der Waals entre os fragmentos alquílicos hidrofóbicos na molécula fazem com que as moléculas se autoagrupem em tubos. Na outra extremidade da molécula, os pesquisadores incluem grupos funcionais que promovem a união da célula e ainda outros grupos funcionais que encorajam a cristalização do cálcio. Finalmente, eles incluem grupos funcionais que permitem uma molécula ser covalentemente ligada às suas vizinhas depois que o processo de autoagrupamento de Van der Waals ocorre, adicionando, assim, estabilização ainda maior à estrutura inicialmente não covalente. Projetar todas essas características em uma estrutura molecular tem rendido frutos, porque as fibras autoagrupadas promovem a cristalização do cálcio ao longo do seu eixo, de modo muito parecido com o modelo natural do colágeno. Esse exemplo de projeto molecular é apenas um desenvolvimento empolgante na interseção da nanotecnologia com a bioengenharia.



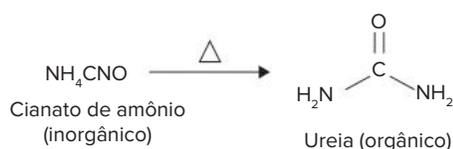
Resumindo

Em 1777, Torbern Olof Bergman (físico e matemático sueco, 1735-1784) sugeriu a Química Orgânica como uma divisão da Química.

- Química Orgânica: estuda os compostos extraídos dos seres vivos (animais e vegetais).
- Química Inorgânica: estuda os compostos extraídos dos minerais.

Teoria da força vital ou Vitalismo: Em 1807, Jöns Jacob Berzelius formulou uma teoria que afirmava que os compostos orgânicos eram obtidos pela intermediação de uma **força vital** existente apenas em plantas e animais. Esses compostos poderiam ser extraídos e transformados uns nos outros, mas era impossível obtê-los a partir de outros elementos do reino mineral (que não possuíam a força vital).

A ideia do vitalismo começou a declinar quando Friedrich Wöhler sintetizou a ureia (substância anteriormente isolada da urina de animais) a partir do cianato de amônio, reação que ficou conhecida como Síntese de Wöhler.



O reconhecimento de que a teoria da força vital não tinha grande aplicabilidade na Química Orgânica foi gradual, à medida que novos compostos orgânicos eram reconhecidos e sintetizados.

Conforme o vitalismo perdia forças, aquela definição proposta por Bergman (química dos organismos vivos) deixava de ser adequada e, então, **Kekulé**, em 1858, propôs a definição da Química Orgânica como **o ramo da Química que estuda os compostos de carbono**.

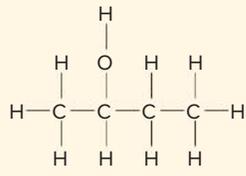
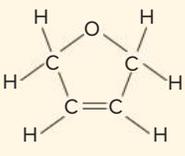
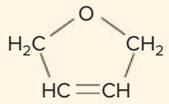
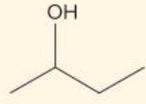
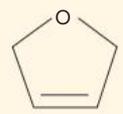
Características do carbono

- O carbono é tetravalente.
- As quatro ligações simples (do tipo sigma σ) do carbono são equivalentes.
- Além de ligações simples, o carbono também pode realizar ligações duplas ou triplas.

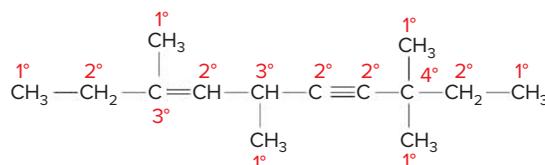
Hibridação	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
sp^3		$109^\circ 28'$	Tetraédrica
sp^2		120°	Trigonal plana
sp		180°	Linear

- O carbono pode se ligar a diversos elementos.
- O carbono pode formar cadeias.

Representação das fórmulas estruturais em Química Orgânica:

Fórmula estrutural		
Fórmula estrutural condensada	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
Fórmula estrutural em linhas ou bastão		

Classificação do carbono

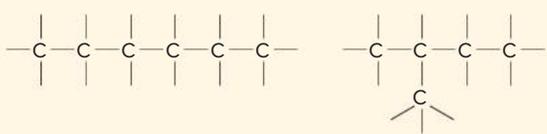


Para classificar um carbono, devemos observar a quantos outros átomos de carbono ele está ligado em uma cadeia carbônica. Ele pode ser classificado em:

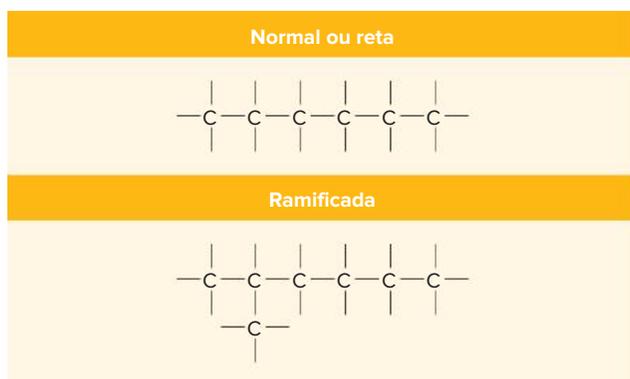
- Carbono primário: ligado apenas a um átomo de carbono.
- Carbono secundário: ligado a dois átomos de carbono.
- Carbono terciário: ligado a três átomos de carbono.
- Carbono quaternário: ligado a quatro átomos de carbono.

Classificação das cadeias carbônicas

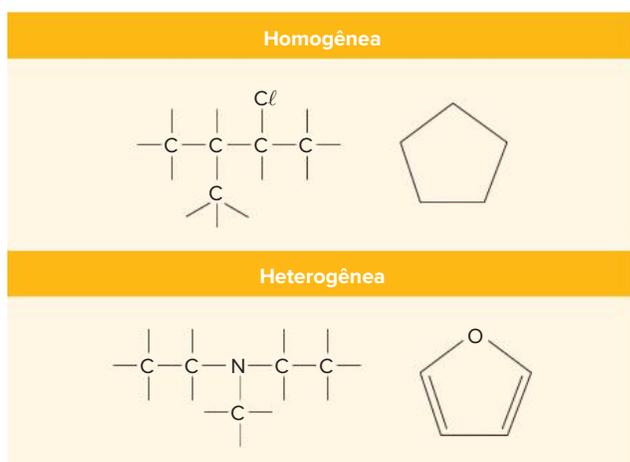
Quanto à forma:

Abertas ou acíclicas	
Fechadas ou cíclicas	

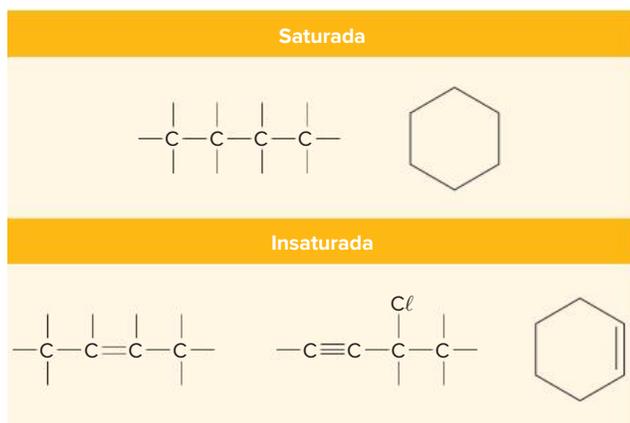
Quanto à disposição:



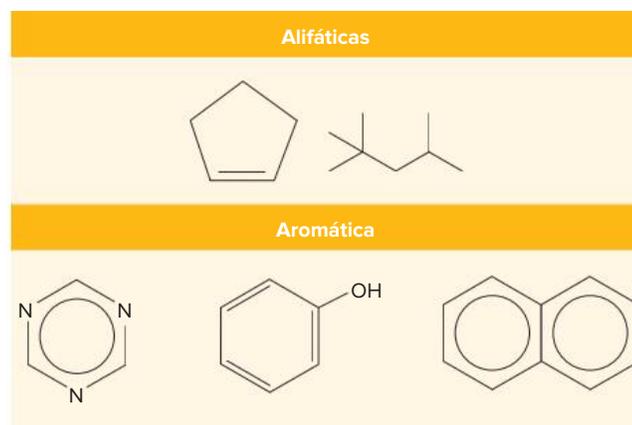
Quanto à natureza:



Quanto ao tipo de ligação:

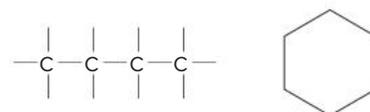


Quanto à aromaticidade:

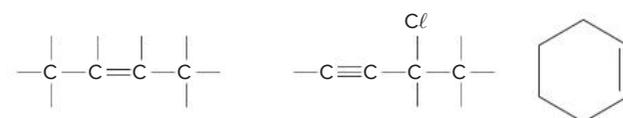


Classificação quanto ao tipo de ligação:

- Cadeia saturada

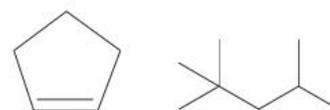


- Cadeia insaturada

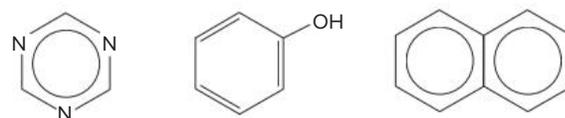


Classificação quanto à aromaticidade:

- Alifáticas



- Aromáticas



Quer saber mais?

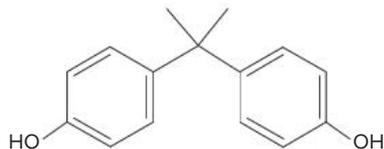


Livros

- BARBOSA, L. C. de A. *Introdução à Química Orgânica*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. *Química Orgânica*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 1.

Exercícios complementares

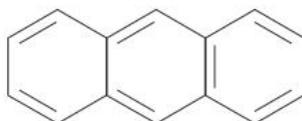
- 1 UEM 2013** O uso de Bisfenol A (BPA) na produção de garrafas plásticas, mamadeiras e copos para bebês foi proibido no Brasil, no final de 2011, devido a suspeitas de danos à saúde humana. Sobre o BPA (estrutura mostrada a seguir), assinale o que for **correto**.



- 01 É um hidrocarboneto aromático.
 02 É uma molécula planar.
 04 Apresenta plano de simetria.
 08 Sua fórmula molecular é $C_{15}H_{16}O_2$.
 16 Devido à presença de grupos hidroxila, é um composto altamente solúvel em água.

Soma:

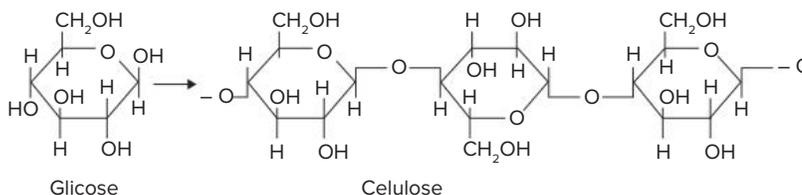
- 2 Fatec 2012** A fórmula estrutural abaixo representa o antraceno, substância importante como matéria-prima para a obtenção de corantes.



Examinando-se essa fórmula, nota-se que o número de átomos de carbono na molécula do antraceno é

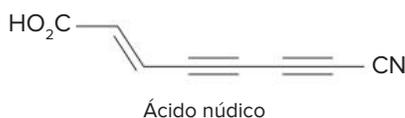
- A 3. B 10. C 14. D 18. E 25.

- 3 Feevale 2012** A celulose é um polímero orgânico presente nas paredes das células vegetais, mais especificamente um polissacarídeo da glicose, conforme mostra a figura abaixo.



A cadeia carbônica da glicose pode ser classificada como:

- A fechada, homogênea, ramificada e saturada.
 B aberta, heterogênea, simples e insaturada.
 C fechada, heterogênea, ramificada e saturada.
 D fechada, heterogênea, ramificada e insaturada.
 E aberta, homogênea, ramificada e saturada.
- 4 UFRGS 2012** O ácido núdico, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um antibiótico isolado de cogumelos como o *Tricholoma nudum*.

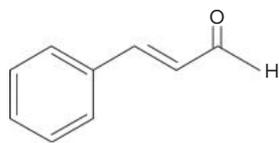


Em relação a uma molécula de ácido núdico, é correto afirmar que o número total de átomos de hidrogênio, de ligações duplas e de ligações triplas é, respectivamente,

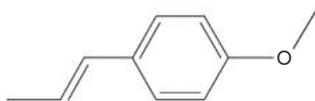
- A 1-1-2. B 1-2-3. C 3-1-2. D 3-2-3. E 5-1-3.

Texto para a questão 5:

A indústria de alimentos utiliza vários tipos de agentes flavorizantes para dar sabor e aroma a balas e gomas de mascar. Entre os mais empregados, estão os sabores de canela e de anis.



I-flavorizante de canela



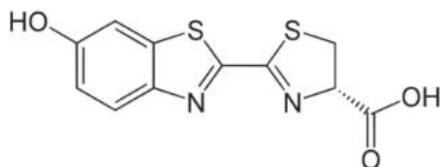
II-flavorizante de anis

5 FGV 2012 A fórmula molecular da substância I, que apresenta sabor de canela, é

- A C_9H_8O .
- B C_9H_9O .
- C C_8H_6O .
- D C_8H_7O .
- E C_8H_8O .

6 IFSul 2018 Leia o texto abaixo e responda à questão.

A luciferina é uma substância química presente em organismos bioluminescentes (como os vagalumes) que, quando oxidada, produz luz de cor azul esverdeada quase sem emitir calor. Este processo biológico é designado por bioluminescência e a fórmula estrutural dessa substância é descrita abaixo.



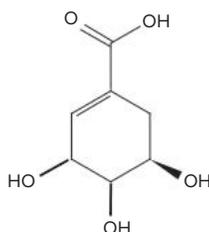
Sobre a molécula de luciferina, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. Apresenta fórmula molecular $C_{11}H_8N_2O_3S_2$.
- II. Possui 6 ligações covalentes pi.
- III. Contém 8 carbonos com hibridação sp^2 .

Estão corretas as afirmativas

- A I e II, apenas.
- B II e III, apenas.
- C I e III, apenas.
- D I, II e III.

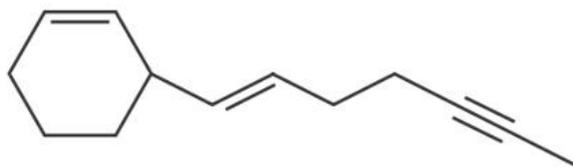
7 PUC-SP 2018 O Tamiflu ou fosfato de oseltamivir, utilizado para o tratamento da gripe, é produzido do composto ativo do anis-estrelado, também conhecido como ácido shikimico. Esse ácido é um potente antiviral. Sua fórmula estrutural está representada abaixo.



Sobre esse composto, é CORRETO afirmar que

- A é um composto aromático.
- B possui apenas carbonos secundários e terciários.
- C possui cadeia carbônica homocíclica.
- D possui cadeia carbônica ramificada.

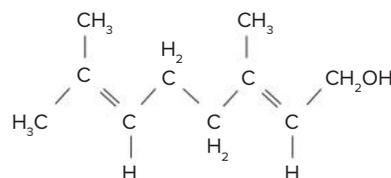
8 Enem 2017 O hidrocarboneto representado pela estrutura química a seguir pode ser isolado a partir das folhas ou das flores de determinadas plantas. Além disso, sua função é relacionada, entre outros fatores, a seu perfil de insaturações.



Considerando esse perfil específico, quantas ligações pi a molécula contém?

- A 1.
- B 2.
- C 4.
- D 6.
- E 7.

9 Unifor 2020 O geraniol é um líquido amarelado que apresenta um agradável odor de rosas, sendo utilizado na fabricação de fragrâncias e perfumes, de fórmula estrutural:



Em relação à cadeia carbônica, pode-se afirmar que:

- A acíclica, ramificada, saturada, heterogênea.
- B cíclica, linear, saturada, homogênea.
- C acíclica, ramificada, insaturada, homogênea.
- D cíclica, ramificada, insaturada, heterogênea.
- E acíclica, ramificada, saturada, homogênea.

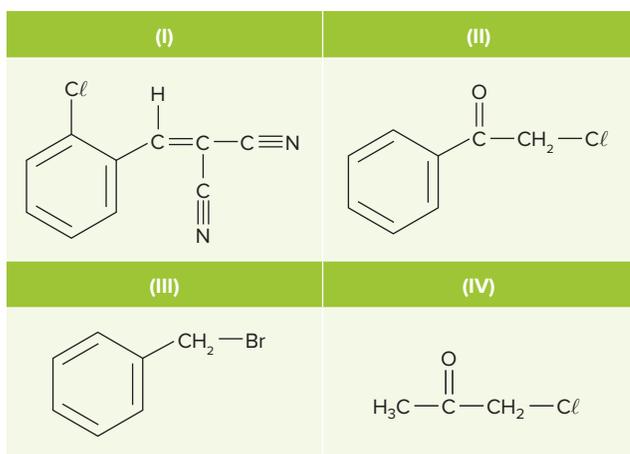
10 Uece 2016 O benzeno é usado principalmente para produzir outras substâncias químicas. Seus derivados mais largamente produzidos incluem o estireno, que é usado para produzir polímeros e plásticos, fenol, para resinas e adesivos, e ciclo-hexano, usado na manufatura de nylon. Quantidades menores de benzeno são usadas para produzir alguns tipos de borrachas, lubrificantes, corantes, detergentes, fármacos, explosivos e pesticidas. O benzeno não é representado apenas por uma estrutura de Lewis, mas por mais de um arranjo para descrever sua estrutura, que corresponde ao efeito mesomérico ou ressonância e é identificada

- A por ser bastante estável e agir como se tivesse isoladamente ligações simples e ligações duplas.
 B pelas distâncias entre os átomos de carbono das ligações simples (1,54 Å) e das ligações duplas (1,34 Å).
 C pela variação da posição dos elétrons σ (sigma) que provocam mudanças nas posições dos átomos de carbono.
 D por possuir distância intermediária entre os átomos de carbono, comparada com a distância da ligação simples e a distância da ligação dupla.

11 UFSC 2014 As bombas de gás lacrimogêneo, utilizadas por forças de segurança do mundo inteiro para dispersar manifestações, tiveram destaque em julho de 2013 nas imagens da repressão aos protestos em diversas cidades brasileiras. Os efeitos causados pela exposição ao gás lacrimogêneo demoram cerca de 20 a 45 minutos para desaparecer. Os gases lacrimogêneos comumente utilizados são os irritantes oculares que apresentam composição química variável, podendo, entre outros, ter agentes ativos como: clorobenzilidenomalononitrilo (I), cloroacetofenona (II), brometo de benzila (III) ou cloropropanona (IV).

Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/06/130619_gas_lacrimogeneo_mj_cc.shtml>. Acesso em: 14 ago. 2013. (Adapt.)

A seguir, estão apresentadas as fórmulas estruturais dos agentes ativos do gás lacrimogêneo:

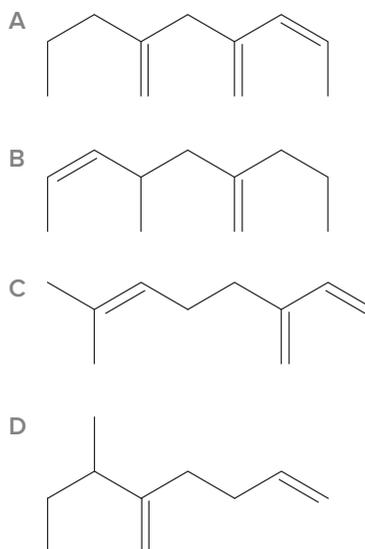


Assinale a(s) proposiçã(o)es **corretas(s)**.

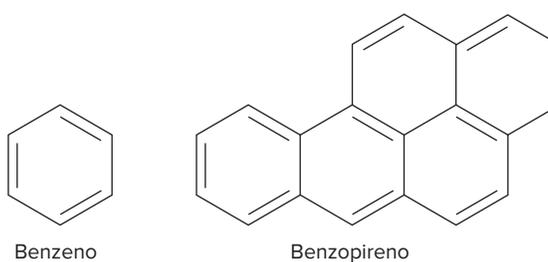
- 01 A ordem decrescente do raio atômico dos elementos químicos presentes em I é cloro > nitrogênio > carbono > hidrogênio.
 02 As moléculas II e IV apresentam átomo de cloro ligado a átomo de carbono insaturado.
 04 A fórmula molecular de I é $C_{10}H_5N_2Cl$.
 08 Os átomos de nitrogênio, cloro e bromo apresentam cinco elétrons na sua camada de valência.
 16 Em II e IV, o átomo de carbono da carbonila apresenta hibridização sp^2 .
 32 Os substituintes do átomo de carbono ligado ao átomo de cloro em IV estão arranjados de acordo com uma estrutura trigonal plana.
 64 Em I, II e III, as cadeias carbônicas são classificadas como alicíclicas, normais e heterogêneas.

Soma:

12 Uece 2017 A substância responsável pelo sabor amargo da cerveja é o mirceno, $C_{10}H_{16}$. Assinale a opção que corresponde à fórmula estrutural dessa substância.



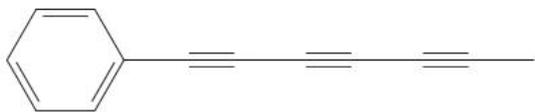
13 IFPE 2017 Há algumas décadas, fumar era moda. Nessa época, o cigarro não era considerado um vilão, até profissionais de saúde, como médicos, eram garotos-propaganda de marcas de cigarro e incentivavam o vício de fumar. Com o passar dos anos, pesquisas mostraram que o cigarro é sim extremamente prejudicial à saúde. Estudos mostram que existem mais de 4.000 substâncias químicas no cigarro, das quais, 50 são comprovadamente cancerígenas, dentre elas, podemos citar: arsênio, polônio-210, DDT, benzeno e benzopireno. Abaixo temos as fórmulas estruturais de duas dessas substâncias que estão na lista das 50 substâncias cancerígenas, o benzeno e o benzopireno.



Em relação às substâncias benzeno e benzopireno, assinale a única alternativa **correta**.

- A Tanto o benzeno quanto o benzopireno são hidrocarbonetos aromáticos.
 B O benzopireno apresenta hibridização sp^3 em todos os seus carbonos.
 C O benzeno, por ser polar, é uma molécula insolúvel na água já que a mesma é apolar.
 D Ambos são hidrocarbonetos que apresentam apenas carbonos secundários.
 E O benzopireno apresenta fórmula molecular $C_{20}H_{16}$.

- 14 Ufes** O chá da planta *Bidens pilosa*, conhecida vulgarmente pelo nome de picão, é usado para combater icterícia de recém-nascidos. Das folhas dessa planta, é extraída uma substância química, cujo nome oficial é 1-fenilepta-1,3,5-tri-ino e cuja estrutura é apresentada a seguir. Essa substância possui propriedades antimicrobianas e, quando irradiada com luz ultravioleta, apresenta atividade contra larvas de mosquitos e nematoides.

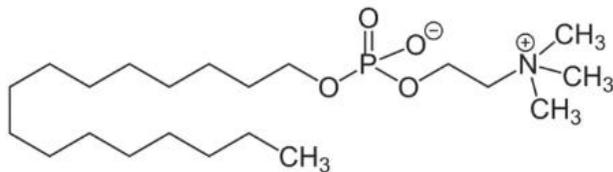


Sobre a estrutura dessa substância, pode-se afirmar que:

- A possui 12 átomos de carbono com hibridização sp^2 .
 B possui 12 ligações σ carbono-carbono.
 C não possui carbonos com hibridização sp^3 .
 D possui 3 átomos de carbono com hibridização sp .
 E possui 9 ligações π carbono-carbono.

15 UCS 2018

A leishmaniose é uma doença muito conhecida pelos brasileiros. Depois de 2010, quando seis casos foram detectados em humanos, e muitos cachorros tiveram o diagnóstico confirmado só no Distrito Federal (DF), a cidade inteira aprendeu e não esqueceu mais o nome do distúrbio.



Em 2016, segundo a Secretaria de Saúde do DF, 408 casos em cães foram confirmados. Nos três primeiros meses de 2017, 60 animais tiveram o exame positivo. Na falta de tratamento, o procedimento padrão era a eutanásia. Os ministérios da Agricultura e da Saúde, inclusive, proibiam o tratamento da Leishmaniose Visceral Canina com produtos feitos para o uso humano. Em outubro de 2016, foi aprovado o primeiro tratamento específico para cães, os quais, agora, dispõem de uma opção. O Milteforan, da Empresa Virbac, está à venda desde então. “O remédio tem como princípio ativo a miltefosina (vide estrutura química acima), que atua na membrana do parasita, ocasionando sua morte e evitando sua replicação. Além disso, a substância também funciona como imunomodulador, proporcionando ao animal em tratamento a resposta imune desejada para o controle da doença”, explica Larissa Benetolo, veterinária e promotora técnica de prescrição da Virbac. Ela conta ainda que, além da melhora clínica dos cães doentes, a carga de parasitas dos animais é diminuída consideravelmente, bloqueando a transmissão.

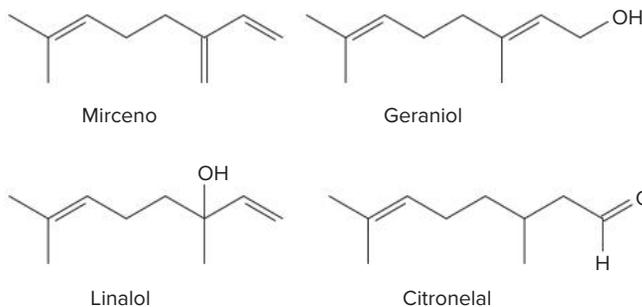
Disponível em: <<http://www.metropoles.com/vida-e-estilo/bem-estar/saude-bem-estar/novo-remedio-para-tratamento-de-leishmaniose-ja-esta-disponivel>>. Disponível em: <<http://www.wikiwand.com/es/Miltefosina>>. Acesso em: 23 ago. 17. (Parcial e adaptado.)

Em relação à molécula da miltefosina, é correto afirmar que

- A apresenta apenas átomos de carbono com hibridização sp^3 .
 B apresenta apenas átomos de carbono secundários.
 C tem cadeia carbônica fechada e insaturada.
 D tem três radicais arila ligados a um átomo de nitrogênio tetravalente.
 E apresenta um átomo de fósforo com geometria trigonal.

- 16 UFSM** O odor de muitos vegetais, como o de menta, louro, cedro e pinho, e a cor de outros, como a de cenouras, tomates e pimentões, são causados por uma grande classe de compostos naturais denominados terpenos.

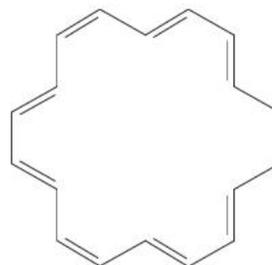
Observe o esquema a seguir.



Marque a alternativa que apresenta, corretamente, o número de elétrons π correspondente a cada terpeno.

- A 4 – Mirceno; 2 – Geraniol; 4 – Linalol; 4 – Citronelal.
 B 6 – Mirceno; 4 – Geraniol; 4 – Linalol; 2 – Citronelal.
 C 6 – Mirceno; 4 – Geraniol; 4 – Linalol; 4 – Citronelal.
 D 4 – Mirceno; 2 – Geraniol; 2 – Linalol; 2 – Citronelal.
 E 6 – Mirceno; 4 – Geraniol; 2 – Linalol; 6 – Citronelal.

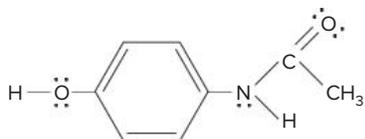
- 17 UFU** O anuleno é um hidrocarboneto aromático que apresenta a seguinte fórmula estrutural simplificada.



Sobre esse composto, pode-se afirmar que:

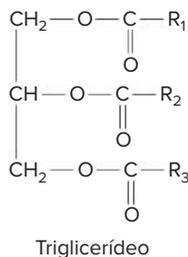
- A tem fórmula molecular $C_{18}H_{20}$, 9 ligações π (π) e ângulos de 109° entre as ligações carbono-carbono.
 B tem fórmula molecular $C_{18}H_{18}$, 9 ligações π (π) e ângulos de 120° entre as ligações carbono-carbono.
 C tem fórmula molecular $C_{18}H_{16}$, 9 elétrons π (π) e ângulos de 109° entre as ligações carbono-carbono.
 D tem fórmula molecular $C_{18}H_{20}$, 9 elétrons π (π) e ângulos de 120° entre as ligações carbono-carbono.

- 18 UFPI** A estrutura do acetaminofen, responsável pela atividade analgésica e antipirética do Tylenol, é dada a seguir.



Escolha a opção cujos itens relacionam-se com a estrutura fornecida.

- A n° de elétrons π : 6; n° de elétrons não ligante: 6; n° de carbonos sp^2 : 6; n° de carbonos saturados: 2.
 B n° de elétrons π : 8; n° de elétrons não ligante: 8; n° de carbonos sp^2 : 6; n° de carbonos saturados: 2.
 C n° de elétrons π : 8; n° de elétrons não ligante: 10; n° de carbonos sp^2 : 1; n° de carbonos saturados: 7.
 D n° de elétrons π : 6; n° de elétrons não ligante: 8; n° de carbonos sp^2 : 6; n° de carbonos saturados: 2.
 E n° de elétrons π : 8; n° de elétrons não ligante: 10; n° de carbonos sp^2 : 7; n° de carbonos saturados: 1.
- 19 Unifesp** O azeite de oliva é considerado o óleo vegetal com sabor e aroma mais refinados. Acredita-se que ele diminui os níveis de colesterol no sangue, reduzindo os riscos de doenças cardíacas. Suspeita-se que algumas empresas misturem óleos de amendoim, milho, soja e outros, mais baratos, com o azeite de oliva, para aumentar seus lucros. Os triglicerídeos diferem uns dos outros em relação aos tipos de ácidos graxos e à localização no glicerol. Quando um triglicerídeo é formado a partir de dois ácidos linoleicos e um ácido oleico, temos o triglicerídeo LLO. No azeite de oliva, há predominância do OOO e no óleo de soja, do LLL. Como os triglicerídeos são característicos de cada tipo de óleo, sua separação e identificação tornam possível a análise para detectar possíveis adulterações do azeite.



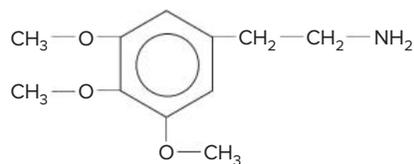
Na tabela, são apresentados os ácidos graxos mais comuns.

Ácido	Número de átomos de carbono	Número de ligações $c = c$
Palmítico	16	0
Esteárico	18	0
Oleico	18	1
Linoleico	18	2

Na estrutura química do triglicerídeo OOO, os três radicais R são iguais a:

- A - $C_{18}H_{35}$ D - $C_{17}H_{34}$
 B - $C_{18}H_{36}$ E - $C_{17}H_{35}$
 C - $C_{17}H_{33}$

- 20 UFPeI** O mescal é uma planta da família das cactáceas, nativa do México, usada pela população de certas partes do país como alucinógeno, em rituais religiosos primitivos. O efeito alucinógeno dessa planta é decorrente de um alcaloide conhecido como mescalina. Observe sua estrutura:



Mescalina

Sobre a mescalina, é correto afirmar que:

- I. tem fórmula molecular $C_{11}H_{17}O_3N$.
- II. tem na sua estrutura carbonos primários e quaternários.
- III. tem hibridação do tipo sp^3-sp^3 nos carbonos do anel benzênico.

Está(ão) correta(s):

- A todas as afirmativas.
 B as afirmativas I e II.
 C as afirmativas II e III.
 D as afirmativas I e III.
 E somente a afirmativa I.

- 21 UFF** A estrutura dos compostos orgânicos começou a ser desvendada em meados do séc. XIX, com os estudos de Couper e Kekulé, referentes ao comportamento químico do carbono. Dentre as ideias propostas, três particularidades do átomo de carbono são fundamentais, sendo que uma delas refere-se à formação de cadeias.

Escreva a fórmula estrutural (contendo o menor número de átomos de carbono possível) de hidrocarbonetos apresentando cadeias carbônicas com as seguintes particularidades:

- a) acíclica, normal, saturada, homogênea.
- b) acíclica, ramificada, insaturada etênica, homogênea.
- c) aromática, mononuclear, ramificada.

- 22 Ufam 2017** Um dos passatempos modernos prediletos é tirar fotos próprias, as chamadas selfies. Há exatos 50 anos, a cristalógrafa Dorothy Crowfoot Hodgkin recebeu o Prêmio Nobel de Química pelas fotos que tirava, mas não dela própria, e também não com uma máquina fotográfica convencional. Suas análises de raios-x permitiram a elucidação de estruturas complexas de moléculas importantes, como a penicilina e a Vitamina B12. Moléculas mais simples têm sua

estrutura tridimensional definida segundo critérios de hibridização. Observando as moléculas a seguir, analise as afirmativas:

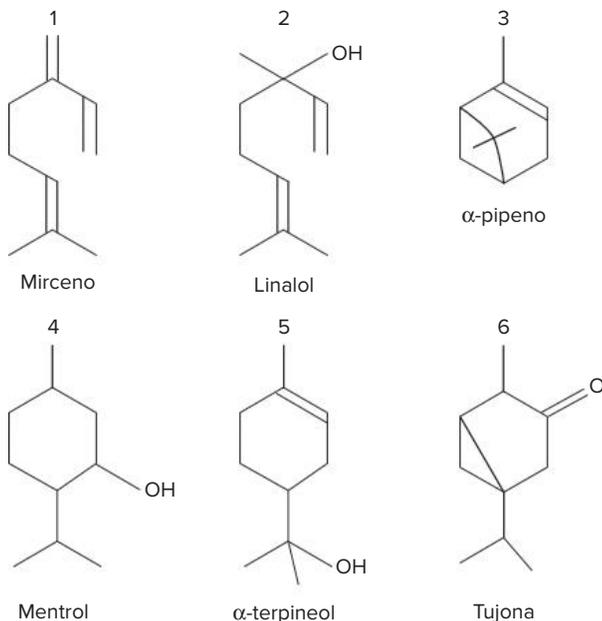


- I. A molécula 1 possui duas ligações do tipo pi (π) e carbono com hibridização sp^2 ;
- II. A molécula 2 possui somente ligações do tipo sigma (σ) e carbono com hibridização sp^3 ;
- III. A molécula 3 possui duas ligações do tipo pi (π) e somente um carbono com hibridização sp^3 ;
- IV. As moléculas 1 e 2 possuem ligações do tipo sigma (σ) e carbono com hibridização sp^2 e sp^3 , respectivamente;
- V. As moléculas 2 e 3 não possuem ligações do tipo pi (π) e carbono do tipo sp^2 .

Assinale a alternativa correta:

- A Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- B Somente as afirmativas I, III e IV estão corretas.
- C Somente as afirmativas II, III e IV estão corretas.
- D Somente as afirmativas II, III e V estão corretas.
- E Somente as afirmativas IV e V estão corretas.

- 23 UFG** Monoterpenos, substâncias de origem vegetal e animal, podem ser divididos em acíclicos, monocíclicos e bicíclicos. São exemplos de monoterpenos as estruturas a seguir.

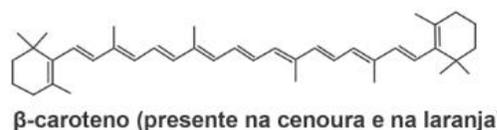
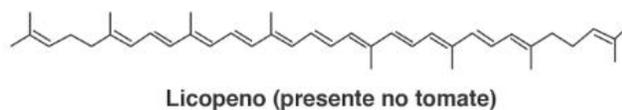
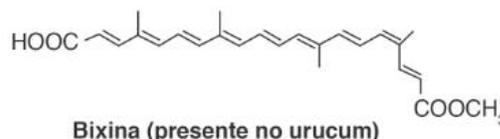


Entre os monoterpenos representados, são acíclico, monocíclico e bicíclico, respectivamente:

- A 1, 2 e 3.
- B 1, 3 e 5.
- C 2, 3 e 5.
- D 2, 4 e 6.
- E 2, 4 e 5.

- 24 Enem 2019** A utilização de corantes na indústria de alimentos é bastante difundida e a escolha por corantes naturais vem sendo mais explorada por diversas

razões. A seguir são mostradas três estruturas de corantes naturais.

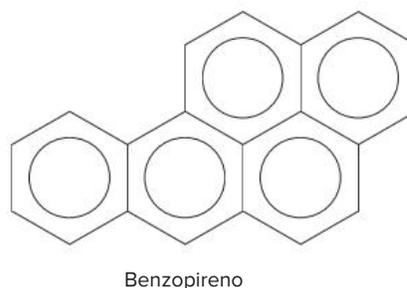


HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, n. 3, 2013.

A propriedade comum às estruturas que confere cor a esses compostos é a presença de

- A cadeia conjugada.
- B cadeia ramificada.
- C átomos de carbonos terciários.
- D ligações duplas de configuração cis.
- E átomos de carbonos de hibridação sp^3 .

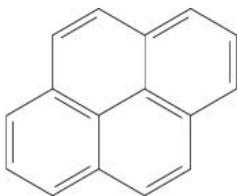
- 25 UEL** Dentre os componentes do cigarro, encontram-se a nicotina, que interfere no fluxo de informações entre as células; a amônia, que provoca irritação nos olhos; e o alcatrão, formado pela mistura de compostos como o benzopireno, o crizeno e o antraceno, todos com potencial cancerígeno.



Sobre o benzopireno, cuja estrutura química é apresentada acima, é correto afirmar que a molécula é formada por:

- A cadeias aromáticas com núcleo benzênico.
- B arranjo de cadeias carbônicas acíclicas.
- C cadeias alicíclicas de ligações saturadas.
- D cadeias carbônicas heterocíclicas.
- E arranjo de anéis de ciclohexano.

- 26 UFRGS** A fumaça liberada na queima de carvão contém muitas substâncias cancerígenas, dentre elas os benzopirenos, como, por exemplo, a estrutura:



Sua cadeia carbônica corresponde a um:

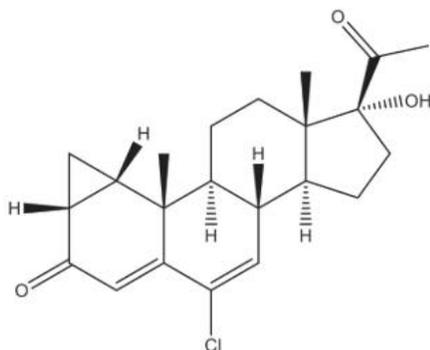
- A hidrocarboneto, insaturado, aromático, com núcleos condensados.
- B hidrocarboneto, alicíclico, insaturado, com três núcleos condensados.
- C heterocíclico, saturado, aromático.
- D ciclo homogêneo, saturado, aromático.
- E alqueno, insaturado, não aromático.

27 FCM 2018 Com a novela “A Força do Querer”, exibida pela TV Globo®, a autora Glória Perez abordou inúmeros assuntos de importância social para o Brasil. A transexualidade foi um desses temas e trouxe grande repercussão, no entanto, este tema já é muito discutido pelos estudiosos e pesquisadores há anos, como pode ser observado num trecho de um artigo publicado em 2001.

O transexualismo masculino é uma condição que exige a atuação de profissionais de diversas áreas para o diagnóstico e tratamento. De vital importância é o correto diagnóstico, uma vez que o tratamento cirúrgico é irreversível e, se incorretamente indicado, pode levar até ao suicídio. (...) Nesse período são utilizados recursos psicoterápicos e prescrita medicação anti-androgênica e estrogênica para adequação dos caracteres sexuais secundários.

Athayde AVL. Transexualismo masculino. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, 45(4), 407-414, 2001.

Um dos medicamentos antiandrogênicos utilizados para adequação dos caracteres sexuais é a ciproterona, cuja estrutura química é mostrada a seguir, que bloqueia a produção de testosterona.

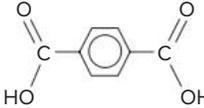


O fenômeno de hibridização explica a presença de ligações covalentes em muitos elementos químicos. Além disso, ajuda a compreender a polaridade das substâncias e os tipos de forças intermoleculares que prevalecem e que são responsáveis pelas propriedades físicas das substâncias. Analisando a estrutura

química da ciproterona, determine a quantidade de carbonos com hibridização sp^3 , sp^2 e sp e marque a alternativa correta.

	sp^3	sp^2	sp
A	6	0	16
B	6	0	13
C	13	6	0
D	0	6	16
E	16	6	0

28 PUC-Campinas Preocupações com a melhoria da qualidade de vida levaram a propor a substituição do uso do PVC pelo tereftalato de polietileno ou PET, menos poluente na combustão. Esse polímero está relacionado com os compostos:

- I. ácido tereftálico
- 
- II. etileno $H_2C = CH_2$

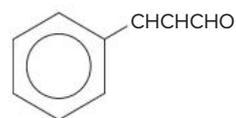
É correto afirmar que I e II têm, respectivamente, cadeia carbônica:

- A alicíclica e acíclica.
- B saturada e insaturada.
- C heterocíclica e aberta.
- D aromática e insaturada.
- E acíclica e homogênea.

29 PUC-Rio Uma forma de verificar se um composto apresenta dupla ligação carbono-carbono ($C=C$) é reagi-lo com soluções diluídas de permanganato de potássio (uma solução violeta), pois essas causam o seu descolorimento. Assim, das possibilidades a seguir, assinale aquela que contém apenas compostos que vão descolorir uma solução diluída de permanganato de potássio.

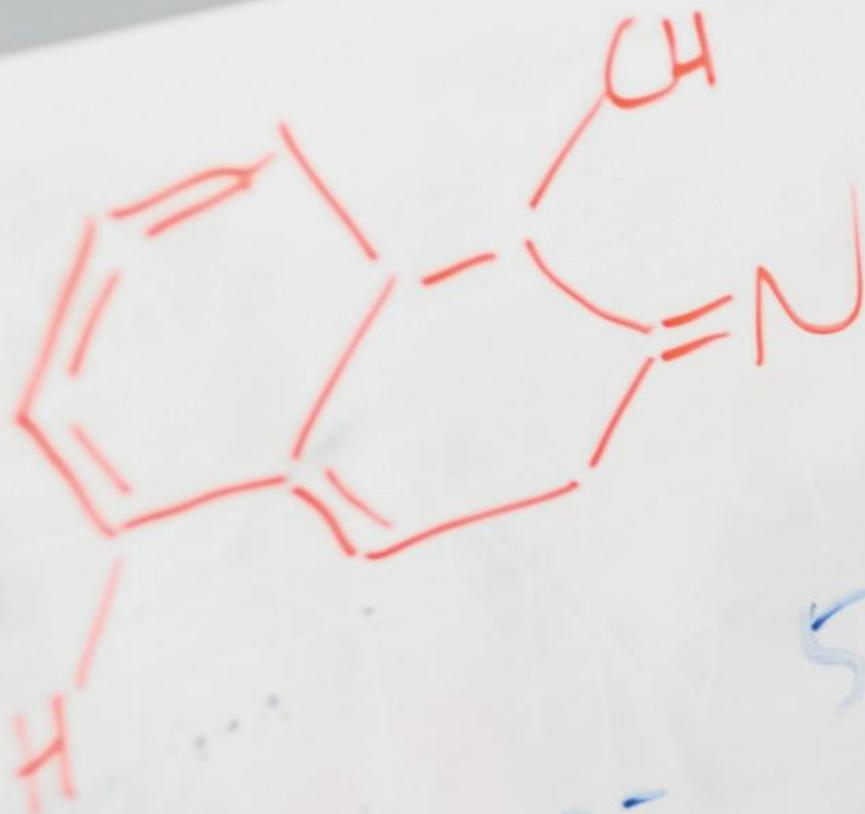
- A $CH_3CH_2CH_3$ e $CH_3CH_2CH_2OH$
- B CH_3CHCH_2 e $CH_3CH_2CH_2OH$
- C CH_3CHCH_2 e CH_3COCH_3
- D $CH_3CH_2CH_3$ e CH_3COCH_3
- E CH_3CHCH_2 e CH_2CHCH_2OH

30 PUC-Minas A substância responsável pelo odor característico da canela (*Cinnamomum zeulanicum*) tem nome usual de aldeído cinâmico. Com fórmula mostrada na figura adiante:



apresenta ligações pi em número de:

- A 1
- B 2
- C 3
- D 5



FRETE 1

CAPÍTULO

6

Nomenclatura dos compostos orgânicos

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac – do inglês International Union of Pure and Applied Chemistry) foi formada em 1919, após o reconhecimento da necessidade de padronizar unidades de peso e medida, além de nomes e símbolos utilizados na Química. Apesar de ser reconhecida pelo desenvolvimento desses padrões, a organização também atua na divulgação e no incentivo do desenvolvimento da Química pelo mundo.

Introdução

Os nomes dos compostos orgânicos foram inicialmente atribuídos com base em suas propriedades, local de obtenção ou nome do descobridor. A Tab. 1 traz alguns exemplos dessa forma de nomenclatura.

Nome	Origem	Fórmula
Ácido fórmico	Ácido encontrado no veneno de certas formigas.	
Ácido acético	Do latim <i>acetum</i> = azedo.	
Ácido láctico	Do latim <i>lactis</i> = leite.	
Ureia	Encontrada na urina.	
Cadaverina	Formada na putrefação de tecidos orgânicos de corpos em decomposição.	

Tab. 1 Origem dos nomes de compostos orgânicos.

A discussão sobre a padronização e o alinhamento de conhecimentos sobre a Química teve início em 1860, em uma conferência comandada pelo químico alemão August Kekulé (1829-1896). Em 1894 aconteceu o primeiro Congresso de Química Aplicada, que passou a ocorrer a cada dois anos e deu continuidade aos trabalhos iniciados por Kekulé. Desde então, os cientistas vêm desenvolvendo e aperfeiçoando um sistema de nomenclatura para compostos orgânicos. As primeiras regras foram publicadas em língua inglesa, já sob supervisão da Iupac, em 1949, e sofreram duas importantes revisões: uma em 1979 e outra em 1993. Dessas, apenas a revisão de 1993 foi traduzida para a língua portuguesa em 1999.

O nome de um composto orgânico qualquer, segundo a Iupac, é, portanto, um nome formado de acordo com o procedimento descrito na edição de 1979 da *Nomenclature of Organic Chemistry* (Nomenclatura de Química Orgânica) e modificado pelas recomendações de 1993.

Alguns exemplos de nomenclatura segundo a Iupac são:

- Nomenclatura substitutiva.
- Nome de classe funcional ou nomenclatura radicofuncional.
- Nome de permuta.
- Nome conjuntivo.
- Nome semissistemático ou nome semitrivial.
- Nome trivial (usual).

Dessa forma, nem sempre a substância apresenta apenas um nome segundo a Iupac, mas vários, de acordo com o tipo de operação de nomenclatura envolvido. Dessas nomenclaturas, as duas mais comuns e mais estudadas no Ensino Médio são a **substitutiva** e a **nomenclatura de classe funcional**. No entanto, algumas substâncias orgânicas ainda são identificadas pelo nome trivial ou semitrivial, em virtude de o composto em questão ser muito comum e/ou estar muito presente no cotidiano.

Nomenclatura substitutiva

Indica a substituição de um ou mais átomos de hidrogênio, ligados à cadeia carbônica principal, por outro átomo ou grupo substituinte. Essa substituição é assinalada por um sufixo ou prefixo.

Segundo essa regra, o nome de um composto orgânico é formado pela união de três partes: um **prefixo**, um **infixo** e um **sufixo**.

O prefixo indica o número de átomos de carbono na cadeia, conforme a Tab. 2:

Número de átomos de carbono (n)	Prefixo	Número de átomos de carbono (n)	Prefixo
1	met	11	undec
2	et	12	dodec
3	prop	13	tridec
4	but	14	tetradec
5	pent	15	pentadec
6	hex	16	hexadec
7	hept	17	heptadec
8	oct	18	octadec
9	non	19	nonadec
10	dec	20	icos

Tab. 2 Prefixos dos nomes de compostos orgânicos conforme a quantidade de átomos de carbono.

O infixo indica o tipo de ligação entre carbonos (Tab. 3):

Tipo de ligação	Infixo
Só ligação simples	an
Uma ligação dupla	en
Uma ligação tripla	in
Uma ligação dupla e uma ligação tripla	enin
Duas ligações duplas	dien
Duas ligações triplas	diin

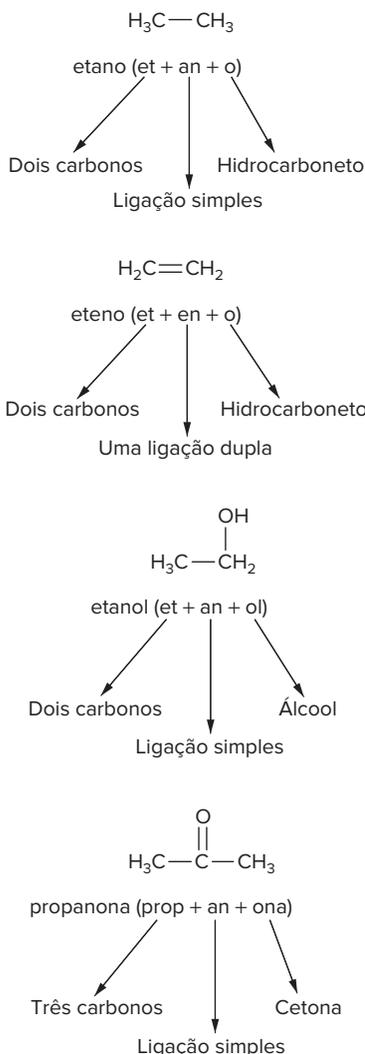
Tab. 3 Infixos dos nomes de compostos orgânicos conforme o tipo de ligação entre carbonos.

O sufixo indica a que função pertence o composto orgânico. A Tab. 4 apresenta algumas classes funcionais e seus respectivos sufixos.

Classe funcional	Fórmula	Sufixo
Hidrocarboneto	C_xH_y	o
Álcool	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array} OH$	ol
Aldeído	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ H \end{array}$	al
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ OH \end{array}$	oico
Cetona	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$	ona

Tab. 4 Sufixos dos nomes de compostos orgânicos conforme suas classes funcionais.

Exemplos:



Exercício resolvido

1 Ao se observar os nomes dos compostos orgânicos, nota-se que a primeira parte do nome fornece a informação referente ao número de átomos de carbono da cadeia. Escreva, nos espaços pontilhados, o número de átomos de carbono existentes na cadeia dos seguintes compostos:

- a) undecano
b) propanol
c) ácido hexadecanoico
d) pentanal
e) butanona

Resolução:

Para determinar o número de carbonos na cadeia de cada composto, basta identificar o prefixo no nome de cada composto.

- a) **undecano** 11
b) **propanol** 3
c) ácido **hexadecanoico** 16
d) **pentanal** 5
e) **butanona** 4

Hidrocarbonetos

Compostos formados **exclusivamente** por **carbono** e **hidrogênio**. A fórmula geral dos hidrocarbonetos pode ser representada por C_xH_y . Na maioria das vezes, são moléculas apolares, em razão da baixa eletronegatividade apresentada por esses elementos químicos (carbono e hidrogênio). Além disso, a pequena polaridade observada nessas moléculas é, em geral, neutralizada pela própria geometria da molécula. Conseqüentemente, a força dipolo induzido é a única interação entre suas moléculas.

Nomenclatura de hidrocarbonetos não ramificados

Na nomenclatura de um hidrocarboneto, o sufixo utilizado é **o**, portanto o nome de um hidrocarboneto de cadeia normal é dado por: **prefixo + infixo + o**.

A função hidrocarboneto é dividida em subfunções (Tab. 5) de acordo com a classificação de sua cadeia.

Cadeia aberta (Alifáticas)	Alcanos	Cadeia saturada	
	Alcenos	Cadeia insaturada por uma ligação dupla	
	Alcinos	Cadeia insaturada por uma ligação tripla	
	Alcadienos	Cadeia insaturada por duas ligações duplas	
Cadeia fechada (Cíclicas)	Alicíclicas	Cicloalcanos	Cadeia saturada
		Cicloalcenos	Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Aromáticos	Apresentam núcleo ou anel aromático (ressonância eletrônica)	

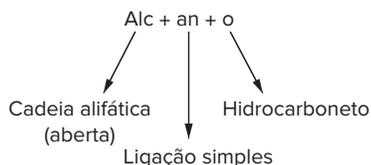
Tab. 5 Subfunções dos hidrocarbonetos.

Alcanos ou parafinas

Os alcanos ou parafinas são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **saturados**, ou seja, os átomos de carbono estão unidos por ligação simples.

Os alcanos também são conhecidos como **parafinas** (do latim *parum* = pouca + *affinis* = afinidade), porque, de fato, esses compostos apresentam baixa reatividade.

O termo alcano é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



A fórmula geral dos alcanos é C_nH_{2n+2} , em que n representa o número de átomos de carbono. Essa fórmula relaciona a proporção entre a quantidade de átomos de carbono e de átomos de hidrogênio que constituem um alcano. Para compreender essa fórmula geral, observe a estrutura do decano, um alcano de cadeia longa e linear com o da Fig. 1.

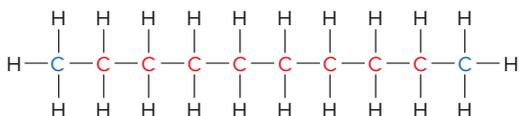


Fig. 1 Fórmula estrutural do decano.

Observando a fórmula desse alcano, é fácil perceber que os carbonos do interior da cadeia (em vermelho) utilizam duas de suas valências para formar a cadeia, restando apenas duas valências para se ligar ao hidrogênio. Sendo assim, o número total de átomos de hidrogênio possível na cadeia é o dobro do de carbonos ($2n$), mais os dois átomos de hidrogênio que devem ser adicionados aos carbonos das extremidades da cadeia (em azul) para completar suas valências, ou seja $2n + 2$.

Na nomenclatura dos alcanos, o infixo será *an*, para indicar ligações simples. O menor alcano existente (Fig. 2) é o gás metano (CH_4).

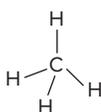
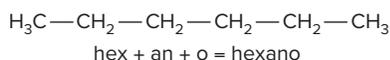
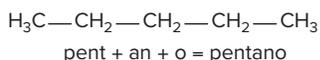
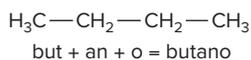
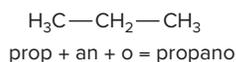


Fig. 2 Fórmula estrutural do metano.

Veja, a seguir, alguns exemplos de alcanos.



Saiba mais

Os alcanos são compostos amplamente encontrados na natureza, extraídos, principalmente, do gás natural e do petróleo e são largamente utilizados como combustíveis. O metano, por exemplo, é o principal constituinte do GNV (gás natural veicular). Sua utilização como combustível é interessante, pois, além de ser mais barato, é menos poluente que a gasolina.

O metano também é produzido pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica (vegetais ou animais) causada por microrganismos, como em solos alagados de plantações de arroz e pântanos (gás dos pântanos). Alguns animais ruminantes, como o gado, também produzem esse gás em seu sistema digestório. Além disso, o metano é produzido em aterros sanitários (gás do lixo), nos quais lixo e terra são depositados em camadas sucessivas. Para ser aproveitado como combustível, pode ser produzido por decomposição de matéria orgânica em biodigestores (biogás).

Propriedades físicas dos alcanos

Os alcanos são compostos que, normalmente, apresentam baixa densidade (entre $0,55 \text{ g/cm}^3$ e $0,8 \text{ g/cm}^3$ a 20°C) e são insolúveis em água.

Sua temperatura de ebulição aumenta regularmente com o aumento do número de carbonos, devido à magnitude da força dipolo induzido ser proporcional à área de contato entre as moléculas; conseqüentemente, em alcanos lineares, observa-se um aumento de 20°C a 30°C na temperatura de ebulição para cada carbono adicionado na cadeia. Os alcanos não ramificados, em temperatura de 20°C e pressão de 1 atm, com até 4 átomos de carbono, são gasosos, aqueles com 5 a 17 átomos de carbono, são líquidos, e os que têm 18 ou mais átomos de carbono, são sólidos.

A Fig. 3 ilustra uma comparação entre as temperaturas de ebulição e de fusão de alcanos não ramificados com até 20 carbonos.

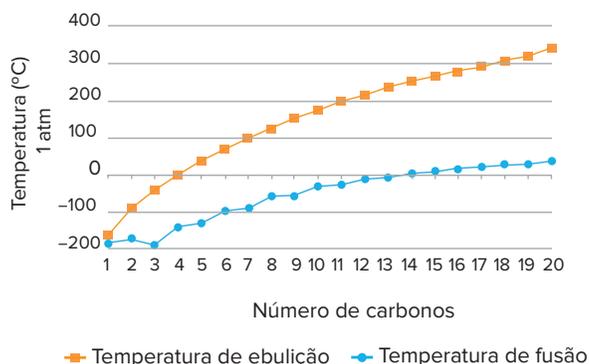


Fig. 3 Variação das temperaturas de fusão e ebulição dos alcanos não ramificados.

Como se pode observar (Fig. 3), a variação da temperatura de fusão, em relação ao aumento do número de carbonos, não é tão regular quanto as temperaturas de ebulição. Isso acontece porque, além das forças atrativas, outras forças, como energia de rede cristalina, estão envolvidas, de forma que o estudo se torna mais complexo.

Alcanos com cadeias ramificadas têm temperaturas de ebulição menores que os de cadeia normal em razão da menor superfície de contato entre as moléculas (Fig. 4).

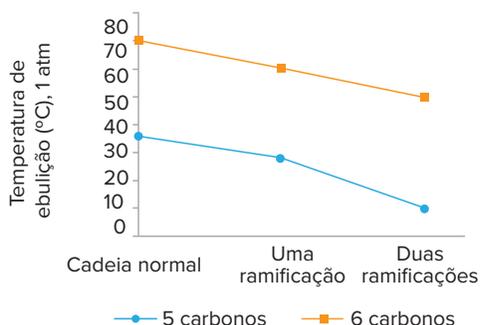


Fig. 4 Variação da temperatura de ebulição em função da ramificação.

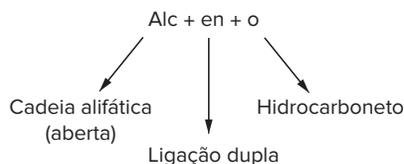
As propriedades físicas dos demais hidrocarbonetos apresentam tendências similares às dos alcanos, por isso esse tópico não será apresentado nas demais subfunções.

Alcenos, alquenos ou olefinas

Alcenos ou alquenos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que apresentam uma ligação dupla entre carbonos.

O termo **olefinas**, comum na literatura antiga, é derivado do latim *oleum facere*, que significa fazer ou produzir óleo. Esse nome se deve à reação do gás eteno (C_2H_4) com gás cloro (Cl_2), que produz um líquido de aspecto oleoso ($C_2H_4Cl_2$).

O termo **alceno** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



A fórmula geral dos alcenos é C_nH_{2n} (em que $n \geq 2$), e eles são mais reativos que os alcanos, devido à presença da ligação π (π).

Na nomenclatura dos alcenos, o infixo será *en*, para indicar uma ligação dupla. O menor alceno existente é o gás eteno (Fig. 5), também conhecido como etileno (C_2H_4).

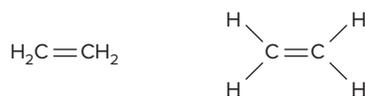
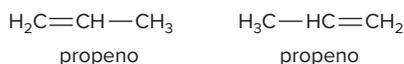


Fig. 5 Fórmula estrutural do eteno ou etileno.

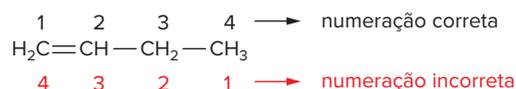
Em cadeias com até três átomos de carbono, como o eteno e o propeno, representado a seguir, não há necessidade de indicar qual é a posição da ligação dupla, pois, nesses casos, ela tem uma única posição possível na cadeia.



Em cadeias maiores, com quatro ou mais átomos de carbono, torna-se necessário indicar a localização da ligação dupla, pois há mais de uma localização possível, originando compostos diferentes. Observe as duas possibilidades existentes para o buteno:

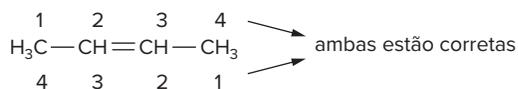


Nesses casos, a diferenciação é feita indicando a posição da ligação dupla por um número. Para tanto, deve-se numerar a cadeia a partir da extremidade mais próxima da ligação dupla, pois o número que indica a instauração deve ser o menor possível. Observe o próximo exemplo:



Assim, podemos notar que esse composto só admite uma numeração, aquela que atribui os números 1 e 2 aos carbonos da ligação dupla. No nome do composto, devemos citar, entre o prefixo e o infixo e separado por hifens, apenas **o menor dos dois números que abrangem a ligação dupla**. Logo, seu nome é But-1-eno.

O outro composto admite qualquer uma das duas numerações, pois, em ambos os casos, os carbonos da ligação dupla ficarão com os números 2 e 3.



Dessa forma, o nome do composto é But-2-eno.

Saiba mais

O eteno ou etileno é um gás insolúvel em água, que se liquefaz a $-104^\circ C$, e, apesar de existir, em baixa concentração, no gás natural, é obtido principalmente do craqueamento dos alcanos de cadeia longa.

Sua principal aplicação é na produção de polietileno, o plástico mais comum. É utilizado em sacolas (de supermercado, congelados), frascos (detergente, xampu), entre outros. O eteno também é produzido por frutos verdes, atuando no seu amadurecimento.



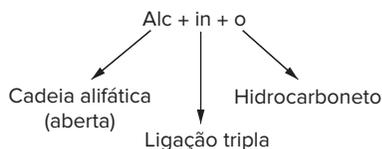
Embalagem de polietileno.

© Myriehla | Dreamstime.com

Alcinos ou alquinos

Alcinos ou alquinos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que apresentam uma ligação tripla entre carbonos e fórmula geral C_nH_{2n-2} (em que $n \geq 2$).

O termo **alcino** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



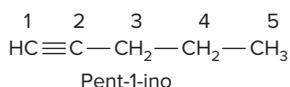
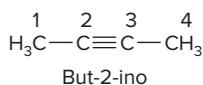
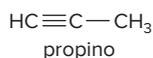
Na nomenclatura desses hidrocarbonetos, o infixo será *in* para indicar uma ligação tripla. O menor alcino que existe é o gás etino (Fig. 6), também conhecido como acetileno (C_2H_2).



Fig. 6 Fórmula estrutural do etino ou acetileno.

Nos alcinos com quatro ou mais carbonos, a nomenclatura deve ser feita de modo semelhante à dos alcenos, ou seja, a numeração é realizada a partir da extremidade mais próxima da ligação tripla.

Veja, a seguir, alguns exemplos de alcinos.



Classificação dos alcinos

Os alcinos recebem uma classificação em relação à presença de hidrogênio no carbono da ligação tripla.

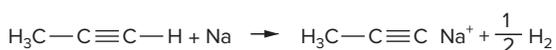
- Alcinos verdadeiros: pelo menos um dos carbonos da ligação tripla tem hidrogênio.



- Alcinos falsos: nenhum dos carbonos da ligação tripla tem hidrogênio.



Os alcinos verdadeiros são mais reativos que os falsos. A diferenciação entre eles é feita utilizando-se a maior acidez do hidrogênio da ligação tripla em comparação aos demais hidrogênios. Por exemplo, um alcino verdadeiro reage com sódio metálico e libera gás hidrogênio, ao passo que um alcino falso não o faz.



Saiba mais

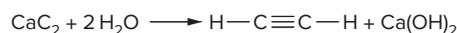
O etino ou acetileno é o alcino de maior importância econômica. É amplamente utilizado na indústria de polímeros, em maçaricos de solda e como material de partida para a síntese de diversos compostos orgânicos.



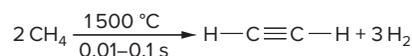
Maçarico de solda.

Industrialmente, pode ser obtido por dois métodos:

- Adição de água ao carbeto de cálcio (CaC_2), que é produzido por aquecimento, a altas temperaturas, do carvão com óxido de cálcio.



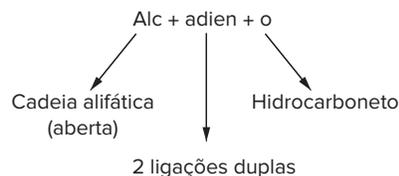
- Pirólise do metano a altas temperaturas.



Alcadienos ou dienos

Alcadienos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que têm duas ligações duplas entre carbonos e fórmula geral C_nH_{2n-2} (em que $n \geq 3$).

O termo **alcadieno** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



Na nomenclatura dos alcadienos, o infixo será *dien* para indicar as duas ligações duplas. O menor alcadieno possível é o propadieno, também conhecido como aleno (Fig. 7).

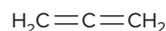


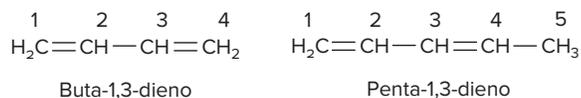
Fig. 7 Fórmula estrutural do propadieno.

Observe que a letra “a” é acrescentada ao final do **prefixo** para que a pronúncia do nome fique mais fácil.

Nos alcadienos com quatro ou mais carbonos, a nomenclatura deve seguir as mesmas regras utilizadas para os outros hidrocarbonetos insaturados e, quando for

necessário, usar dois números, um para cada ligação dupla, separados por vírgula.

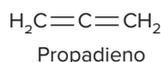
Observe os exemplos:



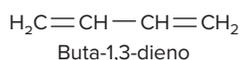
Classificação dos alcadienos

Os alcadienos são classificados em relação à posição das ligações duplas na cadeia.

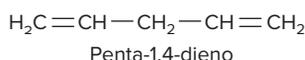
- Alcadienos acumulados: apresentam as ligações duplas acumuladas (sequenciais) no mesmo carbono.



- Alcadienos conjugados: as ligações duplas estão separadas por uma ligação simples.



- Alcadienos isolados: as ligações duplas estão separadas por pelo menos duas ligações simples.



Saiba mais

Os alcadienos mais importantes são aqueles utilizados como matéria-prima dos polímeros elastômeros (borrachas).

O metilbuta-1,3-dieno, também conhecido como isopreno, é um produto natural encontrado na seiva da seringueira e utilizado como matéria-prima na produção da borracha natural.

Já o buta-1,3-dieno, também conhecido como eritreno, é utilizado como matéria-prima na fabricação de borrachas para banda de rodagem de pneus de automóveis.



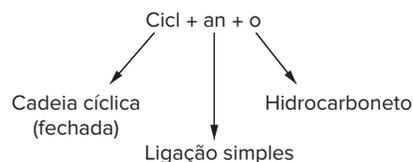
Extração da seiva da seringueira (*Hevea brasiliensis*), que dá origem à borracha natural.



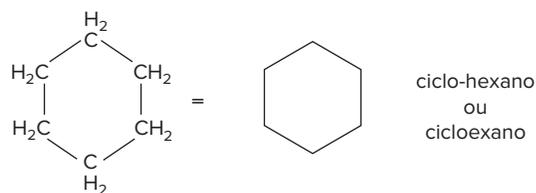
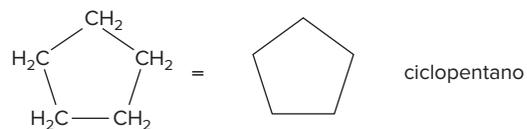
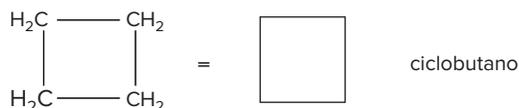
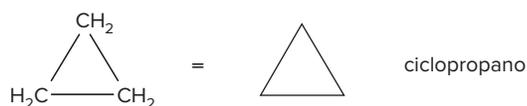
Pneu.

Cicloalcanos ou ciclanos

Cicloalcanos ou ciclanos são hidrocarbonetos de cadeia **fechada** (cíclica) e **saturada**. A fórmula geral dos cicloalcanos é a mesma dos alcenos (C_nH_{2n}), em que $n \geq 3$.

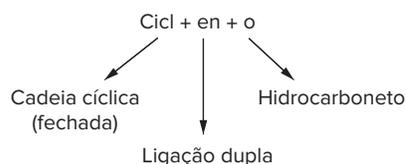


Na nomenclatura de um ciclano, é necessário indicar a existência de cadeia fechada. Para tanto, devemos iniciar o nome com a palavra **ciclo**, seguida do prefixo + infixo + o. Observe os exemplos dos quatro primeiros membros da série dos ciclanos.

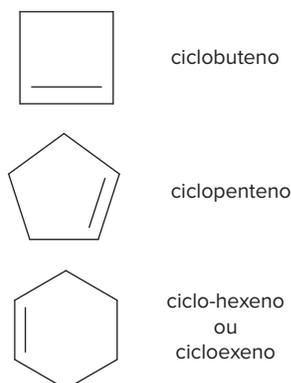


Cicloalcenos ou ciclenos

Cicloalcenos ou ciclenos são hidrocarbonetos de cadeia **fechada** (cíclica) e **insaturada** que apresentam uma ligação dupla entre carbonos. A fórmula geral dos cicloalcenos é a mesma dos alcinos ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$), em que $n \geq 3$.



A nomenclatura de um cicleno segue as mesmas regras utilizadas para os ciclanos (ciclo + prefixo + infixo + o). O infixo será *en* para indicar a ligação dupla. Veja, a seguir, alguns exemplos de ciclenos.



Observe que, na nomenclatura dos ciclenos, não é necessário indicar a posição da ligação dupla, pois o composto será o mesmo em qualquer posição em que a instauração seja representada (Fig. 8).

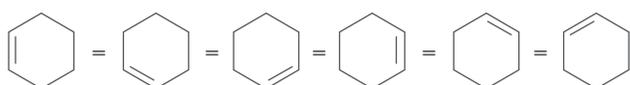


Fig. 8 Diferentes representações do cicloexeno.

Hidrocarbonetos aromáticos

São hidrocarbonetos de cadeia fechada que apresentam pelo menos um anel benzênico ou aromático (fenômeno da ressonância) em sua estrutura. O hidrocarboneto aromático mais simples é o benzeno (Fig. 9), cujo nome é derivado da árvore (*Styrax Benzoin*) que produz uma resina que contém ácido benzoico.

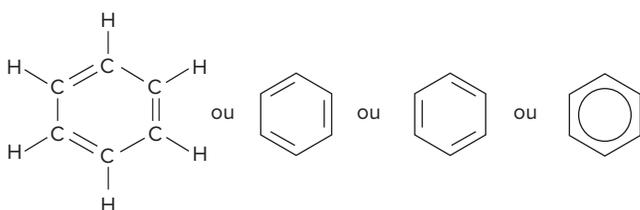
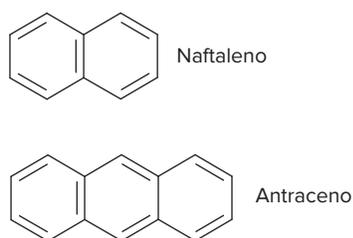


Fig. 9 Fórmula estrutural do benzeno.

Assim como o benzeno, os outros compostos aromáticos têm nomes particulares (não sistemáticos) e não seguem as regras utilizadas na nomenclatura dos demais hidrocarbonetos. Observe, a seguir, alguns hidrocarbonetos aromáticos e seus respectivos nomes.



Grupos substituintes

Os hidrocarbonetos, quando perdem um átomo de hidrogênio, formam radicais livres, conforme representado na Tab. 6.

Hidrocarboneto		Radical
CH_4		CH_3-
CH_3-CH_3	perde 1 H →	CH_3-CH_2-

Tab. 6 Radicais livres derivados de hidrocarbonetos.

Um radical formado a partir de um alcano é denominado radical alquil ou alquila. Se for formado a partir de um aromático, é denominado radical aril ou arila.

Quando esses radicais aparecem substituindo átomos de hidrogênio de um composto orgânico, são chamados grupos substituintes ou ramificações.

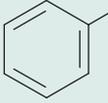
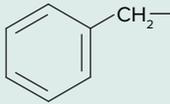
A nomenclatura desses grupos substituintes é dada por um **prefixo**, que indica a quantidade de carbonos, e um sufixo **il** ou **ila**.

A Tab. 7 apresenta os principais grupos substituintes derivados de alcanos.

Quantidade de carbonos	Grupo substituinte	Nome
1	CH_3-	metil
2	CH_3-CH_2-	etil
3	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	propil ou <i>n</i> -propil
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isopropil
4	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	butil ou <i>n</i> -butil
	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	sec-butil
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	terc-butil
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isobutil

Tab. 7 Nomenclatura dos principais grupos substituintes derivados de alcanos (grupos alquilas).

Os grupos substituintes derivados de alcenos ou hidrocarbonetos aromáticos não seguem, necessariamente, a mesma regra de nomenclatura. Observe, na Tab. 8, a nomenclatura de alguns desses substituintes.

Grupo substituinte	Nome
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-$	etenil ou vinil
	fenil
	benzil

Tab. 8 Nomenclatura de grupos substituintes derivados de alcenos.

Nomenclatura de hidrocarbonetos ramificados

Para dar nome a um composto de cadeia ramificada, deve-se percorrer uma sequência de passos:

1º passo: determinar a cadeia principal.

2º passo: numerar a cadeia principal e nomear o grupo substituinte.

3º passo: construir o nome indicando o nome e a posição dos substituintes e o nome da cadeia principal.

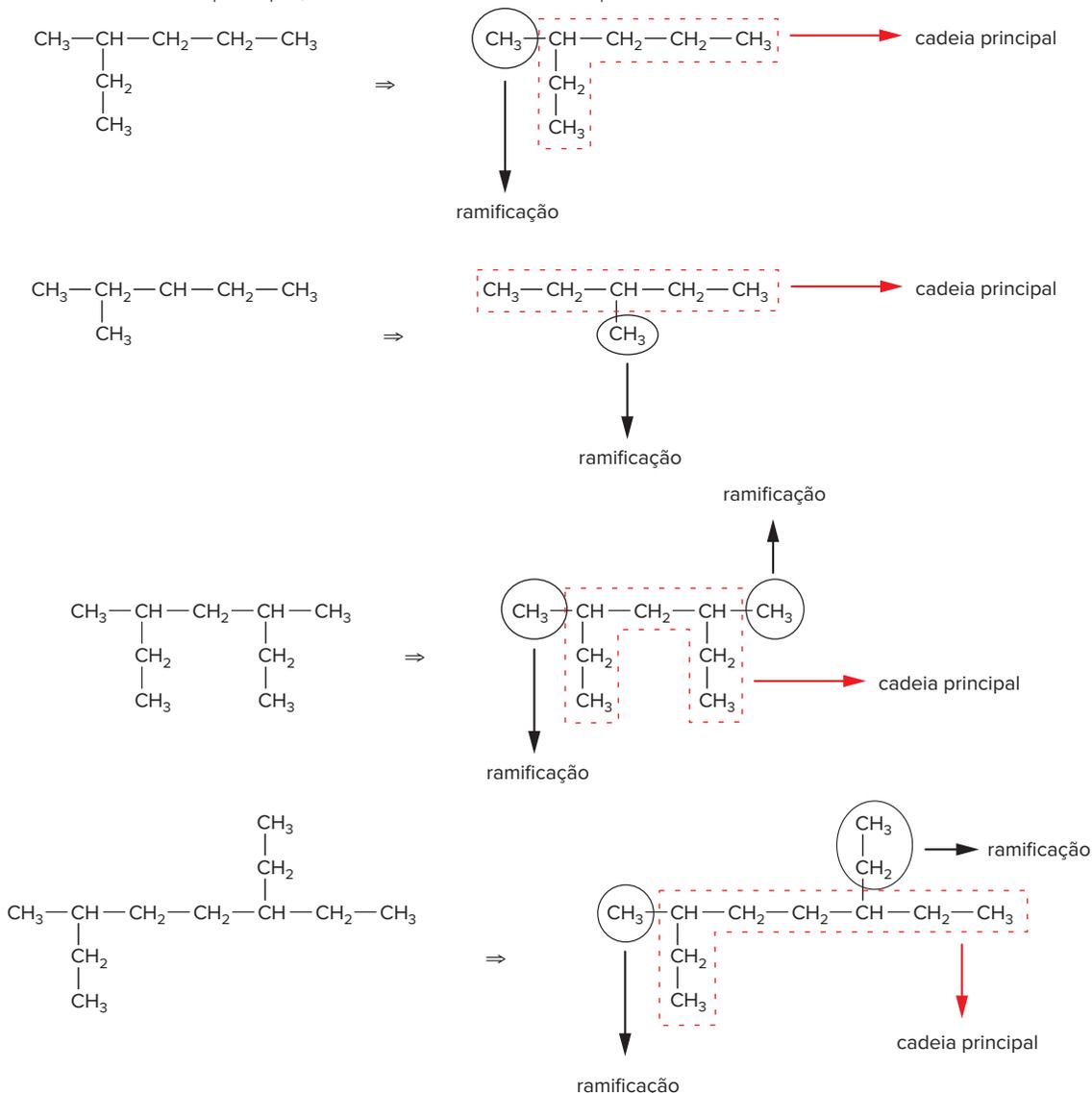
1º passo: Determinar a cadeia principal

É chamada cadeia principal a maior sequência de carbonos que contenha (se existirem) as insaturações (ligações duplas ou triplas). Se no composto existirem duas ou mais sequências com o mesmo número de carbonos, a cadeia principal será aquela que tiver o maior número de grupos substituintes (ramificações).

Para exemplificar a determinação da cadeia principal, observe alguns exemplos.

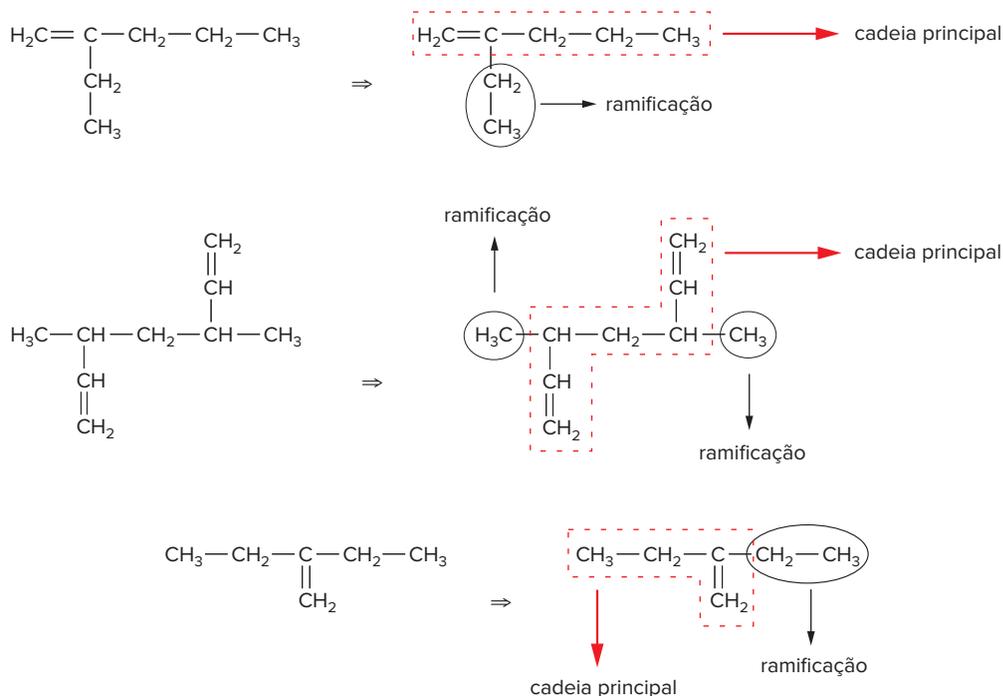
Exemplo 1 – Cadeias saturadas

Para determinar a cadeia principal, basta encontrar a maior sequência de carbonos.



Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

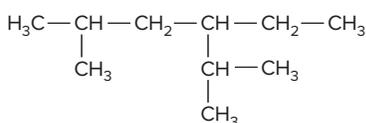
Deve-se escolher a cadeia com o maior número de carbonos que inclua a maior quantidade de insaturações possível.



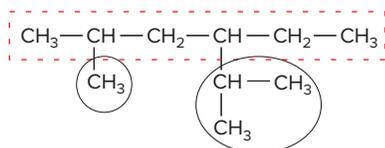
Exemplo 3 – Cadeias com quantidades diferentes de grupos substituintes (ramificações)

Se em um composto existirem duas ou mais possibilidades para a cadeia principal, e a diferença entre elas for apenas o número de grupos substituintes, deve-se escolher aquela com o maior número desses grupos.

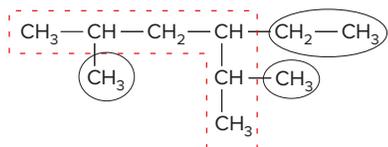
Observe o composto a seguir:



Existem duas possibilidades de cadeia principal para ele. Em ambas, a cadeia principal tem seis carbonos.



cadeia com 6 carbonos e 2 ramificações



cadeia com 6 carbonos e 3 ramificações

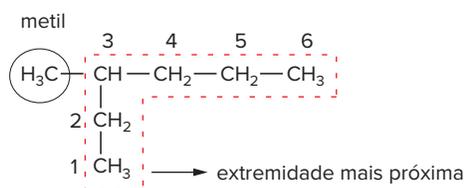
Nesse caso, a cadeia principal correta é a que tem três grupos substituintes (ramificações).

2º passo: Numerar a cadeia principal e nomear o grupo substituinte

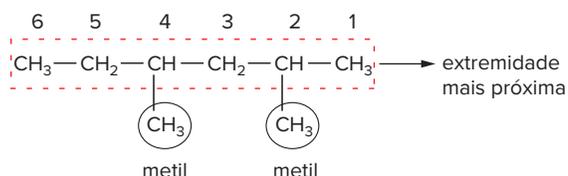
Neste passo, devemos atribuir um número para cada carbono da cadeia principal, de modo a obter uma localização para as insaturações e para os grupos substituintes.

Exemplo 1 – Cadeias saturadas

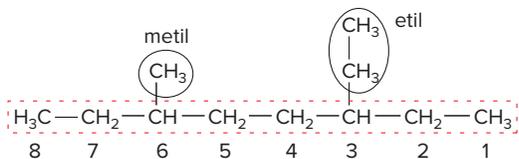
Em cadeias saturadas, devemos iniciar a numeração pela extremidade mais próxima da ramificação.



Quando houver dois ou mais grupos substituintes, devemos numerar a cadeia de modo a obter os menores números possíveis para as ramificações.

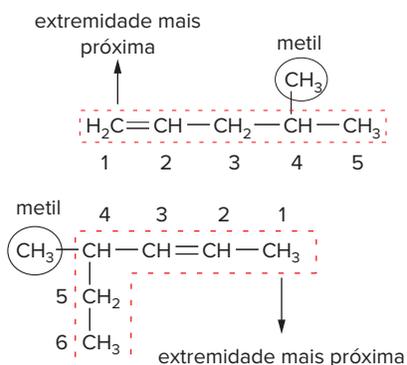


Se houver substituintes diferentes em posições equivalentes da cadeia, o menor número deve ser atribuído conforme a ordem alfabética dos nomes dos grupos substituintes.



Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

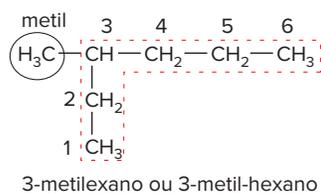
Em cadeias insaturadas, devemos numerar a cadeia pela extremidade mais próxima da instauração.



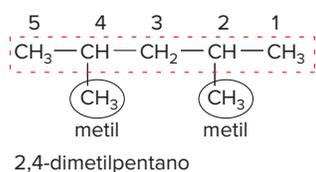
3º passo: Construir o nome, indicando o nome e a posição dos substituintes e o nome da cadeia principal

As ramificações devem ser indicadas antes do nome da cadeia principal e precedidas pelo número que corresponde a sua posição na cadeia principal. Os números que indicam as posições devem ser separados dos nomes por hífen.

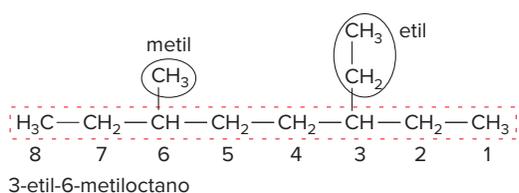
Exemplo 1 – Cadeias saturadas



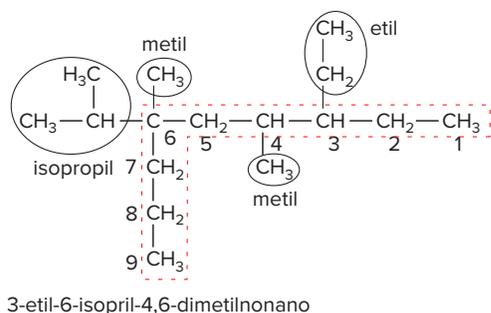
Quando o composto apresentar duas ou mais ramificações iguais, deve-se utilizar prefixo multiplicador (di, tri, tetra, penta etc.), para indicar a quantidade e os números devem ser separados por vírgula.



Se o composto apresentar duas ou mais ramificações diferentes, seus nomes devem ser citados em ordem alfabética.

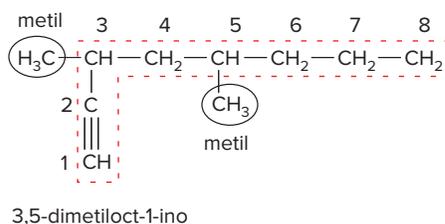
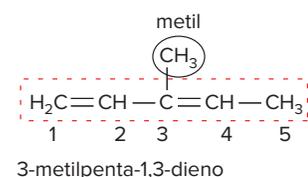
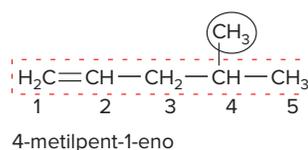


Os prefixos multiplicadores (di, tri, tetra etc.) não participam da ordem alfabética.



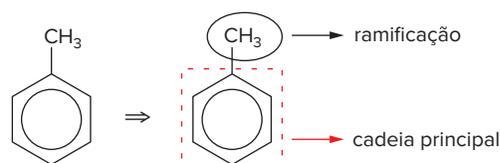
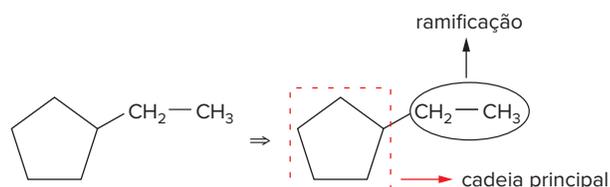
Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

Nesse caso, além de indicar a posição da ramificação, é necessário indicar a posição da instauração.

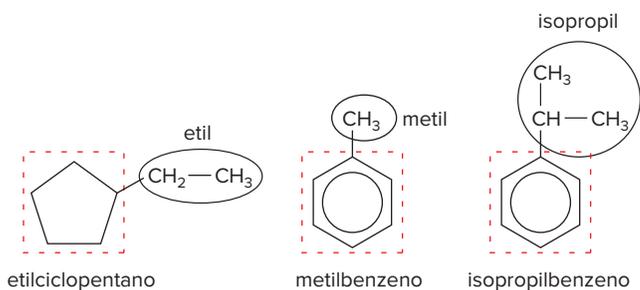


Nomenclatura de hidrocarbonetos de cadeia mista

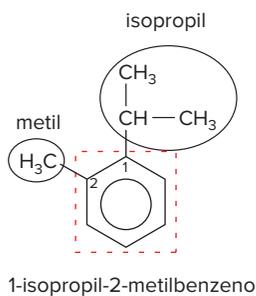
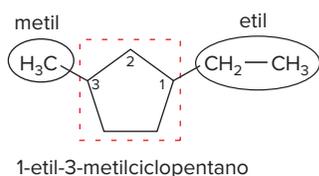
Nos hidrocarbonetos de cadeia mista (aberta e fechada), o ciclo ou anel é considerado a cadeia principal.



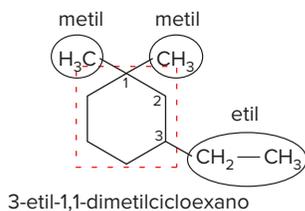
Em ciclos com apenas um grupo substituinte, não há necessidade de indicar a posição da ramificação. Devemos apenas citar seu nome, seguido do nome da cadeia principal.



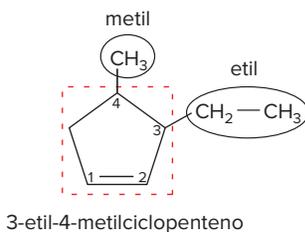
Quando houver dois substituintes diferentes, devemos numerar a cadeia respeitando a ordem alfabética dos nomes das ramificações.



Se houver três ou mais grupos substituintes, a numeração deve ser realizada de modo a obter os menores números possíveis.

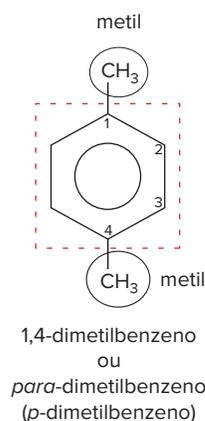
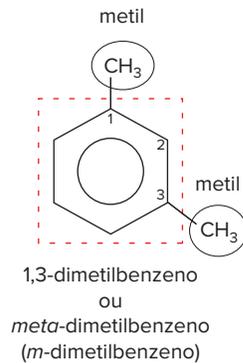
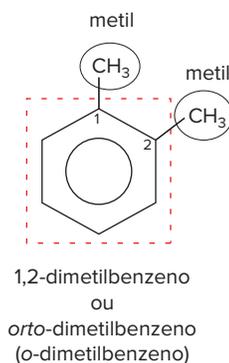


No caso de cicloalcenos ramificados, a numeração deve começar por um dos carbonos da ligação dupla, de modo que ela esteja localizada entre os carbonos 1 e 2 e as ramificações tenham os menores números possíveis.



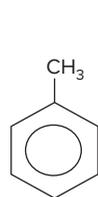
Os prefixos *orto*, *meta* e *para*

Quando o benzeno apresentar dois grupos substituintes ligados ao anel, pode-se utilizar os prefixos **orto** (para indicar as posições **1 e 2**), **meta** (para indicar as posições **1 e 3**) e **para** (para indicar as posições **1 e 4**).

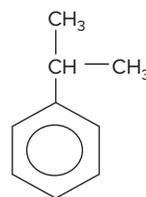


! Atenção

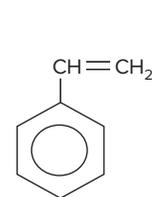
Alguns hidrocarbonetos aromáticos têm nomes não sistemáticos (triviais) aceitos pela Iupac. Seguem alguns compostos aromáticos com suas respectivas nomenclaturas:



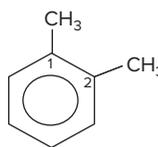
metilbenzeno
ou tolueno



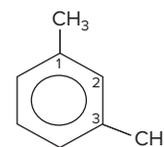
isopropilbenzeno
ou cumeno



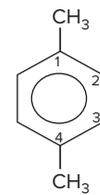
vinilbenzeno
ou estireno



orto-dimetilbenzeno
ou *orto*-xileno
(*o*-xileno)



meta-dimetilbenzeno
ou *meta*-xileno
(*m*-xileno)



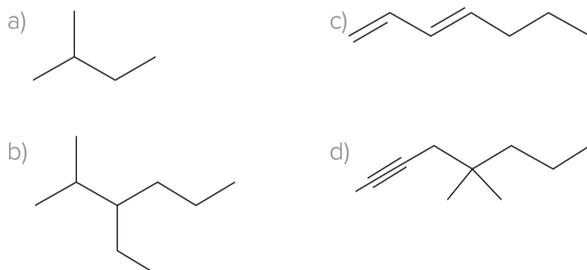
para-dimetilbenzeno
ou *para*-xileno
(*p*-xileno)

Exercício resolvido

2 Escreva as fórmulas estruturais em bastão dos seguintes compostos.

- a) metilbutano c) hepta-1,3-dieno
b) 3-etil-2-metilexano d) 5,5-dimetiloct-2-ino

Resolução:



Haletos orgânicos

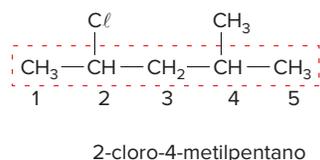
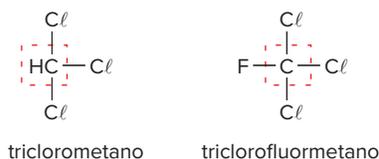
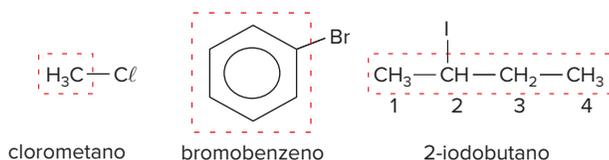
São compostos que têm pelo menos um átomo de halogênio (F, Cl, Br ou I) ligado ao carbono. São formados, na sua maioria, pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um hidrocarboneto por um ou mais átomos de halogênio.

A fórmula geral dos haletos orgânicos pode ser representada por $R-X$, sendo $X = F, Cl, Br$ ou I .

Os compostos halogenados podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

• Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono ligado ao halogênio, e o sufixo utilizado é **o**. Os nomes dos compostos são formados citando-se o **nome do halogênio (flúor, cloro, bromo ou iodo) seguido do nome da cadeia principal (prefixo + infixos + o)**. Observe alguns exemplos:



• Nomenclatura de classe funcional

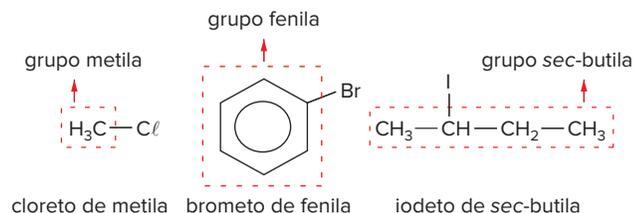
Os nomes dos compostos são formados pelos prefixos fluoreto, cloreto, brometo ou iodeto, seguidos da preposição *de* e do nome do grupo substituinte.

fluoreto, cloreto, brometo ou iodeto de

+

nome do grupo orgânico substituinte com sufixo *ila*

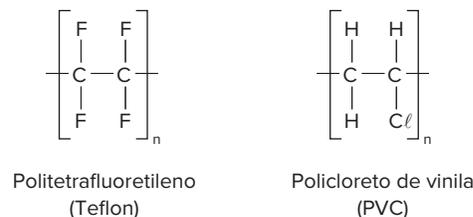
Observe os exemplos:



• Saiba mais

Alguns haletos orgânicos são utilizados como solventes industriais, por exemplo, o triclorometano (clorofórmio) e o tetracloreto de carbono (CCl_4). Outros, como os clorofluorcarbonos (CFC), o freon-11 e o freon-12, foram utilizados como líquidos refrigerantes em aparelhos de ar-condicionado e refrigeradores e também como propelentes em aerossóis.

Existem também dois polímeros halogenados, o politetrafluoretileno (teflon) e o policloreto de vinila (PVC), utilizados em revestimento de painéis e frigideiras antiaderentes e na fabricação de tubos rígidos de água e esgoto, respectivamente.



Propriedades físicas dos haletos orgânicos

Como os halogênios são mais eletronegativos que o carbono, a ligação halogênio-carbono (Fig. 10) é **covalente polar**.

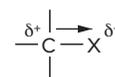


Fig. 10 Vetor momento dipolar da ligação halogênio-carbono.

Em virtude da polaridade dos haletos orgânicos e da maior massa dos halogênios em relação ao carbono, a temperatura de ebulição e a densidade dos haletos orgânicos são maiores que as dos alcanos de massa molecular próxima. Essas substâncias **não formam ligações de hidrogênio com a água**, e sua solubilidade nesse líquido é muito baixa. O haleto orgânico mais solúvel é o brometo de etila, que apresenta solubilidade igual a 1,5 g/100 mL de água a 20 °C.

Álcool

Os álcoois são compostos orgânicos que possuem o grupo hidroxila (–OH) ligado a um carbono saturado (Fig. 11). A fórmula geral dos álcoois pode ser representada por **R — OH**, sendo R um carbono saturado.

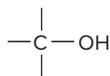


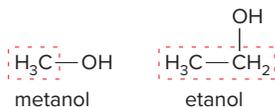
Fig. 11 Grupo funcional dos álcoois.

Esses compostos podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

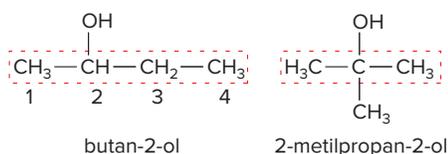
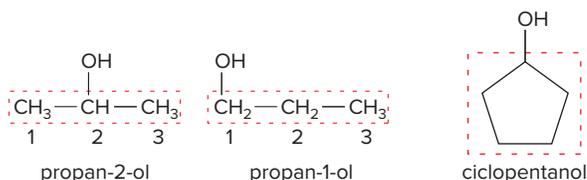
• Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono ligado à hidroxila, e o sufixo utilizado é **ol**. Dessa forma, os nomes dos álcoois são dados por **prefixo + infixo + ol**.

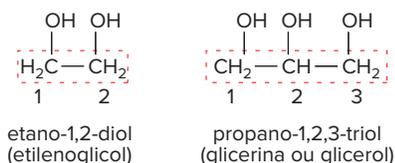
Observe alguns exemplos:



Em álcoois com três ou mais carbonos na cadeia, é necessário indicar com um número a posição do grupo OH, pois há mais de uma possibilidade para essa posição. Portanto, deve-se iniciar a numeração pela extremidade mais próxima do grupo funcional (–OH).



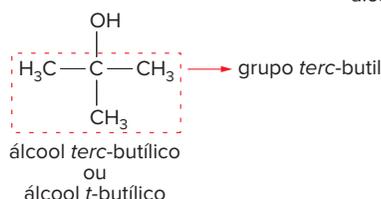
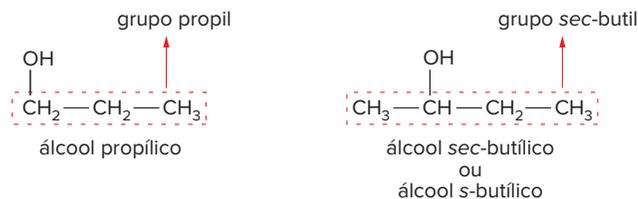
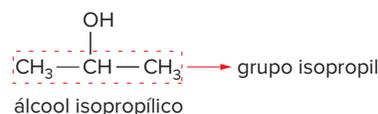
No caso dos álcoois que apresentam duas ou mais hidroxilas, essa quantidade é indicada pela utilização dos prefixos multiplicadores (di, tri, tetra etc.) antes do sufixo.



• Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **álcool**, seguida do nome do grupo orgânico substituinte ligado ao grupo –OH, acrescido do final *ico*. Portanto, **álcool + nome do grupo substituinte + ico**.

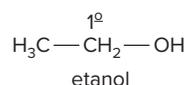
Observe os exemplos a seguir:



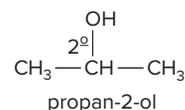
Classificação dos álcoois

Os álcoois podem ser classificados quanto ao tipo de carbono em que a hidroxila está ligada.

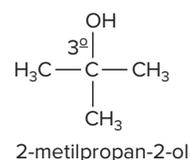
- Álcool primário: hidroxila está ligada em carbono primário.



- Álcool secundário: hidroxila está ligada em carbono secundário.



- Álcool terciário: hidroxila está ligada em carbono terciário.



Propriedades físicas dos álcoois

Os álcoois de cadeia carbônica pequena são líquidos incolores com cheiro característico e boa solubilidade em água. Com o aumento da cadeia carbônica, sua solubilidade diminui, em razão do aumento da parte hidrofóbica da molécula, e as temperaturas de fusão e de ebulição

aumentam, em consequência do aumento da massa molecular dessas substâncias. Essas características são observadas em virtude da formação de ligações de hidrogênio intermoleculares.

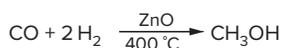
A Tab. 9 apresenta a temperatura de ebulição (T.E.) e a solubilidade dos cinco primeiros membros da série homóloga dos álcoois primários de cadeia normal.

Nome	Fórmula	T.E. (°C) 1 atm	Solubilidade (g/100 g H ₂ O)
Metanol	CH ₃ OH	64,5	∞
Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	78,3	∞
Propano-1-ol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	97	∞
Butano-1-ol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	118	7,9
Pentano-1-ol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	138	2,3

Tab. 9 Temperatura de ebulição e solubilidade de álcoois primários de cadeia normal.

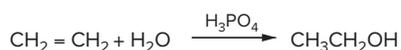
Saiba mais

Metanol e etanol são os álcoois mais importantes do ponto de vista industrial, preparados em grande escala. Antes do desenvolvimento da indústria química moderna, o metanol era preparado por aquecimento da madeira, na ausência de ar, motivo pelo qual era conhecido como álcool ou espírito da madeira. Atualmente, esse álcool é produzido em escala industrial por meio da redução catalítica do monóxido de carbono.



A inalação de vapores de metanol pode causar náuseas, vômitos, irritação das mucosas e distúrbios digestivos. Quando ingerido, esse álcool causa danos no sistema nervoso central, particularmente no nervo óptico, resultando em cegueira temporária ou permanente. Causa também injúria nos rins, fígado, coração e outros órgãos, podendo resultar em morte.

Parte do etanol é produzida por hidratação do etileno, utilizando-se ácido fosfórico como catalisador.



No Brasil, a maior parte do etanol é resultante da fermentação de carboidratos, particularmente a sacarose obtida da cana-de-açúcar.



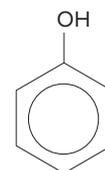
Nos Estados Unidos, até a década de 1930, o etanol era obtido por fermentação de açúcares. Esse processo foi substituído pela hidratação do etileno, e, nos últimos anos, a fermentação de milho passou a ser utilizada, contribuindo para mais de 90% da produção desse álcool.

BARBOSA, L. C. de A. *Introdução à química orgânica*. 2. ed. Editora Pearson, 2012. p. 186.

Fenol

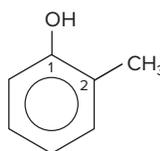
Fenóis são compostos que apresentam uma ou mais hidroxilas (–OH) ligadas diretamente a um anel aromático. Sua fórmula geral pode ser representada por **Ar–OH**.

De acordo com a Iupac, o fenol mais simples é conhecido como **benzenol** ou **fenol**.

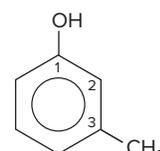


benzenol ou fenol

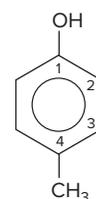
No caso de fenóis ramificados, a numeração deve iniciar no carbono da hidroxila e seguir de modo que as ramificações apresentem os menores números possíveis.



2-metilbenzenol
orto-metilbenzenol
ou
orto-cresol
(o-cresol)



3-metilbenzenol
meta-metilbenzenol
ou
meta-cresol
(m-cresol)



4-metilbenzenol
para-metilbenzenol
ou para-cresol
(p-cresol)

Saiba mais

O fenol era conhecido antigamente por ácido fênico, em razão de sua capacidade de se ionizar parcialmente em solução aquosa e torná-la levemente ácida. Na presença de solução diluída de hidróxido de sódio (NaOH), forma o íon fenóxido. Sua principal aplicação é como agente bactericida, por isso foi, por muito tempo, utilizado como desinfetante de materiais cirúrgicos, mas foi substituído em virtude de seus efeitos tóxicos.

A mistura dos compostos *o*-cresol, *m*-cresol e *p*-cresol é disponibilizada no mercado sob o nome de creolina (desinfetante industrial). O benzeno-1,3-diol, também conhecido como resorcinol, entra na composição de vários desinfetantes domésticos.

Propriedades físicas dos fenóis

Em razão da presença de hidroxila (que pode realizar ligação de hidrogênio intermolecular) e de, no mínimo, seis átomos de carbono por molécula, os fenóis apresentam elevadas temperaturas de ebulição e são parcialmente solúveis em água.

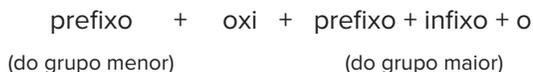
Éter

Os éteres são compostos que apresentam pelo menos um átomo de oxigênio entre carbonos, ou seja, ligado a dois grupos orgânicos. A fórmula geral dos éteres pode ser representada por **R–O–R'**.

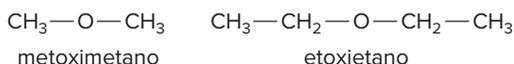
Esses compostos também podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

• Nomenclatura substitutiva

O nome do composto deve seguir o esquema:



Observe alguns exemplos:



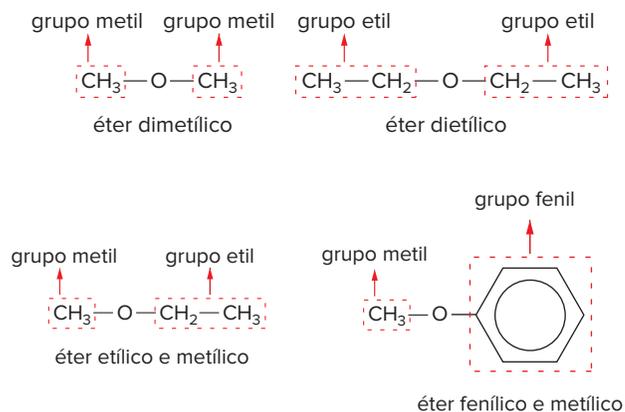
• Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **éter**, seguida dos nomes dos grupos orgânicos substituintes ligados ao oxigênio e acrescidos do final *ico*.

Éter + nome do grupo + ico + e + nome do grupo + ico

Se os grupos substituintes ligados ao oxigênio forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética. Se forem iguais, devemos citar apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di*.

Observe os exemplos a seguir:



! Atenção

O etoxietano ou éter dietílico é o éter mais comum, também conhecido como éter sulfúrico (em virtude do seu método de obtenção), éter etílico ou simplesmente éter comum.

Propriedades físicas dos éteres

Em razão da geometria angular do átomo de oxigênio, os éteres são compostos fracamente polares. O dipolo dos éteres é tão baixo que sua temperatura de ebulição é

ligeiramente maior que a dos alcanos e bem inferior à dos álcoois, de massa molecular semelhante.

Já a solubilidade dos éteres em água é comparável à dos álcoois de mesma massa molecular, já que os éteres podem formar ligações de hidrogênio com a água (Fig. 12).

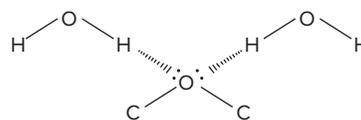


Fig. 12 Ligações de hidrogênio entre éter e água.

Aldeído

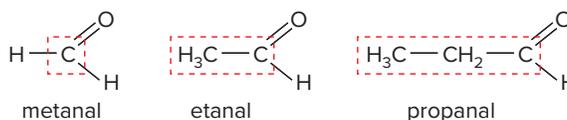
São compostos que apresentam o grupo carbonila $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array} \right)$ na extremidade da cadeia, ou seja, apresentam ao menos um átomo de hidrogênio ligado ao grupo. Sua fórmula geral pode ser representada conforme a Fig. 13:



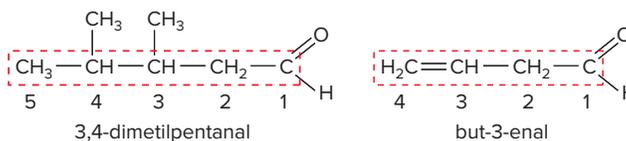
Fig. 13 Grupo funcional dos aldeídos.

Na nomenclatura substitutiva de um aldeído, a cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contém o grupo carbonila, e o sufixo utilizado é **al**.

Dessa forma, os nomes dos aldeídos são dados por **prefixo + infixo + al**. Observe alguns exemplos:

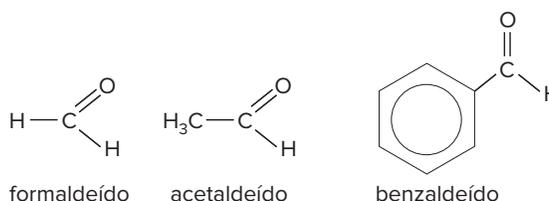


Em aldeídos ramificados ou insaturados, deve-se iniciar a numeração da cadeia principal pelo carbono da carbonila. Como o grupo funcional dos aldeídos está sempre na extremidade da cadeia, esse carbono será sempre o número 1.



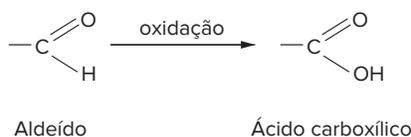
• Nomenclatura trivial dos aldeídos

Alguns aldeídos recebem nomes triviais aceitos pela Iupac.

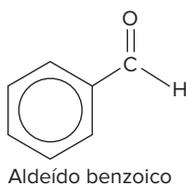
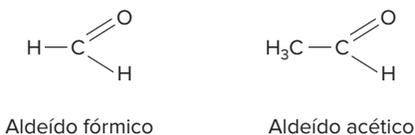


Atenção

Aldeídos, quando oxidados, produzem ácidos carboxílicos, de acordo com a reação genérica representada a seguir:



Por esse motivo, alguns aldeídos recebem o nome trivial do ácido carboxílico, que podem se formar em uma reação de oxidação. No entanto, esses nomes não são reconhecidos pela Iupac.



Saiba mais

O formaldeído (HCHO) é o aldeído mais simples e também o mais conhecido. Seu consumo anual é de mais de 4 bilhões de litros. Uma de suas aplicações industriais mais importantes é a fabricação do polímero baquelite, mais conhecido como fórmica. Também é utilizado como matéria-prima na produção de resinas e fitas adesivas. Na forma de solução aquosa (formol), é empregado na conservação de peças anatômicas e de pequenos animais.

Propriedades físicas dos aldeídos

Em razão da polaridade do grupo carbonila, os aldeídos apresentam temperatura de ebulição maior que a dos hidrocarbonetos de massa molecular semelhante. Entretanto, como não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas, sua temperatura de ebulição é menor que a dos álcoois de massa molecular semelhante. No entanto, a solubilidade dos aldeídos em água é semelhante à dos álcoois e éteres, pois o grupo carbonila pode formar ligações de hidrogênio com a água.

Cetona

As cetonas apresentam o grupo carbonila $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \end{array}$

localizado entre carbonos. A fórmula geral das cetonas

pode ser representada conforme a Fig. 14:



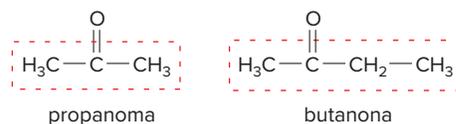
Fig. 14 Grupo funcional das cetonas.

Cetonas podem ser nomeadas de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

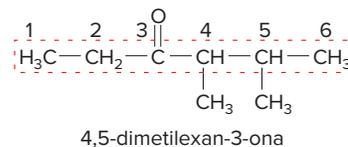
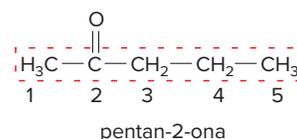
Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono da carbonila, e o sufixo utilizado é **ona**. Portanto, o nome das cetonas é dado por **prefixo + + infixo + ona**.

Observe alguns exemplos:



Em cetonas com cinco ou mais carbonos na cadeia, é necessário que a posição da carbonila seja indicada numerando-se a cadeia. Nesses casos, a numeração deve começar pela extremidade mais próxima do grupo funcional (carbonila), conforme exemplos a seguir.



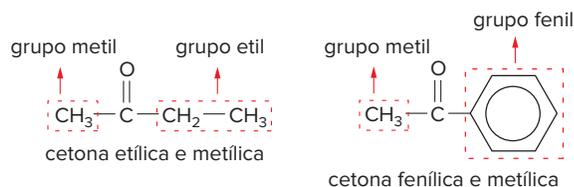
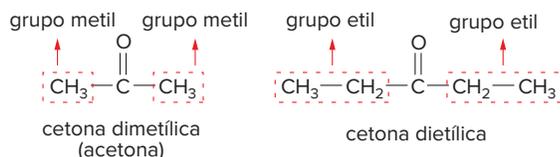
Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **cetona**, seguida dos nomes dos grupos orgânicos substituintes ligados à carbonila acrescidos do final *ica*.

cetona + nome do grupo + ica e nome do grupo + ica

Se os grupos substituintes que estão ligados na carbonila forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética. Se forem iguais, devemos citar apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di*.

Observe os exemplos a seguir:



Propriedades físicas das cetonas

Assim como os aldeídos, as cetonas apresentam o grupo carbonila que é polar. Dessa forma, sua temperatura de ebulição é maior que a dos hidrocarbonetos de massa molecular próxima. No entanto, como não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas, têm temperatura de ebulição menor que a dos álcoois de massa molecular próxima. Já a solubilidade das cetonas em água é semelhante à dos álcoois e éteres, pois o grupo carbonila pode formar ligações de hidrogênio com a água.

Saiba mais

A propanona, mais conhecida como acetona, é a principal cetona. Trata-se de um líquido incolor e solúvel em água e em solventes orgânicos. Utilizada na indústria como solvente de tintas, vernizes e esmaltes, bem como na fabricação de medicamentos e na extração de óleos de sementes vegetais. Em ambientes domésticos, a acetona é usada na remoção de tintas e esmaltes.



© Chemelskaya - Dreamstime.com

Uso da acetona como removedor de esmaltes.

Sua produção industrial é realizada pela hidratação do propeno ou pela oxidação do isopropilbenzeno (cumeno).

Em nosso organismo, a propanona é produzida pela decomposição incompleta das gorduras. A concentração normal de acetona no sangue é de 1 mg/mL. Doenças metabólicas como o diabetes melito tipos 1 e 2 podem levar a um aumento da concentração de acetona no sangue.

Ácidos carboxílicos

São compostos que apresentam o grupo carboxila em sua estrutura (Fig. 15).

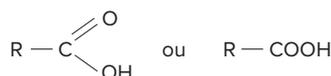
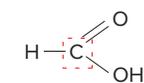


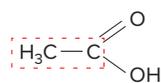
Fig. 15 Grupo funcional dos ácidos carboxílicos.

Na nomenclatura substitutiva de um ácido carboxílico, a cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contém o grupo carboxila, e o sufixo utilizado é **oico**. Dessa forma, o nome de um ácido carboxílico é dado por **ácido + prefixo + infixo + oico**.

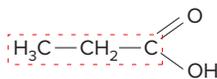
Observe alguns exemplos:



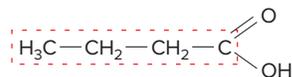
ácido metanoico



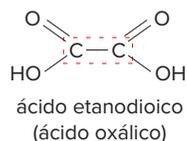
ácido etanoico



ácido propanoico

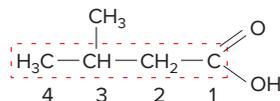


ácido butanoico

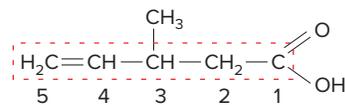


ácido etanodioico
(ácido oxálico)

Em ácidos carboxílicos ramificados ou insaturados, deve-se iniciar a numeração da cadeia principal pelo carbono da carboxila. Como o grupo funcional está sempre na extremidade da cadeia, esse carbono será sempre o número 1.



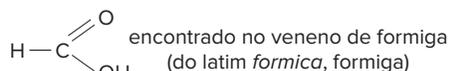
ácido 3-metilbutanoico



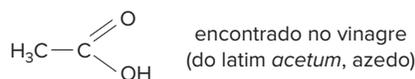
ácido 3-metilpent-4-enoico

• Nomenclatura trivial dos ácidos carboxílicos

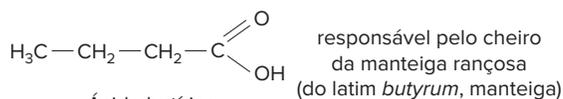
Os ácidos carboxílicos são conhecidos de longa data, por isso têm nomes triviais mais relacionados com sua proveniência do que com as respectivas estruturas químicas. Alguns exemplos são:



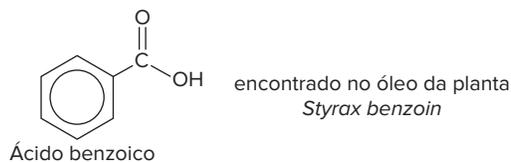
Ácido fórmico



Ácido acético



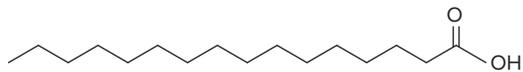
Ácido butírico



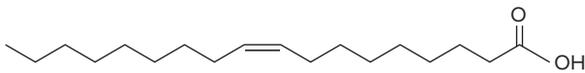
Ácido benzoico

Saiba mais

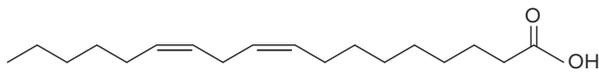
Ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos de cadeia longa utilizados pelos seres vivos na síntese de triacilgliceróis (lipídios e gorduras). Os ácidos graxos podem ser classificados em saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.



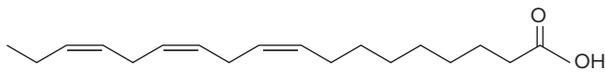
Ácido hexadecanoico (ácido palmítico) saturado



Ácido octadec-9-enoico (ácido oleico) monoinsaturado



Ácido octadeca-9,12-dienoico (ácido linoleico ou ômega-6) poli-insaturado



Ácido octadeca-9,12,15-trienoico (ácido linolênico ou ômega 3) poli-insaturado

Os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 são essenciais para os animais e devem ser ingeridos na alimentação. A utilização desses ácidos pelo organismo se dá não pela ingestão do ácido carboxílico livre, mas, sim, de óleos ou gorduras que contêm esses ácidos na sua composição.

Propriedades físicas dos ácidos carboxílicos

Ácidos carboxílicos são substâncias polares, e suas moléculas podem formar ligações de hidrogênio fortes entre si (Fig. 16) e com moléculas de água.

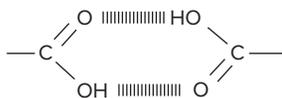


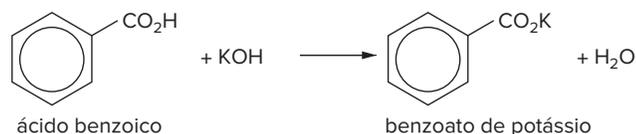
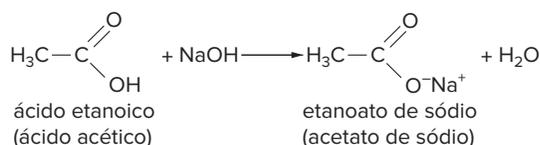
Fig. 16 Ligações de hidrogênio entre moléculas de ácido carboxílico.

Como resultado, esses ácidos apresentam temperaturas de ebulição maiores que as dos álcoois de massa molecular semelhante e, os de cadeia pequena, alta solubilidade em água. A solubilidade decresce à medida que o tamanho da cadeia aumenta.

Sal de ácido carboxílico

A reação de um ácido carboxílico com uma base formará um sal de ácido carboxílico. A nomenclatura desses compostos segue a mesma regra da nomenclatura de sais inorgânicos, ou seja, troca-se o sufixo **-ico** do nome do ácido pelo sufixo **-ato**.

Observe os exemplos a seguir:



Éster orgânico

Ésteres orgânicos ou ésteres de ácido carboxílico são compostos que apresentam o grupo funcional conforme a Fig. 17, em que R pode ser um hidrogênio, um grupo alifático ou aromático e R', um grupo aromático ou alifático.

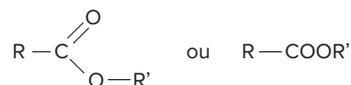


Fig. 17 Grupo funcional dos ésteres.

Os ésteres de ácido carboxílico podem ser obtidos pela reação de esterificação, que é a substituição da hidroxila do ácido carboxílico por um grupo alcóxido de um álcool, como mostra a Fig. 18.

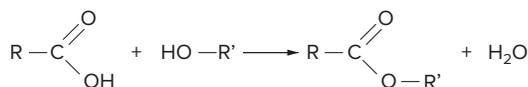
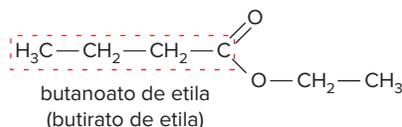
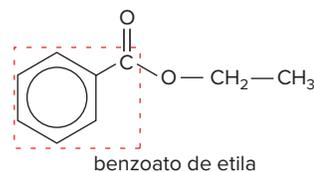
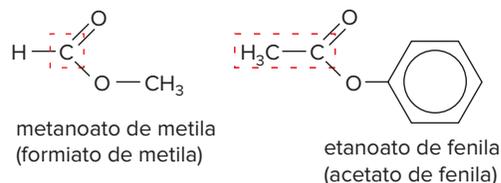


Fig. 18 Reação de esterificação.

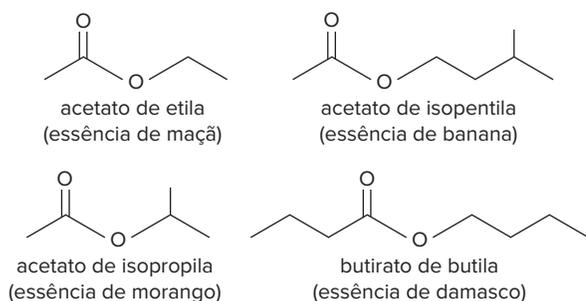
A nomenclatura substitutiva de um éster pode ser obtida substituindo o sufixo **-ico** do nome do ácido de origem pelo sufixo **-ato** e acrescentando a preposição *de* seguida do nome do grupo orgânico (com sufixo **-ila**) que substituiu a hidroxila. Dessa forma, o nome de um éster é dado por **prefixo + infixo + oato de + nome do grupo orgânico (com sufixo -ila)**.

Observe os exemplos a seguir:



Saiba mais

Os ésteres de ácido carboxílico têm aromas agradáveis. Muitos deles lembram aroma de frutas, por isso são utilizados na indústria de alimentos como flavorizantes artificiais.



Propriedades físicas dos ésteres

Os ésteres de ácidos carboxílicos são compostos polares, mas, como não têm **átomo de hidrogênio ligado ao oxigênio, não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas**. Portanto, os ésteres apresentam temperaturas de ebulição semelhantes à dos aldeídos e cetonas e menores que a dos álcoois e ácidos carboxílicos de massa molecular próxima, conforme a Tab. 10.

Nome	Fórmula	T.E. (°C) 1 atm	Solubilidade (g/100g H ₂ O)
Metanoato de metila (formiato de metila)		32,5	Muito solúvel
Metanoato de etila (formiato de etila)		54	Solúvel
Etanoato de metila (acetato de metila)		57	54,4
Etanoato de etila (acetato de etila)		77	7,4
Etanoato de propila (acetato de propila)		102	1,89
Propanoato de etila (propionato de etila)		99	1,75
Butanoato de etila (butirato de etila)		120	0,5

Tab. 10 Propriedades físicas dos ésteres.

Amina

São compostos orgânicos com um, dois ou três grupos orgânicos (alquila ou arila) ligados ao átomo de nitrogênio.

Aminas podem ser obtidas pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio da amônia (NH₃) por grupos orgânicos. O grupo funcional das aminas pode ser representado conforme a Fig. 19.

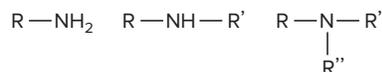
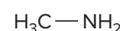


Fig. 19 Grupo funcional das aminas.

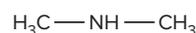
Classificação das aminas

As aminas podem ser classificadas quanto ao número de grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.

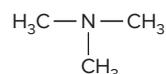
- Amina primária: apresenta apenas um grupo orgânico ligado ao nitrogênio.



- Amina secundária: apresenta dois grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.



- Amina terciária: apresenta três grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.



Se apenas grupos alquila estiverem ligados ao nitrogênio, as aminas são denominadas aminas alifáticas. Se o nitrogênio estiver ligado diretamente a pelo menos um grupo arila, a amina será denominada aromática (Fig. 20).

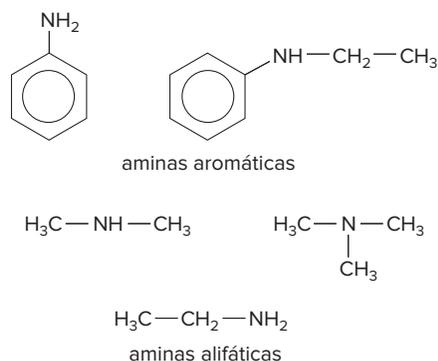
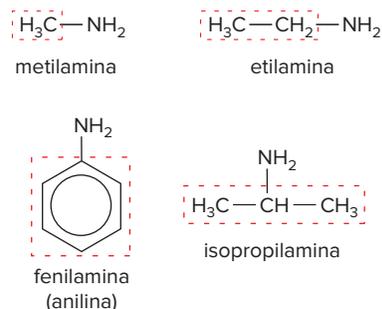


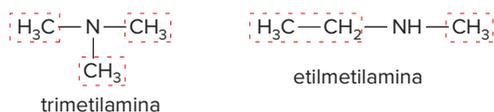
Fig. 20 Aminas aromáticas e alifáticas.

A nomenclatura das aminas segue o esquema: **nome dos grupos orgânicos substituintes + amina**.

Observe os exemplos a seguir:



Nas aminas secundárias e terciárias, se os grupos orgânicos forem diferentes, devemos citá-los em ordem alfabética. Se forem iguais, citamos apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di* ou *tri*.



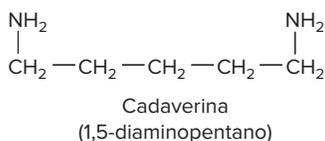
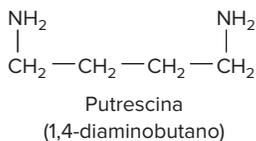
As aminas são consideradas bases orgânicas, pois reagem com ácidos formando sais.



Saiba mais

Algumas aminas têm cheiro desagradável. É o caso da trimetilamina, a principal responsável pelo cheiro de peixe.

Outras duas aminas com cheiros bastante desagradáveis são a cadaverina (formada na degradação do aminoácido lisina) e a putrescina (formada na degradação do aminoácido arginina).



Propriedades físicas das aminas

Em razão da geometria piramidal do nitrogênio, as aminas são substâncias moderadamente polares. Sua temperatura de ebulição é maior que a dos alcanos, mas geralmente menor que a dos álcoois de massa molecular semelhante. As aminas primárias e secundárias podem formar ligações de hidrogênio umas com as outras; já as terciárias, não. Como resultado, as aminas terciárias têm temperaturas de ebulição menores que as das aminas primárias e secundárias.

Todas as aminas de massa molecular pequena são solúveis em água, pois são capazes de realizar ligações de hidrogênio com ela.

Amida

São compostos orgânicos que têm um átomo de nitrogênio ligado à carbonila. O grupo funcional das

amidas pode ser representado como na Fig. 21, em que R pode ser um hidrogênio, um grupo alifático ou aromático e o nitrogênio pode ou não apresentar substituintes orgânicos.

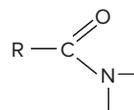
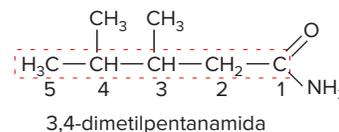
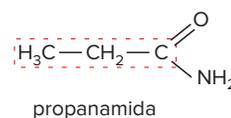
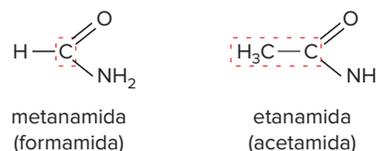
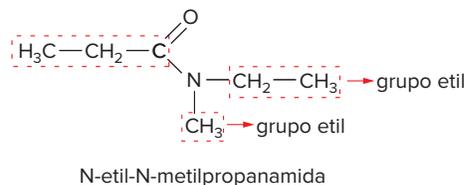


Fig. 21 Grupo funcional das amidas.

A nomenclatura substitutiva das amidas segue o esquema: **prefixo + infixo + amida**. Observe os exemplos:



Em amidas que apresentam grupos substituintes ligados ao nitrogênio, devemos citar esses grupos antecidos pela letra N, seguidos do nome do composto.



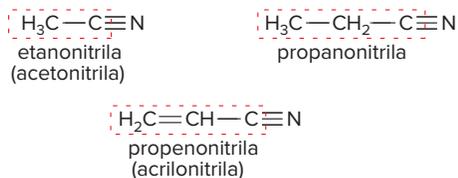
Propriedades físicas das amidas

Amidas com um ou nenhum grupo substituinte no nitrogênio são capazes de realizar ligações de hidrogênio entre suas moléculas e, conseqüentemente, têm elevadas temperaturas de ebulição. Amidas que apresentam dois grupos substituintes no nitrogênio não podem formar ligações de hidrogênio entre si e terão temperaturas de ebulição mais baixas. No entanto, todas as amidas com até cinco átomos de carbono são solúveis em água, pois podem formar ligações de hidrogênio com ela.

Nitrilas

São compostos caracterizados pela presença do grupo funcional $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ ou $\text{R}-\text{CN}$. As nitrilas podem ser obtidas pela substituição do hidrogênio do cianeto de hidrogênio (HCN) por um substituinte orgânico.

A nomenclatura substitutiva das nitrilas segue o esquema: **prefixo + infixo + o + nitrila**. Observe os exemplos:



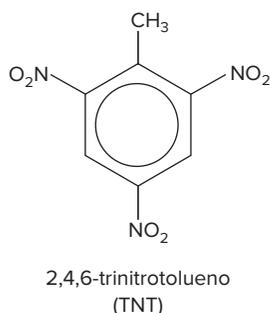
Nitrocomposto

São compostos que apresentam um ou mais grupos nitro ($-\text{NO}_2$) ligados ao carbono. A nomenclatura substitutiva de um nitrocomposto segue o esquema: **nitro + prefixo + infixo + o**.

Observe os exemplos a seguir:



O nitrocomposto mais conhecido é o trinitrotolueno (TNT), utilizado como explosivo.



Cloreto de ácido carboxílico

Os cloretos de acila, ou cloretos de ácido carboxílico, são derivados do ácido carboxílico e obtidos pela substituição do grupo hidroxila ($-\text{OH}$) da carboxila ($-\text{COOH}$) por um átomo de cloro. O grupo funcional dos cloretos de ácido pode ser representado conforme a Fig. 22:



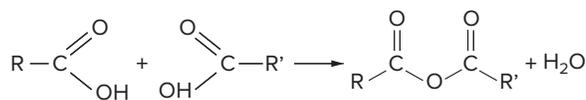
Fig. 22 Grupo funcional dos cloretos de ácido.

Sua nomenclatura segue o esquema: **cloreto de + prefixo + infixo + oíla**. Observe os exemplos a seguir:



Anidrido de ácido carboxílico

São compostos formados a partir da desidratação de dois ácidos carboxílicos.



O grupo funcional dos anidridos de ácido carboxílico pode ser representado conforme a Fig. 23:

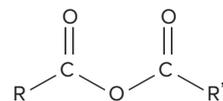
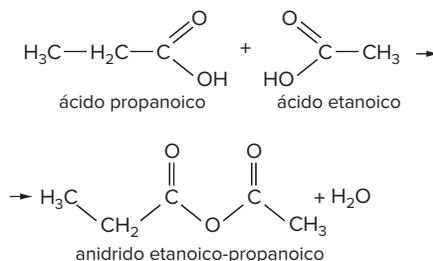
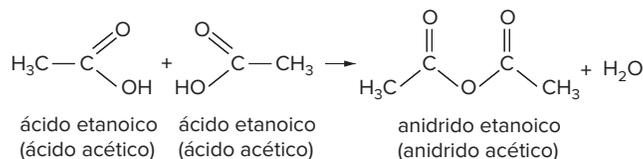


Fig. 23 Grupo funcional dos anidridos de ácido.

A nomenclatura de um anidrido é dada citando o termo **anidrido** seguido dos nomes dos ácidos que dão origem a ele. Caso o anidrido seja formado por ácidos diferentes, devemos citar seus nomes em ordem alfabética.



Ácido sulfônico

São compostos que apresentam o grupo funcional sulfônico ($\text{R}-\text{SO}_3\text{H}$). Esses ácidos são derivados dos ácidos sulfúricos pela substituição de uma hidroxila do ácido por um grupo orgânico.

Sua nomenclatura segue o esquema: **ácido + prefixo + infixo + o + sulfônico**.

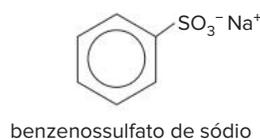
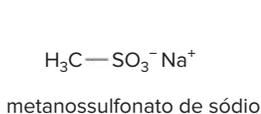
Observe os exemplos a seguir:



Sal de ácido sulfônico

A reação de um ácido sulfônico com uma base formará um sal de ácido sulfônico. A nomenclatura desses compostos segue a mesma regra da nomenclatura de sais inorgânicos, ou seja, troca-se o sufixo **-ico** do nome do ácido pelo sufixo **-ato**.

Observe os exemplos a seguir:



Tiocompostos

São compostos orgânicos que apresentam um ou mais átomos de enxofre (S) em sua estrutura.

- Tioálcoois, tióis ou mercaptanas: apresentam o grupo **-SH** ligado a um carbono saturado.

A nomenclatura de um tioálcool segue o esquema:

prefixo + infixo + o + tiol.



- Tioéteres ou sulfetos: apresentam pelo menos um átomo de enxofre entre carbonos (**R-S-R'**).

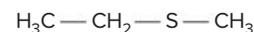
A nomenclatura de um tioéter segue o esquema: **sulfeto de + nome do grupo orgânico com sufixo -ila.**

Se os grupos substituintes que estão ligados ao enxofre forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética.

Se forem iguais, citamos apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di*.



sulfeto de dimetila



sulfeto de etila e metila

Enol

São compostos que apresentam uma hidroxila (-OH) ligada em um carbono insaturado por uma ligação dupla. O grupo funcional dos enóis pode ser representado conforme a Fig. 24:

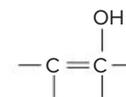
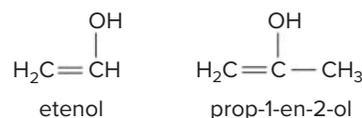


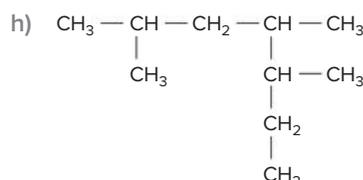
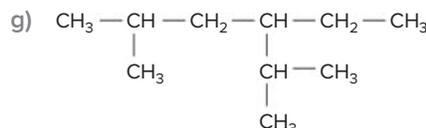
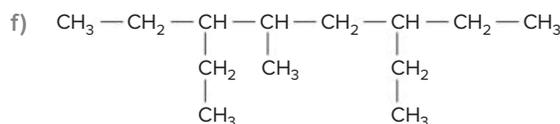
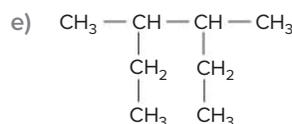
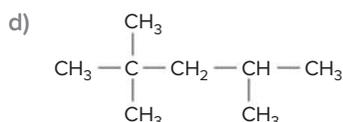
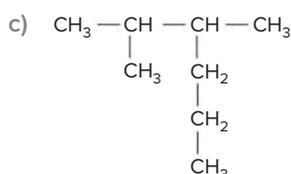
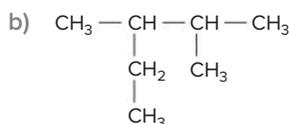
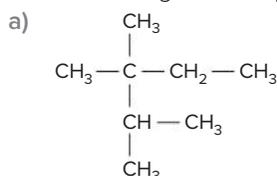
Fig. 24 Grupo funcional dos enóis.

Sua nomenclatura segue o esquema: **prefixo + infixo + o + ol.** Observe os exemplos:



Revisando

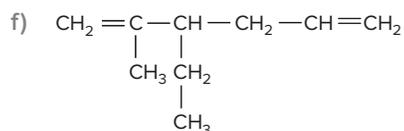
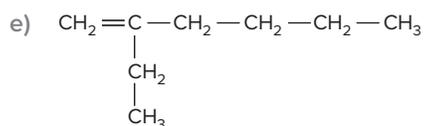
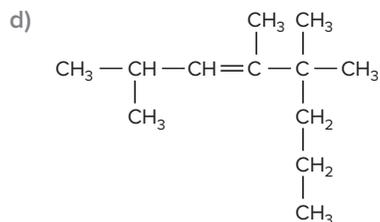
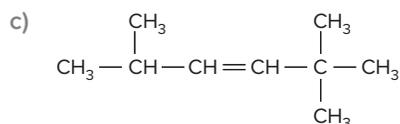
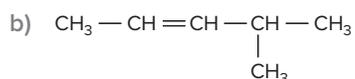
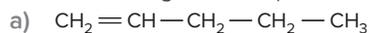
1 Dê nomes, segundo a Iupac, aos seguintes alcanos:



2 Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

- a) 3-metilpentano
- b) dimetilpropano
- c) 2,2,4-trimetilhexano
- d) 4-etil-2,2-dimetilnonano
- e) 3-etil-5-isopropil-2,7-dimetildecano
- f) 3-etil-5-isopropil-2,2-dimetiloctano

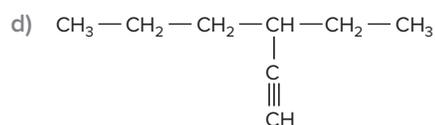
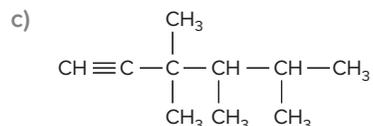
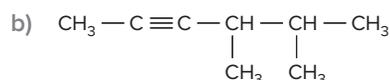
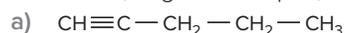
3 Dê nomes, segundo a IUPAC, aos seguintes alcenos:



4 Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

- a) 5-metilhex-2-eno
- b) Pent-2-eno
- c) 4-isopropilhept-1-eno
- d) 4,4-dietil-2-metilhex-2-eno
- e) 5-etil-6,7,7-trimetilnon-3-eno

5 Dê nomes, segundo a IUPAC, aos seguintes alcinos:



6 Classifique cada um dos hidrocarbonetos a seguir em subfunções.

Hidrocarboneto	Subfunção

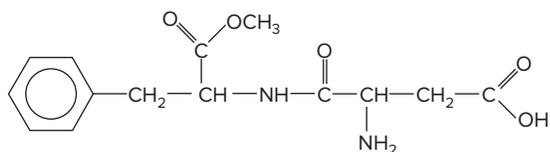
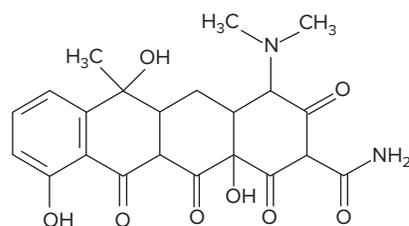
7 Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

- 3-etilpentano
- 1-cloro-4-metilpentano
- 2-metilbuta-1,3-dieno
- 2,3-dicloropentano
- ciclo-hexanol
- éter etílico e metílico
- 3-etil-4-metilbenzenol
- 4-etil-3,5-dimetiloct-5-en-2-ol

8 A qual função pertence cada um dos seguintes compostos?

$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{OH}$
_____	_____
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$
_____	_____
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_5$
_____	_____

9 Para as moléculas a seguir, circule e atribua o nome de todas as respectivas funções orgânicas presentes.



10 Para os compostos a seguir, indique a qual função eles pertencem.

- $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$
- $\text{CH}_3\text{CONHC}_6\text{H}_5$
- $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_5$
- $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}$
- $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$

Exercícios propostos

1 UFSCar Considere as afirmações seguintes sobre hidrocarbonetos.

- Hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos somente de carbono e hidrogênio.
- São chamados de alcenos somente os hidrocarbonetos insaturados de cadeia linear.
- Cicloalcanos são hidrocarbonetos alifáticos saturados de fórmula geral C_nH_{2n} .
- São hidrocarbonetos aromáticos: bromobenzeno, *p*-nitrotolueno e naftaleno.

São corretas as afirmações:

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

2 Uece 2018 O benzeno já foi utilizado em tintas de secagem rápida, fluidos para lavagem de roupas a seco e como aditivo para melhorar a qualidade da gasolina. No entanto, por tratar-se de um composto tóxico para os seres humanos, além de ser prejudicial ao meio ambiente, foi eliminado desses produtos e substituído por outros compostos não tóxicos. Seguindo-se as regras de nomenclatura da IUPAC, seu nome é

- ciclo-hexa-1,3,5-dieno.
- ciclo-hexa-1,3,5-trieno.
- ciclo-hexa-2,4,6-dieno.
- ciclo-hexa-2,4,6-trieno.

3 Uema 2014 GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), também conhecido popularmente como gás de cozinha, é um combustível fóssil não renovável que pode se esgotar de um dia para o outro, caso não seja utilizado com planejamento e sem excesso. Ele é composto, dentre outros gases, por propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}) e pequenas quantidades de propeno (C_3H_6) e buteno (C_4H_8). Esses compostos orgânicos são classificados como hidrocarbonetos que apresentam semelhanças e diferenças entre si.

Com base no tipo de ligação entre carbonos e na classificação da cadeia carbônica dos compostos acima, pode-se afirmar que

- os compostos insaturados são propano e butano.
- os compostos insaturados são propeno e buteno.
- os compostos insaturados são propeno e butano.
- os compostos apresentam cadeias homocíclicas.
- os compostos possuem cadeias heterocíclicas.

Texto para a questão **4**:

Em 2012, o inverno foi uma estação muito seca, em que a umidade relativa do ar esteve várias vezes abaixo do índice recomendado pela OMS, Organização Mundial de Saúde. Por isso, recomendou-se que as práticas esportivas fossem realizadas pela manhã e suspensas no período da tarde, quando a situação era mais grave. Entre outros problemas, houve também o acúmulo de poluentes atmosféricos, como observado na tabela a seguir.

Poluente	Principal fonte	Comentários
Monóxido de Carbono (CO)	Escape dos veículos motorizados; alguns processos industriais.	Limite máximo suportado: 10 mg/m ³ em 8 h (9 ppm); 40 mg/m ³ em 1 h (35 ppm).
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Centrais termoeletricas a petróleo ou carvão; fábricas de ácido sulfúrico.	Limite máximo suportado: 80 mg/m ³ num ano (0,03 ppm); 365 mg/m ³ em 24 h (0,14 ppm).
Partículas em suspensão	Escape dos veículos motorizados; processos industriais; centrais termoeletricas; reação dos gases poluentes na atmosfera.	Limite máximo suportado: 75 mg/m ³ num ano; 260 mg/m ³ em 24 h; compostos de carbono, nitratos, sulfatos, e vários metais como o chumbo, cobre, ferro.
Óxidos de Azoto (NO, NO ₂)	Escape dos veículos motorizados; centrais termoeletricas; fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico.	Limite máximo suportado: 100 mg/m ³ num ano (0,05 ppm) – para o NO ₂ ; reage com Hidrocarbonos e luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.
Oxidantes fotoquímicos – Ozônio (O ₃)	Formados na atmosfera devido à reação de Óxidos de Azoto, Hidrocarbonos e luz solar.	Limite máximo suportado: 235 mg/m ³ numa hora (0,12 ppm).
Etano, Etileno, Propano, Butano, Acetileno, Pentano	Escape dos veículos motorizados; evaporação de solventes; processos industriais; lixos sólidos, utilização de combustíveis.	Reagem com Óxidos de Azoto e com a luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Todas as combustões.	Perigo para a saúde quando em concentrações superiores a 5.000 ppm em 2-8 h; os níveis atmosféricos aumentaram de cerca de 280 ppm, há um século, para 350 ppm atualmente, algo que pode estar a contribuir para o Efeito Estufa.

Disponível em: <educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/PoluentesAtmosfericos.htm>. Acesso em: 11 out. 2012. (Adapt.)

4 **Fatec 2013** Os compostos orgânicos mencionados apresentam, respectivamente, as fórmulas estruturais:

A	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
B	CH_4	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
C	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
D	CH_4	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
E	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

5 **Uece 2016** Um carro estacionado na sombra durante um dia, com as janelas fechadas, pode conter de 400 a 800 mg de benzeno. Se está ao sol, o nível de benzeno subirá de 2.000 a 4.000 mg. A pessoa que entra no carro e mantém as janelas fechadas inevitavelmente aspirará, em rápida sucessão, excessivas quantidades dessa toxina. O benzeno é uma toxina que afeta os rins e o fígado, e, o que é pior, é extremamente difícil para o organismo expulsar esta substância tóxica. Por essa razão, os manuais de instruções de uso dos carros indicam que, antes de ligar o ar-condicionado, deve-se primeiramente abrir as janelas e deixá-las abertas por um tempo de dois minutos.

Com relação ao benzeno, assinale a afirmação **correta**.

- A É um hidrocarboneto classificado como hidrocarboneto aromático, cuja massa molar é menor do que 75 g/mol.
- B Em sua fórmula estrutural existem carbonos do tipo sp^3 .
- C O radical gerado com a perda de um hidrogênio desse composto é chamado de fenil.
- D Apresenta, em sua cadeia carbônica, as seguintes particularidades: cíclica, normal, insaturada e heterogênea.

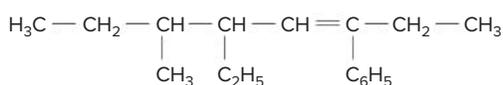
6 **PUC-Rio 2014** Considere as afirmativas a seguir sobre o 2-metilpentano.

- I. Possui cadeia carbônica normal.
- II. Possui fórmula molecular C_6H_{14} .
- III. É um hidrocarboneto insaturado.
- IV. Possui três átomos de carbono primários.

É **correto** o que se afirma somente em:

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

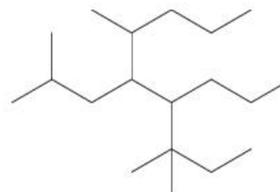
7 **PUC-PR** Dado o composto:



os radicais ligados aos carbonos 3, 5 e 6 da cadeia principal são, respectivamente:

- A metil, etil e benzil.
- B fenil, etil e metil.
- C hexil, etil e metil.
- D metil, etil e fenil.
- E benzil, etil e metil.

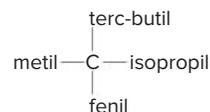
8 **UFF** Analise a estrutura seguinte e considere as regras de nomenclatura da lupac.



Assinale a opção que indica as cadeias laterais ligadas, respectivamente, aos carbonos de números 4 e 5 da cadeia hidrocarbônica principal.

- A propil e isobutil.
- B metil e isobutil.
- C terc-pentil e terc-butil.
- D propil e terc-pentil.
- E metil e propil.

9 **PUC-PR** O composto:

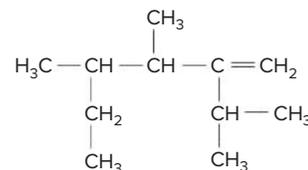


Apresenta, como nomenclatura oficial, o seguinte nome:

- A 1,2,2,3,4-pentametil-2-fenilbutano.
- B 2,3,4,4-tetrametil-3-fenilpentano.
- C 2,2,3,4-tetrametil-3-fenilpentano.
- D 2,2,3-trimetil-3-etiloctano.
- E 2,2-dimetil-3-isopropil-3-fenilbutano.

10 **Mackenzie** Sobre o composto cuja fórmula estrutural é dada a seguir, fazem-se as afirmações:

- I. É um alceno.
- II. Possui três ramificações diferentes entre si, ligadas à cadeia principal.
- III. Apesar de ter fórmula molecular $\text{C}_{11}\text{H}_{22}$, não é um hidrocarboneto.
- IV. Possui no total quatro carbonos terciários.



São **corretas**:

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

11 IFPE 2018 A cadeia carbônica abaixo pode ser classificada como:

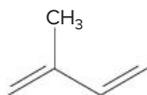


- A alicíclica, normal, saturada e heterogênea.
- B acíclica, normal, saturada e heterogênea.
- C acíclica, normal, insaturada e heterogênea.
- D acíclica, normal, insaturada e homogênea.
- E allicíclica, ramificada, saturada e heterogênea.

12 UFU O hidrocarboneto que apresenta cadeia acíclica, ramificada, saturada e homogênea é:

- A 4-etil-4,5-dimetil-2-heptanol.
- B 4-isopropil-2,4,5-trimetil-2-hepteno.
- C 2,4,5-trimetil-4-propileptano.
- D 2-etil-4-isopropil-1-metilciclohexano.

13 Ufla De acordo com a Iupac, o nome correto do “Isopreno”, o monômero básico dos polímeros, é:



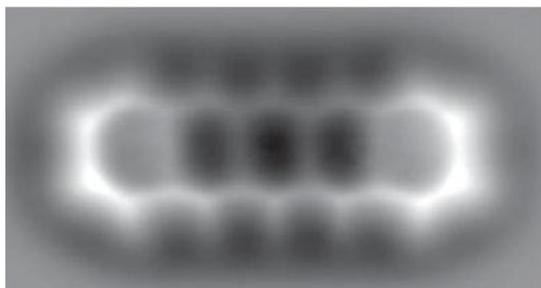
- A 4-metil-1,3-butadieno.
- B 2-metileno-1,3-butadieno.
- C 4-vinil-1-penteno.
- D 2-metil-1,3-butadieno.
- E 2-metil-1,3-pentadieno.

14 Mackenzie

Cientistas “fotografam” molécula individual

Os átomos que formam uma molécula foram visualizados de forma mais nítida pela primeira vez por meio de um microscópio de força atômica. A observação, feita por cientistas em Zurique (Suíça) e divulgada na revista “Science”, representa um marco no que se refere aos campos de eletrônica molecular e nanotecnologia, além de um avanço no desenvolvimento e melhoria da tecnologia de dispositivos eletrônicos. De acordo com o jornal espanhol “El País”, a molécula de pentaceno pode ser usada em novos semicondutores orgânicos.

Folha Online, 28 ago. 2009.



Acima, foto da molécula de pentaceno e, a seguir, representação da sua fórmula estrutural.



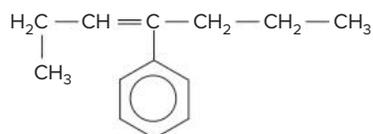
A respeito do pentaceno, são feitas as afirmações I, II, III e IV.

- I. É uma molécula que apresenta cadeia carbônica aromática polinuclear.
- II. A sua fórmula molecular é $\text{C}_{22}\text{H}_{14}$.
- III. O pentaceno poderá ser utilizado na indústria eletrônica.
- IV. Os átomos de carbono na estrutura acima possuem hibridização sp^3 .

Estão **corretas**

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

15 PUC-PR Dada a estrutura:



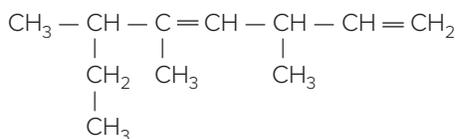
A função à qual pertence esse composto e seu nome oficial estão corretamente indicados na alternativa:

- A Alcano – 4-fenil-3-hepteno
- B Alceno – 4-benzil-3-hepteno
- C Hidrocarboneto – 1-metil-3-fenil-2-hexeno
- D Hidrocarboneto – 4-fenil-3-hepteno
- E Hidrocarboneto – 4-fenil-4-hepteno

16 UFRGS A estrutura correta para um hidrocarboneto alifático saturado que tem fórmula molecular $\text{C}_{11}\text{H}_{22}$ e que apresenta grupamentos etila e isopropila em sua estrutura é

- A
- B
- C
- D
- E

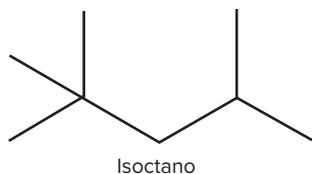
17 Uece 2020 Atente para a fórmula estrutural do seguinte composto orgânico:



Pela nomenclatura IUPAC, o nome correto desse composto é:

- A 3,4,6-trimetil-octa-4,7-dieno.
- B 6-etil-3,5-dimetil-hepta-1,4-dieno.
- C 2-etil-3,5-dimetil-hepta-3,6-dieno.
- D 3,5,6-trimetil-octa-1,4-dieno.

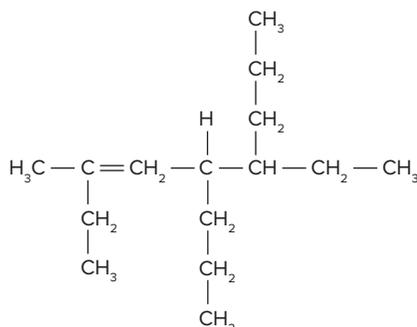
18 UFPR 2017 A qualidade de um combustível é caracterizada pelo grau de octanagem. Hidrocarbonetos de cadeia linear têm baixa octanagem e produzem combustíveis pobres. Já os alcanos ramificados são de melhor qualidade, uma vez que têm mais hidrogênios em carbonos primários e as ligações C — H requerem mais energia que ligações C — C para serem rompidas. Assim, a combustão dos hidrocarbonetos ramificados se torna mais difícil de ser iniciada, o que reduz os ruídos do motor. O isoctano é um alcano ramificado que foi definido como referência, e ao seu grau de octanagem foi atribuído o valor 100. A fórmula estrutural (forma de bastão) do isoctano é mostrada abaixo.



Qual é o nome oficial IUPAC desse alcano?

- A 2,2,4-trimetilpentano.
- B 2-metil-4-terc-butil-pentano.
- C 1,1,3,3-pentametilpropano.
- D 1-metil-1,3-di-isopropilpropano.
- E 1,1,1-trimetil-4,4-dimetil-pentano.

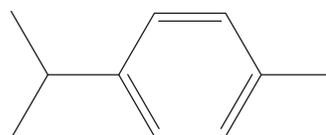
19 Cefet-MG Observe a estrutura representada a seguir.



Segundo a IUPAC, o nome **correto** do hidrocarboneto é:

- A 2,5-dietil-4-propil-2-octeno.
- B 2-etil-4,5-dipropil-2-hepteno.
- C 4-etil-7-metil-5-propil-6-noneno.
- D 6-etil-3-metil-5-propil-3-noneno.

20 UFRGS 2016 Observe a estrutura do *p*-cimeno abaixo.



Abaixo são indicadas três possibilidades de nomenclatura usual para representar o *p*-cimeno.

- I. *p*-isopropitolueno.
- II. 1-isopropil-4-metil-benzeno.
- III. *terc*-butil-benzeno.

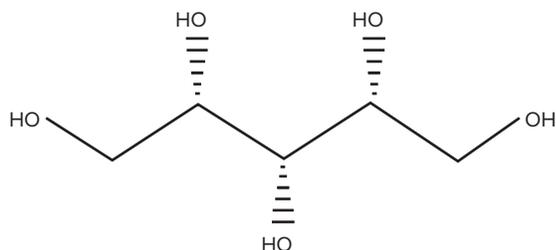
Quais estão **corretas**?

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

21 Uece 2019 Os fenóis encontram diversas aplicações práticas, tais como: em desinfetantes, na preparação de resinas e polímeros, do ácido pícrico, de explosivos e na síntese da aspirina e de outros medicamentos. Possuem o grupo hidroxila (—OH) em sua composição química, mas não são álcoois. Atente para o que se diz a seguir sobre fenóis e assinale a afirmação verdadeira.

- A Quando a hidroxila estiver ligada diretamente ao ciclohexano, é um fenol.
- B Quando a hidroxila estiver ligada diretamente ao carbono *sp* do anel aromático, é um fenol.
- C No fenol, o grupo hidroxila está ligado diretamente ao carbono saturado do anel aromático.
- D No fenol, o grupo hidroxila está ligado diretamente ao carbono *sp*² do anel aromático.

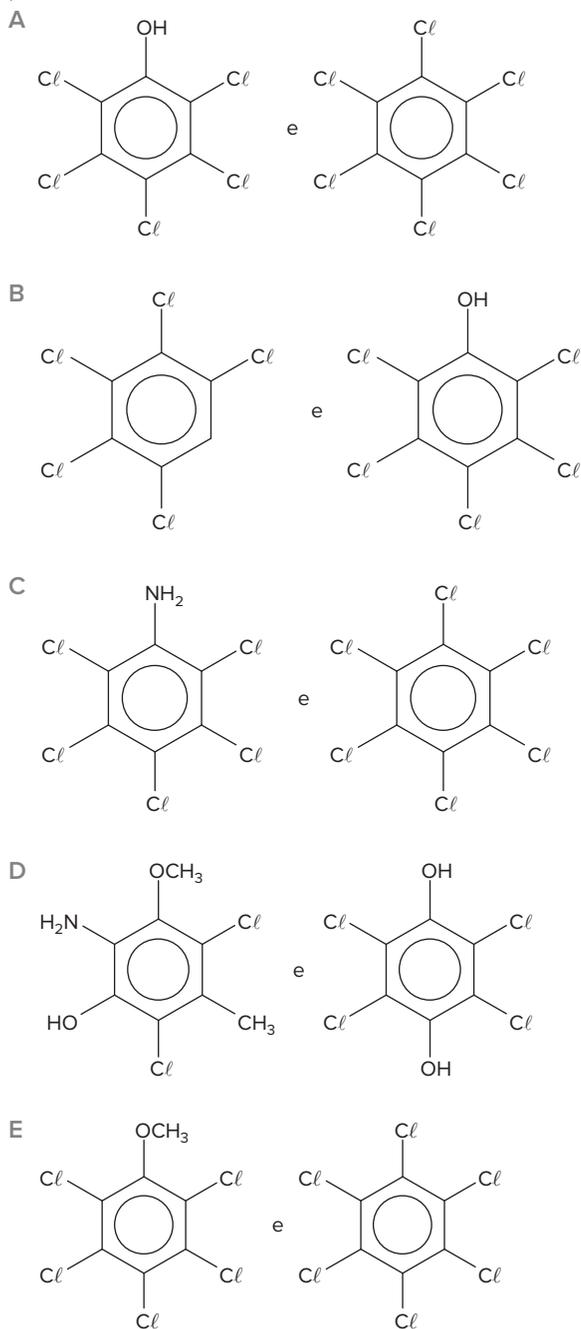
22 Univag 2020 O xilitol é um adoçante natural de poder adoçante semelhante ao da sacarose, porém menos calórico. A fórmula estrutural do xilitol está representada na figura.



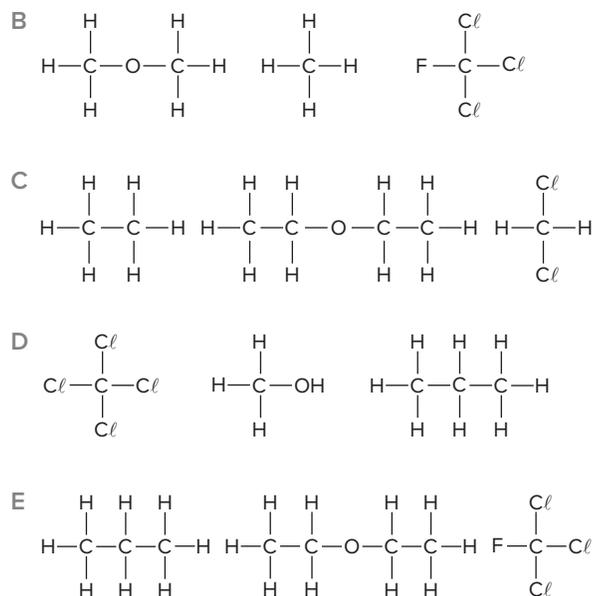
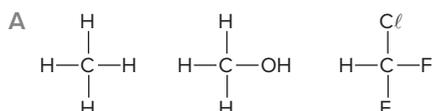
A fórmula molecular e a função orgânica do xilitol são, respectivamente,

- A C₅H₁₀O₅ e álcool.
- B C₅H₁₂O₅ e ácido carboxílico.
- C C₅H₁₂O₅ e álcool.
- D C₅H₁₂O₅ e éster.
- E C₇H₅O₅ e álcool.

23 Ufla Resíduos de defensivos agrícolas, muitas vezes depositados sobre o solo de forma incorreta, apresentam, entre outros compostos, o pentaclorofenol e o hexaclorobenzeno. As estruturas que correspondem a esses dois compostos são, respectivamente:



24 Fuvest Hidrocarbonetos e éteres já estão sendo usados como gases propelentes no lugar do triclorofluorocarbono (fréon) em desodorantes e outros produtos de *spray*. Assinale a alternativa que contém, respectivamente, um hidrocarboneto, um éter e fréon.



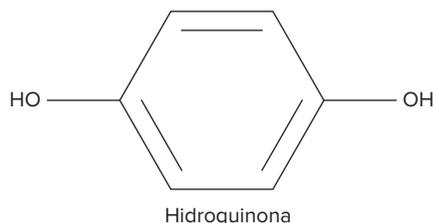
25 EsPCEX 2017 Considere as seguintes descrições de um composto orgânico:

- o composto apresenta 7 (sete) átomos de carbono em sua cadeia carbônica, classificada como aberta, ramificada e insaturada;
- a estrutura da cadeia carbônica apresenta apenas 1 carbono com hibridização tipo sp , apenas 2 carbonos com hibridização tipo sp^2 e os demais carbonos com hibridização sp^3 ;
- o composto é um álcool terciário.

Considerando as características descritas acima e a nomenclatura de compostos orgânicos regulada pela *União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac)*, uma possível nomenclatura para o composto que atenda essas descrições é

- A** 2,2-dimetil-pent-3-in-1-ol.
B 3-metil-hex-2-en-2-ol.
C 2-metil-hex-3,4-dien-2-ol.
D 3-metil-hex-2,4-dien-1-ol.
E 3-metil-pent-1,4-dien-3-ol.

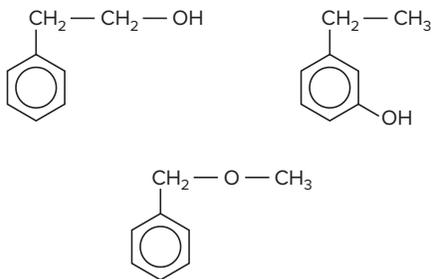
26 PUC-Campinas 2016 Na revelação de uma fotografia analógica, ou seja, de película, uma das etapas consiste em utilizar uma solução reveladora, cuja composição contém hidroquinona.



A função orgânica que caracteriza esse composto é

- A** álcool. **D** benzeno.
B fenol. **E** cetona.
C ácido carboxílico.

- 27 UEPG 2016** Sobre os compostos abaixo representados, assinale o que for **correto**.



- 01 Apresentam a mesma massa molecular
 02 São compostos aromáticos
 04 Têm a mesma função química
 08 Apresentam o mesmo ponto de ebulição

Soma:

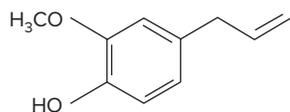
- 28 UnitaU 2018** O glicerol (propanotriol) está presente nos animais e nas plantas, formando ésteres de ácidos graxos chamados triglicérides. Em relação ao glicerol, analise as afirmativas abaixo.

- I. O glicerol é classificado como álcool, e apresenta três hidroxilas na sua estrutura.
 II. O glicerol apresenta 3 carbonos na sua estrutura, unidos por dupla ligação covalente.
 III. O glicerol não apresenta hidrogênios na sua estrutura.

Está **CORRETO** o que se afirmar em:

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

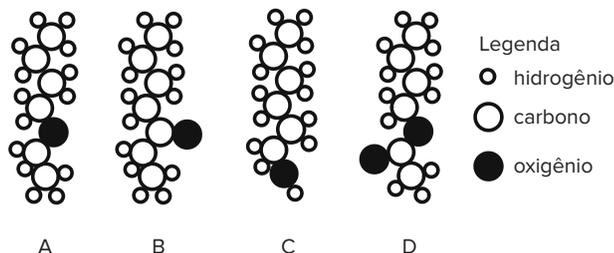
- 29 IFPE 2017** Mercadorias como os condimentos denominados cravo da Índia, noz-moscada, pimenta do reino e canela tiveram uma participação destacada na tecnologia de conservação de alimentos 500 anos atrás. Eram denominadas especiarias. O uso caseiro do cravo da Índia é um exemplo de como certas técnicas se incorporam à cultura popular. As donas de casa, atualmente, quando usam o cravo da Índia, não o relacionam com a sua função conservante, mas o utilizam por sua ação flavorizante ou por tradição. Sabendo que o princípio ativo mais abundante no cravo da Índia é o eugenol, estrutura representada abaixo, assinale a única alternativa **CORRETA**.



- A O eugenol apresenta fórmula molecular $C_8H_{12}O_2$.
 B O eugenol apresenta as funções éter e fenol.

- C O eugenol apresenta cinco carbonos sp^2 .
 D O eugenol apresenta cadeia fechada alicíclica.
 E O eugenol apresenta quatro ligações sigma.

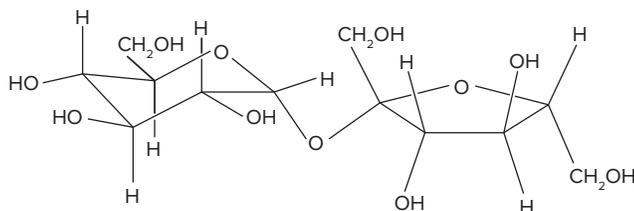
- 30 UEMG 2014** As figuras a seguir representam moléculas constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio.



Qual das figuras representa uma molécula pertencente à função álcool?

- A A. C C.
 B B. D D.

- 31 IbmeC-RJ 2013** A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), também conhecida como açúcar de mesa, é um tipo de glicídio formado por uma molécula de glicose e uma de uma frutose produzida pela planta ao realizar o processo de fotossíntese.

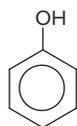


De acordo com a sua fórmula estrutural, indique as funções na molécula de sacarose:

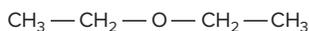
- A álcool e fenol
 B álcool e éter
 C álcool e cetona
 D cetona e álcool
 E éter e cetona

- 32 IFPE 2012** No livro *O século dos cirurgiões*, de Jürgen Thorwald, o autor enfatiza diversas substâncias químicas que mudaram a história da humanidade, entre elas: o fenol, que em 1865 era chamado de ácido carbólico e foi usado pelo médico Inglês Joseph Lister como bactericida, o que diminuiu a mortalidade por infecção hospitalar na Europa; o éter comum, usado pela 1ª vez em 1842, em Massachusetts (EUA), pelo cirurgião John Collins Warren como anestésico por inalação, que possibilitou a primeira cirurgia sem dor, e, por fim, o clorofórmio, usado em 1847 também como anestésico, mas posteriormente abandonado devido a sua toxidez.

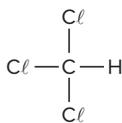
Abaixo estão expressas as fórmulas estruturais do ácido carbólico (fenol), éter e clorofórmio.



Fenol



Éter



Clorofórmio

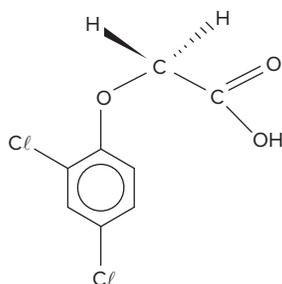
Observe as seguintes afirmações em relação às estruturas.

- I. O fenol pode ser chamado de hidróxi-benzeno.
- II. A nomenclatura Iupac do éter é etanoato de etila.
- III. O éter não apresenta ligações pi.
- IV. O clorofórmio é um haleto orgânico.
- V. Todos os carbonos do fenol são secundários.

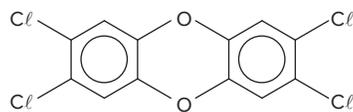
Está(ão) **correta(s)**:

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

- 33 Unesp** Durante a Guerra do Vietnã (década de 60 do século passado), foi usado um composto chamado agente laranja (ou 2,4-D) que, atuando como desfolhante das árvores, impedia que os soldados vietnamitas (os vietcongues) se ocultassem nas florestas durante os ataques dos bombardeiros. Esse material continha uma impureza, resultante do processo de sua fabricação, altamente cancerígena, chamada dioxina. As fórmulas estruturais para estes compostos são apresentadas a seguir.



2,4-D



Dioxina

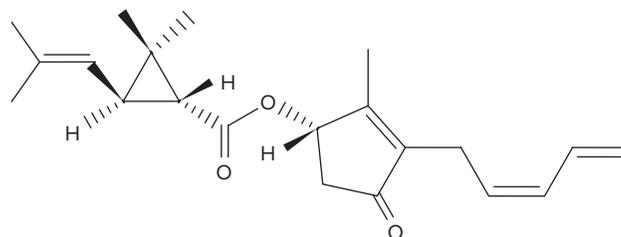
Esses compostos apresentam em comum as funções:

- A amina e ácido carboxílico.
- B ácido carboxílico e amida.
- C éter e haleto orgânico.
- D cetona e aldeído.
- E haleto orgânico e amida.

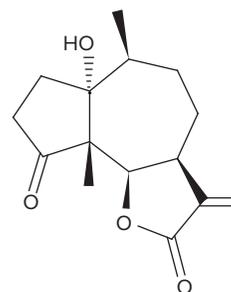
- 34 IFBA 2017** O ano de 2016 foi declarado Ano Internacional das Leguminosas (AIL) pela 68ª Assembleia Geral das Nações Unidas, tendo a Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) sido nomeada para facilitar a execução das atividades, em colaboração com os governos. Os agrotóxicos fazem

parte do cultivo de muitos alimentos (dentre eles as leguminosas) de muitos países com o objetivo de eliminar pragas que infestam as plantações. Porém, quando esses compostos são usados em excesso podem causar sérios problemas de intoxicação no organismo humano.

Na figura são apresentadas as estruturas químicas da Piretrina e da Coronopilina (agrotóxicos muito utilizados no combate a pragas nas plantações). Identifique as funções orgânicas presentes simultaneamente nas estruturas apresentadas:



Piretrina



Coronopilina

- A Éter e Éster.
- B Cetona e Éster.
- C Aldeído e Cetona.
- D Éter e Ácido Carboxílico.
- E Álcool e Cetona.

35 FMP 2017

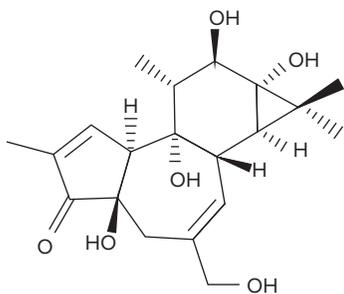
Árvore da morte

Esse é um dos seus nomes conhecidos, usado por quem convive com ela. Seus frutos, muito parecidos com maçãs, são cheirosos, doces e saborosos. Também é conhecida como Mancenilheira da Areia – mas “árvore da morte” é o apelido que melhor descreve a realidade.

Sua seiva leitosa contém forbol, um componente químico perigoso, e, só de encostar-se à árvore, a pele pode ficar horrivelmente queimada. Refugiar-se debaixo dos seus galhos durante uma chuva tropical também pode ser desastroso, porque até a seiva diluída pode causar uma erupção cutânea grave.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2016/06/a-arvore-da-morte-a-mais-perigosa-do-mundo-segundo-o-livro-dos-records.html>>. (Adapt.). Acesso em: 18 jul. 2016.

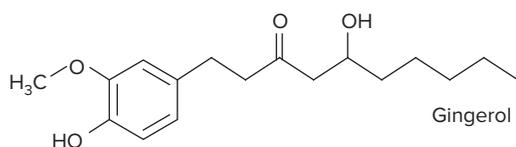
Considere a fórmula estrutural do forbol representada abaixo.



Uma das funções orgânicas e o nome de um dos grupos funcionais presentes em sua molécula são, respectivamente,

- A fenol e carbonila
- B cetona e carboxila
- C aldeído e hidroxila
- D álcool e carboxila
- E álcool e carbonila

- 36 UFJF 2017** O gengibre é uma planta herbácea originária da Ilha de Java, da Índia e da China, e é utilizado mundialmente na culinária para o preparo de pratos doces e salgados. Seu caule subterrâneo possui sabor picante, que se deve ao gingerol, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir:

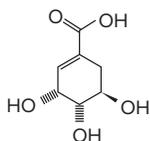


Quais funções orgânicas estão presentes na estrutura do gingerol?

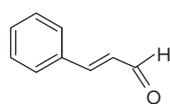
- A Éster, aldeído, álcool, ácido carboxílico.
- B Éster, cetona, fenol, ácido carboxílico.
- C Éter, aldeído, fenol, ácido carboxílico.
- D Éter, cetona, álcool, aldeído.
- E Éter, cetona, fenol, álcool.

- 37 IFSul 2017** Especiarias, como anis-estrelado, canela e cravo-da-índia, são deliciosas, sendo comumente utilizadas na gastronomia, devido aos seus deliciosos aromas. Também são utilizadas na fabricação de doces, como chicletes, balas e bolachas, na perfumaria e na aromatização de ambientes. Abaixo, temos as fórmulas estruturais de três compostos orgânicos, presentes no aroma dessas especiarias.

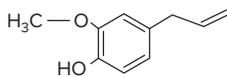
Anis-estrelado



Canela



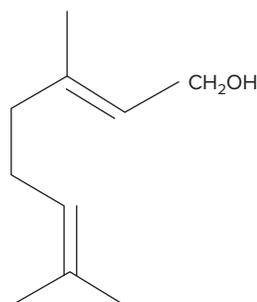
Cravo-da-índia



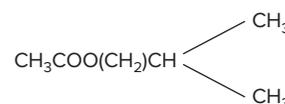
Esses compostos apresentam em suas fórmulas estruturais os grupos funcionais

- A álcool, cetona e fenol.
- B aldeído, álcool, éter e fenol.
- C aldeído, álcool, cetona e éter.
- D álcool, ácido carboxílico, éster e fenol.

- 38 Enem 2015** Uma forma de organização de um sistema biológico é a presença de sinais diversos utilizados pelos indivíduos para se comunicarem. No caso das abelhas da espécie *Apis mellifera*, os sinais utilizados podem ser feromônios. Para saírem e voltarem de suas colmeias, usam um feromônio que indica a trilha percorrida por elas (Composto A). Quando apresentem o perigo, expelem um feromônio de alarme (Composto B), que serve de sinal para um combate coletivo. O que diferencia cada um desses sinais utilizados pelas abelhas são as estruturas e funções orgânicas dos feromônios.



Composto A



Composto B

QUADROS, A. L. Os feromônios e o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 7, maio 1998. (Adapt.)

As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

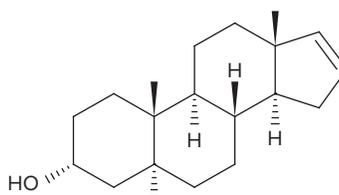
- A álcool e éster.
- B aldeído e cetona.
- C éter e hidrocarboneto.
- D enol e ácido carboxílico.
- E ácido carboxílico e amida.

- 39 Fatec 2017** Leia o texto.

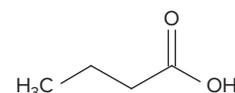
Feromônios são substâncias químicas secretadas pelos indivíduos que permitem a comunicação com outros seres vivos. Nos seres humanos, há evidências de que algumas substâncias, como o androstenol e a copulina, atuam como feromônios.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/hqfrxb>>. Acesso em: 17 set. 2016. (Adapt.)

As fórmulas estruturais do androstenol e da copulina encontram-se representadas:



Androstenol



Copulina

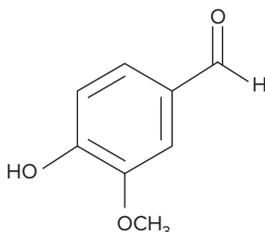
As funções orgânicas oxigenadas encontradas no androstenol e na copulina são, respectivamente,

- A fenol e ácido carboxílico. C álcool e aldeído. E fenol e éster.
 B álcool e ácido carboxílico. D álcool e cetona.

40 Uece 2018 O ácido butanoico tem um odor dos mais desagradáveis: está presente na manteiga rançosa, no cheiro de suor e no chulé. No entanto, ao reagir com etanol, forma o agradável aroma de abacaxi. Assinale a opção que apresenta corretamente o composto responsável por esse aroma e a respectiva função orgânica a que pertence.

- A hexanamida – amida. C hexanal – aldeído.
 B ácido 3-amino-hexanoico – aminoácido. D butanoato de etila – éster.

41 Unisc 2017 A vanilina (fórmula a seguir),



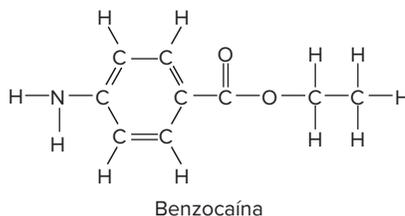
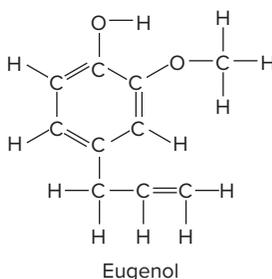
é o composto principal do aroma essencial da baunilha, largamente empregada como aromatizante em alimentos. Em sua estrutura química, observa-se a presença dos grupos funcionais das funções químicas

- A cetona, éster e fenol. C fenol, cetona, éter. E álcool, aldeído e éter.
 B cetona, álcool e fenol. D fenol, aldeído e éter.

42 IFPE 2016 Extrair um dente é um procedimento que não requer anestesia geral, sendo utilizados, nesses casos, os anestésicos locais, substâncias que insensibilizam o tato de uma região e, dessa forma, eliminam a sensação de dor. Você já pode ter entrado em contato com eles no dentista ou se o médico lhe receitou pomada para aliviar a dor de queimaduras.

Exemplos de anestésicos locais são o eugenol e a benzocaína, cujas fórmulas estruturais aparecem a seguir.

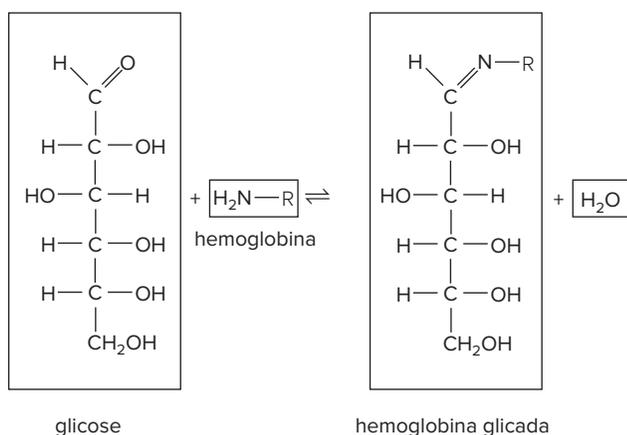
Exemplos de anestésicos locais



Sobre as estruturas acima, é **correto** afirmar que

- A o eugenol representa um hidrocarboneto insaturado.
 B a benzocaína possui uma estrutura saturada e homogênea.
 C as duas estruturas representam hidrocarbonetos insaturados e heterogêneos.
 D se verifica a presença de um grupo funcional ácido carboxílico no eugenol.
 E a benzocaína possui um grupo funcional amina e uma estrutura insaturada.

43 Uerj 2020 A hemoglobina glicada é um parâmetro de análise sanguínea que expressa a quantidade de glicose ligada às moléculas de hemoglobina. Essa ligação ocorre por meio da reação representada a seguir:



O grupamento funcional da molécula de glicose que reage com a hemoglobina corresponde à função orgânica denominada:

- A amina C cetona
 B álcool D aldeído

- 44 IFSul 2016** Uma substância orgânica que apresenta fórmula molecular $C_2H_4O_2$ deve ser classificada como
 A éter. C álcool.
 B ácido. D aldeído.

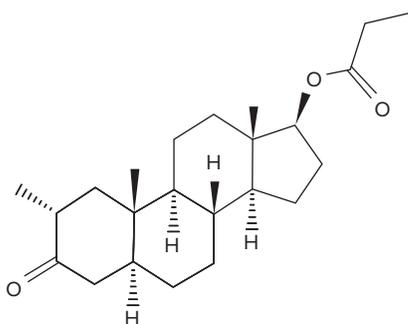
Texto para a questão **45**.

Considere o texto abaixo para responder à questão a seguir.

Anderson Silva ainda não deu sua versão sobre ter sido flagrado no exame *antidoping*, conforme divulgado na noite de terça-feira. O fato é que a drostanolona, substância encontrada em seu organismo, serve para aumentar a potência muscular – e traz uma série de problemas a curto e longo prazos.

Disponível em: <<http://sportv.globo.com/site/combate/noticia/2015/02/medica-explica-substancia-em-exame-de-anderson-silva-drostanolona.html>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

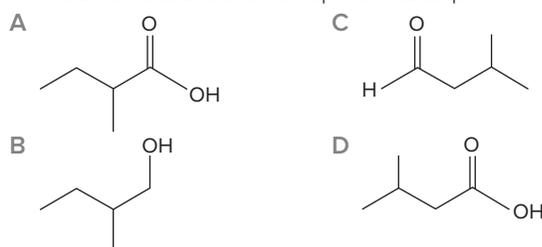
- 45 FMP 2016** O Propionato de Drostanolona é um esteroide, também conhecido pelo nome comercial Masteron, preferido entre os fisiculturistas, por apresentar uma série de vantagens sobre outras drogas sintéticas. Sua fórmula estrutural é



e apresenta as seguintes funções orgânicas:

- A aldeído e ácido carboxílico C éter e cetona
 B aldeído e éter D éster e fenol
 E éster e cetona

- 46 Uerj 2019** O acúmulo do ácido 3-metilbutanoico no organismo humano pode gerar transtornos à saúde. A fórmula estrutural desse é representada por:



Texto para a questão **47**.

Leia o texto para responder à questão.

Experiência – Escrever uma mensagem secreta no laboratório

Materiais e Reagentes Necessários

- Folha de papel
- Pincel fino
- Difusor
- Solução de fenolftaleína
- Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L ou solução saturada de hidróxido de cálcio

Procedimento Experimental

Utilizando uma solução incolor de fenolftaleína, escreva com um pincel fino uma mensagem numa folha de papel. A mensagem permanecerá invisível.

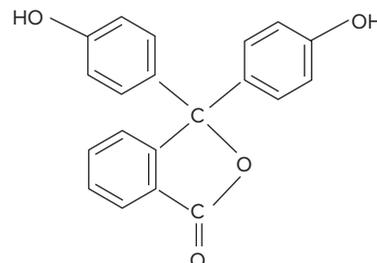
Para revelar essa mensagem, borrife a folha de papel com uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio, com o auxílio de um difusor. A mensagem aparecerá magicamente com a cor vermelha.

Explicação

A fenolftaleína é um indicador que fica vermelho na presença de soluções básicas; nesse caso, uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/o2vav8v>>. Acesso em: 31 ago. 2015. (Adapt.)

- 47 Fatec 2016** Observe a estrutura da fenolftaleína.



Além da função fenol, identificamos o grupo funcional pertencente à função

- A ácido carboxílico. D éster.
 B aldeído. E éter.
 C álcool.

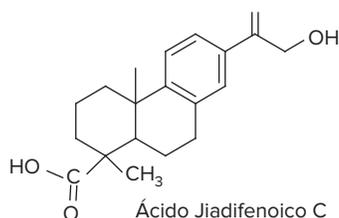
Texto para a questão **48**.

Leia o texto para responder à questão.

A torta do algodão, subproduto da extração do óleo das sementes, contém proteínas e energia, e pode ser usada para alimentação de animais. Entretanto, o uso é limitado devido à presença de gossipol entre os componentes da torta.

“Uso de subprodutos de algodão na nutrição de ruminantes”, 2010. Disponível em: <www.RCVT.org.br>. (Adapt.)

48 UFJF 2015 A seguir, está representada a estrutura química do ácido Jiadifenoico C, um potente antiviral de origem terpênica.



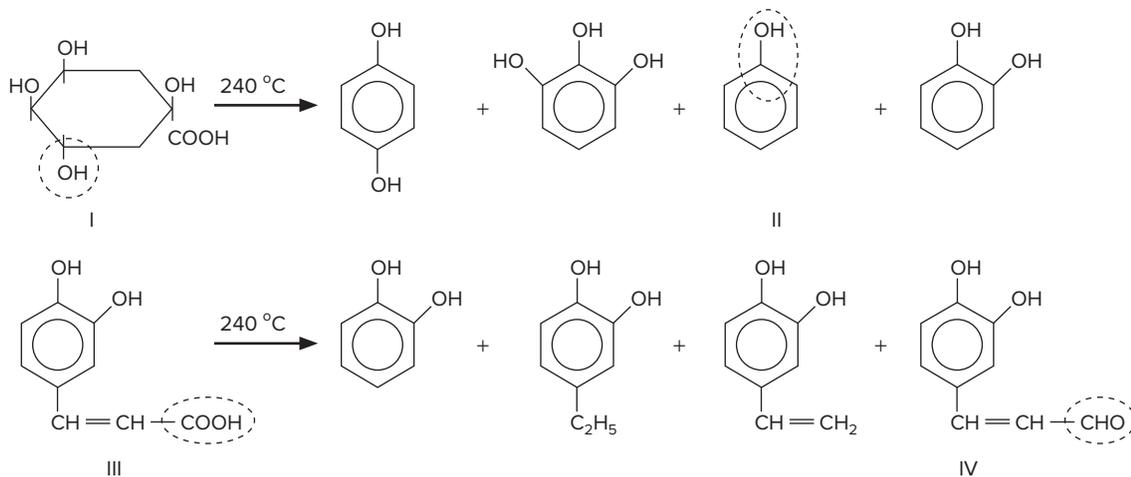
Sobre a estrutura do ácido Jiadifenoico C, são feitas as seguintes afirmações:

- I. notam-se nove átomos de carbonos com hibridização sp^2 .
- II. as funções orgânicas oxigenadas presentes são álcool e éster.
- III. o composto possui cinco átomos de carbono quaternário.
- IV. sua fórmula molecular é $C_{20}H_{26}O_3$.

Assinale a alternativa **correta**.

- A Apenas as afirmações I, II e IV são verdadeiras. D Apenas as afirmações II, III e IV são verdadeiras.
 B Apenas as afirmações I e IV são verdadeiras. E Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
 C Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.

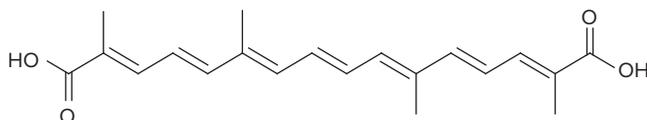
49 PUC-Campinas 2018 A matriz do café é extremamente complexa, e seu processamento (torrefação) dá origem a uma grande quantidade de compostos voláteis responsáveis pelo aroma desse produto. Duas dessas transformações que ocorrem durante a torrefação são apresentadas a seguir.



As estruturas assinaladas em I, II, III e IV são, respectivamente, características das classes funcionais:

- A álcool – fenol – ácido carboxílico – aldeído. D álcool – ácido carboxílico – cetona – aldeído.
 B fenol – álcool – cetona – aldeído. E fenol – álcool – ácido carboxílico – álcool.
 C ácido carboxílico – fenol – álcool – cetona.

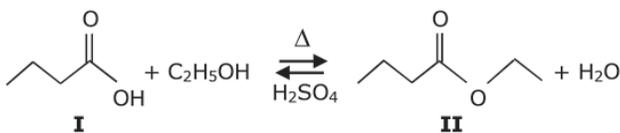
50 PUC-Rio 2015 A seguir está representada a estrutura da crocetina, uma substância natural encontrada no açafreão.



Nessa estrutura, está presente a seguinte função orgânica:

- A álcool.
- B cetona.
- C aldeído.
- D éter.
- E ácido carboxílico.

- 51 Uece 2018** Os flavorizantes são produzidos em grande quantidade em substituição às substâncias naturais. Por exemplo, a produção da essência de abacaxi usada em preparados para bolos é obtida através da reação de esterificação realizada com aquecimento intenso e sob refluxo. Atente aos compostos I e II apresentados a seguir:



Os nomes dos compostos orgânicos I e II são respectivamente

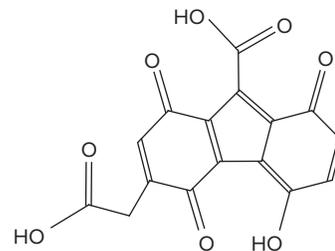
- A etóxi-etano e butanoato de etila.
- B ácido butanoico e butanoato de etila.
- C ácido butanoico e pentanoato de etila.
- D butanal e hexano-4-ona.

- 52 Uema 2015** A bactéria anaeróbia *Clostridium botulinum* é um habitante natural do solo que se introduz nos alimentos enlatados mal preparados e provoca o botulismo. Ela é absorvida no aparelho digestório e, cerca de 24 horas após a ingestão do alimento contaminado, começa a agir sobre o sistema nervoso periférico causando vômitos, constipação intestinal, paralisia ocular e afonia. Uma medida preventiva contra esse tipo de intoxicação é não consumir conservas alimentícias que apresentem a lata estufada e odor de ranço, devido à formação da substância $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$.

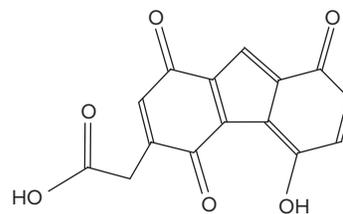
O composto químico identificado, no texto, é classificado como

- A cetona.
- B aldeído.
- C ácido carboxílico.
- D éster.
- E éter.

- 53 Uerj 2015** Na pele dos hipopótamos, encontra-se um tipo de protetor solar natural que contém os ácidos hipossudórico e nor-hipossudórico. O ácido hipossudórico possui ação protetora mais eficaz, devido à maior quantidade de um determinado grupamento presente em sua molécula, quando comparado com o ácido nor-hipossudórico, como se observa nas representações estruturais a seguir.



Ácido hipossudórico



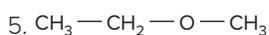
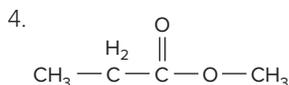
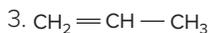
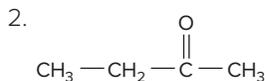
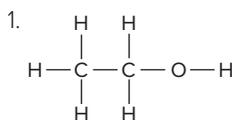
Ácido nor-hipossudórico

O grupamento responsável pelo efeito protetor mais eficaz é denominado:

- A nitrila
- B hidroxila
- C carbonila
- D carboxila

- 54 Imed 2015** Relacione os compostos orgânicos da Coluna 1 com o nome das suas respectivas funções orgânicas na Coluna 2.

Coluna 1



Coluna 2

Éter.

Alceno.

Éster.

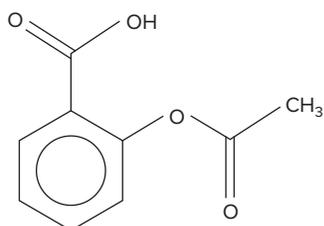
Cetona.

Álcool.

A ordem correta de preenchimento dos espaços, de cima para baixo, é:

- A 4-3-5-2-1.
- B 5-3-4-2-1.
- C 5-1-2-4-3.
- D 1-2-3-4-5.
- E 5-4-3-2-1.

- 55 EsPCEX 2015** A Aspirina foi um dos primeiros medicamentos sintéticos desenvolvido e ainda é um dos fármacos mais consumidos no mundo. Contém como princípio ativo o Ácido Acetilsalicílico (AAS), um analgésico e antipirético, de fórmula estrutural plana simplificada mostrada abaixo:



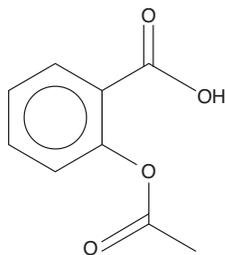
Fórmula estrutural plana do Ácido Acetilsalicílico

Considerando a fórmula estrutural plana simplificada do AAS, a alternativa que apresenta corretamente a fórmula molecular do composto e os grupos funcionais orgânicos presentes na estrutura é:

- A C₉H₈O₄; amina e ácido carboxílico.
- B C₁₀H₈O₄; éster e ácido carboxílico.
- C C₉H₄O₄; ácido carboxílico e éter.
- D C₁₀H₈O₄; éster e álcool.
- E C₉H₈O₄; éster e ácido carboxílico.

Texto para a questão 56.

Observe o remédio a seguir e sua composição para responder à questão.



Aspirina

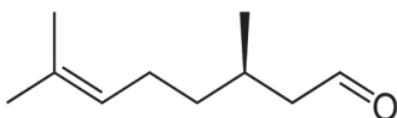
Disponível em: <<http://www.aspirina-ca.com/scripts/pages/es/home/index.php>>. Acesso em: 15 abr. 2015. (Adapt.)

56 IFSul 2015 Quais as funções orgânicas presentes no composto acima?

- A Ácido carboxílico e éster.
- B Ácido carboxílico e fenol.
- C Álcool e hidrocarboneto aromático.
- D Aldeído e ácido carboxílico.

57 IFSul 2017 A citronela, uma planta do gênero *Cymbopogon*, tem eficiência comprovada como repelente de insetos, especialmente mosquitos, pernilongos e borrachudos. Sua essência contém "citronelal", que também é utilizada em perfumes, velas, incensos e aromaterapia. Tem um aroma agradável e não é nocivo à saúde humana.

Fórmula estrutural do citronelal



Planta de citronela



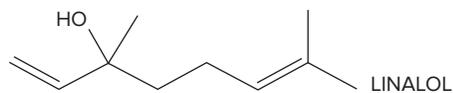
A nomenclatura oficial do composto citado é

- A 2,6-dimetil-oct-6-en-2-ol.
- B 3,7-dimetil-oct-6-en-1-ol.
- C 2,6-dimetil-oct-6-enal.
- D 3,7-dimetil-oct-6-enal.

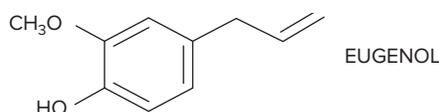
58 UEMG 2013 Óleos essenciais são compostos aromáticos voláteis extraídos de plantas aromáticas por processos de destilação, compressão de frutos ou extração com o uso de solventes. Geralmente, são altamente complexos, compostos às vezes de mais de uma centena de componentes químicos.

São encontrados em pequenas bolsas (glândulas secretoras) existentes na superfície de folhas, flores ou no interior de talos, cascas e raízes.

As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:



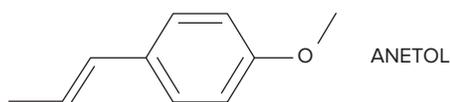
LINALOL



EUGENOL



CITRONELAL

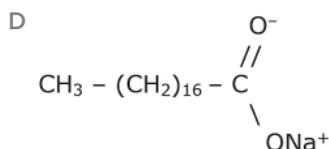
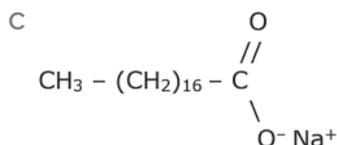
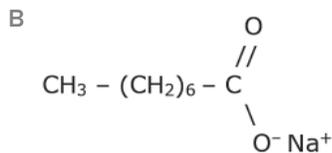
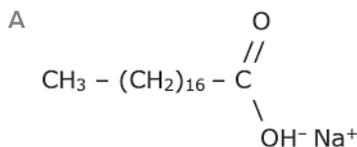


ANETOL

Em relação a esses compostos, é **correto** afirmar que

- A o linalol e o citronelal possuem mesma fórmula molecular.
- B o linalol é um álcool de cadeia carbônica não ramificada.
- C os óleos essenciais são compostos que possuem altas temperaturas de ebulição.
- D o citronelal é um ácido carboxílico de cadeia carbônica saturada.

- 59 Uece 2018** O ácido esteárico tem o nome sistemático de ácido octadecanoico. Assinale a opção que corresponde à estrutura do sabão de sódio que contém o ânion desse ácido.



- 60 Mackenzie 2018** Associe o composto orgânico à sua fórmula molecular.

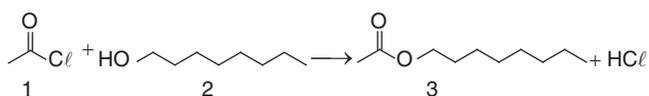
- | | | |
|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. benzaldeído | <input type="checkbox"/> | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ |
| 2. ácido benzoico | <input type="checkbox"/> | $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ |
| 3. álcool <i>t</i> -butílico | <input type="checkbox"/> | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ |
| 4. butanona | <input type="checkbox"/> | $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ |
| 5. acetato de etila | <input type="checkbox"/> | $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ |
| 6. ácido fênico | <input type="checkbox"/> | $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- A 3, 6, 5, 1, 2 e 4. D 5, 6, 4, 1, 3 e 2.
 B 3, 2, 4, 6, 5 e 1. E 4, 6, 5, 1, 2 e 3.
 C 4, 1, 5, 6, 2 e 3.

Texto para a questão **61**.

Substâncias químicas de interesse industrial podem ser obtidas por meio de extração de plantas, produzidas por micro-organismos, sintetizadas em laboratórios, entre outros processos de obtenção. Abaixo é apresentado um esquema de reação para obtenção de uma substância utilizada como flavorizante na indústria de alimentos.



- 61 UFPA 2013** A nomenclatura segundo a Iupac e a função química a que pertence a substância **3** são, respectivamente,

- A propanoato de *n*-nonila e aldeído.
 B etanoato de *n*-octila e éster.
 C metanoato de *n*-decila e cetona.
 D etanoato de *n*-decila e éster.
 E metanoato de *n*-heptila e cetona.

Texto para a questão **62**.

Xote ecológico

Não posso respirar, não posso mais nadar
 A terra está morrendo, não dá mais pra plantar
 Se planta não nasce se nasce não dá
 Até pinga da boa é difícil de encontrar
 Cadê a flor que estava aqui?
 Poluição comeu.
 E o peixe que é do mar?
 Poluição comeu
 E o verde onde que está?
 Poluição comeu
 Nem o Chico Mendes sobreviveu

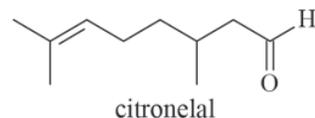
Composição: Luiz Gonzaga.

Do texto, a letra de música composta por Luiz Gonzaga, pode-se observar a preocupação do autor com o meio ambiente e o efeito da degradação deste na qualidade de um produto tipicamente brasileiro, a cachaça.

- 62 UEPB 2013** Dos produtos que podem ser componentes da cachaça, podem ser encontrados butano-1,4-diol, ácido acético, isobutanol e heptanoato de etila. A qual sequência de funções orgânicas, respectivamente, pertencem estes compostos?

- A Fenol, éster carboxílico, enol e anidrido ácido.
 B Éster, éster carboxílico, fenol e éster.
 C Fenol, ácido carboxílico, álcool e éster.
 D Álcool, ácido carboxílico, álcool e éster.
 E Álcool, ácido carboxílico, enol e sal de ácido carboxílico.

- 63 UEM 2018** O citronelal é um dos principais constituintes do óleo de citronela e possui propriedades repelentes contra insetos. Sobre o citronelal, assinale o for correto.

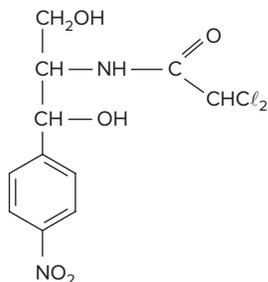


- 01 Possui apenas 2 elétrons π .
 02 É um composto alifático de cadeia carbônica ramificada.
 04 Apresenta cadeia carbônica insaturada e homogênea.
 08 Apresenta um grupo funcional aldeído.
 16 Também pode ser denominado de 3,7-dimetil-oct-6-enal.

Soma:

Aminas, amidas, nitrilas e nitrocompostos

- 64 PUC-Minas 2015** A estrutura do cloranfenicol, antibiótico de elevado espectro de ação, encontra-se apresentada abaixo:



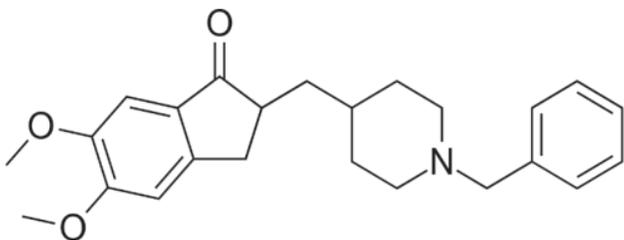
Sobre o cloranfenicol, fazem-se as seguintes afirmativas:

- I. Apresenta 6 carbonos sp^2 e 4 carbonos sp^3 .
- II. Possui a função amida em sua estrutura.
- III. Sua fórmula molecular é $C_{11}H_{12}O_5N_2Cl_2$.
- IV. É um hidrocarboneto alifático e ramificado.
- V. Possui a função nitrila em sua estrutura.

São **incorretas** as afirmativas:

- | | |
|-------------------|------------------------|
| A I, III, IV e V | C I, IV e V, apenas |
| B II, III, IV e V | D II, III e IV, apenas |

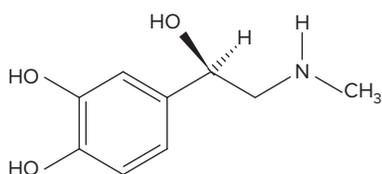
- 65 UFRGS 2019** O donepezil, representado abaixo, é um fármaco utilizado contra a doença de Alzheimer cujo sintoma inicial mais comum é a perda de memória de curto prazo, ou seja, a dificuldade de recordar eventos recentes.



Essa molécula apresenta as funções orgânicas

- | | |
|--------------------|-------------------|
| A amina e éster. | D amina e álcool. |
| B cetona e álcool. | E cetona e éter. |
| C éter e éster. | |

- 66 UFPA 2016** Na adrenalina, fórmula estrutural dada abaixo,

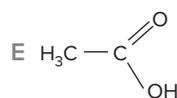
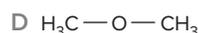
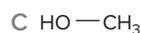
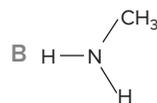
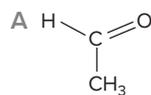


as funções orgânicas presentes são

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| A álcool e éter. | D álcool, fenol e amina. |
| B éster e fenol. | E fenol, amida e álcool. |
| C fenol e cetona. | |

- 67 IFBA 2016** Observe as substâncias e as funções orgânicas a seguir:

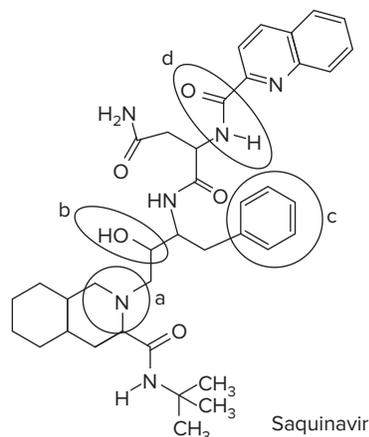
- I. Ácido carboxílico
- II. Aldeído
- III. Álcool
- IV. Amina
- V. Éter



A relação correta entre elas está representada na sequência

- A I-a; II-b; III-c; IV-d; V-e
- B I-a; II-b; III-d; IV-c; V-e
- C I-b; II-c; III-a; IV-e; V-d
- D I-c; II-d; III-e; IV-a; V-b
- E I-e; II-a; III-c; IV-b; V-d

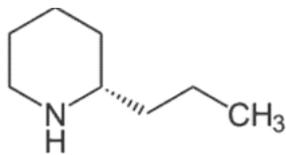
- 68 UFJF 2016** O saquinavir é um fármaco administrado a pessoas que possuem Sida (síndrome de imunodeficiência adquirida – Aids) e é capaz de inibir a HIV-protease do vírus evitando sua maturação.



As funções orgânicas destacadas em a, b, c e d representam, respectivamente:

- A Amida, álcool, anel aromático e amina.
- B Amina, álcool, anel aromático e amida.
- C Amina, fenol, alcano e amida.
- D Amina, fenol, anel aromático e amida.
- E Amida, álcool, alcano e anel amina.

- 69 Uece 2018** Aconiina é alcaloide venenoso. Suas propriedades tóxicas eram conhecidas desde a antiguidade e já eram usadas na época dos gregos como um veneno para ser administrado àqueles condenados à morte.



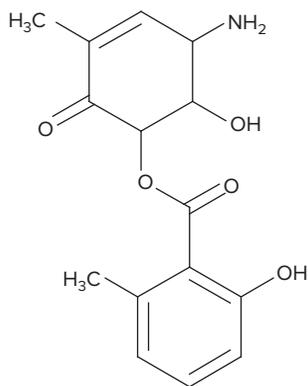
Coniina

Atente ao que se diz a seguir sobre essa substância:

- Contém carbono terciário.
- É um composto aromático.
- É um composto nitrogenado heterocíclico.
- Tem fórmula molecular $C_8H_{17}N$.

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

- 70 UFJF 2015** O composto a seguir, representado por sua estrutura química, é um metabólito importante de espécies de *Leishmania*.



As seguintes afirmações são feitas a respeito desse composto:

- sua massa molar é igual a 291 g/mol.
- o carbono diretamente ligado à função orgânica amina é classificado como secundário.
- todos os átomos de carbonos externos aos dois ciclos possuem hibridização sp^3 .
- sua estrutura química apresenta apenas um átomo de carbono quaternário.

Assinale a alternativa **correta**.

- A Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
B Apenas as afirmações II e IV são verdadeiras.
C Apenas as afirmações I, III e IV são verdadeiras.
D Apenas as afirmações II, III e IV são verdadeiras.
E Apenas as afirmações II e III são verdadeiras.

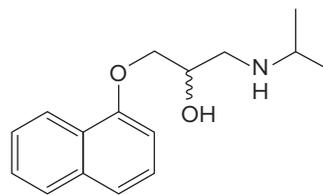
- 71 UPF 2015** Com relação às aminas, assinale a alternativa **correta**.

A Amina é todo composto orgânico derivado da amônia pela substituição de um, dois ou três nitrogênios por substituintes orgânicos.

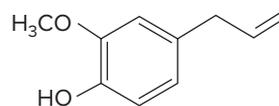
- B Aminas apresentam comportamento ácido em razão de terem, em sua composição, um átomo de nitrogênio que pode compartilhar seu par isolado.
C Aminas aromáticas apresentam comportamento básico mais acentuado do que as aminas alifáticas devido ao par de elétrons livres do átomo de nitrogênio entrar em ressonância com os elétrons do anel aromático.
D Aminas são compostos polares; as aminas primárias e as secundárias podem fazer ligações de hidrogênio, o que não ocorre com as terciárias.
E O composto butan-1-amina apresenta 4 átomos de carbono em sua estrutura e tem o átomo de nitrogênio entre átomos de carbono, como heteroátomo.

- 72 Uece 2015** Cada alternativa a seguir apresenta a estrutura de uma substância orgânica aplicada na área da medicina. Assinale a opção que associa corretamente a estrutura a suas funções orgânicas.

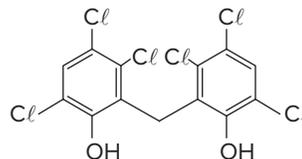
A O propranolol, fármaco anti-hipertensivo indicado para o tratamento e prevenção do infarto do miocárdio, contém as seguintes funções orgânicas: álcool e amida.



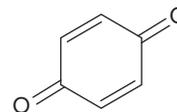
B O eugenol, que possui efeitos medicinais que auxiliam no tratamento de náuseas, flatulências, indigestão e diarreia, contém a função éter.



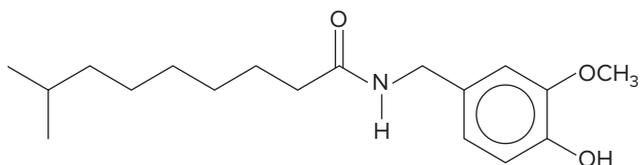
C O composto abaixo é um antisséptico que possui ação bacteriostática e detergente, e pertence à família dos álcoois aromáticos.



D O *p*-benzoquinona, usado como oxidante em síntese orgânica, é um éster cíclico.



- 73 PUC-Rio 2015** A seguir está representada a estrutura da di-hidrocapsaicina, uma substância comumente encontrada em pimentas e pimentões.



Na di-hidrocapsaicina, está presente, entre outras, a função orgânica

- A álcool. C amida. E aldeído.
B amina. D éster.

74 UEMG 2015

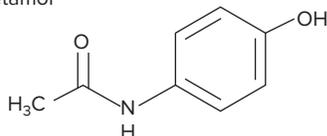
Anvisa suspende lote de paracetamol e de outros 3 remédios de laboratório

Quatro medicamentos produzidos por um laboratório brasileiro tiveram lotes suspensos por determinação da Anvisa e as decisões foram publicadas no Diário Oficial da União nesta quarta-feira. Dentre eles, o Paracetamol 500 mg, com validade para 11/2015, foi suspenso depois que um consumidor contactou o Procon para denunciar que havia um parafuso no lugar de um dos comprimidos, em uma das cartelas do medicamento. Após notificação do Procon, o laboratório já iniciou o recolhimento voluntário do lote, que foi distribuído em Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. O medicamento Cetoconazol 200 mg, indicado para tratamentos de infecções por fungos ou leveduras, teve suspenso o lote com validade para 06/2015. O motivo da suspensão foi uma queixa de um consumidor feita ao SAC do laboratório afirmando que encontrou um outro medicamento, o Atenolol 100 mg, na cartela do Cetoconazol. O atenolol é indicado para o controle de hipertensão arterial. O lote foi distribuído em Goiás, Amazonas, Alagoas, Bahia, Minas Gerais, Pará, Rio de Janeiro e São Paulo.

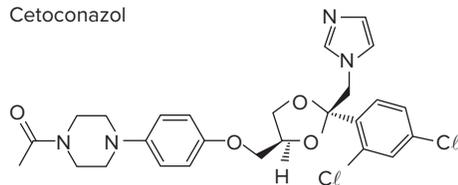
Disponível em: <<http://www.g1.globo.com>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

As estruturas do paracetamol, do cetoconazol e do atenolol são mostradas a seguir:

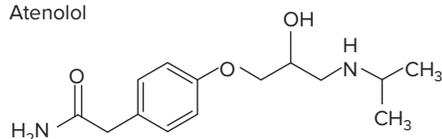
Paracetamol



Cetoconazol



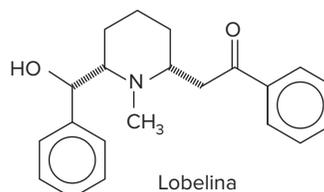
Atenolol



Apesar de serem indicadas para diferentes tratamentos, as três substâncias citadas apresentam, em comum, o grupo funcional

- A fenol.
B amina.
C amida.
D álcool.

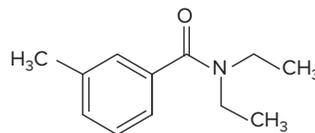
- 75 Uepa 2015** A imensa flora das Américas deu significativas contribuições à terapêutica, como a descoberta da lobelina (figura abaixo), molécula polifuncionalizada isolada da planta *Lobelianicotinaefolia* e usada por tribos indígenas que fumavam suas folhas secas para aliviar os sintomas da asma.



Sobre a estrutura química da lobelina, é correto afirmar que:

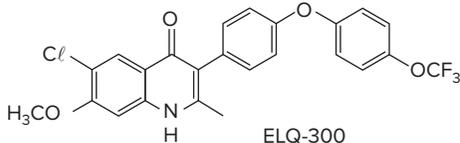
- A possui uma amina terciária
B possui um aldeído
C possui um carbono primário
D possui uma amida
E possui um fenol

- 76 Uece 2015** Em 2015, a dengue tem aumentado muito no Brasil. De acordo com o Ministério da Saúde, no período de 4 de janeiro a 18 de abril de 2015, foram registrados 745.957 casos notificados de dengue no País. A região Sudeste teve o maior número de casos notificados (489.636 casos; 65,6%) em relação ao total do País, seguida da região Nordeste (97.591 casos; 13,1%). A forma mais grave da enfermidade pode ser mortal: nesse período, teve-se a confirmação de 229 óbitos, o que representa um aumento de 45% em comparação com o mesmo período de 2014. São recomendados contra o *Aedes aegypti* repelentes baseados no composto químico que apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Pela nomenclatura da Iupac, o nome correto desse composto é

- A N,N-Dimetil-3-metilbenzamida.
B N,N-Dietil-benzamida.
C N,N-Dimetil-benzamida.
D N,N-Dietil-3-metilbenzamida.
- 77 UFRGS 2015** O ELQ-300 faz parte de uma nova classe de drogas para o tratamento de malária. Testes mostraram que o ELQ-300 é muito superior aos medicamentos usados atualmente no quesito de desenvolvimento de resistência pelo parasita.



São funções orgânicas presentes no ELQ-300

- A amina e cetona.
- B amina e éster.
- C amida e cetona.
- D cetona e éster.
- E éter e ácido carboxílico.

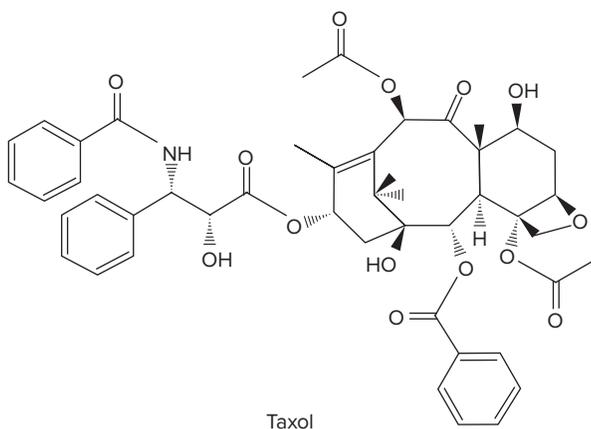
78 UFSM 2015 Em busca de novas drogas para a cura do câncer, cientistas, no início da década de 1960, desenvolveram um programa para analisar ativos em amostras de material vegetal. Dentre as amostras, encontrava-se o extrato da casca do teixo-do-pacífico, *Taxus brevifolia*. Esse extrato mostrou-se bastante eficaz no tratamento de câncer de ovário e de mama.

No entanto, a árvore apresenta crescimento muito lento e, para a produção de 1.000 g de taxol, são necessárias as cascas de 3.000 árvores de teixo de 100 anos, ou seja, para tratar de um paciente com câncer, seria necessário o corte e processamento de 6 árvores centenárias.

O notável sucesso do taxol no tratamento do câncer estimulou esforços para isolar e sintetizar novas substâncias que possam curar doenças e que sejam ainda mais eficazes que essa droga.

BETTELHEIM, F. A. *Introdução à química geral, orgânica e bioquímica*. São Paulo: Saraiva, 2012. p. 276.

Observe, então, a estrutura:

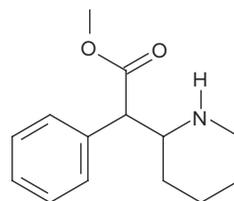


Observando a molécula do taxol, é **correto** afirmar que, dentre as funções orgânicas presentes, estão

- A álcool, amida e éster.
- B cetona, fenol e éster.
- C amida, ácido carboxílico e cetona.
- D álcool, ácido carboxílico e éter.
- E éter, éster e amina.

79 UCS 2015 Em dez anos, a importação e a produção de **metilfenidato** – mais conhecido como *ritalina*, cresceram 373% no País. A maior disponibilidade do medicamento no mercado nacional impulsionou um

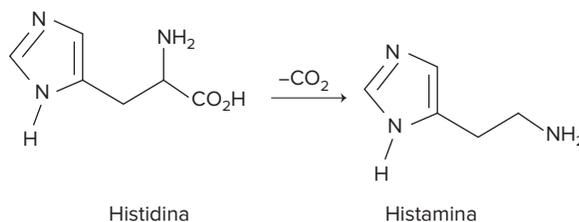
aumento de 775% no consumo da droga, usada no tratamento do transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). O remédio é usado principalmente em crianças e adolescentes, os mais afetados pelo transtorno. Para especialistas, a alta no uso do medicamento reflete maior conhecimento da doença e aumento de diagnósticos, mas também levanta o alerta de uso indevido da substância, até por pessoas saudáveis que buscam “aumentar” o rendimento em atividades intelectuais. A estrutura química do **metilfenidato** encontra-se representada abaixo.



Assinale a alternativa correta sobre a molécula do metilfenidato.

- A Possui as funções orgânicas amina, ácido carboxílico e fenol.
- B Apresenta quatro átomos de carbono terciários.
- C É um hidrocarboneto alifático com núcleos condensados.
- D Possui ligações π em ressonância.
- E Apresenta quatro átomos de carbono hibridizados na forma sp^2 .

80 PUC-Rio 2014 A histamina é uma substância que pode ser encontrada no organismo humano, proveniente da descarboxilação da histidina, conforme representado a seguir.

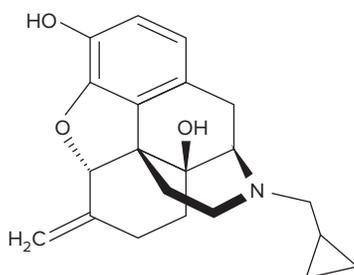


Nas estruturas de histidina e histamina, estão presentes as funções orgânicas:

- A amida e amina.
- B aldeído e amina.
- C aldeído e amida.
- D ácido carboxílico e amina.
- E ácido carboxílico e amida.

81 Acafe 2014 No jornal *Folha de S. Paulo*, de 5 de novembro de 2013, foi publicada uma reportagem sobre um medicamento que é uma nova esperança contra o alcoolismo: “[...] O nalmefeno ajudou dependentes a reduzir o consumo de álcool em 60% inibindo a sensação de euforia causada pelo álcool e reduzindo, assim, a vontade de continuar bebendo. [...]”.

Fórmula estrutural da molécula de nalmeveno:



Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos é correto afirmar, **exceto**:

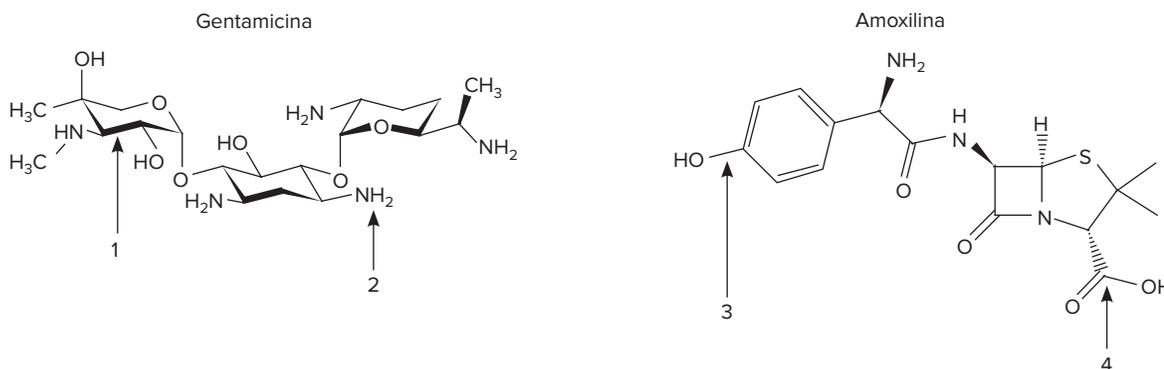
- A Na molécula de nalmeveno existe a função química álcool.
- B Na molécula de nalmeveno existe a função química amina.
- C Na molécula de nalmeveno existe a função química éster.
- D Na molécula de nalmeveno existe a função química fenol.

82 Uece 2020 As funções orgânicas são determinadas pelas estruturas e agrupam compostos orgânicos com características semelhantes. Compostos oxitrogenados pertencem às funções de

- A aminas.
- B nitrilas.
- C amidas.
- D isonitrilos.

83 PUC-RS 2014 Analise as informações a seguir.

O uso de antibióticos é um dos grandes recursos da medicina moderna para o tratamento de infecções bacterianas. Há várias classes de antibióticos atualmente em uso, e a cada ano novas fórmulas são apresentadas, tendo em vista o desenvolvimento progressivo de resistência entre as variedades de bactérias. As fórmulas estruturais abaixo mostram dois antibióticos de uso comum, a gentamicina e a amoxicilina. As setas 1, 2, 3 e 4 indicam diferentes características ou grupos funcionais presentes nas moléculas.

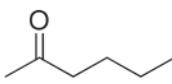


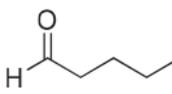
As setas 1, 2, 3 e 4 indicam, respectivamente:

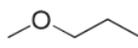
- A anel aromático – amina – álcool – alceno.
- B anel não aromático – éter – fenol – cetona.
- C anel aromático – amida – álcool – aldeído.
- D anel não aromático – amina – fenol – ácido carboxílico.
- E anel aromático – éter – álcool – éster.

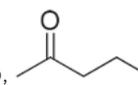
84 UFJF/Pism II 2018 A estrutura química ou nomenclatura de cinco compostos orgânicos diferentes estão mostradas a seguir. Assinale a alternativa que correlaciona corretamente cada composto com o que se pede no quadro.

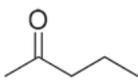
		pentan-2-ona		
↓	↓	↓	↓	↓
Hibridização do átomo de carbono C-1	Classificação de C-1	Estrutura Química	Função Orgânica	Nomenclatura IUPAC

A hibridização sp^3 , carbono secundário, , amida, etanoato de etila.

B hibridização sp^2 , carbono secundário, , cetona, propanoato de metila.

C hibridização sp , carbono primário, , ester, etanoato de metila.

D hibridização sp^2 , carbono primário, , amida, propanoato de etila.

E hibridização sp , carbono primário, , amina, ácido propanóico.

85 Udesc 2019 São chamadas de funções químicas os grupos de substâncias que apresentam propriedades químicas e comportamentos semelhantes. Na química orgânica, as chamadas “funções orgânicas” são os compostos que têm comportamento químico similar devido à presença de um grupo funcional característico. São exemplos de funções orgânicas: álcoois, ésteres, éteres, amidas, aminas e ácidos carboxílicos.

Assinale a alternativa que contém os compostos que fazem parte das funções éster, amina e éter, respectivamente.

A etanoato de propila; N,N-dimetilanilina; metoxibutano.

B etoximetano; trietilamina; éter etílico.

C metoxibutano; 2-fenilcetamida; éter isopropílico.

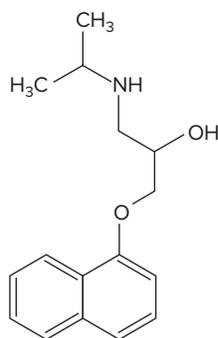
D acetato de etila; propanamida; fenol.

E etoximetano; tributilamina; butanoato de etila.

Texto para a questão **86**.

Em todos os jogos olímpicos há sempre uma grande preocupação do Comitê Olímpico em relação ao *doping*. Entre as classes de substâncias dopantes, os betabloqueadores atuam no organismo como diminuidores dos batimentos cardíacos e como antiangiolíticos.

O propranolol foi um dos primeiros betabloqueadores de sucesso desenvolvidos e é uma substância proibida em jogos olímpicos.



Propranolol

86 Unesp 2014 A partir da análise da fórmula estrutural do propranolol, assinale a alternativa que apresenta corretamente sua fórmula molecular e as funções orgânicas presentes.

A $C_{16}H_{21}NO_2$, amina, álcool e éter.

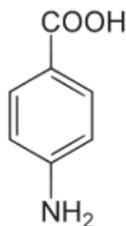
B $C_{16}H_8NO_2$, amida, fenol e éter.

C $C_{16}H_{21}NO_2$, amida, álcool e éter.

D $C_{16}H_8NO_2$, amina, álcool e éster.

E $C_{16}H_8NO_2$, amina, álcool e éter.

87 UnitaU 2019 A figura abaixo representa uma molécula importante na síntese da vitamina B9 (ácido fólico) realizada pelas bactérias intestinais.



Com relação a essa molécula, afirma-se:

- I. É um composto de função mista e que apresenta uma função aldeído.
- II. O nome é ácido p-aminobenzoico.
- III. Apresenta um anel aromático, com duas ramificações.
- IV. Apresenta uma função nitrila.

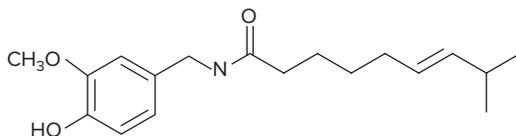
Está CORRETO o que se afirma em:

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

88 UEMG 2013 O composto químico capsaicina (8-metil-N-vanilil-1,6-nonamida) é o componente ativo das pimentas. É irritante para os mamíferos, uma vez que produz uma sensação de queimação em qualquer tecido com que entre em contato, entretanto as sementes das plantas *Capsicum* são dispersas por pássaros, nos quais a capsaicina age como analgésico, em vez de irritar.

A capsaicina e diversos componentes correlatos são conhecidos como capsaicinoides e são produzidos como um metabólico secundário pelas pimentas chili, provavelmente como barreiras contra os herbívoros. A capsaicina pura é um composto hidrofóbico, incolor, inodoro.

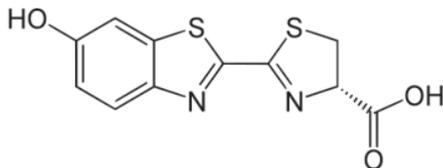
A fórmula estrutural plana da capsaicina está representada a seguir:



É **correto** afirmar que a capsaicina

- A possui as funções orgânicas éster, álcool e cetona.
- B é insolúvel em água.
- C é uma cadeia carbônica homogênea e saturada.
- D tem cor e odor característicos.

89 IFSul 2018 A luciferina é uma substância química presente em organismos bioluminescentes (como os vagalumes) que, quando oxidada, produz luz de cor azul esverdeada quase sem emitir calor. Este processo biológico é designado por bioluminescência e a fórmula estrutural dessa substância é descrita abaixo.

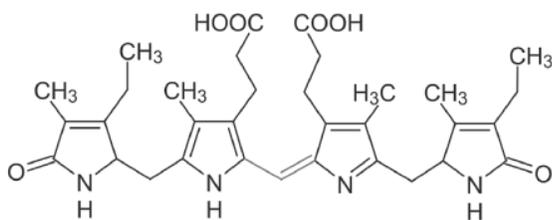


A luciferina apresenta em sua estrutura diferentes grupos funcionais, tais como os referentes às funções

- A fenol e aldeído.
- B álcool e aldeído.
- C fenol e ácido carboxílico.
- D álcool e ácido carboxílico.

90 IFBA 2018 A cor amarela do xixi se deve a uma substância chamada urobilina, formada em nosso organismo a partir da degradação da hemoglobina. A hemoglobina liberada pelas hemácias, por exemplo, é quebrada ainda no sangue, formando compostos menores que são absorvidos pelo fígado, passam pelo intestino e retornam ao fígado, onde são finalmente transformados em urobilina. Em seguida, a substância de cor amarelada vai para os rins e se transforma em urina, junto com uma parte da água que bebemos e outros ingredientes. Xixi amarelo demais pode indicar que você

não está bebendo água o suficiente. O ideal é que a urina seja bem clarinha.



Quais são as funções orgânicas representadas na estrutura da urobilina?

- A Aldeído, Ácido Carboxílico e Cetona.
- B Amida, Amina, Ácido Carboxílico.
- C Cetona, Amina e Hidrocarboneto.
- D Ácido Carboxílico, Amida e Fenol.
- E Fenol, Amina e Amida.

Texto complementar

Nomenclatura de função mista

Quando um composto orgânico apresenta dois ou mais grupos funcionais diferentes, é denominado composto de função mista.

O método de escolha para nomear esse tipo de composto é o sistema de nomenclatura substitutiva, que, segundo a Iupac, deve seguir o modelo:

Prefixo + infixo + sufixo

Para nomear compostos de função mista, a Iupac produziu uma ordem de prioridade de grupos funcionais, conforme mostrado na tabela a seguir.

Prioridade mais elevada		
	1	Ácido carboxílico
	2	Éster
	3	Amida
	4	Nitrila
	5	Aldeído
	6	Cetona
	7	Álcool e fenol
	8	Tiol
	9	Amina
	10	Éter
	11	Haleto orgânico
	12	Nitrocomposto
Prioridade mais baixa		

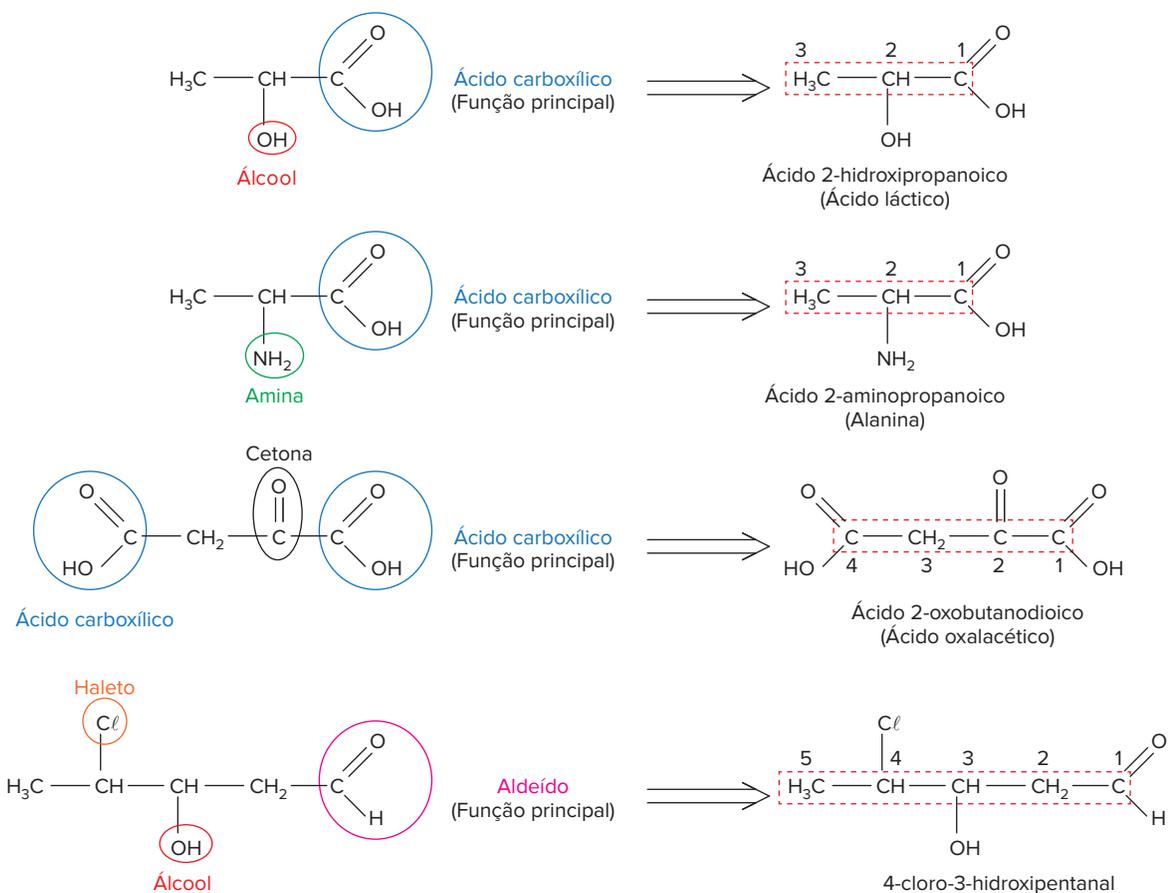
Prioridade das funções orgânicas.

Dessa forma, apenas uma das funções presentes no composto será indicada por um sufixo; as demais serão indicadas por prefixo, conforme indicado na próxima tabela.

Função	Fórmula	Prefixo
Éster	-COO-R	(R)-oxicarbonil-
Amida	-CO-NH ₂	Carbamoil-
Nitrila	-CN	Ciano-
Aldeído	-CHO	Oxo- ou formil-
Cetona	-CO-	Oxo-
Álcool e fenol	-OH	Hidróxi-
Tiol	-SH	Sulfanil
Amina	-NH ₂	Amino-
Éter	-O-R	(R)-oxi-
Haleto orgânico	-F	Fluoro
	-Cl	Cloro
	-Br	Bromo
	-I	Iodo
Nitrocomposto	-NO ₂	Nitro

Funções orgânicas e seus prefixos.

Observe alguns exemplos:

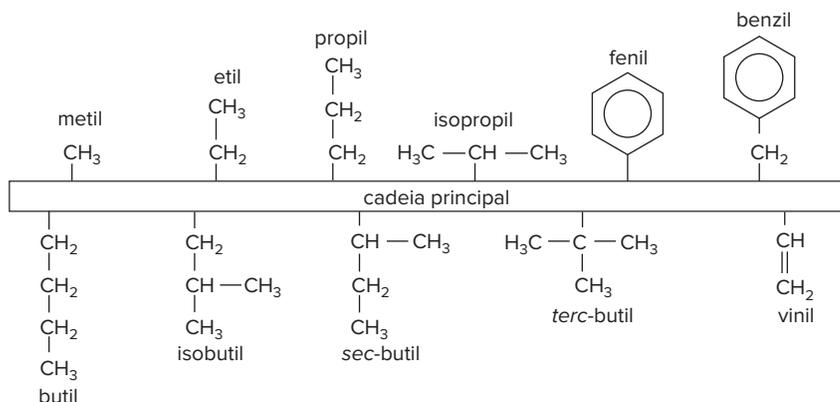


Resumindo

- A nomenclatura substitutiva dos compostos orgânicos é constituída conforme o esquema a seguir:

Ramificações	Cadeias fechadas	Nome da cadeia principal		
		Prefixo	Infixo	Sufixo
Prefixo + il	Ciclo	Número de carbonos	Tipo de ligação	Função orgânica

- A cadeia principal é aquela que apresenta a maior sequência de carbonos que contém: 1^o – os grupos funcionais; 2^o – as insaturações; 3^o – as cíclicas; 4^o – o maior número de ramificações.
- A numeração da cadeia principal deve começar pela extremidade mais próxima do grupo funcional, insaturações ou ramificações, nessa ordem de prioridade. As principais ramificações são:



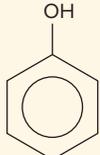
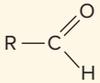
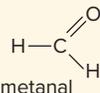
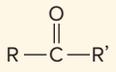
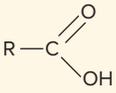
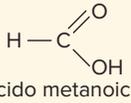
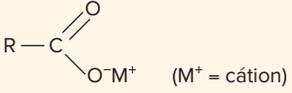
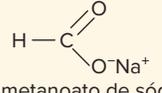
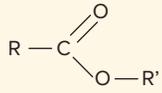
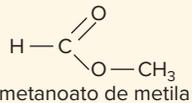
- As ramificações devem ser citadas antes do nome da cadeia principal, antecedidas pela sua localização e em ordem alfabética.
- Funções orgânicas:

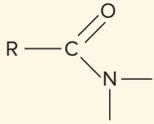
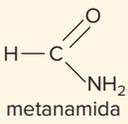
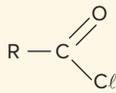
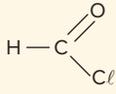
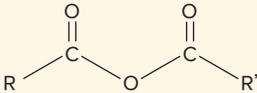
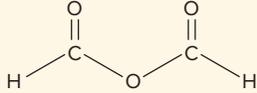
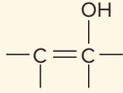
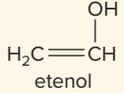
Hidrocarbonetos são compostos formados exclusivamente por carbono e hidrogênio. Apresentam fórmula geral C_xH_y .

A função hidrocarboneto é dividida em subfunções de acordo com a classificação de sua cadeia.

Cadeia aberta (Alifática)	Alcanos (C_nH_{2n+2})		Cadeia saturada
	Alcenos (C_nH_{2n})		Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Alcinos (C_nH_{2n-2})		Cadeia insaturada por uma ligação tripla
	Alcadienos (C_nH_{2n-2})		Cadeia insaturada por duas ligações duplas
Cadeia fechada	Alicíclicas	Cicloalcanos (C_nH_{2n})	Cadeia saturada
		Cicloalcenos (C_nH_{2n-2})	Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Aromáticos		Apresentam núcleo ou anel aromático (ressonância eletrônica)

- Resumo das funções orgânicas:

Função	Grupo funcional	Sufixo	Exemplo
Hidrocarboneto	Apenas C e H	o	CH_4 metano
Haleto orgânico	$R-X$ ($X = F, Cl, Br$ ou I)	o	CH_3-Cl clorometano
Álcool	$R-OH$ ($R =$ carbono saturado)	ol	H_3C-OH metanol
Fenol	$Ar-OH$ ($Ar =$ aromático)	ol	 benzenol
Éter	$R-O-R'$	oxi	$H_3C-O-CH_3$ metoximetano
Aldeído		al	 metanal
Cetona		ona	$H_3C-C(=O)-CH_3$ propanona
Ácido carboxílico		oico	 ácido metanoico
Sal de ácido carboxílico	 ($M^+ =$ cátion)	oato de	 metanoato de sódio
Éster orgânico		oato de	 metanoato de metila

Função	Grupo funcional	Sufixo	Exemplo
Amina	$R-NH_2$ $R-NH-R'$ $R-\underset{\substack{ \\ R''}}{N}-R'$	amina	H_3C-NH_2 metilamina
Amida		amida	 metanamida
Nitrila	$R-C \equiv N$	nitrila	H_3C-CN etanonitrila
Nitrocomposto	$R-NO_2$	o	H_3C-NO_2 nitrometano
Cloreto de ácido carboxílico		oila	 cloreto de metanoíla
Anidrido		oico	 anidrido metanoico
Ácido sulfônico	$R-SO_3H$	sulfônico	H_3C-SO_3H ácido metanossulfônico
Sal de ácido sulfônico	$R-SO_3^-M^+$ (M^+ = cátion)	sulfonato de	$H_3C-SO_3^-Na^+$ metanossulfonato de sódio
Tioálcool	$R-SH$ (R = carbono saturado)	tiol	H_3C-SH metanotiol
Tioéter	$R-S-R'$	–	$H_3C-S-CH_3$ sulfeto de dimetila
enol		ol	 etenol

Quer saber mais?

Compostos orgânicos



Livro

- **IUPAC.** *Guia Iupac para a nomenclatura de compostos orgânicos.* Lisboa: Editora Lidel, 2010.



Sites

- Página da União Internacional de Química Aplicada
<www.iupac.org>

- Recomendação da IUPAC para a nomenclatura de moléculas orgânicas

<<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc13/v13a05.pdf>>



Filme

- **O óleo de Lorenzo.** Direção: George Miller. Estados Unidos: Universal Pictures, 1992. 135 min.

Exercícios complementares

1 Uerj A análise qualitativa de uma substância orgânica desconhecida revelou a presença de carbono, oxigênio e hidrogênio.

Podemos afirmar que essa substância não pertence à função denominada:

- A éster.
- B fenol.
- C hidrocarboneto.
- D ácido carboxílico.

2 Fatec O Gás Liquefeito de Petróleo, GLP, é uma mistura de propano, C_3H_8 , e butano, C_4H_{10} . Logo, esse gás é uma mistura de hidrocarbonetos da classe dos:

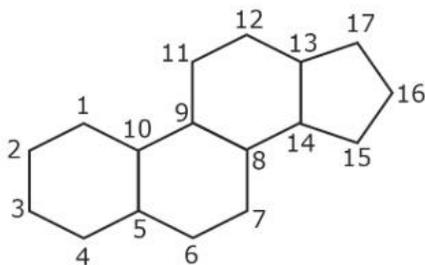
- A alcanos.
- B alcenos.
- C alcinos.
- D cicloalcanos.
- E cicloalcenos.

3 Uema 2015 Diversos produtos tão comuns em nosso dia a dia são obtidos a partir de alcenos, hidrocarbonetos de cadeia aberta que contêm uma dupla ligação com fórmula geral C_nH_{2n} , por exemplo: plásticos, tecidos sintéticos, corantes e, até mesmo, explosivos. O eteno costuma ser utilizado como anestésico em intervenções cirúrgicas e no amadurecimento de frutas, mostrando que eles têm importâncias estratégicas para diferentes atividades humanas.

Fonte: Disponível em: <www.brasile Escola.com/quimica/alcenos.htm>. Acesso em: 12 set. 2014.

Escreva a fórmula estrutural e nome, oficialmente, o terceiro composto da série desse hidrocarboneto.

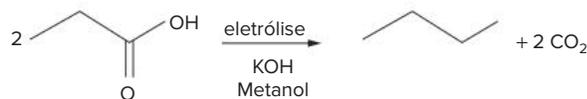
4 Uece 2020 Presentes em quase todas as formas de vida e sintetizados pelos próprios organismos, os esteroides fazem parte de um grupo complexo de compostos que interagem para a manutenção da vida. Fazendo parte de uma classe de lipídios, quando analisados do ponto de vista químico, os esteroides são identificados como compostos lipossolúveis, derivados de triterpenos tetracíclicos. No corpo humano, destacam-se os esteroides colesterol, testosterona e estradiol. A classe dos esteroides deriva do anel orgânico ciclopentanoperidrofenantreno, cuja estrutura é a seguinte:



Com relação a essa estrutura, é correto afirmar que:

- A existem 24 átomos de hidrogênio ligados a todos os átomos de carbono secundário.
- B o total de átomos de carbonos primários e terciários é 6.
- C o anel orgânico ciclopentanoperidrofenantreno é aromático
- D como essa estrutura pertence à classe dos lipídios, trata-se de um carboidrato.

5 Enem 2015 Hidrocarbonetos podem ser obtidos em laboratório por descarboxilação oxidativa anódica, processo conhecido como eletrossíntese de Kolbe. Essa reação é utilizada na síntese de hidrocarbonetos diversos, a partir de óleos vegetais, os quais podem ser empregados como fontes alternativas de energia, em substituição aos hidrocarbonetos fósseis. O esquema ilustra simplificada esse processo.



AZEVEDO, D. C.; GOULART, M. O. F. Estereosseletividade em reações eletródicas. *Química Nova*, n. 2, 1997. (Adapt.)

Com base nesse processo, o hidrocarboneto produzido na eletrólise do ácido 3,3-dimetil-butanoico é o

- A 2,2,7,7-tetrametil-octano.
- B 3,3,4,4-tetrametil-hexano.
- C 2,2,5,5-tetrametil-hexano.
- D 3,3,6,6-tetrametil-octano.
- E 2,2,4,4-tetrametil-hexano.

6 Mackenzie Quase nada se sabe sobre o destino do lixo industrial perigoso produzido no Brasil até meados de 1976. Como muitas substâncias do lixo perigoso são resistentes ao tempo, esse passado de poluição está começando a vir à tona. No solo de um conjunto habitacional da Grande São Paulo, constatou-se a presença de 44 contaminantes. Dentre eles, destacam-se o trimetil-benzeno, o clorobenzeno, o decano, além de um de fórmula molecular C_6H_6 , que é considerado o mais tóxico.

Folha de S.Paulo, 28 ago. 2001. (Adapt.)

Na substância trimetil-benzeno, o anel benzênico é ramificado por radicais:

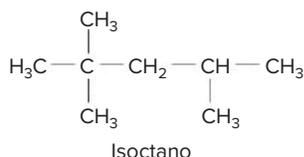
- A H_3C
- B $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2$
- C $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH \end{array}$
- D $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ H_3C-C-CH_3 \end{array}$
- E H_3C-CH_2

7 UEM Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 A ligação dupla de um alceno é formada por uma ligação σ mais forte e uma ligação π mais fraca.
02 A ligação tripla de um alcino é mais longa que a ligação simples de um alceno.
04 No 2-metil-pent-2-eno, todos os carbonos apresentam hibridização sp^3 .
08 Um composto com fórmula molecular C_6H_{12} pode ser um hidrocarboneto de cadeia cíclica e saturada.
16 O gás natural é formado principalmente por propano e butano.

Soma:

8 UFRRJ O isoctano e outras moléculas de hidrocarbonetos ramificados são mais desejáveis, nas gasolinas comerciais, do que moléculas de cadeia linear, uma vez que estas sofrem ignição de forma explosiva, causando até perda de potência.



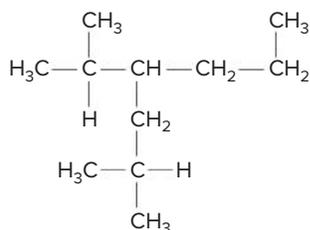
Assinale a opção que apresenta a nomenclatura correta do isoctano.

- A 2,2,3-trimetilpentano. D 2,2,3-dimetilpentano.
B 2,2,4-trimetilpentano. E 2,2,4-trimetil-hexano.
C 2,2,4-trimetilbutano.

9 FGV A destilação de hulha produz uma série de compostos, um dos quais é um hidrocarboneto de massa molar 78 g/mol. Considerando-se que as massas molares do carbono, hidrogênio e oxigênio são, respectivamente, 12, 1 e 16 g/mol, concluímos que esse hidrocarboneto é:

- A hexeno. D ciclopentano.
B benzeno. E hexano.
C pentano.

10 UFPE De acordo com a estrutura do composto orgânico, cuja fórmula está esquematizada a seguir, podemos dizer que:



- o composto é um hidrocarboneto de fórmula $C_{11}H_{24}$.
 o composto apresenta somente carbonos sp^3 .
 o nome correto do composto, segundo a IUPAC, é 2-metil-4-isopropil-heptano.
 o composto é um carboidrato de fórmula $C_{11}H_{24}$.
 o hidrocarboneto aromático possui ligações σ e π .

11 UEM Sabendo-se que um composto apresenta fórmula molecular C_8H_{18} , assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 O composto pode ser o 2-octeno.
02 O composto pode ser o 2,2,4-trimetil-pentano.
04 O composto pode apresentar o radical n-butil.
08 O composto pode apresentar 3 carbonos primários, 4 secundários e 1 terciário.
16 O composto poderá apresentar 1 carbono sp^2 e 7 carbonos sp^3 .
32 A hidrogenação desse composto poderá formar o C_8H_{20} .

Soma:

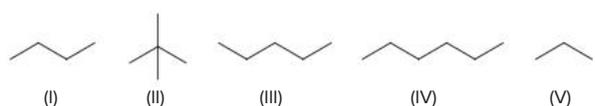
12 UEL Uma alternativa para os catalisadores de células a combustíveis são os polímeros condutores, que pertencem a uma classe de novos materiais com propriedades elétricas, magnéticas e ópticas. Esses polímeros são compostos formados por cadeias contendo ligações duplas conjugadas que permitem o fluxo de elétrons. Assinale a alternativa na qual ambas as substâncias químicas apresentam ligações duplas conjugadas.

- A Propanodieno e metil-1,3-butadieno.
B Propanodieno e ciclopenteno.
C Ciclopenteno e metil-1,3-butadieno.
D Benzeno e ciclopenteno.
E Benzeno e metil-1,3-butadieno.

13 UFMG A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos, com predomínio de compostos C_7 e C_8 . A gasolina destinada a ser consumida em climas frios precisa ser formulada com maior quantidade de alcanos menores – como butanos e pentanos – do que aquela que é preparada para ser consumida em lugares quentes. Essa composição especial é importante para se conseguir, facilmente, “dar a partida” nos motores, isto é, para a ignição ocorrer rapidamente. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:

- A os alcanos maiores facilitam a ignição.
B os alcanos maiores são mais voláteis.
C os alcanos mais voláteis facilitam a ignição.
D os alcanos são mais voláteis em temperaturas mais baixas.

14 UFV Foi recentemente divulgado (Revista *ISTO É*, n. 1602 de 14/06/2000) que as lagartixas são capazes de andar pelo teto devido a forças de Van der Waals. Essas forças também são responsáveis pelas diferenças entre as temperaturas de ebulição dos compostos representados a seguir.



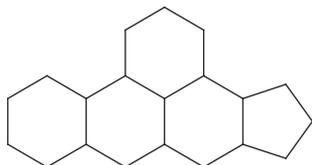
Apresentará maior temperatura de ebulição o composto:

- A I. C III. E V.
B II. D IV.

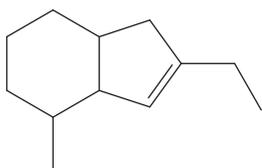
15 Uerj Além do impacto ambiental agudo advindo do derramamento de grandes quantidades de óleo em ambientes aquáticos, existem problemas a longo prazo associados à presença, no óleo, de algumas substâncias como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, mutagênicos e potencialmente carcinogênicos. Essas substâncias são muito estáveis no ambiente e podem ser encontradas por longo tempo no sedimento do fundo, porque gotículas de óleo, após adsorção por material particulado em suspensão na água, sofrem processo de decantação.

Um agente mutagênico, com as características estruturais citadas no texto, apresenta a seguinte fórmula:

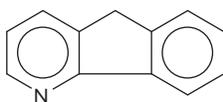
A



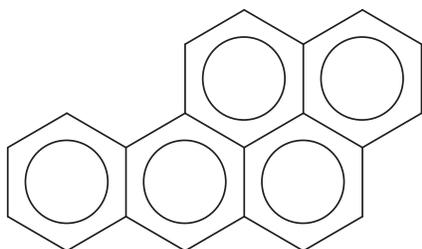
B



C



D



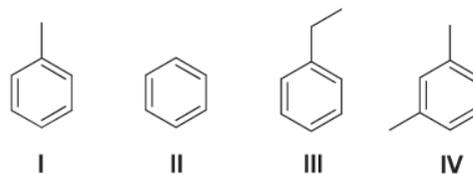
16 Uece 2018 Hidrocarbonetos são os compostos mais importantes estudados em Química Orgânica e utilizados no cotidiano. São geralmente obtidos a partir do petróleo e, por isso, estão presentes nos seus derivados, como a gasolina, o querosene, o óleo diesel, o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), o gás natural, a parafina, a vaselina, vários polímeros, como os plásticos e as borrachas, entre outros. Correspondem a 48% da matriz energética brasileira. Assinale a opção que associa corretamente a nomenclatura e a fórmula molecular do hidrocarboneto.

- A isopropilciclopentano – C_8H_{16}
- B 2,3-dimetil-hexano – C_8H_{18}
- C 3-metilbut-2-ino – C_5H_8
- D 2-etilpent-1-eno – C_7H_{14}

17 Udesc 2019 Em um estudo recente, pesquisadores brasileiros realizaram a avaliação ambiental de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e biomarcadores de genotoxicidade em trabalhadores de postos

de combustíveis. Após as análises, concluiu-se que as concentrações de BTEX estavam dentro dos valores preconizados pela legislação vigente. No entanto, o estudo sugeriu, também, que a exposição ao BTEX, mesmo em baixas concentrações, contribui para o risco genotóxico à saúde humana.

A seguir são apresentadas quatro estruturas químicas presentes no BTEX:



Assinale a alternativa que contém os nomes das estruturas químicas apresentadas acima, respectivamente.

- A tolueno; benzeno; xileno; 1,3-dimetilbenzeno.
- B xileno; benzeno; tolueno; dimetilbenzeno.
- C tolueno; benzeno; etilbenzeno; m-xileno.
- D xileno; benzeno; xileno; m-dimetilbenzeno.
- E xileno; benzeno; etilbenzeno; tolueno.

18 UPF 2013 O alcatrão de hulha é um líquido escuro e viscoso que apresenta em sua composição o benzeno, o tolueno, os dimetilbenzenos, o naftaleno e o fenantreno. Sobre o tema, considere as seguintes afirmações:

- I. Os hidrocarbonetos aromáticos são aqueles que possuem pelo menos um anel ou núcleo aromático, isto é, um ciclo plano com seis átomos de carbono que estabelecem entre si ligações ressonantes.
- II. Devido à ressonância das ligações duplas, os aromáticos não são compostos estáveis e só reagem em condições enérgicas.
- III. O metilbenzeno, conhecido comercialmente por tolueno, é um composto aromático derivado do benzeno e possui fórmula molecular C_7H_{14} .
- IV. O benzeno é um composto aromático bastante estável devido à ressonância das ligações duplas.

Está **correto** apenas o que se afirma em:

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

19 UEL 2014 A gasolina é uma mistura de vários compostos. Sua qualidade é medida em octanas, que definem sua capacidade de ser comprimida com o ar, sem detonar, apenas em contato com uma faísca elétrica produzida pelas velas existentes nos motores de veículos. Sabe-se que o heptano apresenta octanagem 0 (zero) e o 2,2,4-trimetilpentano (isooctano) tem octanagem 100. Assim, uma gasolina com octanagem 80 é como se fosse uma mistura de 80% de isooctano e 20% de heptano.

Com base nos dados apresentados e nos conhecimentos sobre hidrocarbonetos, responda aos itens a seguir.

- Quais são as fórmulas estruturais simplificadas dos compostos orgânicos citados?
- Escreva a equação química balanceada da reação de combustão completa de cada um dos hidrocarbonetos usados.

20 UFU 2015 O benzeno é um dos solventes orgânicos mais utilizados na indústria química. É possível produzi-lo a partir da reação de trimerização do acetileno (C_2H_2).

Sobre essa reação e o produto formado, faça o que se pede:

- Escreva a equação química da reação de produção do benzeno utilizando as fórmulas estruturais das substâncias.
- Explique o porquê de o benzeno ser intensamente utilizado como solvente orgânico.
- Compare e explique a diferença na estabilidade do anel do benzeno com o anel do ciclo-hexano.

21 ITA 2017 Considere as substâncias *o*-diclorobenzeno e *p*-diclorobenzeno.

- Escreva as fórmulas estruturais de ambas as substâncias.
- Para ambas as substâncias, forneça um nome sistemático diferente daquele informado no enunciado.
- Qual das duas substâncias tem maior ponto de ebulição? Justifique sua resposta.

22 Mackenzie Engradados de madeira provenientes da Ásia, antes de serem liberados na alfândega, são detizados com H_3C-Br , para impedir que se alastre pelo Brasil um certo besouro que destrói as árvores. Relativamente ao H_3C-Br , é incorreto afirmar que:

▶ **Dado:** Números atômicos: H = 1; C = 6; Br = 35.

- é um hidrocarboneto.
- é um haleto de alquila.
- apresenta ligações covalentes.
- é uma molécula polar.
- é o bromometano.

Texto para as questões 23 e 24.

Organoclorados

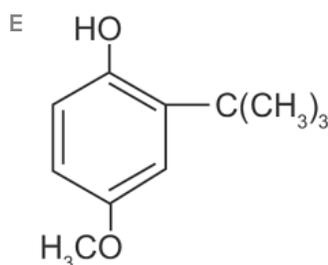
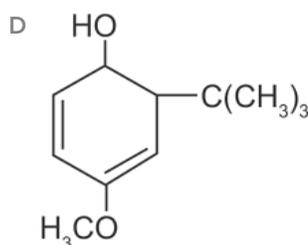
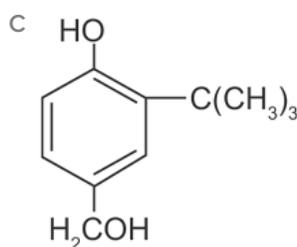
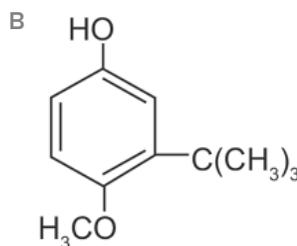
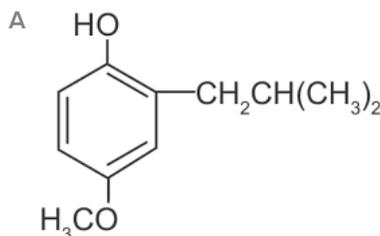
Defensivos agrícolas para as indústrias. Agrotóxicos para os defensores da natureza. Pontos de vista diferentes sobre substâncias usadas para controlar ou matar determinadas pragas. Sua utilização pode oferecer ou não perigo para o homem, dependendo da toxicidade do composto, do tempo de contato com ele e do grau de contaminação que pode ocorrer. Insolúveis em água, possuem efeito cumulativo, chegando a permanecer por mais de 30 anos no solo. Um dos mais tóxicos e já há algum tempo proibido, o DDT, virou verbo: detetizar.

23 Mackenzie Do texto, depreende-se que os defensivos agrícolas:

- nunca oferecem perigo para o homem.
- não contaminam o solo, pois são insolúveis em água.
- são substâncias totalmente diferentes daquelas chamadas de agrotóxicos.
- se usados corretamente, trazem benefícios.
- têm vida residual curta.

24 Enem PPL 2019 O 2-BHA é um fenol usado como antioxidante para retardar a rancificação em alimentos e cosméticos que contêm ácidos graxos insaturados. Esse composto caracteriza-se por apresentar uma cadeia carbônica aromática mononuclear, apresentando o grupo substituinte *terc*-butil na posição orto e o grupo metóxi na posição para.

A fórmula estrutural do fenol descrito é



- 25 Fuvest** A contaminação por benzeno, clorobenzeno, trimetilbenzeno e outras substâncias utilizadas na indústria como solventes pode causar efeitos que vão da enxaqueca à leucemia. Conhecidos como compostos orgânicos voláteis, eles têm alto potencial nocivo e cancerígeno e, em determinados casos, efeito tóxico cumulativo.

O Estado de S. Paulo, 17 ago. 2001.

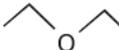
Pela leitura do texto, é possível afirmar que:

- certos compostos aromáticos podem provocar leucemia.
- existe um composto orgânico volátil com nove átomos de carbono.
- solventes industriais não incluem compostos orgânicos halogenados.

Está correto apenas o que se afirma em:

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

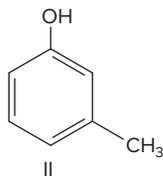
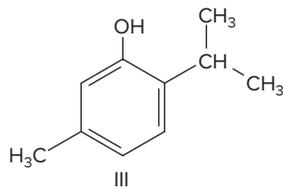
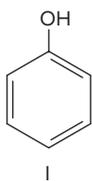
- 26 Uece 2019** É estimado que, no planeta Terra, existam mais de 19 milhões de substâncias orgânicas classificadas com nomenclaturas específicas. Os nomes oficiais seguem a nomenclatura IUPAC. Considere as seguintes substâncias orgânicas:

-  Usado na limpeza de telas de computadores.
-  Usado como solvente anestésico.

Pela nomenclatura IUPAC, essas substâncias são identificadas como:

- álcool isopropílico; II – etoxietano.
- I – propan-2-ol; II – etoxietano.
- I – propan-2-ol; II – éter dietílico
- álcool propílico; II – éter etílico.

- 27 UFC** A atividade bactericida de determinados compostos fenólicos deve-se, em parte, à atuação desses compostos como detergentes, que solubilizam e destroem a membrana celular fosfolipídica das bactérias. Quanto menor for a solubilidade dos compostos fenólicos em água, maior será a ação antisséptica. Com relação às solubilidades dos compostos fenólicos I, II e III, em água, assinale a opção correta.



- I é mais solúvel que II e II é mais solúvel que III.
- I é menos solúvel que II e II é menos solúvel que III.
- II é menos solúvel que I e I é menos solúvel que III.
- II é mais solúvel que I e I é mais solúvel que III.
- I, II e III têm, individualmente, a mesma solubilidade.

- 28 PUC-Campinas** O amendoim é uma planta originária da América do Sul. Sua importância econômica está relacionada ao fato de as sementes possuírem sabor agradável e serem ricas em óleo, proteínas, carboidratos, sais minerais e vitaminas. Os ácidos graxos insaturados presentes no amendoim ainda servem de veículo de transporte para a vitamina E, pois esta é lipossolúvel.

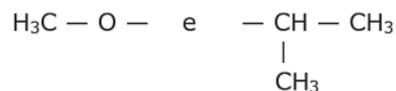
A vitamina E (tocoferol) contida no amendoim funciona biologicamente como um antioxidante natural, isto é, oxida-se no lugar dos compostos que o acompanham. É um fenol com cadeia carbônica ramificada, ligada ao anel, contendo 16 átomos de carbono. Possui também na molécula átomo de oxigênio formando com átomos de carbono um hexanel insaturado. Sendo assim, na molécula de tocoferol identifica-se:

- anel aromático.
- grupo OH ligado diretamente ao anel.
- grupo funcional éter (interno).
- pelo menos 25 átomos de carbono por molécula.

Está correto o que se afirma em:

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

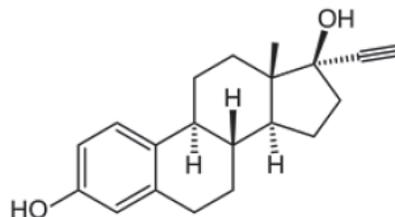
- 29 Uece 2019** Éteres são compostos orgânicos usados como solventes e na elaboração de medicamentos. Considerando-se um éter em que seus dois grupos constituintes são



é correto afirmar que o nome desse éter é:

- 2-metóxi-isopropílico.
- 2-metoxipropano.
- metoxi-isopropílico.
- metoxipropano

- 30 Mackenzie 2019** O etinilestradiol é um estrogênio derivado do estradiol. É um contraceptivo e um dos medicamentos mais usados no mundo, sendo o primeiro estrogênio sintético ativo por via oral.



De acordo com a fórmula estrutural do etinilestradiol, ilustrada acima, é correto afirmar que

- A é um hidrocarboneto formado por quatro ciclos, sendo um aromático.
- B apresenta dois grupos funcionais álcool.
- C possui cadeia carbônica mista, insaturada, heterogênea e ramificada.
- D possui 6 carbonos terciários e um quaternário.
- E possui fórmula molecular $C_{20}H_{23}O_2$

31 UFRN Um estudante recebeu uma tabela, reproduzida a seguir, em que constam algumas propriedades físicas de três compostos diferentes.

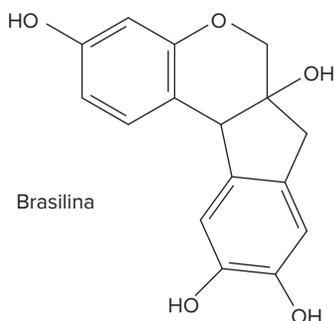
Composto	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Solubilidade em água a 25 °C
I	-138	0	insolúvel
II	-90	117,7	solúvel
III	-116	34,6	parcialmente solúvel

Segundo essa tabela, os possíveis compostos I, II e III são, respectivamente:

- A 1-butanol, n-butano e éter etílico.
- B n-butano, 1-butanol e éter etílico.
- C n-butano, éter etílico e 1-butanol.
- D éter etílico, 1-butanol e n-butano.

32 Unirio O pau-brasil ocupou o centro da história brasileira durante todo o primeiro século da colonização. Essa árvore, abundante na época da chegada dos portugueses e hoje quase extinta, só é encontrada em jardins botânicos, como o do Rio de Janeiro, e em parques nacionais, plantada vez por outra em cerimônias patrióticas. Coube a Robert Robinson, prêmio Nobel de Química de 1947, o privilégio de chegar à estrutura química da brasilina, substância responsável pela cor vermelha do pau-brasil.

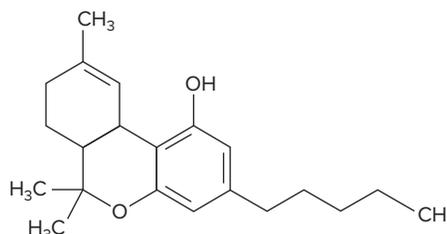
Disponível em: <www.sbjq.org.br>.



Que opção apresenta as corretas funções orgânicas da brasilina?

- A Éter, álcool tetrahidroxilado e amida.
- B Fenol, álcool terciário e éter.
- C Álcool, fenol e amina.
- D Fenol, éter e anidrido.
- E Fenol, éter e éster.

33 FICSAE 2018 A planta Cannabis sativa possui vários componentes canabinoides, sendo que o princípio ativo mais potente é o tetra-hidrocanabinol (THC). Nos últimos anos ocorreu um aumento significativo tanto no interesse quanto na utilização do THC para fins medicinais. A fórmula estrutural do THC está representada a seguir:



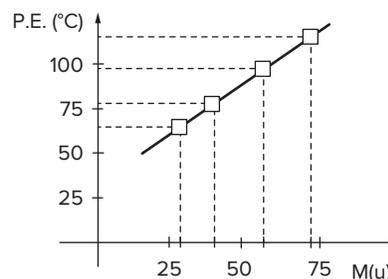
A respeito dessa molécula foram feitas as seguintes observações:

- I. Apresenta as funções orgânicas fenol e éster.
- II. Possui três radicais metil e 1 radical pentil.
- III. Possui três anéis aromáticos condensados.
- IV. É uma cadeia insaturada e ramificada.

As afirmativas corretas são:

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

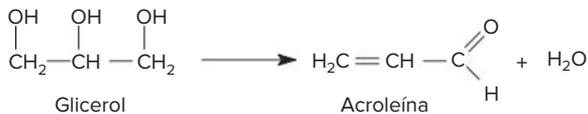
34 UFPS O gráfico a seguir apresenta os dados de massa molecular (M) x ponto de ebulição (P.E.) para os quatro primeiros termos da série homóloga dos álcoois primários.



Analisando-se os dados apresentados, verifica-se que os álcoois com massa molecular mais elevada apresentam:

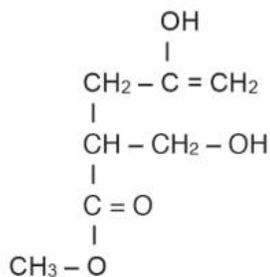
- A maiores pontos de ebulição, devido à formação de pontes de hidrogênio intermoleculares.
- B maiores pontos de ebulição, devido à polaridade do grupo OH.
- C maiores pontos de ebulição devido ao aumento do número de interações intermoleculares do tipo Van der Waals.
- D menores pontos de ebulição devido à diminuição do número de interações intermoleculares do tipo Van der Waals.
- E menores pontos de ebulição, pois o aumento da cadeia carbônica diminui a polaridade do grupo OH.

- 35 UFV** Ao se fazer um churrasco de carne vermelha, percebe-se, a distância, um aroma característico. Isso se deve, em parte, à reação de decomposição do glicerol, com formação de acroleína, um líquido de forte odor.



Assinale a opção incorreta.

- A O glicerol é um triol.
 B A acroleína é um aldeído.
 C A acroleína é uma substância insaturada.
 D A formação de acroleína necessita de aquecimento.
 E A acroleína tem temperatura de ebulição maior que a do glicerol.
- 36 Uece 2020** Atente para a estrutura abaixo apresentada e o que se afirma sobre ela em seguida.

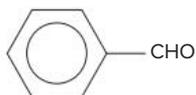


- I. Álcool e enol são funções orgânicas presentes.
 II. A função orgânica éter está presente, devido à presença da carbonila.
 III. Observa-se a presença da função orgânica éster.
 IV. Caracteriza-se a função orgânica do ácido carboxílico pela presença do grupo $(-\text{C} = \text{O})$.



É correto somente o que se afirma em

- A I e IV.
 B II e III.
 C I e III.
 D II e IV.
- 37 PUC-RS** Sobre um composto que pode ser utilizado na indústria de alimentos como flavorizante e cuja fórmula estrutural é:



são feitas as afirmativas seguintes.

- I. É um alceno.
 II. Pertence à função aldeído.
 III. Tem fórmula molecular $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$.
 IV. Tem 6 carbonos secundários.

Pela análise das afirmativas, conclui-se que somente estão corretas:

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

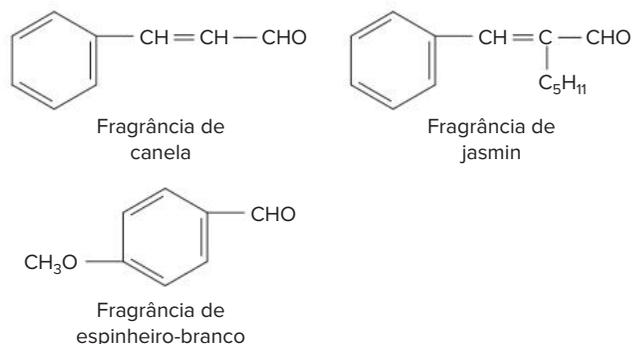
- 38 UFRGS** Nos compostos orgânicos, além do carbono e do hidrogênio, é muito frequente a presença do oxigênio.

Assinale a alternativa em que os três compostos apresentam oxigênio.

- A Formaldeído, ácido acético, cloreto de etila.
 B Trinitrotolueno, etanol, fenilamina.
 C Ácido fórmico, butan-2-ol, propanona.
 D Isoctano, metanol, metoxietano.
 E Acetato de isobutila, metilbenzeno, hex-2-eno.

- 39 Uerj** As fragrâncias características dos perfumes são obtidas a partir de óleos essenciais.

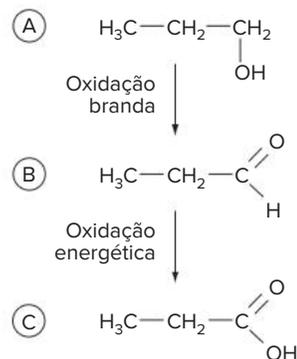
Observe as estruturas químicas de três substâncias comumente empregadas na produção de perfumes:



O grupo funcional comum às três substâncias corresponde à seguinte função orgânica:

- A éter. C cetona.
 B álcool. D aldeído.

- 40 Mackenzie**



Os compostos A, B e C pertencem, respectivamente, às funções orgânicas:

- A álcool, aldeído e ácido carboxílico.
 B aldeído, cetona e éster.
 C ácido carboxílico, cetona e aldeído.
 D álcool, aldeído e éter.
 E aldeído, cetona e álcool.

41 UEPG PSS III 2018 Considerando a nomenclatura das funções orgânicas e os radicais que caracterizam essas funções, identifique as alternativas que contêm apenas exemplos de compostos carbonílicos e assinale o que for correto.

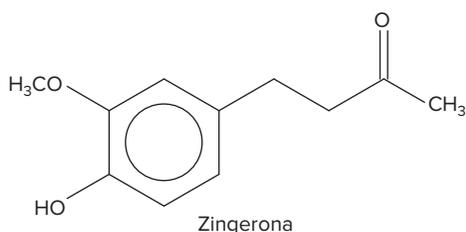
- 01 A glicose e o ácido fórmico.
 02 O butanal e o 1-propanol.
 04 O ácido benzoico e o benzaldeído.
 08 A propanona e o acetato de isobutila.

Soma:

42 Fatec Na indústria de alimentos, sua aplicação mais importante relaciona-se à extração de óleos e gorduras de sementes, como soja, amendoim e girassol. À temperatura ambiente, é um líquido que apresenta odor agradável, e muito utilizado como solvente de tintas, vernizes e esmaltes. Trata-se da cetona mais simples. O nome oficial e a fórmula molecular da substância descrita pelo texto acima são, respectivamente:

- A butanal e C_4H_8O .
 B butanona e C_4H_7OH .
 C etanona e C_2H_4O .
 D propanal e C_3H_6O .
 E propanona e C_3H_6O .

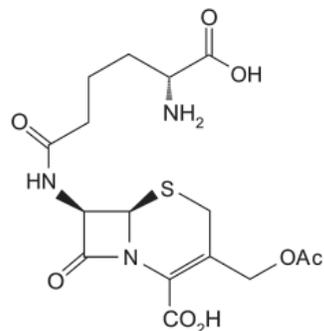
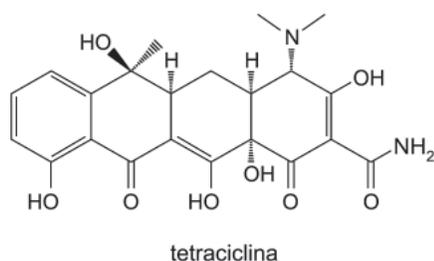
43 FGV O gengibre é uma planta da família das zingiberáceas, cujo princípio ativo aromático está no rizoma. O sabor ardente e acre do gengibre vem dos fenóis zingerol e zingerona.



Na molécula de zingerona, são encontradas as funções orgânicas:

- A álcool, éter e éster.
 B álcool, éster e fenol.
 C álcool, cetona e éter.
 D cetona, éter e fenol.
 E cetona, éster e fenol.

44 Famerp 2019 Tetraciclina e cefalosporina são antibióticos clássicos, cujas fórmulas estruturais estão representadas a seguir:



cefalosporina

As duas estruturas têm em comum as funções orgânicas

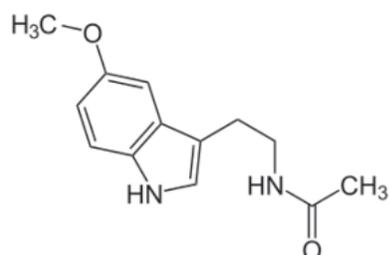
- A fenol é ácido carboxílico.
 B cetona e amina.
 C cetona e amida.
 D amina e amida.
 E amina e ácido carboxílico.

45 UFU Analise os compostos a seguir e assinale a alternativa que os dispõe em ordem decrescente de pontos de ebulição.

- I. CH_3CH_2CHO
 II. CH_3COOH
 III. $CH_3CH_2CH_2OH$
 IV. $CH_3CH_2CH_2CH_3$

- A II, III, I, IV.
 B IV, II, III, I.
 C I, II, IV, III.
 D II, IV, III, I.

46 UFRGS 2018 A melatonina, composto representado abaixo, é um hormônio produzido naturalmente pelo corpo humano e é importante na regulação do ciclo circadiano.



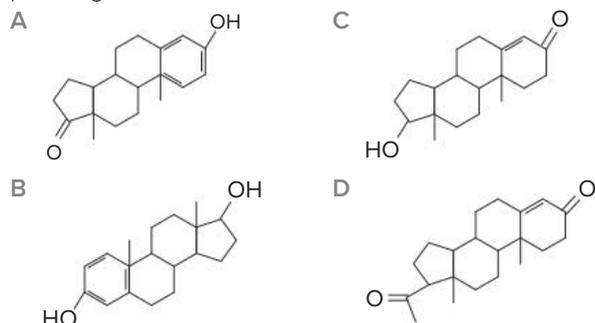
Nessa molécula, estão presentes as funções orgânicas

- A amina e éster.
 B amina e ácido carboxílico
 C hidrocarboneto aromático e éster
 D amida e ácido carboxílico
 E amida e éter.

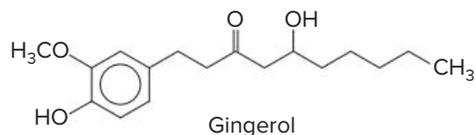
47 Uerj Na tabela a seguir, são relacionados quatro hormônios esteroides e suas correspondentes funções orgânicas.

Hormônio	Função orgânica
Progesterona	Cetona
Estrona	Fenol e cetona
Testosterona	Cetona e álcool
Estradiol	Fenol e álcool

O hormônio que é secretado pelas células de Leydig, encontradas nas gônadas masculinas, é representado pela seguinte estrutura:



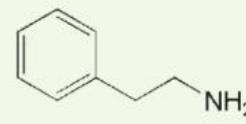
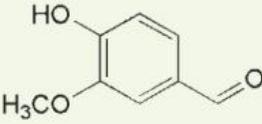
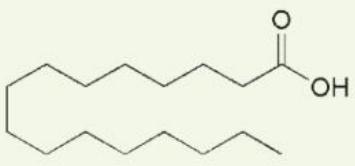
48 UFU O gingerol, cuja estrutura está representada adiante, é uma substância encontrada no gengibre, responsável pela sensação ardente quando este é ingerido. Essa substância apresenta propriedades cardiotônicas e antieméticas.



É correto afirmar que o gingerol:

- A apresenta fórmula molecular $C_{17}H_{26}O_4$ e caráter ácido pronunciado pela presença do fenol.
 B apresenta fórmula molecular $C_{17}H_{23}O_4$ e é um composto saturado e de cadeia heterogênea.
 C apresenta função mista: cetona, álcool e éster e caráter básico evidente pela presença do anel.
 D é um composto apolar de cadeia aromática, homogênea e mista.

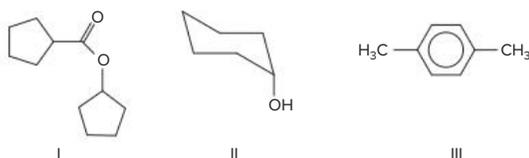
49 UFJF/Pism II 2019 Os diferentes tipos de chocolate (amargo, ao leite e branco) têm em sua composição algumas moléculas orgânicas como mostrado no quadro abaixo:

Amargo	Ao leite	Branco
		
Feniletilamina	Vanilina	Ácido Palmítico

Em relação a essas moléculas, assinale a alternativa **CORRETA**:

- A A feniletilamina apresenta cinco átomos de carbono com hibridação sp^2 e três átomos de carbono com hibridação sp^3 .
 B A feniletilamina e o ácido palmítico são substâncias aromáticas.
 C O ácido palmítico apresenta a função álcool.
 D A fórmula molecular da vanilina é $C_8H_9O_3$.
 E O nome IUPAC da vanilina é 4-hidroxi-3-metoxibenzaldeído.

50 UEL Observe as estruturas a seguir.

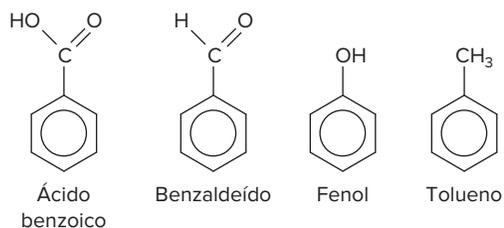


Com referência às estruturas anteriores, pode-se afirmar que:

- A I é um éster e II não pode formar ligações de hidrogênio intermoleculares.
 B II não possui elétrons pi em sua estrutura e III é um composto polar.
 C I é um derivado de ácido carboxílico e II é um composto saturado.
 D III é aromático e I possui um carbono com hibridação sp .
 E os três compostos são cíclicos e aromáticos.

- 51 PUC-SP** Foram determinadas as temperaturas de fusão e de ebulição de alguns compostos aromáticos encontrados em um laboratório. Os dados obtidos e as estruturas das substâncias estudadas estão apresentados a seguir.

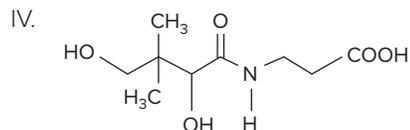
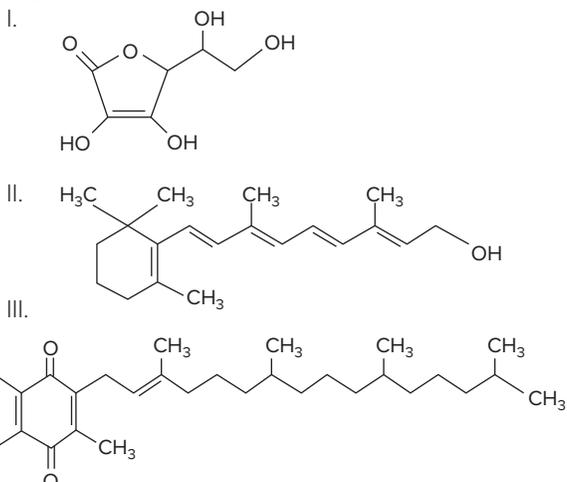
Composto	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
1	-95	110
2	-26	178
3	43	182
4	122	249



A análise das temperaturas de fusão e ebulição permite identificar os compostos 1, 2, 3 e 4, como sendo, respectivamente:

- A ácido benzoico, benzaldeído, fenol e tolueno.
 B fenol, ácido benzoico, tolueno e benzaldeído.
 C tolueno, benzaldeído, fenol e ácido benzoico.
 D benzaldeído, tolueno, ácido benzoico e fenol.
 E tolueno, benzaldeído, ácido benzoico e fenol.

- 52 Fuvest** Alguns alimentos são enriquecidos pela adição de vitaminas, que podem ser solúveis em gordura ou em água. As vitaminas solúveis em gordura possuem uma estrutura molecular com poucos átomos de oxigênio, semelhante à de um hidrocarboneto de longa cadeia, predominando o caráter apolar. Já as vitaminas solúveis em água têm estrutura com alta proporção de átomos eletronegativos, como o oxigênio e o nitrogênio, que promovem forte interação com a água. A seguir estão representadas quatro vitaminas.



Dentre elas, é adequado adicionar, respectivamente, a sucos de frutas puros e a margarinas as seguintes vitaminas:

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

- 53 Fatec** Há três frascos (A, B e C) com sólidos brancos à temperatura ambiente. Por descuido, os frascos não estão identificados, encontrando-se ao lado deles três etiquetas: em uma está escrito naftaleno; em outra, ácido benzoico, e na terceira, glicose.

Para tentar identificar os conteúdos dos frascos, algumas propriedades foram determinadas, e os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Substância contida no frasco	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Solubilidade em água a 25 °C
A	122	250	um pouco solúvel
B	80	218	praticamente insolúvel
C	146	decompõe	solúvel

Sabendo-se que o naftaleno é um hidrocarboneto, o ácido benzoico é um ácido orgânico e a glicose é um açúcar, os frascos A, B e C contêm, respectivamente:

- A ácido benzoico, naftaleno e glicose.
 B ácido benzoico, glicose e naftaleno.
 C naftaleno, ácido benzoico e glicose.
 D glicose, naftaleno e ácido benzoico.
 E glicose, ácido benzoico e naftaleno.

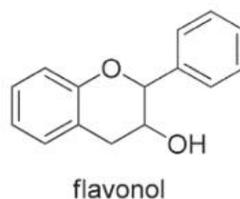
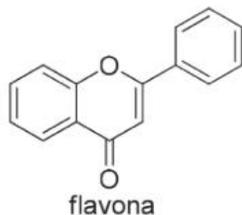
- 54 PUC-SP** Sobre os compostos butano, 1-butanol e ácido butanoico, foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Suas fórmulas moleculares são, respectivamente, C_4H_{10} , $C_4H_{10}O$ e $C_4H_8O_2$.
 II. A solubilidade em água do butano é maior do que a do 1-butanol.
 III. O ponto de ebulição do ácido butanoico é maior do que o do 1-butanol.
 IV. O ponto de fusão do butano é maior do que o ácido butanoico.

Estão corretas as afirmações:

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

55 UFJF 2018 Os flavonoides são compostos bioativos encontrados em hortaliças, frutas, cereais, chás, café, cacau, vinho e suco de frutas e são responsáveis pelas pigmentações amarela, vermelha e violeta de diversas flores. Um dos benefícios do consumo de frutas e outros vegetais é geralmente atribuído aos flavonoides, uma vez que esta classe de substâncias apresenta diversos efeitos biológicos que incluem, entre outros: ação anti-inflamatória, anticâncer e antioxidante. Dentre os flavonoides, pode-se citar a flavona e flavonol, cujas estruturas estão representadas a seguir. Com base nas estruturas dos compostos, responda:



a) Qual é a função orgânica oxigenada que está presente EXCLUSIVAMENTE na estrutura da flavona e do flavonol, respectivamente?

Flavona	Flavonol

b) Qual é a hibridização dos átomos de carbono numerados de 1 a 4 na molécula da **FLAVONOL**?

	C-1	C-2	C-3	C-4

c) Classifique os átomos de carbono numerados de 1 a 4 em primário, secundário, terciário ou quaternário na molécula da **FLAVONA**.

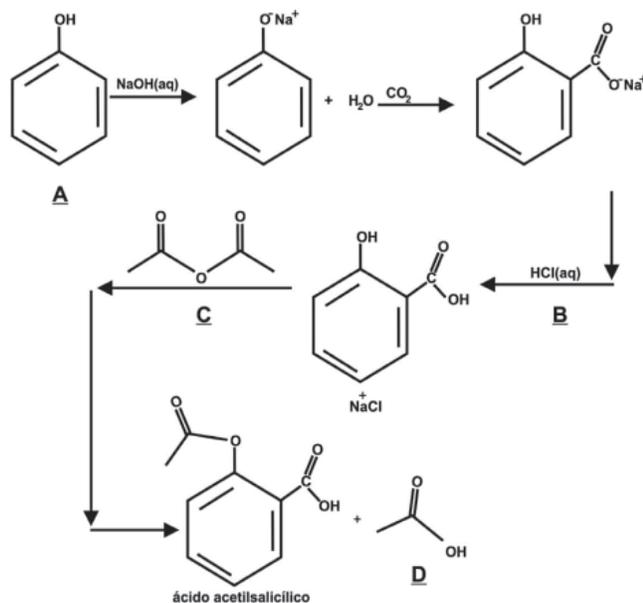
	C-1	C-2	C-3	C-4

d) Escreva a fórmula molecular do **FLAVONOL**.

- 56 Acafe 2019** O ácido acetilsalicílico ou AAS ($C_9H_8O_4$), conhecido popularmente como aspirina, é um fármaco da família dos salicilatos. É utilizado como medicamento para tratar a dor (analgésico), a febre (antipirético) e a inflamação (anti-inflamatório). A aspirina é um dos medicamentos mais utilizados no mundo, com um consumo estimado em 40 000 toneladas anuais, o que representa entre 50 000 e 120 000 milhões de pastilhas, constando na Lista de Medicamentos Essenciais da Organização Mundial de Saúde, em que se classificam os medicamentos essenciais que todo o sistema de saúde deve ter.

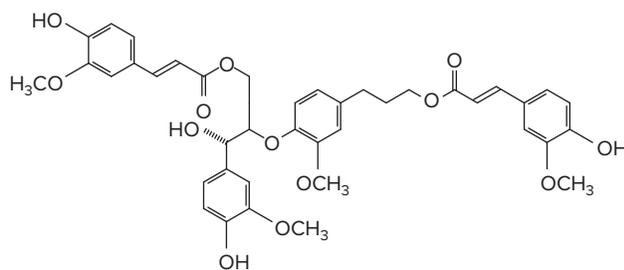
Fonte: Adaptado de https://pt.wikipedia.org/wiki/ácido_acetilsalicílico.

Uma das rotas químicas para obtenção da aspirina está representada abaixo.



Com base na rota apresentada, os nomes dos compostos A, B, C e D são, respectivamente:

- A A = hidróxido de sódio, B = ácido clorídrico, C = anidrido acético, D = ácido acético.
 B A = hidróxido de sódio, B = gás cloro, C = anidrido acético, D = ácido acético.
 C A = hidróxido de sódio, B = ácido clorídrico, C = anidrido acético, D = ácido acético.
 D A = ácido benzênico, B = ácido clorídrico, C = anidrido acético, D = ácido acético.
- 57 UFJF** O acetato de etila (etanoato de etila) tem odor de maçã, enquanto o odor do butanoato de butila é semelhante ao do morango. Com relação a essas substâncias flavorizantes, assinale as alternativas **incorretas**.
- A Ambas são ésteres.
 B O butanoato de butila possui a fórmula molecular $C_8H_{16}O_2$.
 C O acetato de butila possui três átomos de carbono terciário.
 D O butanoato de butila não possui nenhum átomo de carbono quaternário.
- E O acetato de butila possui a fórmula estrutural
- 58 UFV** O composto denominado Carolignana A, cuja fórmula está representada adiante, foi isolado no Departamento de Química da UFV a partir da planta *Ochroma lagopus*, popularmente conhecida como balsa devido à baixa densidade de sua madeira, que é utilizada para o fabrico de caixões e jangadas.

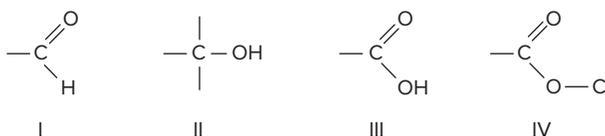


Carolignana A

Os grupos funcionais presentes na estrutura da Carolignana A, a partir da fórmula representada, são:

- A fenol, éter, éster, alqueno, anidrido.
- B alqueno, fenol, anidrido, éster, cetona.
- C fenol, éter, éster, alqueno, álcool.
- D fenol, aldeído, éster, éter, alqueno.
- E amina, éter, éster, alqueno, álcool.

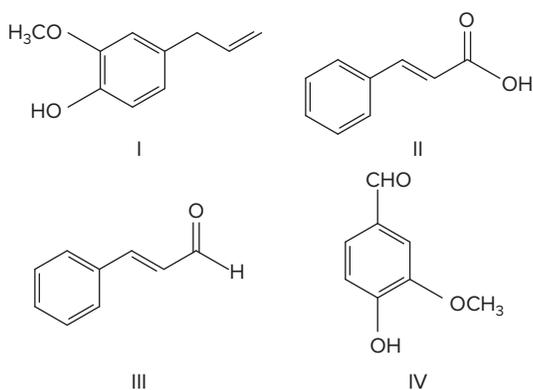
59 Ufla Um grande número de compostos orgânicos contém oxigênio em sua estrutura, formando diferentes classes funcionais. Alguns grupos funcionais oxigenados estão representados a seguir.



Assinale a alternativa que apresenta as classes funcionais dos grupos I, II, III e IV, respectivamente.

- A Éster, álcool, aldeído, ácido carboxílico.
- B Álcool, aldeído, cetona, éter.
- C Cetona, álcool, éter, aldeído.
- D Aldeído, ácido carboxílico, éster, éter.
- E Aldeído, álcool, ácido carboxílico, éster.

60 PUC-Minas A seguir estão representadas as estruturas de algumas substâncias presentes na canela (*Cinnamomum zeylanicum*). O principal constituinte dessa importante planta aromática é o cinamaldeído, um aldeído aromático insaturado de fórmula C_9H_8O .



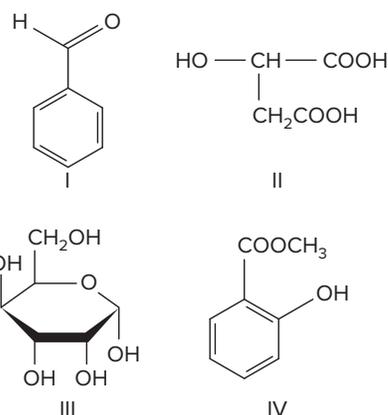
Assinale a estrutura que corresponde ao cinamaldeído.

- A I.
- B II.
- C III.
- D IV.

61 UFRGS Assinale a alternativa que apresenta a associação correta entre a fórmula molecular, o nome e uma aplicação do respectivo composto orgânico.

- A $CH_3COOCH_2CH_3$ – acetato de butila – aroma artificial de fruta.
- B $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ – etoxietano – anestésico.
- C $CH_3CH_2COCH_3$ – propanona – removedor de esmalte.
- D CH_3CH_2COOH – ácido butanoico – produção de vinagre.
- E $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ – pentano – preparação de sabão.

62 PUC-Minas O suco de maçã contém ácido málico. Sabendo que o ácido málico é um ácido carboxílico, assinale a estrutura que pode representar a estrutura do ácido málico.



- A I.
- B II.
- C III.
- D IV.

63 PUC-RS Responder à questão relacionando os compostos orgânicos da coluna A com suas propriedades e características, apresentadas na coluna B.

Coluna A

CH_3COOH
 CH_3COCH_3
 $CH_2=CH_2$
 CH_3OH
 $HCHO$

Coluna B

- Hidrocarboneto insaturado, usado na preparação de sacos plásticos.
- Usado na obtenção do metanal e como combustível especial.
- Apresenta grupo funcional carbonila e pode ser usado como solvente.
- Aldeído empregado na fabricação de fórmica e outros materiais sintéticos.
- Reage com o etanol formando etanoato de etila, flavorizante de maçã.

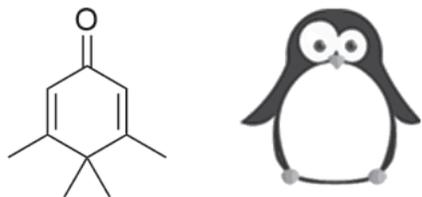
A numeração correta da coluna B, de cima para baixo, é:

- A 3 – 2 – 1 – 5 – 4.
- B 3 – 4 – 2 – 5 – 1.
- C 5 – 2 – 1 – 4 – 3.
- D 5 – 1 – 2 – 4 – 3.
- E 2 – 3 – 4 – 5 – 1.

64 Ufla O butirato de etila, largamente utilizado na indústria, é a molécula que confere sabor de abacaxi a balas, pudins, gelatinas, bolos e outros. Esse composto é classificado como:

- A álcool.
- B éster.
- C aldeído.
- D ácido.
- E cetona.

65 UFPR 2019 A nomenclatura de substâncias orgânicas segue um rigoroso conjunto de regras que levam em consideração a função orgânica, a cadeia principal e a posição dos substituintes. Dar o nome oficial a uma substância orgânica muitas vezes não é algo trivial, e o uso desse nome no dia a dia pode ser desencorajador. Por conta disso, muitas substâncias são conhecidas pelos seus nomes populares. Por exemplo, a estrutura orgânica mostrada abaixo lembra a figura de um pinguim, sendo por isso popularmente conhecida como pinguinona.



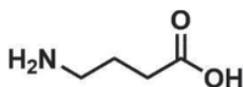
Pinguinona

(Fonte da Imagem: <<http://falen.info/usapimage-pinguim.acp>>. Acessado em 09/08/2018.)

O nome oficial dessa substância é:

- A metilcicloexanona.
- B tetrametilcicloexanodienona.
- C 3,4,4,5-tetrametilcicloexanona.
- D 3,4,4,5-metilcicloexanodienona.
- E 3,4,4,5-tetrametilcicloexano-2,5-dienona

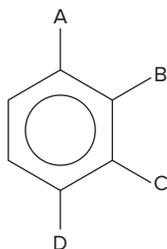
66 UFPR 2020 A estrutura química mostrada abaixo é a de um neurotransmissor que age como inibidor no sistema nervoso central. Quando esse neurotransmissor se liga ao seu receptor cerebral, experimenta-se um efeito calmante, que ajuda em casos de ansiedade, estresse ou medo. Trata-se de um γ -aminoácido comumente conhecido como GABA, do inglês Gamma AminoButyric Acid.



O nome desse composto, segundo a nomenclatura IUPAC, é:

- A ácido 1-aminobutanoico.
- B ácido 2-aminobutanoico.
- C ácido 3-aminobutanoico.
- D ácido 4-aminobutanoico.
- E ácido 5-aminobutanoico.

67 UEPG 2016 Considerando a estrutura abaixo, assinale o que for correto.



- 01 Se A = OH, B = H, C = H, D = H, tem-se um composto chamado ácido benzoico.
- 02 Se A = CHO, B = H, C = H, D = H, tem-se um composto chamado benzaldeído.
- 04 Se A = H, B = H, C = COOH, D = OH, tem-se um composto chamado ácido o-hidroxibenzoico.
- 08 Se A = H, B = CH₃, C = H, D = CH₃, tem-se um composto chamado m-dimetilbenzeno.
- 16 Se A = CH₃, B = H, C = H, D = CH₃, tem-se um composto chamado o-dimetilbenzeno.

Soma:

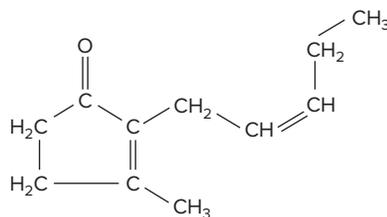
68 Unisinos 2016

O mercado de beleza em 2015: crescimento e investimento das empresas

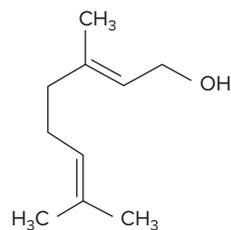
O cuidado com o corpo tem conquistado mais adeptos entre mulheres e homens; hoje, a lista de produtos de beleza que são indispensáveis está bem mais ampla. O setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos cada vez mais se consolida dentro da economia brasileira, e seu papel é fundamental nos aspectos econômicos, financeiros, sociais e também na contribuição em iniciativas sustentáveis.

Disponível em: <<http://www.hairbrasil.com.>>. Acesso em: 4 out. 2015. (Adapt.)

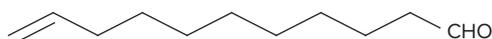
A palavra “perfume” vem do latim *per*, que significa “origem de”, e *fumare*, que é “fumaça”, isso porque seu uso originou-se, provavelmente, em atos religiosos, em que os deuses eram homenageados pelos seus adoradores por meio de folhas, madeiras e materiais de origem animal, que, ao serem queimados, liberavam uma fumaça com cheiro doce, como o incenso. Os perfumes são formados, principalmente, por uma fragrância, que é a essência ou óleo essencial; por etanol, que atua como solvente; e por um fixador. A estrutura de algumas essências usadas em perfumes é mostrada a seguir.



Composto I



Composto II



Composto III

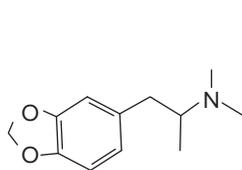
Leia as proposições seguintes, referentes às estruturas mostradas acima.

- I. O grupo carbonila presente no composto I pertence a uma cetona, enquanto, no composto II, pertence a um aldeído.
- II. A nomenclatura oficial do composto II é 3,7-dimetil-oct-2,6-dien-1-ol, e sua fórmula molecular é $C_{10}H_{18}O$.
- III. A nomenclatura oficial do composto III é 10-undecanal.

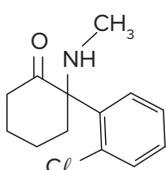
Sobre as proposições acima, pode-se afirmar que

- A apenas I está correta.
- B apenas II está correta.
- C apenas I e II estão corretas.
- D apenas II e III estão corretas.
- E I, II e III estão corretas.

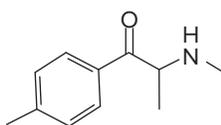
- 69 UEL 2017** Estimulantes do grupo da anfetamina (ATS, amphetamine-type stimulants) são consumidos em todo o mundo como droga recreativa. Dessa classe, o MDMA, conhecido como ecstasy, é o segundo alucinógeno mais usado no Brasil. Em alguns casos, outras substâncias, como cetamina, mefedrona, mCPP, são comercializadas como ecstasy. Assim, um dos desafios da perícia policial é não apenas confirmar a presença de MDMA nas amostras apreendidas, mas também identificar sua composição, que pode incluir novas drogas ainda não classificadas. As fórmulas estruturais das drogas citadas são apresentadas a seguir.



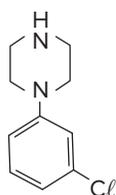
MDMA



Cetamina



Mefedrona

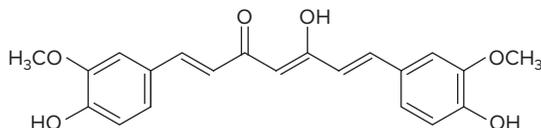


mCPP

Sobre as funções orgânicas nessas moléculas assinale a alternativa correta.

- A Em todas as moléculas, existe a função amida.
- B Na molécula MDMA, existe a função éster.
- C Na molécula cetamina, existe a função cetona.
- D Na molécula mefedrona, existe a função aldeído.
- E Na molécula mCPP, existe a função amida ligada ao grupo benzílico.

- 70 UEL 2016** A curcumina, cuja molécula é apresentada a seguir, é uma substância presente no açafrão-da-terra e que dá o tom de amarelo ao pó.



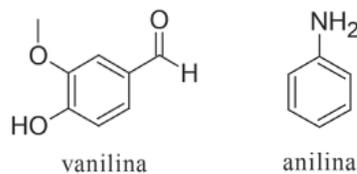
Sobre essa molécula, atribua V (verdadeiro) ou F (falso) às afirmativas a seguir.

- Apresenta cadeia carbônica homogênea e insaturada.
- Contém igual número de átomos de carbono e hidrogênio.
- Por combustão total, forma monóxido de carbono e peróxido de hidrogênio.
- Possui, no total, dezessete carbonos secundários e dois carbonos terciários.
- Os grupos funcionais são ácido carboxílico, álcool e éster.

Assinale a alternativa que contém, de cima para baixo, a sequência correta.

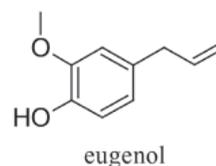
- A V, V, V, F, F. C V, F, F, V, F. E F, F, V, F, V.
 B V, V, F, F, V. D F, V, F, V, V.

- 71 Mackenzie 2019** A seguir estão representadas as fórmulas estruturais da vanilina ou baunilha, uma especiaria utilizada como aromatizante na indústria alimentícia, a anilina um corante utilizado em tintas e o eugenol que é utilizado como um antisséptico e anestésico dental.



vanilina

anilina

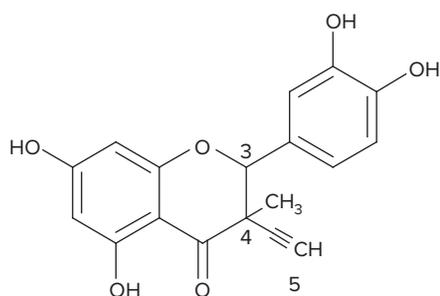
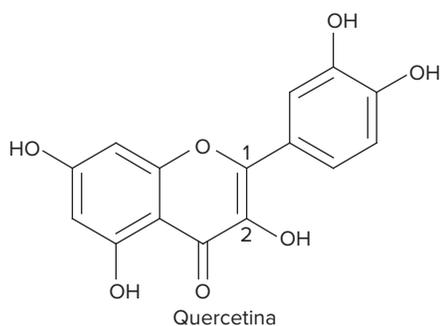


eugenol

De acordo com as fórmulas estruturais dadas pode-se afirmar que:

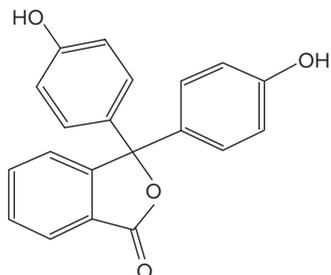
- A a vanilina ou baunilha, por ser um aromatizante, possui um grupo funcional éster.
- B a anilina, cuja nomenclatura é aminobenzeno, possui caráter ácido.
- C o eugenol é um antisséptico aromático e classificado como um álcool secundário.
- D a vanilina e o eugenol possuem o mesmo número de átomos de carbono híbridos sp^2 .
- E o eugenol possui dois carbonos com geometria tetraédrica.

72 UFJF 2015 A Quercetina, cuja estrutura química está representada abaixo, está associada com processos de inibição de inflamação óssea. Com relação à sua fórmula estrutural bem como a de seu análogo estrutural **A**, responda aos itens a seguir.



- Dê os nomes das funções químicas oxigenadas da estrutura da Quercetina.
- Represente a fórmula molecular da Quercetina.
- Classifique todos os carbonos numerados como primário, secundário, terciário ou quaternário.
- Informe a hibridização dos átomos de carbono numerados na estrutura.

73 UFTM 2013 A substância conhecida como fenoltaleína foi, por muitos anos, utilizada amplamente como princípio ativo de laxantes. Atualmente, seu principal uso é como indicador ácido-base. A seguir, são apresentadas a fórmula estrutural da fenoltaleína e algumas informações sobre sua solubilidade.



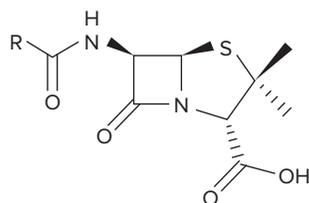
solubilidade em água: 0,092 g/L a 20 °C
solubilidade em etanol: 14 g/L a 20 °C

- Indique, na fórmula estrutural, os nomes e os agrupamentos característicos das funções orgânicas presentes na fenoltaleína.
- Com base em interações moleculares, explique o fato de a solubilidade da fenoltaleína em etanol ser maior do que em água, à mesma temperatura.

74 UFTM 2012 A crescente resistência humana a antibióticos poderá fazer com que esses medicamentos não sejam mais eficazes em um futuro próximo, levando o mundo a uma era “pós-antibióticos”, na qual uma simples infecção na garganta ou um arranhão podem ser fatais, afirma a OMS (Organização Mundial da Saúde).

Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude>>.

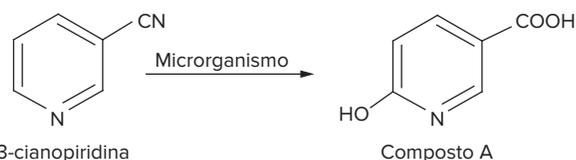
Desde a descoberta da penicilina em 1928 por Alexander Fleming, diversos outros antibióticos foram sintetizados pela indústria farmacêutica. Na estrutura da benzilpenicilina, conhecida como penicilina G, o grupo R corresponde ao radical benzil.



Representação da estrutura geral da penicilina

- Escreva os nomes das funções orgânicas oxigenadas encontradas na estrutura da penicilina.
- Represente a estrutura da penicilina G e determine a fórmula molecular deste medicamento.

75 UFPB 2012 O uso de microrganismos como catalisadores, a biocatálise, vem sendo adotado em reações químicas, pois reduz os impactos ambientais gerados pelos processos clássicos, em que são usados os tradicionais catalisadores. A hidrogenação da 3-cianopiridina, abaixo representada, é um exemplo de reação biocatalítica que tem sido empregada com sucesso.

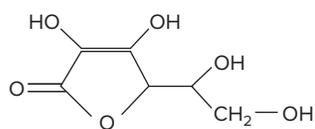


Considerando o exposto, julgue os itens a seguir, relativos ao composto A:

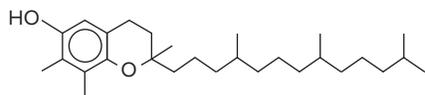
- Contém o grupo funcional *carboxila*.
- Contém o grupo funcional dos *aldeídos*.
- Apresenta cadeia carbônica homogênea.
- Apresenta cadeia carbônica insaturada.
- Possui fórmula molecular $C_6H_5NO_3$.

76 UFSM Na seção de “frutas e verduras”, Tomás comprou espinafre, alegando necessitar de vitamina E para combater a anemia, enquanto Gabi preferiu frutas cítricas devido à vitamina C. Tomás lembrou a Gabi a necessidade de classificar essas vitaminas quanto à solubilidade em gorduras (lipossolúveis) e à solubilidade em água (hidrossolúveis).

Observe as estruturas.



Vitamina C



Vitamina E

Com base nessas estruturas, é correto afirmar que:

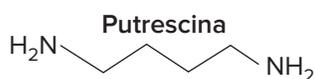
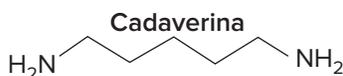
- A ambas são lipossolúveis.
- B ambas são hidrossolúveis.
- C a vitamina C é hidrossolúvel e a E é lipossolúvel.
- D a vitamina C é lipossolúvel e a E é hidrossolúvel.
- E ambas são insolúveis.

77 UEL 2018 Leia o texto a seguir.

Durante a vida e após a morte, o corpo humano serve de abrigo e alimento para diversos tipos de bactérias que produzem compostos químicos, como a cadaverina e a putrescina. Essas moléculas se formam da decomposição de proteínas, sendo responsáveis, em parte, pelo cheiro de fluidos corporais nos organismos vivos e que também estão associadas ao mau odor característico dos cadáveres no processo de putrefação.

(Adaptado de: <<http://qnint.sbj.org.br/novo/index.php?hash=molecula.248>>. Acesso em: 22 maio 2017.)

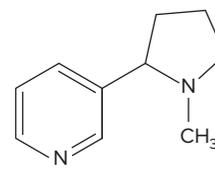
As fórmulas estruturais da cadaverina e da putrescina são apresentadas a seguir:



Com base nos conhecimentos sobre funções orgânicas e propriedades de compostos orgânicos, assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a característica dessas moléculas.

- A Apresentam caráter ácido.
- B Contém grupo funcional amida.
- C Possuem cadeia carbônica heterogênea.
- D Pertencem às aminas primárias.
- E Classificam-se como apolares.

78 UFRGS 2015 Em 1851, um crime ocorrido na alta sociedade belga foi considerado o primeiro caso da Química Forense. O Conde e a Condessa de Bocarmé assassinaram o irmão da condessa, mas o casal dizia que o rapaz havia enfartado durante o jantar. Um químico provou haver grande quantidade de nicotina na garganta da vítima, constatando assim que havia ocorrido um envenenamento com extrato de folhas de tabaco.



Nicotina

Sobre a nicotina, são feitas as seguintes afirmações.

- I. Contém dois heterociclos.
- II. Apresenta uma amina terciária na sua estrutura.
- III. Possui a fórmula molecular $C_{10}H_{14}N_2$.

Quais estão corretas?

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

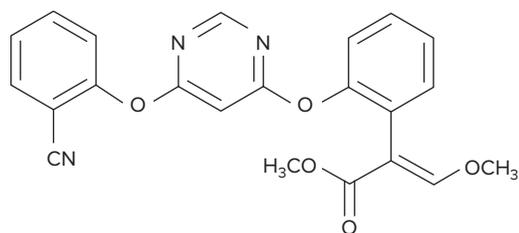
79 EsPCEX 2013 A tabela abaixo cria uma vinculação de uma ordem com a fórmula estrutural do composto orgânico, bem como o seu uso ou característica:

Ordem	Composto orgânico	Uso ou característica
1		Produção de desinfetantes e medicamentos
2		Conservante
3		Essência de maçã
4		Componente do vinagre
5		Matéria-prima para produção de plástico

A alternativa correta que relaciona a ordem com o grupo funcional de cada composto orgânico é:

- A 1 – fenol; 2 – aldeído; 3 – éter; 4 – álcool; 5 – nitrocomposto.
- B 1 – álcool; 2 – fenol; 3 – cetona; 4 – éster; 5 – amida.
- C 1 – fenol; 2 – álcool; 3 – éter; 4 – ácido carboxílico; 5 – nitrocomposto.
- D 1 – álcool; 2 – cetona; 3 – éster; 4 – aldeído; 5 – amina.
- E 1 – fenol; 2 – aldeído; 3 – éster; 4 – ácido carboxílico; 5 – amida.

- 80 PUC-Rio 2013** A substância representada é conhecida comercialmente como azoxistrobina e é muito utilizada como fungicida em plantações de alho, amendoim e arroz, no combate às pragas.



De acordo com a sua estrutura, é correto afirmar que azoxistrobina possui as seguintes funções orgânicas:

- A éter e éster.
 B éster e cetona.
 C álcool e fenol.
 D aldeído e éter.
 E ácido carboxílico e amina.
- 81 PUC-Minas** Compostos derivados do NH_3 pela substituição de um ou mais hidrogênios por radicais alquila ou arila são da seguinte função orgânica:

- A nitrocompostos
 B amidas
 C ésteres
 D aminas

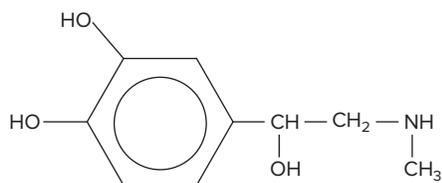
- 82 Fatec** As três substâncias indicadas a seguir são usadas em remédios para gripe, devido a sua ação como descongestionantes nasais:

	neosaldina
	propadina
	benzedrex

Essas três substâncias apresentam em comum, em suas estruturas, o grupo funcional:

- A benzeno. C álcool. E amina.
 B fenol. D amida.

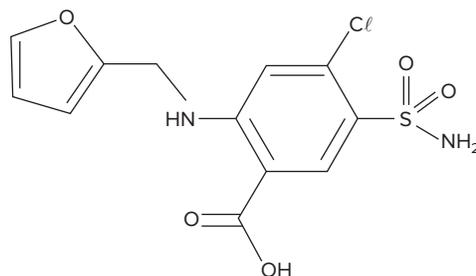
- 83 UFSCar** A epinefrina (adrenalina), fórmula estrutural representada na figura a seguir, é uma substância que aumenta a pressão sanguínea e força a contração cardíaca e a pulsação. É o agente químico secretado pelo organismo em momentos de tensão. Pode ser administrada em casos de asma brônquica para abrir os canais dos pulmões.



As funções orgânicas presentes na epinefrina são:

- A álcool, amida e fenol.
 B álcool, aldeído e amina.
 C amina, cetona e fenol.
 D álcool, amina e fenol.
 E álcool, aldeído e amida.

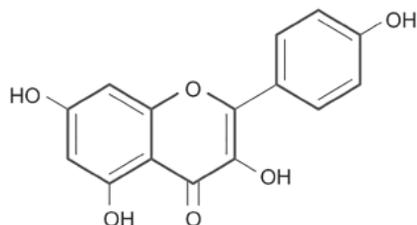
- 84 FGV** Nos Jogos Olímpicos de Pequim, os organizadores fizeram uso de exames *antidoping* bastante sofisticados, para detecção de uma quantidade variada de substâncias químicas de uso proibido. Dentre essas substâncias, encontra-se a furosemida, estrutura química representada na figura. A furosemida é um diurético capaz de mascarar o consumo de outras substâncias dopantes.



Na estrutura química desse diurético, podem ser encontrados os grupos funcionais:

- A ácido carboxílico, amina e éter.
 B ácido carboxílico, amina e éster.
 C ácido carboxílico, amida e éster.
 D amina, cetona e álcool.
 E amida, cetona e álcool.

- 85 Mackenzie 2019** A pata de vaca é uma árvore que possui folhas levemente coriáceas, parecendo bipartidas, dando semelhança a pata de bovino, daí o nome popular pata de vaca. São conferidas à pata de vaca as atividades diurética, hipoglicemiante e atividade redutora dos níveis de triglicerídeos em sangue de animais. Esses resultados sugerem a validade do uso clínico de pata de vaca no tratamento do diabetes tipo 2. Os flavonoides, tais como o campferol presente nas folhas da pata de vaca são os responsáveis pela ação de permeabilidade dos vasos capilares.



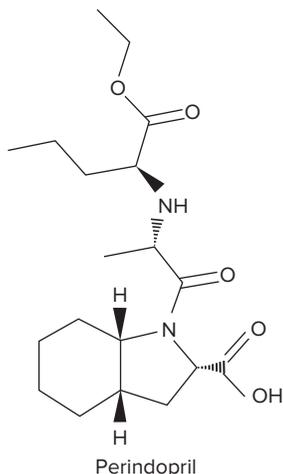
Assim, de acordo com a fórmula estrutural do campferol acima ilustrada, são feitas as seguintes afirmações.

- I. a molécula apresenta os grupos funcionais éster, fenol e cetona.
- II. possui ligações pi ressonantes.
- III. apresenta um átomo de carbono tetraédrico.
- IV. possui heteroátomo e somente dois átomos de carbono terciário.

Estão corretas somente as afirmações

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

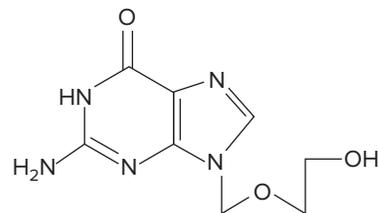
- 86 UFTM 2012** No ano de 2011 comemora-se o Ano Internacional da Química. A celebração, coordenada pela Unesco/Iupac, ressalta os inúmeros benefícios da química para a humanidade, e tem o mote "Química para um Mundo Melhor". Seu objetivo principal é a educação, em todos os níveis, e uma reflexão sobre o papel da química na criação de um mundo sustentável. Uma das participações mais importantes da química no bem-estar social consiste no desenvolvimento de fármacos e medicamentos que evitam e curam doenças, como, por exemplo, o perindopril, empregado no controle da hipertensão arterial.



Na molécula do perindopril estão presentes os grupos funcionais:

- A amida, álcool e cetona.
- B amida, álcool e éster.
- C amida, ácido carboxílico e éster.
- D amina, ácido carboxílico e éster.
- E amina, ácido carboxílico e éster.

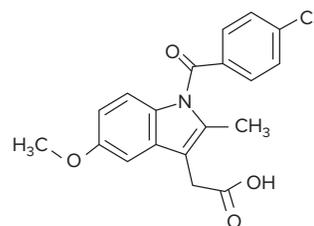
- 87 UFTM 2012** A estrutura representada na figura corresponde à fórmula estrutural do aciclovir, medicamento genérico utilizado no tratamento de infecções cutâneas pelo vírus do herpes simples, cuja venda é feita sob prescrição médica.



Na estrutura dessa molécula são encontradas as funções orgânicas

- A álcool, amida, amina e éter.
- B álcool, amida, amina e éster.
- C álcool, cetona, amida e éter.
- D aldeído, amida, amina e éster.
- E aldeído, amina, cetona e éter.

- 88 PUC-Rio 2012** A indometacina (ver figura) é uma substância que possui atividade anti-inflamatória, muito utilizada no tratamento de inflamações das articulações. De acordo com a estrutura da indometacina, é correto afirmar que estão presentes as seguintes funções orgânicas:

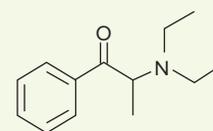


- A éter, nitrila e ácido carboxílico.
- B éter, ácido carboxílico e haleto.
- C fenol, éter e haleto.
- D cetona, álcool e anidrido.
- E éster, nitrila e cetona.

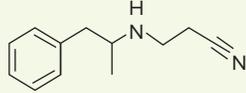
- 89 Ulbra 2012**

A Anvisa decidiu, em 4/10/2011, proibir 3 dos mais famosos remédios utilizados para emagrecer: anfepramona, o femproporex e o mazindol. Assim, remédios como o Dualid's, Desobesi, entre outros, não poderão mais ser comercializados no Brasil. Sibutramina passa a ter maior controle e rigor. Em 2010, os remédios foram proibidos na Europa por manifestarem diversos efeitos colaterais. Essas medidas visam evitar a dependência e o grande número de problemas que as pessoas estavam enfrentando com tais remédios, já que são a forma mais fácil de emagrecer. A melhor forma de ficar em forma será sempre uma dieta balanceada, hábitos saudáveis e a prática de exercícios.

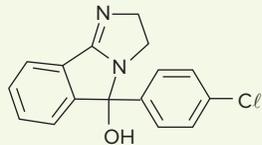
Disponível em: <veja.abril.com.br>.



(a) Anfepramona



(b) Fenproporex

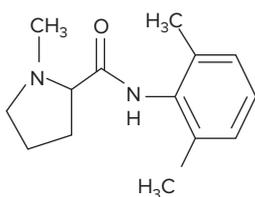


(c) Mazindol

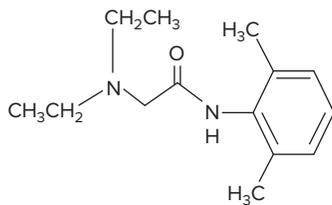
Cinco das funções orgânicas encontradas nas estruturas dessas drogas são as seguintes:

- A aromático, aldeído, azida, fenol e haleto de acila.
- B cetona, amida, álcool, haleto de arila e nitrila.
- C aromático, aldeído, álcool, amina e haleto de arila.
- D cetona, amina, nitrila, álcool e haleto de arila.
- E éster, amina, fenol, nitrila e haleto de alquila.

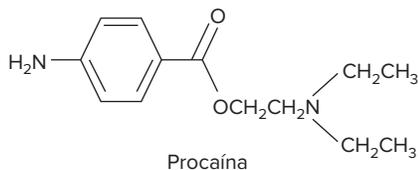
90 PUC-PR A seguir, estão representadas as estruturas de três substâncias usadas como anestésicos locais.



Mepivacaina



Lidocaína

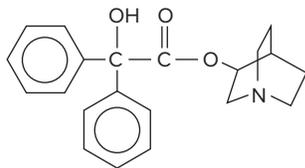


Procaina

Assinale o grupo funcional comum a todas elas.

- A Amida.
- B Éster.
- C Amina.
- D Fenol.

91 FGV A figura representa a fórmula estrutural da substância éster benzílico do quinuclidinol, conhecida como BZ, utilizada como arma química. Essa substância é um sólido que pode ser disperso na forma de um aerossol, produzindo alucinações, vertigem, perda de orientação e amnésia.

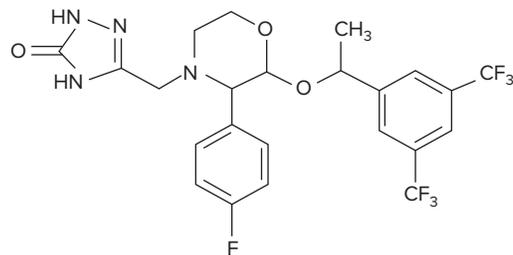


Duas das funções orgânicas existentes na estrutura dessa substância são:

- A éter e amida.
- B álcool e amina.
- C fenol e éter.
- D fenol e amida.
- E cetona e amina.

92 UFSCar Estudos pré-clínicos têm demonstrado que uma droga conhecida por aprepitante apresenta ação

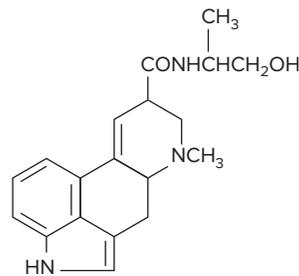
inibitória dos vômitos induzidos por agentes quimioterápicos citotóxicos, tais como a cisplatina. Essa droga apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Duas das funções orgânicas encontradas na estrutura dessa droga são:

- A cetona e amina.
- B cetona e éter.
- C amina e éter.
- D amina e éster.
- E amida e éster.

93 UFMG A ergonovina é um alcaloide natural encontrado em alguns fungos parasitas:

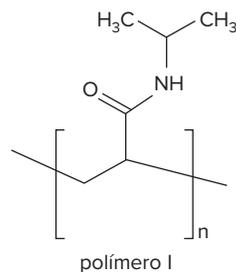


Considerando-se a estrutura desse produto, é incorreto afirmar que a ergonovina apresenta:

- A um grupo carbonila.
- B um grupo hidroxila.
- C dois anéis benzênicos.
- D dois grupos amino.

94 Unesp 2013 Recentemente, pesquisadores criaram um algodão que é capaz de capturar elevadas quantidades de água do ar. Eles revestiram fibras naturais de algodão com o polímero I, que tem a propriedade de sofrer transições rápidas e reversíveis em resposta a mudanças de temperatura. Assim, as fibras revestidas funcionam como uma "esponja de algodão". Abaixo dos 34 °C as fibras do algodão revestido se abrem, coletando a umidade do ar. Quando a temperatura sobe, os poros do tecido se fecham, liberando toda a água retida em seu interior – uma água totalmente pura, sem traços do material sintético.

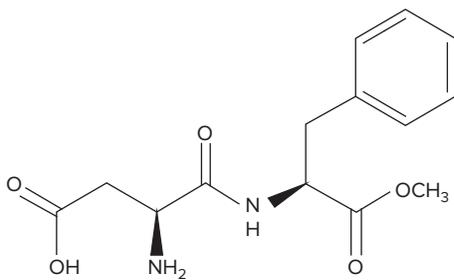
Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br>. (Adapt.)



Na representação do polímero I, observa-se a unidade da cadeia polimérica que se repete n vezes para a formação da macromolécula. Essa unidade polimérica apresenta um grupo funcional classificado como

- A amina.
- B amida.
- C aldeído.
- D hidrocarboneto.
- E éster.

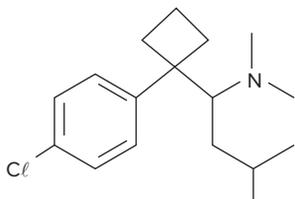
- 95 Uern 2013** O aspartamo ou aspartame, aditivo alimentar utilizado para substituir o açúcar comum, foi criado em 1965 pela empresa americana G.D. Searle & Company, sendo comprada, posteriormente, pela Monsanto. Possui maior poder de adoçar (cerca de 200 vezes mais doce que a sacarose) e é menos denso. O aspartamo, geralmente, é vendido junto com outros produtos e é o mais utilizado em bebidas.



Analisando a estrutura molecular do aspartamo, é correto afirmar que possui

- A 1 éster e 1 cetona.
- B 1 amida e 1 cetona.
- C 1 aromático e 6 ligações sigma.
- D 9 carbonos sp^2 e 5 carbonos sp^3 .

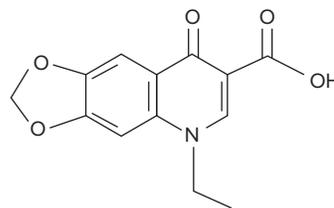
- 96 PUC-Rio** A sibutramina (representada a seguir) é um fármaco controlado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária que tem por finalidade agir como moderador de apetite.



Sobre a sibutramina, é incorreto afirmar que:

- A se trata de uma substância aromática.
- B se identifica um elemento da família dos halogênios em sua estrutura.
- C sua fórmula molecular é $C_{12}H_{11}NCl$.
- D se identifica uma amina terciária em sua estrutura.
- E se identifica a presença de ligações π em sua estrutura.

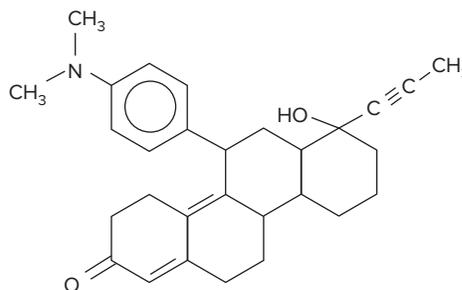
- 97 PUC-Minas** O composto antibacteriano ácido oxalínico é representado pela fórmula estrutural:



e apresenta as seguintes funções:

- A éster, cetona, amina e éter.
- B éter, cetona, amina e ácido carboxílico.
- C éster, amida, amina e ácido carboxílico.
- D éster, amina, fenol e cetona.
- E éter, amida, éster e amina.

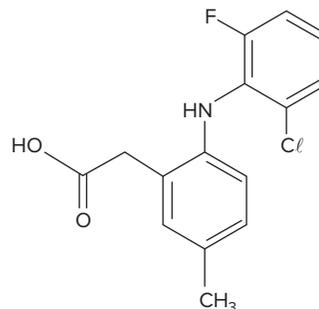
- 98 UFF** Em 1988, foi publicada uma pesquisa na França sobre uma substância química denominada “Mifepristona”, cuja estrutura é apresentada a seguir. Essa substância é conhecida como a “pílula do dia seguinte”, que bloqueia a ação da progesterona, o hormônio responsável pela manutenção da gravidez.



Com base na estrutura da substância apresentada, pode-se observar a presença dos seguintes grupos funcionais:

- A amida, cetona, fenol.
- B amida, alcino, alceno.
- C amina, alcino, fenol.
- D amina, cetona, álcool.
- E amina, nitrila, álcool.

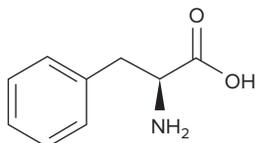
- 99 Unifesp** Em julho de 2008, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária proibiu a comercialização do anti-inflamatório “Prexige” em todo o país. Essa medida deve-se aos diversos efeitos colaterais desse medicamento, dentre eles a arritmia, a hipertensão e a hemorragia em usuários. O princípio ativo do medicamento é o lumiracoxibe, cuja fórmula estrutural encontra-se representada na figura a seguir.



Na estrutura do lumiracoxibe, podem ser encontrados os grupos funcionais:

- A ácido carboxílico e amida.
- B ácido carboxílico e amina.
- C amida e cetona.
- D amida e amina.
- E amina e cetona.

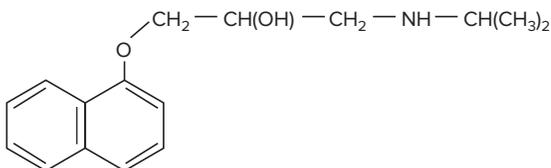
100 PUC-Rio Nossos corpos podem sintetizar onze aminoácidos em quantidades suficientes para nossas necessidades. Não podemos, porém, produzir as proteínas para a vida a não ser ingerindo os outros nove, conhecidos como aminoácidos essenciais.



Assinale a alternativa que indica apenas funções orgânicas encontradas no aminoácido essencial fenilalanina, mostrada na figura anterior.

- A Álcool e amida.
- B Éter e éster.
- C Ácido orgânico e amida.
- D Ácido orgânico e amina primária.
- E Amina primária e aldeído.

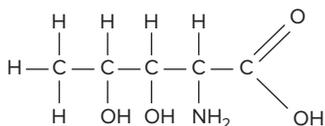
101 UFRGS Considere a fórmula a seguir.



Ela corresponde ao medicamento de nome propranolol, indicado no tratamento de doenças do coração. Em sua estrutura, estão presentes as funções orgânicas:

- A éter aromático, álcool e amina alifática.
- B fenol, éter, álcool e amina aromática.
- C éster, fenol e amida.
- D éster alifático, álcool e amida.
- E éter alifático, fenol e amina.

102 UFRRJ



Na substância, cuja fórmula estrutural está representada anteriormente, estão presentes as seguintes funções orgânicas.

- A Aldeído, amida e álcool.
- B Éster, álcool e amina.

- C Álcool, ácido carboxílico e amina.
- D Ácido carboxílico, amida e álcool.
- E Álcool, amida e cetona.

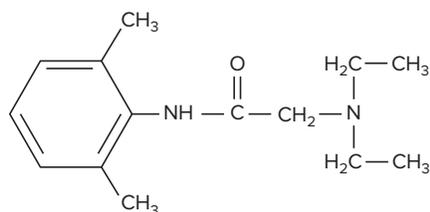
103 PUC-Rio Uma amina secundária é:

- A um composto orgânico com um grupo ($-NH_2$) no átomo de C na posição 2 de uma cadeia.
- B um composto orgânico com dois grupos ($-NH_2$) na cadeia principal.
- C um composto orgânico com dois átomos de carbono e um grupo ($-NH_2$) na cadeia principal.
- D um composto orgânico, no qual dois átomos de hidrogênio do NH_3 foram substituídos por radicais alquilas ou arilas.
- E um composto orgânico com um grupo ($-NH_2$) e um grupo ($-COOH$).

104 UFPE Sobre as propriedades de alguns compostos orgânicos, podemos afirmar que:

- os álcoois apresentam uma hidroxila ligada ao carbono como grupo funcional, podendo formar pontes de hidrogênio.
- os ácidos carboxílicos não formam pontes de hidrogênio e, por isso, apresentam ponto de ebulição muito baixo.
- os ésteres, as cetonas, os aldeídos, os ácidos carboxílicos e as amidas têm em comum o grupo funcional carbonila.
- os aldeídos, assim como os álcoois, possuem uma hidroxila como grupo funcional.
- as aminas são compostos que apresentam uma ligação carbono-nitrogênio, como grupo funcional e apresentam um caráter básico.

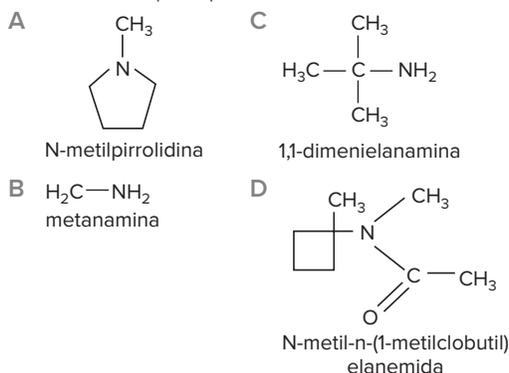
105 Unesp Em agosto de 2005, foi noticiada a apreensão de lotes de lidocaína que teriam causado a morte de diversas pessoas no Brasil, devido a problemas de fabricação. Esse fármaco é um anestésico local muito utilizado em exames endoscópicos, diminuindo o desconforto do paciente. Sua estrutura molecular está representada a seguir:



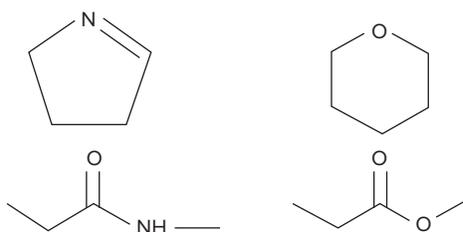
e apresenta as funções:

- A amina secundária e amina terciária.
- B amida e amina terciária.
- C amida e éster.
- D éster e amina terciária.
- E éster e amina secundária.

106 UFU Muitas aminas têm como característica um odor desagradável. Putrescina e cadaverina são exemplos de aminas que exalam odor de carne em apodrecimento. Dos compostos nitrogenados a seguir, assinale a alternativa que apresenta uma amina terciária.



107 Uerj Observe na ilustração a seguir estruturas de importantes substâncias de uso industrial.



Em cada uma dessas substâncias, o número de átomos de carbono pode ser representado por x e o número de heteroátomos por y .

O maior valor da razão $\frac{x}{y}$ é encontrado na substância

pertencente à seguinte função química.

- A** Éter. **C** Amina.
B Éster. **D** Amida.

108 Unioeste 2012 A reação de Schotten-Baumann é um método prático de obtenção de compostos carbonilados, como mostrado na reação abaixo:



O produto carbonilado obtido nesta reação pertence à família

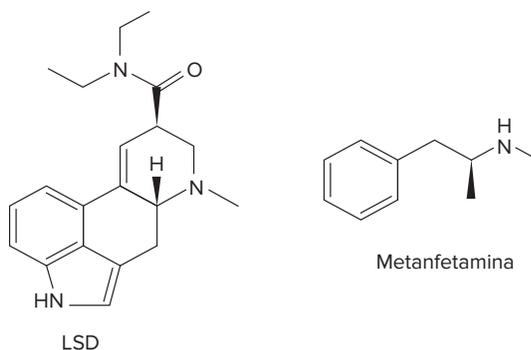
- A** das aminas. **D** dos ácidos carboxílicos.
B das amidas. **E** dos ésteres.
C das nitrilas.

109 UPF 2012 Aminas e amidas são funções orgânicas nitrogenadas muito importantes, sendo suas substâncias comumente encontradas em muitos organismos vivos, com propriedades peculiares. No caso das aminas destacam-se a dopamina e a serotonina, responsáveis por informações químicas do sistema nervoso; por sua vez, as amidas, como a ureia e o ácido úrico, são matérias-primas bastante utilizadas em

laboratórios químicos e farmacêuticos para a produção de outros materiais. A respeito destes grupos de compostos orgânicos assinale a alternativa que apresenta uma afirmativa **incorreta**:

- A** Aminas com até 5 átomos de carbono na molécula, inclusive as terciárias, são compostos orgânicos insolúveis em água devido à existência de carbonos tetraédricos em sua estrutura, o que torna estas moléculas apolares.
- B** Uma amina primária apresenta apenas um átomo de hidrogênio substituído; secundária é aquela que apresenta dois átomos de hidrogênio substituídos, e uma amina terciária, três átomos de hidrogênio substituídos.
- C** Amidas mais simples são solúveis em água e pouco solúveis em solventes apolares como o n-hexano.
- D** Aminas são compostos orgânicos derivados da amônia e, como o átomo de nitrogênio pode ceder um par de elétrons, as aminas possuem caráter básico.
- E** As amidas são todos os compostos orgânicos que apresentam um átomo de nitrogênio ligado diretamente a um grupo carbonila.

110 Acafe 2012 No jornal *O Estado de S. Paulo*, de 16 de junho de 2011, foi publicada uma reportagem sobre uma apreensão de drogas sintéticas “[...] A Polícia Federal (PF) apreendeu cerca de 9,2 quilos de metanfetamina e 26.985 pontos de LSD, na última terça-feira, no Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos – SP. Essa foi a primeira apreensão de drogas sintéticas este ano na rota de entrada no Brasil por esse aeroporto. [...]”. Com base nos conceitos químicos e no texto acima, analise as afirmações a seguir.



- I. Tanto a metanfetamina quanto o LSD apresentam a função química amida.
- II. A metanfetamina e o LSD não apresentam o fenômeno da ressonância.
- III. $\text{C}_{20}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}$ é a fórmula molecular do LSD.
- IV. A metanfetamina possui fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}$.

Assinale a alternativa correta.

- A** Apenas III e IV estão corretas.
B Apenas II, III e IV estão corretas.
C Apenas a afirmação II está correta.
D Apenas II e III estão corretas.

111 UEM 2017 Assinale o que for correto.

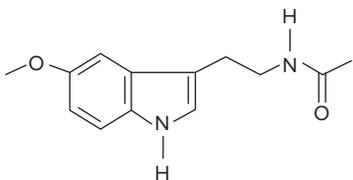
- 01 2-metilpropan-2-ol é um álcool terciário.
- 02 Propanal é uma cetona utilizada como solvente para remoção de esmalte de unha.
- 04 Etanoato de butila é um éter de cadeia ramificada.
- 08 Aminas são substâncias teoricamente derivadas da amônia pela substituição de um, dois ou três átomos de hidrogênio por grupos alquila ou arila.
- 16 Metóxibenzeno é um fenol, pois possui um átomo de oxigênio ligado a um carbono do anel aromático.

Soma:

112 PUC-Campinas Duas doenças não infecciosas que preocupam o homem moderno são a diabetes e o mal de Alzheimer.

Enquanto a cura de diabetes está sendo pesquisada através da engenharia genética, testes de laboratório utilizando a melatonina indicaram bons resultados para controlar o mal de Alzheimer.

A fórmula estrutural da melatonina é:



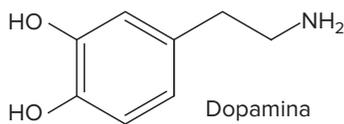
Analisando-a, um estudante afirmou que, na molécula da melatonina:

- I. há 11 carbonos e 12 hidrogênios, além de outros elementos.
- II. identifica-se pelo menos um anel aromático.
- III. identifica-se um grupo funcional amida.
- IV. identifica-se um grupo funcional éter.
- V. identifica-se um grupo funcional amina cíclica.

Todas essas afirmações são corretas, **exceto**:

- A I. B II. C III. D IV. E V.

113 Uece 2016 Os neurônios, células do sistema nervoso, têm a função de conduzir impulsos nervosos para o corpo. Para isso, tais células produzem os neurotransmissores, substâncias químicas responsáveis pelo envio de informações às demais células do organismo. Nesse conjunto de substâncias, está a dopamina, que atua, especialmente, no controle do movimento, da memória e da sensação de prazer.



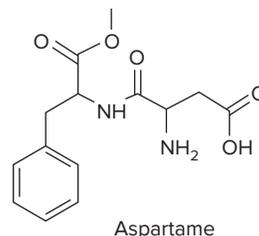
De acordo com a estrutura da dopamina, assinale a afirmação verdadeira.

- A Mesmo com a presença de oxidrila em sua estrutura, a dopamina não é um álcool.
- B É um composto cíclico alicíclico.

C A dopamina apresenta em sua estrutura o grupo das aminas secundárias.

D Esse composto pertence à função aminoálcool.

114 UFSCar O aspartame, estrutura representada a seguir, é uma substância que tem sabor doce ao paladar. Pequenas quantidades dessa substância são suficientes para causar a doçura aos alimentos preparados, já que esta é cerca de duzentas vezes mais doce do que a sacarose.

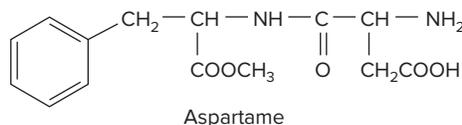


Aspartame

As funções orgânicas presentes na molécula desse adoçante são, apenas:

- A éter, amida, amina e cetona.
- B éter, amida, amina e ácido carboxílico.
- C aldeído, amida, amina e ácido carboxílico.
- D éster, amida, amina e cetona.
- E éster, amida, amina e ácido carboxílico.

115 UFRN O adoçante aspartame, substituto do açúcar nos alimentos dietéticos, apresenta uma molécula mais complexa que a da sacarose, mostrando maior variedade de grupos funcionais. Essa variedade é comprovada pela estrutura a seguir:

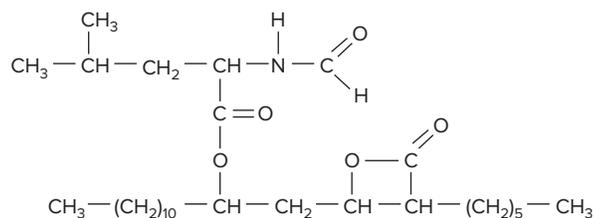


Aspartame

Na cadeia lateral do anel aromático, além das funções éster e ácido carboxílico, também se observam:

- A amida e amina. C amina e peptídeo.
- B amina e cetona. D amida e aminoácido.

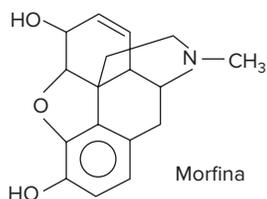
116 Uerj O principal componente do medicamento Xenical, para controle da obesidade, possui a fórmula estrutural condensada conforme se representa a seguir.



Podemos identificar, nesta estrutura, a presença de, pelo menos, um grupo funcional característico da seguinte função orgânica:

- A éter. C amina.
- B éster. D cetona.

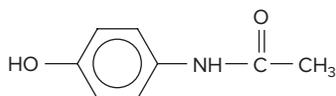
- 117 UFSCar** A morfina é um alcaloide que constitui 10% da composição química do ópio, responsável pelos efeitos narcóticos dessa droga. A morfina é eficaz contra dores muito fortes, utilizada em pacientes com doenças terminais muito dolorosas.



Algumas das funções orgânicas existentes na estrutura da morfina são:

- A álcool, amida e éster.
- B álcool, amida e éter.
- C álcool, aldeído e fenol.
- D amina, éter e fenol.
- E amina, aldeído e amida.

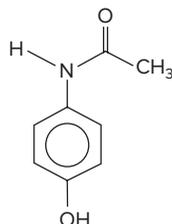
- 118 UFRN** Em pacientes com suspeita de dengue, não é recomendada a utilização de antitérmicos e analgésicos à base de ácido acetilsalicílico (aspirina), por causar aumento do risco de hemorragia. Um medicamento substituto é o paracetamol, um composto polifuncional, cuja fórmula é:



Nessa estrutura, podem-se identificar os grupos funcionais:

- A álcool e amida.
- B fenol, amina e cetona.
- C álcool, amina e cetona.
- D fenol e amida.

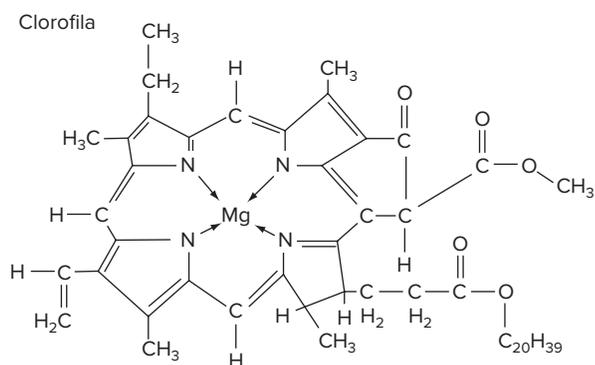
- 119 UFMG** O paracetamol, empregado na fabricação de antitérmicos e analgésicos, tem esta estrutura:



É incorreto afirmar que, entre os grupamentos moleculares presentes nessa estrutura, inclui-se o grupo:

- A amino.
- B carbonila.
- C hidroxila.
- D metila.

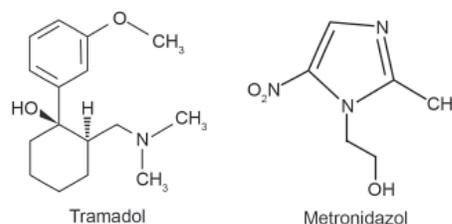
- 120 UFSM** Os vegetais verdes, componentes das biotas, possuem, em suas estruturas, moléculas de clorofila.



Observe a representação da clorofila e assinale a alternativa que contém o(s) grupo(s) funcional(is) oxigenado(s) que a compõe(m).

- A Cetona.
- B Éster.
- C Amidas.
- D Cetona e ésteres.
- E Ésteres e amidas.

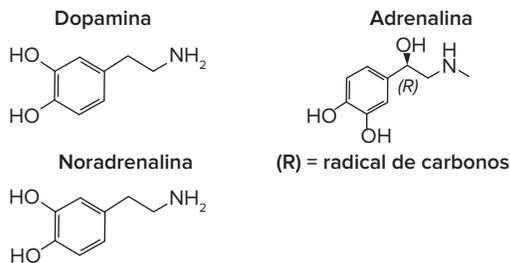
- 121 FMP 2018** Tramadol é um opiáceo usado como analgésico para o tratamento de dores de intensidade moderada a severa, atuando sobre células nervosas específicas da medula espinhal e do cérebro. O metronidazol possui atividade antiprotozoária e antibacteriana contra os bacilos gram-negativos anaeróbios, contra os bacilos gram-positivos esporulados e os cocos anaeróbios, presentes na cavidade oral.



O tramadol e o metronidazol apresentam em comum as funções orgânicas

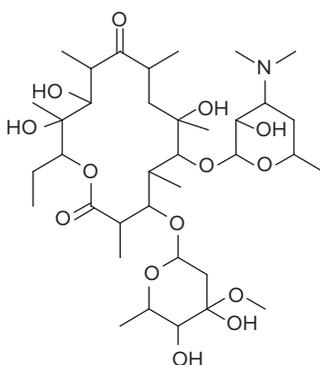
- A amina e nitroderivado.
- B fenol e nitrila.
- C álcool e éter.
- D álcool e amina.
- E fenol e nitroderivado.

- 122 IFMT 2019** O amor ocorre à base de compostos químicos, você sabia? A atuação de neurotransmissores permite sensações tais como confiança, crença e prazer, deixando as pessoas apaixonadas. Por exemplo, a substância dopamina produz a sensação de felicidade; a adrenalina causa aceleração do coração e a excitação. Já a noradrenalina é responsável pelo desejo sexual entre um casal. Observando, a seguir, as fórmulas dessas substâncias, é possível considerar que:



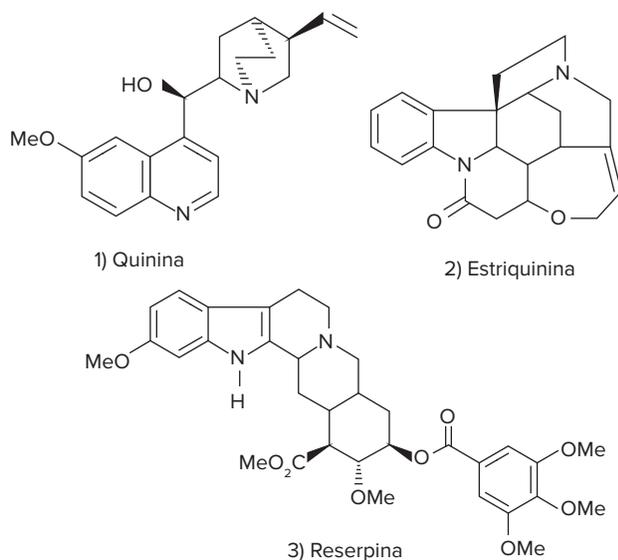
- A apenas a dopamina e a noradrenalina têm o grupo funcional das aminas.
 B a função álcool está presente apenas na noradrenalina.
 C todos os átomos de carbono da noradrenalina fazem entre si ligações duplas.
 D a adrenalina é a única que não apresenta cadeia carbônica heterogênea.
 E todas apresentam a função fenol em sua estrutura.

123 IME 2015 A eritromicina é uma substância antibacteriana do grupo dos macrolídeos muito utilizada no tratamento de diversas infecções. Dada a estrutura da eritromicina abaixo, assinale a alternativa que corresponde às funções orgânicas presentes.



- A Álcool, nitrila, amida, ácido carboxílico.
 B Álcool, cetona, éter, aldeído, amina.
 C Amina, éter, éster, ácido carboxílico, álcool.
 D Éter, éster, cetona, amina, álcool.
 E Aldeído, éster, cetona, amida, éter.

124 UPF 2015 O químico Woodward, no período de 1945 a 1958, sintetizou os alcaloides quinina (1), estriquinina (2) e reserpina (3). Alcaloides são compostos orgânicos nitrogenados que possuem um ou mais átomos de nitrogênio em seu esqueleto carbônico, de estrutura complexa e de caráter básico. Observe a fórmula estrutural dos alcaloides.



Sobre as estruturas das substâncias químicas descritas acima, assinale a alternativa **incorreta**.

- A As estruturas 1, 2 e 3 apresentam pelo menos um anel aromático.
- B Na estrutura 1, há uma hidroxila caracterizando a função álcool, ligada a um átomo de carbono secundário.
- C Na estrutura 3, existem átomos de oxigênio entre átomos de carbonos, como heteroátomos, relativos à função éter e à função éster.
- D A estrutura 2 é uma função mista, na qual existem os grupos funcionais relativos à amida, ao éter e à amina.
- E Na estrutura 3, tem-se um sal orgânico formado pela substituição da hidroxila do grupo carboxila de um ácido orgânico por um grupo alcoila proveniente de um álcool.

125 UEPG 2019 Dentre as moléculas apresentadas abaixo, identifique aquelas que são corretamente classificadas como aminas secundárias e assinale o que for correto.

- 01 dimetilamina
- 02 metil-propilamina
- 04 fenilamina
- 08 metil-fenilamina

Soma:

Texto para a questão **126**.

Leia o texto e as informações adicionais que o seguem para responder à questão.

O incêndio na boate Kiss, em Santa Maria (RS), ocorrido no início deste ano [2013], trouxe à tona uma série de questões sobre a segurança dos estabelecimentos e também sobre o atendimento a vítimas de grandes incêndios. Uma delas é por que foi preciso trazer dos Estados Unidos uma substância tão simples – uma vitamina B injetável – para atender os pacientes que, segundo exames, foram intoxicados com cianeto?



O gás cianídrico liberado na queima da espuma, utilizada para melhorar a acústica da casa noturna, intoxicou a maior parte das vítimas, segundo perícia.

“É descaso e ignorância”, resume o toxicologista Anthony Wong, diretor do Ceatox (Centro de Assistência Toxicológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo). Segundo ele, é inadmissível que o país não tenha a substância e que seu uso não seja difundido entre médicos e socorristas, como acontece em outras partes do mundo.

A hidroxocobalamina, que faz parte do complexo B, é usada em altas concentrações como antídoto para

o cianeto. O gás, o mesmo que já foi usado no extermínio de judeus nos campos de concentração nazistas, é subproduto da queima de diversos componentes usados na indústria, como o plástico, o acrílico e a espuma de poliuretano. Segundo os peritos que investigam o incêndio em Santa Maria, essa última foi usada no isolamento acústico da boate.

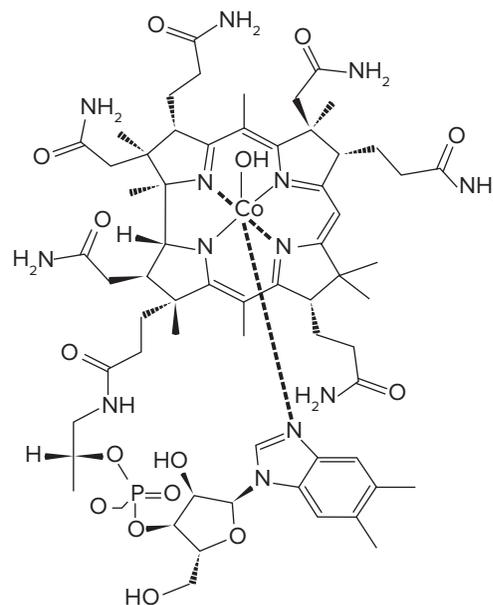
Capaz de matar em poucos minutos, o cianeto bloqueia a cadeia respiratória das células, impedindo que o oxigênio chegue aos órgãos e tecidos. Quando usada logo após a exposição, a hidroxocobalamina salva vidas. “O efeito é tão rápido que parece até milagroso”, conta Wong. Mas isso não é algo que os médicos aprendem na escola: “São poucas as faculdades que oferecem curso de toxicologia e, nas que têm, a matéria é opcional”.

Disponível em: <http://noticias.uol.com.br>. (Adapt.)

Informações adicionais:

– O gás cianídrico é o cianeto de hidrogênio (HCN) no estado gasoso.

– A fórmula estrutural da hidroxocobalamina é:



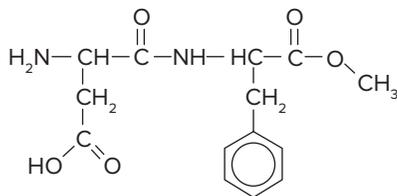
– A massa molar da hidroxocobalamina é aproximadamente igual a $1,3 \cdot 10^3$ g/mol.

126 UFTM 2013 Entre as funções orgânicas presentes na hidroxocobalamina, encontram-se

- A amida e fenol.
- B álcool e ácido carboxílico.
- C amida e álcool.
- D amida e ácido carboxílico.
- E álcool e fenol.

127 PUC-SP Considere na resolução deste exercício que cada 1 g de carboidrato ou de dipeptídeo metabolizado fornece 4 kcal de energia. O aspartame é um adoçante sintético (edulcorante artificial) muito utilizado atualmente por pessoas diabéticas e por aqueles que desejam ter uma dieta menos calórica.

A fórmula estrutural do aspartame está representada a seguir.



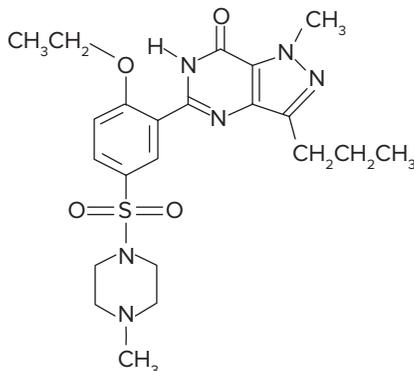
Sobre o aspartame e o seu uso como adoçante, foram feitas algumas afirmações.

- I. O aspartame apresenta as funções amina, amida e ácido carboxílico.
- II. O aspartame é praticamente insolúvel em etanol.
- III. O aspartame não é metabolizado pelo organismo e, por isso, as dietas que substituem o açúcar pelo aspartame são menos caloríficas.
- IV. Uma certa massa de aspartame fornece muito menos energia do que a mesma massa de açúcar.
- V. O poder edulcorante do aspartame é muito maior do que o açúcar. Então, para o mesmo efeito, utiliza-se uma quantidade muito menor de aspartame, reduzindo-se o poder calorífico da dieta.

Estão corretas apenas as afirmações:

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

128 UFPI O viagra, o principal agente oral contra impotência sexual masculina, é um sal de ácido cítrico e sildenafil, a substância mostrada a seguir. Escolha a opção que contém três funções orgânicas presentes na sildenafil.



- A Cetona; éter; amina.
- B Cetona; hidrocarboneto; amida.
- C Fenol; éster; amina.
- D Álcool; amina; amida.
- E Éter; amina; amida.



FRENTE 1

CAPÍTULO

7

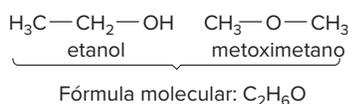
Isomeria

O cominho é uma planta nativa da região do Egito e suas sementes são utilizadas como tempero em diversas culinárias. Seu aroma característico (forte e apimentado) se deve à presença da carvona. O aroma de hortelã também se deve à presença da carvona. Esse fenômeno acontece em razão da isomeria existente entre as moléculas de carvona, que constituem tanto o aroma de hortelã quanto o de cominho.

Introdução

Isômeros são compostos diferentes que têm a mesma fórmula molecular, mas diferem no arranjo dos átomos na estrutura das moléculas; ou seja, são substâncias diferentes, mas com a mesma fórmula molecular.

Observe as estruturas do etanol e do metoximetano.



Essas duas substâncias são claramente diferentes, mas suas fórmulas moleculares são iguais. A esse fenômeno atribuiu-se o nome **isomeria**, e a essas substâncias, **isômeros**. O termo “isomeria” é derivado do grego e significa partes iguais (*iso* = igual e *mero* = parte).

O número de isômeros aumenta com o aumento da quantidade de átomos de carbono presentes na molécula. Observe a Tab. 1, que mostra o número de isômeros possíveis para alguns alcanos.

Fórmula molecular	Número de isômeros
C ₃ H ₈	1
C ₄ H ₁₀	2
C ₅ H ₁₂	3
C ₆ H ₁₄	5
C ₇ H ₁₆	9
C ₈ H ₁₈	18
C ₉ H ₂₀	35
C ₁₀ H ₂₂	75
C ₁₂ H ₂₆	355
C ₁₅ H ₃₂	4347
C ₂₀ H ₄₂	366319
C ₃₀ H ₆₂	411846763
C ₄₀ H ₈₂	62481801147341

KLEIN, D. *Química orgânica*. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 1, 2, p. 151.

Tab. 1 Número de isômeros possíveis de alguns alcanos.

O fenômeno da isomeria pode ser dividido em duas partes: **isomeria plana** ou **constitucional** e **isomeria espacial** ou **estereoisomeria**.

Isomeria plana ou constitucional

Na isomeria plana, os isômeros podem ser facilmente diferenciados pela observação de suas fórmulas estruturais planas, pois diferem na conectividade dos átomos que formam as moléculas isômeras.

Essa isomeria é dividida em cinco classes, que são nomeadas de acordo com sua principal diferença:

- isomeria de função;
- isomeria dinâmica ou tautomeria;
- isomeria de cadeia ou de núcleo;
- isomeria de compensação ou metameria;
- isomeria de posição.

Isomeria de função

Compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, mas pertencem a funções orgânicas diferentes.

Observe alguns exemplos:

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
	Álcool	Éter
C ₂ H ₆ O	H ₃ C-CH ₂ -OH	CH ₃ -O-CH ₃

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
	Aldeído	Cetona
C ₃ H ₆ O		

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros	
	Ácido carboxílico	Éster
C ₃ H ₆ O ₂		

Exemplo 4

Fórmula molecular	Isômeros		
	Álcool aromático	Éter aromático	Fenol
C ₇ H ₈ O			

Exemplo 5

Fórmula molecular	Isômeros	
	Éter	Aldeído
C ₂ H ₄ O		

Exemplo 6

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cetona	Álcool
C ₄ H ₈ O		

Isomeria dinâmica ou tautomeria

É um caso particular de isomeria de função em que os isômeros coexistem em um equilíbrio dinâmico. Os casos mais comuns acontecem nos equilíbrios aldoenólico, cetoenólico e amida-hidroxi-imina.

Exemplo 1

Equilíbrio	Isômeros	
	Aldeído	Enol
Aldoenólico	$\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}=\overset{\text{OH}}{\text{C}}$	

Exemplo 2

Equilíbrio	Isômeros	
	Cetona	Enol
Cetoenólico	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}=\overset{\text{OH}}{\text{C}}-\text{CH}_3$	

Exemplo 3

Equilíbrio	Isômeros	
	Amida	Hidroxi-imina
Amida-hidroxi-imina	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\text{C}}=\text{NH}$	

Normalmente o equilíbrio é muito deslocado no sentido do composto carbonílico. A concentração de enol presente em um equilíbrio aldoenólico ou cetoenólico é menor que 0,01% e um pouco maior no equilíbrio amida-hidroxi-imina, em função da maior eletronegatividade do nitrogênio em relação ao carbono.

Atenção

Esse tipo de isomeria pode acontecer em qualquer composto carbonílico que tiver hidrogênio no átomo vizinho à carbonila. Em todos os casos de tautomeria, o hidrogênio do átomo vizinho se ligará ao oxigênio e a ligação dupla passará a ser entre o carbono da carbonila e o átomo vizinho.



Isomeria de cadeia ou de núcleo

Compostos que apresentam a mesma fórmula molecular pertencem à mesma função orgânica, mas diferem no tipo de cadeia carbônica.

Observe alguns exemplos:

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia aberta e insaturada	Cadeia fechada e saturada
C_4H_8	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array}$

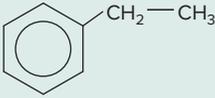
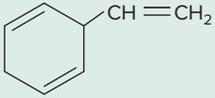
Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia normal	Cadeia ramificada
C_5H_{12}	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia homogênea	Cadeia heterogênea
$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_3$

Exemplo 4

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia aromática	Cadeia alicíclica
C_8H_{10}		

Atenção

Também são classificadas como isomeria de cadeia as cadeias ramificadas que apresentam diferenças no tipo de ramificação ou na quantidade de ramificações, cadeias insaturadas com diferentes tipos de insaturação e cadeias cíclicas com diferentes tipos de ciclos.

Exemplo 5

Fórmula molecular	Isômeros	
C_6H_{14}	Cadeia com uma ramificação	Cadeia com duas ramificações
	$H_3C-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$	$H_3C-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$

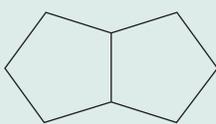
Exemplo 6

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_6H_{12}O$	Cadeia ramificada com um grupo metil	Cadeia ramificada com um grupo etil
	$H_3C-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-C(=O)H$	$CH_3-CH_2-CH(CH_2CH_3)-C(=O)H$

Exemplo 7

Fórmula molecular	Isômeros	
C_4H_6	Cadeia insaturada com duas ligações duplas	Cadeia insaturada com uma ligação tripla
	$H_2C=CH-CH=CH_2$	$HC\equiv C-CH_2-CH_3$

Exemplo 8

Fórmula molecular	Isômeros	
C_8H_{14}	Cadeia bicíclica	Cadeia bicíclica
		

Isomeria de posição

Os isômeros pertencem à mesma função orgânica e têm o mesmo tipo de cadeia, mas diferem na posição de um grupo funcional, insaturação ou ramificação.

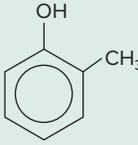
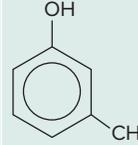
Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
C_4H_8	Diferença na posição da insaturação	
	$H_2C=CH-CH_2-CH_3$	$H_3C-CH=CH-CH_3$

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_4H_{10}O$	Diferença na posição do grupo funcional	
	$H_2C(OH)-CH_2-CH_2-CH_3$	$H_3C-CH(OH)-CH_2-CH_3$

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros		
C_7H_8O	Diferença na posição da ramificação		
			

Isomeria de compensação ou metameria

Caso particular de isomeria de posição em que os isômeros diferem na posição do heteroátomo.

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_4H_{10}O$	Metameria entre éteres	
	$H_3C-CH_2-O-CH_2-CH_3$	$H_3C-O-CH_2-CH_2-CH_3$

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
$C_4H_{11}N$	Metameria entre aminas	
	$H_3C-NH-CH_2-CH_2-CH_3$	$H_3C-CH_2-NH-CH_2-CH_3$

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros
$C_3H_6O_2$	Metameria entre ésteres
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C} \\ \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \\ \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$ </div> </div>

Exercício resolvido

1 Cesgranrio Assinale a alternativa que indica um par de isômeros:

- A CH_3-CH_3 e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- B $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ e $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$
- C $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$ e $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$
- D $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- E $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ e $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{N}$

Resolução:

Isômeros são substâncias diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular, portanto, basta verificar qual par de substâncias apresenta a mesma fórmula molecular.

- a) C_2H_6 e $C_3H_8 \rightarrow$ não são isômeros
- b) C_3H_6O e $C_3H_6O \rightarrow$ são isômeros de função
- c) C_2H_6O e $C_2H_6O_2 \rightarrow$ não são isômeros
- d) $C_4H_{10}O$ e $C_5H_{10}O \rightarrow$ não são isômeros
- e) C_2H_7N e $C_2H_3N \rightarrow$ não são isômeros

Alternativa: B.

Isomeria espacial ou estereoisomeria

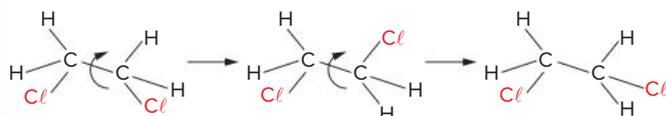
Isômeros espaciais ou estereoisômeros são os que apresentam a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na disposição espacial dos átomos na molécula.

Nesses casos, para perceber a diferença entre os isômeros, é necessário analisar a estrutura espacial (geometria) das moléculas.

Existem dois tipos de isomeria espacial, a isomeria **geométrica** e a isomeria **óptica**.

Isomeria geométrica

Em um composto como o 1,2-dicloroetano, a ligação simples (σ) entre átomos de carbono permite que eles rocionem livremente em relação aos outros.



Nesse caso, a relação entre as posições, no espaço, que os ligantes dos átomos de carbono ocupam é irrelevante, pois se trata da mesma substância.

Entretanto, quando dois átomos de carbono estão unidos por uma ligação dupla, a presença da ligação π (π) entre carbonos (Fig. 1) impede a livre rotação entre eles.

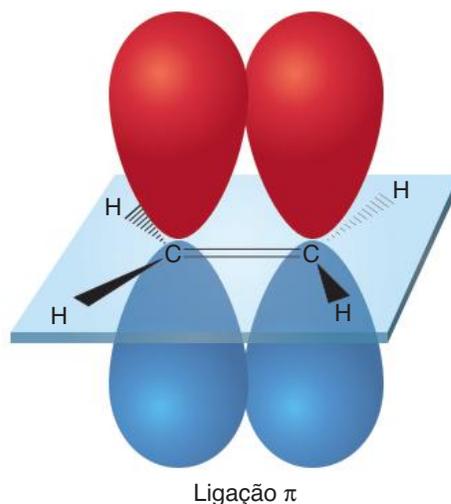
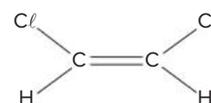


Fig. 1 Molécula do eteno.

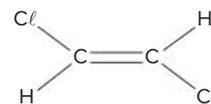
Em um composto como o 1,2-dicloroeteno, a ligação π entre os átomos de carbono impede a rotação entre eles. Portanto, a relação entre as posições, no espaço, que os ligantes dos átomos de carbono assumem passa a ser relevante, pois se formam substâncias diferentes.

Estrutura 1



Temperatura de fusão = -80°C
 Temperatura de ebulição = 60°C
 Densidade (20°C) = $1,284\text{ g/cm}^3$

Estrutura 2



Temperatura de fusão = 50°C
 Temperatura de ebulição = 48°C
 Densidade (20°C) = $1,257\text{ g/cm}^3$

Nas estruturas 1 e 2, percebemos que, apesar de constituídas pelos mesmos átomos, as propriedades físicas dos compostos que representam são bem diferentes.

Esses compostos são denominados isômeros geométricos, pois a diferença entre eles está na disposição geométrica dos grupos ligados aos carbonos da ligação dupla. Para diferenciar um composto do outro, usamos os prefixos **cis** e **trans**.



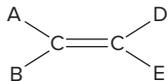
Quando dois grupos iguais estão do mesmo lado de uma linha imaginária que passa pela ligação dupla, utilizamos o prefixo **cis** precedendo o nome do composto; quando os dois grupos iguais estão em lados opostos a essa linha imaginária, utilizamos o prefixo **trans**.

Condições para isomeria geométrica

A isomeria geométrica pode acontecer em compostos de cadeia aberta e de cadeia fechada.

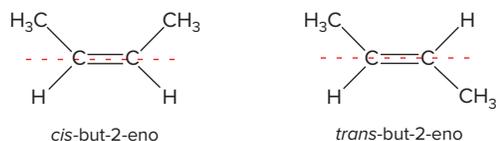
Compostos de cadeia aberta

Devem apresentar pelo menos uma ligação dupla entre carbonos, cujos ligantes de cada carbono tenham as seguintes características:



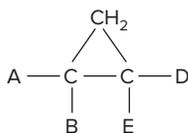
- A e B devem ser diferentes entre si, mas podem ser iguais a D e E;
- D e E devem ser diferentes entre si, mas podem ser iguais a A e B.

Observe o exemplo do composto but-2-eno:

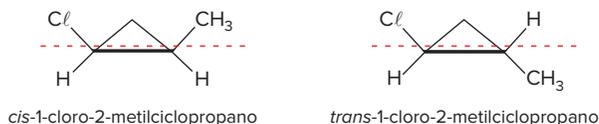


Compostos de cadeia fechada

Assim como na ligação dupla, o ciclo não permite a livre rotação entre os átomos de carbono. Portanto, a relação entre a posição dos ligantes torna-se importante, porque há a formação de substâncias diferentes. As condições dos ligantes para que ocorra a isomeria geométrica em moléculas de cadeia fechada são as mesmas dos alcenos de cadeia aberta.



Observe o exemplo do composto 1-cloro-2-metilciclopropano:



Exercício resolvido

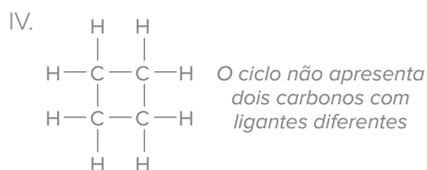
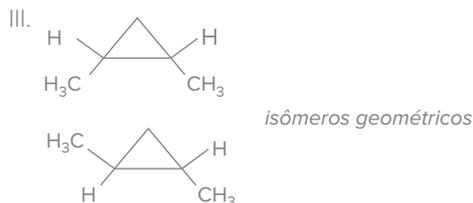
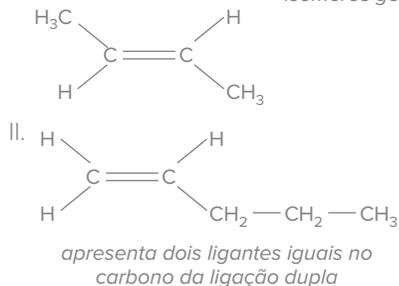
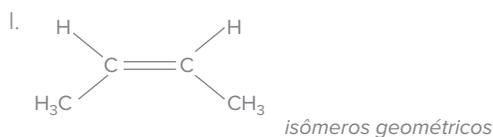
2 Cesgranrio Considere os compostos:

- But-2-eno
- Pent-1-eno
- 1,2-Dimetilciclopropano
- Ciclobutano

Em relação à possibilidade de isomeria *cis-trans*, pode-se afirmar que:

- aparece apenas no composto I.
- ocorre em todos.
- ocorre somente nos compostos II e IV.
- aparece somente nos compostos I e III.
- só não ocorre no composto I.

Resolução:



Alternativa: D.

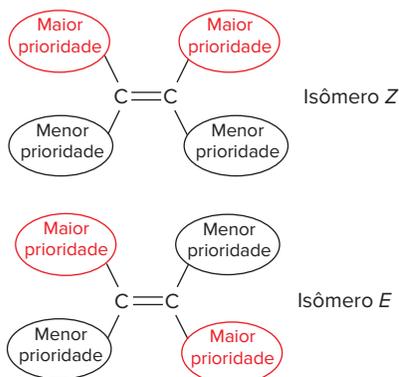
Atenção

Nomenclatura E-Z

Quando todos os grupos ligados aos carbonos envolvidos na isomeria geométrica são diferentes entre si, a nomenclatura *cis-trans* não é recomendada. Nesses casos, para identificar os isômeros geométricos, a IUPAC recomenda usar o sistema de nomenclatura **E-Z**, proposto pelos químicos Cahn-Ingold-Prelog.

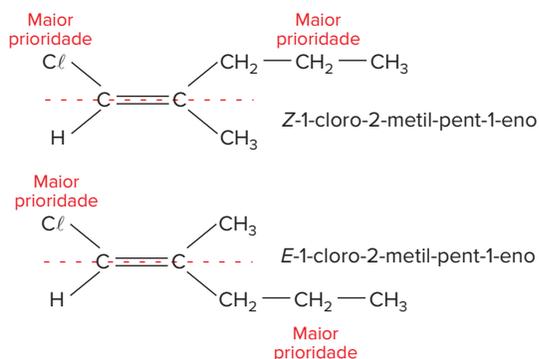
Nesse sistema, a letra *E* vem da palavra alemã *entgegen*, que significa “opostos” (parecido com o *trans*), e a letra *Z* vem da palavra alemã *zusammen*, que significa “juntos” (parecido com o *cis*).

Para tanto, devemos determinar os grupos de maior prioridade em cada um dos carbonos envolvidos na isomeria geométrica. Se esses grupos estiverem do mesmo lado do plano, atribuímos o termo *Z*; se estiverem em lados opostos, *E*.



O grupo de maior prioridade será o ligante cujo átomo ligado imediatamente ao carbono da ligação dupla tiver o maior número atômico. Se o número atômico dos dois ligantes for igual, deve-se optar pelo isótopo de maior massa. Em caso de empate, aplicamos essas regras aos átomos subsequentes.

Observe o exemplo do 1-cloro-2-metilpent-1-eno:



Entre o hidrogênio e o cloro, a maior prioridade é do cloro, pois seu número atômico é 17 e o do hidrogênio é 1.

Entre os grupos metil e propil, a maior prioridade é do grupo propil. Nesse caso, houve empate nos números atômicos dos átomos de carbono imediatamente ligados ao carbono da ligação dupla. Analisando os átomos subsequentes, observa-se que, no grupo metil, existem três hidrogênios (H, H, H) e, no grupo propil, dois hidrogênios e um carbono (C, H, H). Dessa forma, a maior prioridade deve ser do propil, pois o número atômico do carbono é maior que o número atômico do hidrogênio.

Isomeria óptica

Tipo de isomeria espacial que acontece em **moléculas assimétricas** nas quais os isômeros diferem no desvio da luz polarizada.

Simetria e assimetria

Um objeto é **simétrico** quando tem um plano de simetria, ou seja, pode ser dividido em duas partes iguais. Observe alguns exemplos na Fig. 2 e na Fig. 3.



Fig. 2 Uma esfera tem infinitos planos de simetria, ou seja, qualquer corte imaginário feito no meio da esfera gerará duas faces idênticas.



Fig. 3 Ao traçar uma linha imaginária na vertical no centro do vaso, é possível perceber duas metades idênticas.

Um objeto **assimétrico** não tem plano de simetria, ou seja, não pode ser dividido em duas partes iguais. Observe os exemplos da Fig. 4.



Fig. 4 A mão é uma das partes do corpo humano que não apresentam simetria, pois, mesmo que uma linha imaginária seja traçada verticalmente ou horizontalmente, não será possível obter duas metades idênticas. O mesmo acontece com o sapato.

A principal diferença entre objetos simétricos e assimétricos é o fato de a imagem, no espelho, de um objeto simétrico ser igual a ele mesmo. No entanto, a de um objeto assimétrico é diferente (invertida) dele mesmo (Fig. 5).



Fig. 5 Representação da assimetria da mão.

Esse fenômeno acontece também com moléculas, ou seja, existem moléculas simétricas e moléculas assimétricas.

Quando uma molécula é simétrica, sua imagem no espelho é igual a ela mesma (Fig. 6), mas, se for assimétrica, sua imagem no espelho será uma molécula diferente (Fig. 7).

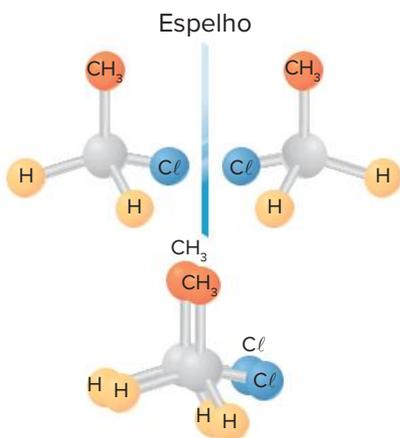


Fig. 6 Molécula simétrica. As duas representações são iguais, portanto sobreponíveis.

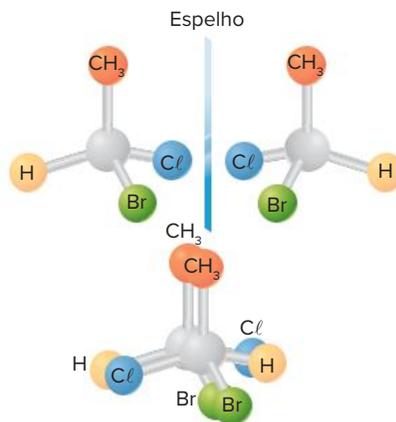


Fig. 7 Molécula assimétrica. As duas representações são diferentes, portanto não sobreponíveis.

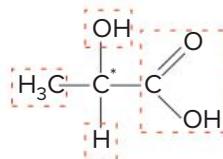
As duas moléculas representadas na Fig. 7 são isômeras, pois têm disposição espacial diferente, mas com a mesma fórmula molecular.

O carbono quiral

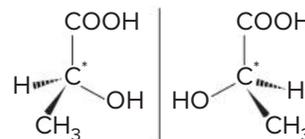
O caso mais importante de moléculas assimétricas se dá quando elas têm, em sua estrutura, pelo menos um átomo de carbono **quiral** ou **assimétrico**.

Carbono quiral ou assimétrico é um carbono que apresenta quatro ligantes diferentes entre si. Para facilitar sua visualização, costuma-se assinalar esse carbono com um asterisco.

Observe a molécula do ácido láctico:



É visível a presença de um carbono quiral nessa molécula, isso significa que é assimétrica e existem duas moléculas diferentes.



Observe que as duas moléculas não são sobreponíveis, são, na verdade, **antípodas ópticos** (isômeros ópticos), que recebem o nome de **enantiômeros** (do grego: *enantio*, oposto; *meros*, partes) ou **enantiomorfos** (do grego: *morphos*, formas).

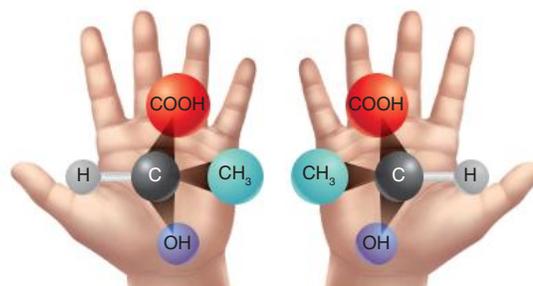


Fig. 8 Assim como as mãos, as moléculas não são sobreponíveis.

Atenção

Para facilitar a representação dos isômeros ópticos, o químico alemão Hermann Emil Fischer (1852-1919) sugeriu um modo simplificado, bidimensional, de representar uma molécula tridimensional por projeção. Observe o esquema da Fig. 9:

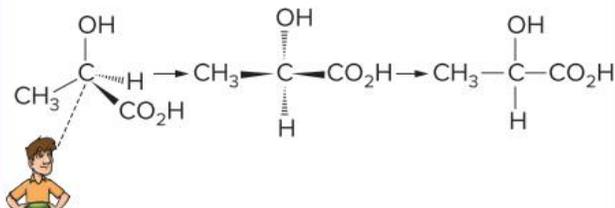


Fig. 9 Uma pessoa que observa uma molécula na perspectiva mostrada na imagem a vê com dois ligantes à frente e dois ligantes atrás do átomo de carbono. A projeção de Fischer propõe que essa molécula seja representada no plano em que as linhas horizontais são os ligantes à frente do átomo de carbono e as linhas verticais, atrás do átomo de carbono.

Essa proposta foi feita por Fischer, originalmente, para descrever moléculas bioquímicas, como carboidratos. Ela não é recomendada para representar outras moléculas orgânicas, já que pode causar confusão no momento da leitura.

A luz polarizada

As fontes luminosas, como o Sol ou as lâmpadas, emitem luz na forma de ondas eletromagnéticas, que vibram em diversas direções. Essa luz é chamada **não polarizada**, pois seus raios vibram em diversos planos perpendicularmente ao sentido da propagação do feixe de luz (Fig. 10).

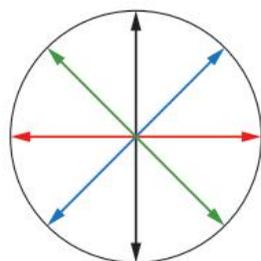
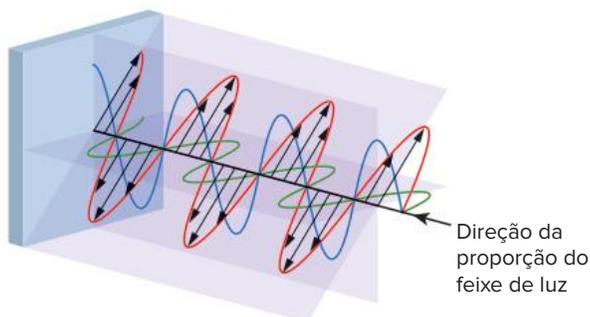


Fig. 10 Na ilustração de cima, temos a representação da propagação das ondas eletromagnéticas da luz. Na ilustração de baixo, como ela é visualizada no plano perpendicular à direção em que se propaga.

A luz polarizada (Fig. 11) é um conjunto de ondas eletromagnéticas que, após atravessar um filtro polarizador, vibra em um único plano.

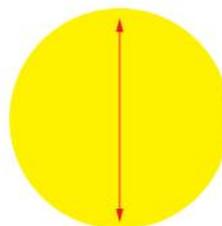
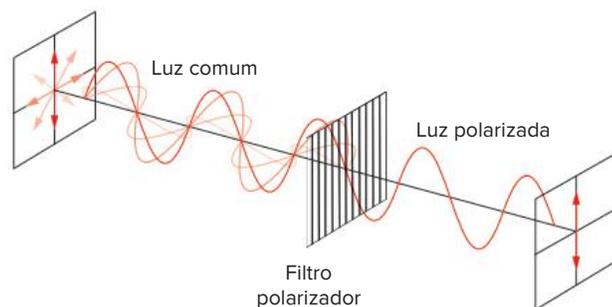


Fig. 11 Polarização da luz.

A presença de um carbono quiral na molécula faz com que existam duas estruturas não sobreponíveis, ou seja, dois isômeros ópticos. Experimentalmente, verifica-se que o plano de luz polarizada sofre um desvio ao atravessar um frasco com uma solução aquosa contendo uma substância cujas moléculas são assimétricas.

Um dos isômeros ópticos apresenta a capacidade de desviar o plano de luz polarizada para a direita (sentido horário) e o outro, para a esquerda (sentido anti-horário). Esses isômeros são denominados **opticamente ativos**.

Esse desvio é determinado experimentalmente por meio de um aparelho chamado **polarímetro**, conforme representado na Fig. 12.

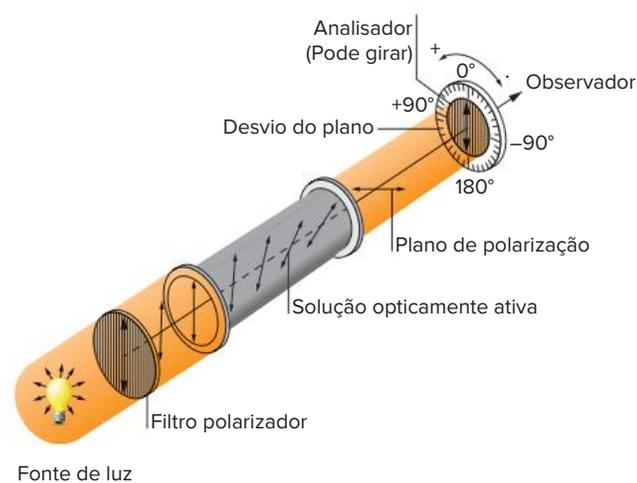
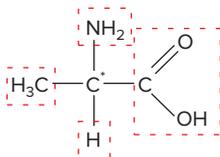


Fig. 12 Representação esquemática de um polarímetro.

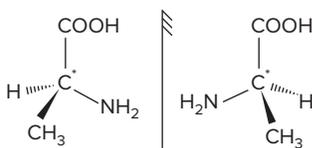
O isômero responsável pelo desvio para a direita é chamado **dextrogiro** ou **dextrorrotatório**, e o responsável pelo desvio para a esquerda é o **levogiro** ou **levorrotatório**.

Moléculas com um carbono quiral

Observe a fórmula estrutural do aminoácido alanina:



A presença de um carbono quiral em sua estrutura faz com que existam dois isômeros opticamente ativos, um dextrogiro e um levogiro.



Esses dois isômeros desviam o mesmo ângulo da luz polarizada, porém em sentidos opostos, por isso são chamados **enantiômeros** ou **enantiomorfos**. Esses compostos são quimicamente iguais e a única diferença física entre eles é no desvio da luz polarizada, conforme indicado na Tab. 2:

Nome	(+) –Alanina	(–) –Alanina
Fórmula molecular	C ₃ H ₇ NO ₂	C ₃ H ₇ NO ₂
Massa molar	89 g/mol	89 g/mol
Temperatura de fusão	258 °C	258 °C
Densidade (20 °C)	1,424 g/cm ³	1,424 g/cm ³
Desvio da luz polarizada	+14,5°	-14,5°

Tab. 2 Características das formas levogira e dextrogiro do aminoácido alanina.

A mistura formada por quantidades iguais (equimolar) dos dois isômeros (dextrogiro e levogiro) é chamada **mistura racêmica** e não tem atividade óptica (**opticamente inativa**), pois existe compensação externa do desvio da luz polarizada. Ou seja, como essas moléculas provocam desvios contrários na luz polarizada e estão em quantidades iguais, o desvio final será nulo, já que uma molécula compensa o desvio da outra.

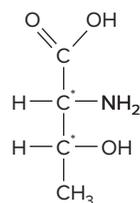
! Atenção

Propriedades biológicas dos enantiômeros

Além de interações diferentes com a luz plano-polarizada, os enantiômeros geralmente têm propriedades biológicas distintas. Por exemplo, um enantiômero de uma molécula pode se comportar como um medicamento terapêutico no corpo humano, ao passo que outro enantiômero pode ser tóxico.

Moléculas com dois ou mais carbonos quirais diferentes

Considere o aminoácido treonina a seguir:



Observe que, nesse composto, há dois carbonos quirais diferentes (os carbonos quirais apresentam ligantes diferentes). Como esse composto é assimétrico, existe um isômero idêntico a ele, porém contrário (Tab. 3) – equivalente a sua imagem no espelho.

Par de enantiômeros		
	Tipo	dextrogiro
Valor do desvio	+9°	-9°

Tab. 3 Características dos isômeros dextrogiro e levogiro da treonina.

Existe ainda a possibilidade de inverter a configuração de dois ligantes de apenas um dos dois carbonos quirais, formando, assim, mais dois enantiômeros apresentando desvio do plano da luz polarizada com ângulos diferentes dos dois primeiros isômeros (Tab. 4).

Par de enantiômeros		
	Tipo	dextrogiro
Valor do desvio	+27°	-27°

Tab. 4 Características dos isômeros dextrogiro e levogiro da treonina.

Concluimos que moléculas com dois carbonos quirais diferentes têm, no total, quatro isômeros opticamente ativos (dois pares de enantiômeros), e são possíveis duas misturas racêmicas: uma formada pelo primeiro par de enantiômeros (+9° e -9°) e outra, pelo segundo par de enantiômeros (+27° e -27°).

Quaisquer outros pares (+9° e -27°; +9° e +27°; -9° e -27°; -9° e +27°) não formam misturas racêmicas e são denominados **diastereoisômeros**, pois são isômeros espaciais entre si, mas não são imagens espelhadas um do outro.

Quando uma molécula tem vários carbonos quirais diferentes, podemos calcular o número de isômeros ópticos ativos pela regra de Van't Hoff.

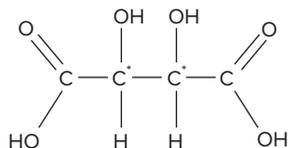
Número de isômeros opticamente ativos = 2^n (em que n é o número de carbonos quirais diferentes).

O número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de isômeros ópticos ativos, que pode ser calculado pela seguinte fórmula: $\frac{2^n}{2}$ ou 2^{n-1} .

Atenção

Moléculas com dois carbonos quirais iguais

Observe o exemplo do ácido tartárico:



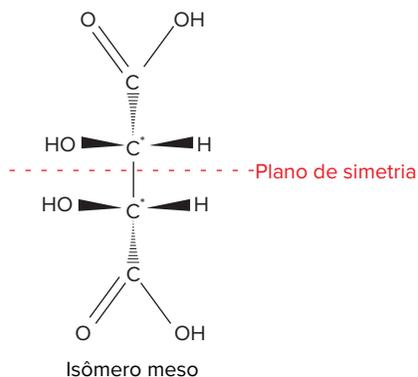
Como os dois carbonos quirais são iguais (apresentam os mesmos ligantes), o ângulo de desvio provocado por esses carbonos será o mesmo. Dessa forma, não podemos utilizar a fórmula de Van't Hoff para determinar o número de isômeros opticamente ativos, pois um dos isômeros espaciais será inativo, em razão de uma compensação interna (um carbono quiral compensa o desvio do outro).

Logo, o ácido tartárico apresenta apenas dois isômeros opticamente ativos (par de enantiômeros) e uma mistura racêmica, conforme representado na tabela a seguir:

Par de enantiômeros		
	Tipo	dextrógiro
Valor do desvio	+12°	-12°

Tab. 5 Características dos isômeros dextrógiro e levógiro do ácido tartárico.

O outro isômero espacial possível é inativo (não desvia o plano de luz polarizada), em virtude do plano de simetria da molécula, e é chamado isômero meso.



Exercícios resolvidos

3 Unesp

Observe as relações a seguir:

COMPOSTOS: butan-2-ol; hex-3-eno

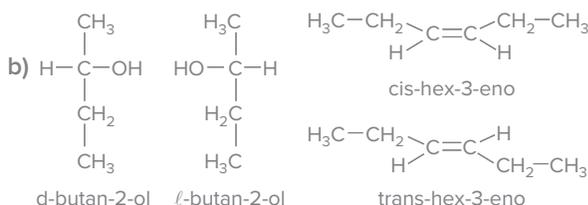
TIPO DE ISOMERIA: geométrica; óptica

- Associe cada composto ao respectivo tipo de isomeria.
- Escreva as fórmulas estruturais e dê os nomes dos respectivos isômeros.

Resolução:

a) Butan-2-ol apresenta isomeria óptica, pois tem carbono quiral.

Hex-3-eno apresenta isomeria geométrica, pois os carbonos da ligação dupla têm ligantes diferentes.



- 4 Cesgranrio Em 1848, Louis Pasteur estudou os sais de potássio e amônio obtidos do ácido racêmico (do latim *racemus*, que significa cacho de uva), o qual se depositava nos tonéis de vinho durante a sua fermentação. Após observar que esse ácido era uma mistura de dois outros com a mesma fórmula molecular do ácido tartárico; que, separados, desviavam a luz plano-polarizada e juntos, em quantidades iguais, perdiam essa propriedade, nasceu o conceito de mistura racêmica. De acordo com o exposto, assinale a opção correta, com relação aos conceitos de isomeria espacial.

- Uma mistura racêmica é uma mistura equimolecular de dois compostos enantiomorfos entre si.
- O butan-1-ol, por ser um álcool opticamente ativo, pode originar uma mistura racêmica.
- O but-2-eno apresenta dois isômeros ópticos, *cis*-but-2-eno e o *trans*-but-2-eno.
- O butan-2-ol apresenta três isômeros ópticos ativos denominados dextrógiro, levógiro e racêmico.
- Quando um composto desvia a luz plano-polarizada para a direita é chamado de levógiro.

Resolução:

Alternativa A: correta. Apresenta carbono quiral.

Alternativa B: incorreta. O butan-1-ol não é opticamente ativo, pois não apresenta carbono quiral.

Alternativa C: incorreta. O but-2-eno apresenta dois isômeros geométricos, *cis*-but-2-eno e *trans*-but-2-eno.

Alternativa D: incorreta. O butan-2-ol apresenta dois isômeros ópticos ativos, denominados dextrógiro e levógiro, e uma mistura racêmica inativa.

Alternativa E: incorreta. Quando um composto desvia a luz plano-polarizada para a direita, é chamado dextrógiro.

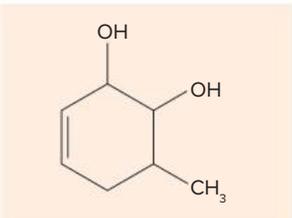
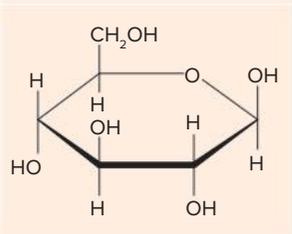
Alternativa: A.

Revisando

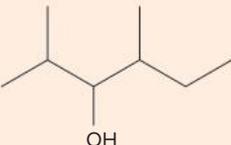
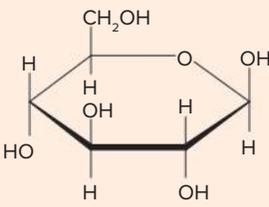
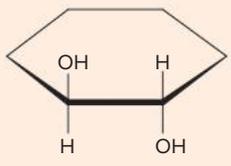
- O que são isômeros?
- Quais são os tipos de isomerias?
- Dos compostos relacionados a seguir, quais formam pares de isômeros?
 - Éter dimetílico
 - Álcool etílico
 - Metilbuteno
 - Propanal
 - Ácido propanoico
 - Butanona
 - Ciclobutanol
 - Ciclopentano
- Indique o tipo de isomeria que ocorre em cada caso.

Substâncias	Isomeria
$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array}$ e $\text{CH}_2=\text{CHOH}$	
$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
CH_3-OCH_3 e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	
- Existem 5 isômeros planos possíveis com a fórmula C_4H_6 .
 - Desenhe as fórmulas estruturais de todos eles.
 - Escreva os nomes de todos os 5 compostos.
- Considere o composto 3,4-dimetil-hex-3-eno.
 - Que tipo de isomeria ocorre nesse composto?
 - Escreva as fórmulas estruturais dos isômeros do item anterior. Identifique-os.
- Existem seis compostos diferentes possíveis com a fórmula C_4H_8 . Desenhe a estrutura de todos eles.
- O que é um carbono assimétrico?

- Nos compostos a seguir, assinale a presença de carbonos quirais.

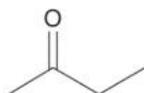
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	
$\begin{array}{c} \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} & \text{O} \\ & & & \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} & -\text{C}- & \text{C}- & \text{C} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	

10 Calcule o número de isômeros ópticos ativos e número de misturas racêmicas para cada um dos compostos a seguir:

Composto	Número de isômeros ativos	Número de misturas racêmicas
		
		
		

Exercícios propostos

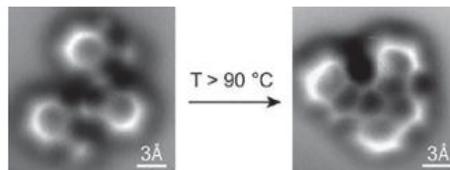
1 **Unesp 2018** A fórmula representa a estrutura da butanona, também conhecida como metiletilcetona (MEK), importante solvente industrial usado em tintas e resinas.



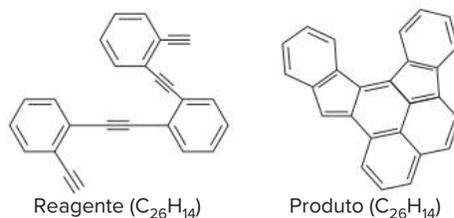
Um isômero da butanona é o

- A propano-2-ol.
- B butanal.
- C metoxipropano.
- D butan-2-ol.
- E ácido butanóico.

2 **UFRGS 2014** Em 2013, cientistas conseguiram pela primeira vez “fotografar” uma reação de rearranjo de uma molécula orgânica em resolução atômica ($3 \text{ \AA} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$), usando microscopia de força atômica. A imagem obtida é mostrada a seguir. A representação das estruturas do reagente e do produto, como se costuma encontrar em livros de química, também está mostrada a seguir, e a semelhança entre ambas é marcante.



Disponível em: <<http://cchem.berkeley.edu/frfgrp/index.html>>. Acesso em: 3 set. 2013.



Considere as seguintes afirmações a respeito desses compostos.

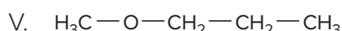
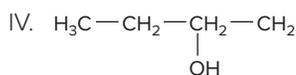
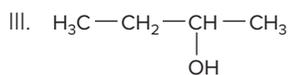
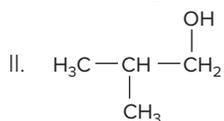
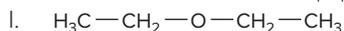
- I. Ambos são hidrocarbonetos aromáticos.
- II. Ambos têm na sua estrutura a presença de carbonos com geometria trigonal plana.
- III. Reagentes e produtos são compostos isômeros.

Quais estão corretas?

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

3 Uece 2017 Isomeria é o fenômeno pelo qual duas substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas apresentam estruturas diferentes, ou seja, o rearranjo dos átomos difere em cada caso.

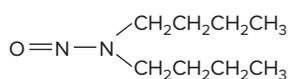
Observe as estruturas apresentadas a seguir, com a mesma fórmula molecular $C_4H_{10}O$:



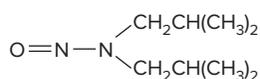
Assinale a opção em que as estruturas estão corretamente associadas ao tipo de isomeria.

- A Isomeria de função – II e III.
 B Isomeria de cadeia – III e IV.
 C Isomeria de compensação – I e V.
 D Isomeria de posição – II e IV.

4 IFSul 2017 Os nitritos são usados como conservantes químicos em alimentos enlatados e em presuntos, salsichas, salames, linguiças e frios em geral. Servem para manter a cor desses alimentos e proteger contra a contaminação bacteriana. Seu uso é discutido, pois essas substâncias, no organismo, podem converter-se em perigosos agentes cancerígenos, as nitrosaminas. Abaixo temos a representação de duas nitrosaminas:



dibutilnitrosamina

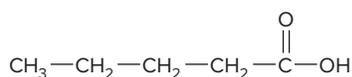


di-isobutilnitrosamina

Essas nitrosaminas são isômeras de

- A cadeia. C posição.
 B função. D tautomeria.

5 Uece 2016 O ácido pentanoico (conhecido como ácido valérico) é um líquido oleoso, com cheiro de queijo velho, tem aplicações como sedativo e hipnótico. Se aplicado diretamente na pele, tem uma efetiva ação sobre a acne.

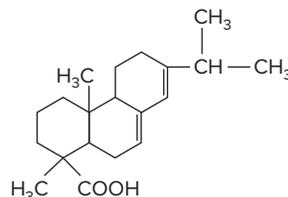


Ácido pentanoico

De acordo com sua fórmula estrutural, seu isômero correto é o

- A propanoato de etila. C 3 metil butanal.
 B etóxi propano. D pentan-2-ona.

6 FMP 2016 Quando um talho é feito na casca de uma árvore, algumas plantas produzem uma secreção chamada resina, que é de muita importância para a cicatrização das feridas da planta, para matar insetos e fungos, permitindo a eliminação de acetatos desnecessários. Um dos exemplos mais importantes de resina é o ácido abiético, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



Um isômero de função mais provável desse composto pertence à função denominada

- A amina
 B éster
 C aldeído
 D éter
 E cetona

7 Uece 2015 O 1,4-dimetoxi-benzeno é um sólido branco com um odor floral doce intenso. É usado principalmente em perfumes e sabonetes. O número de isômeros de posição deste composto, contando com ele, é

- A 2.
 B 3.
 C 5.
 D 4.

8 UEPG 2015 Com respeito aos compostos aromáticos citados abaixo, identifique quais apresentam isomeria de posição (*orto*, *meta* ou *para*) e assinale o que for correto.

- 01 Etilbenzeno.
 02 Ácido benzoico.
 04 Dibromobenzeno.
 08 Tolueno.
 16 Xileno.

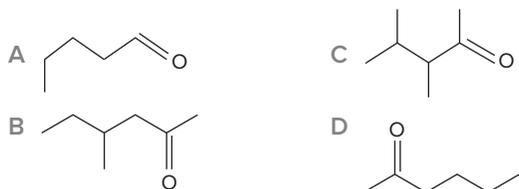
Soma:

9 Cefet-MG 2015 O ácido butanoico é um composto orgânico que apresenta vários isômeros, entre eles substâncias de funções orgânicas diferentes. Considerando ésteres e ácidos carboxílicos, o número de isômeros que esse ácido possui é

- A 3.
 B 4.
 C 5.
 D 7.
 E 8.

10 Uece 2014 As cetonas, amplamente usadas na indústria alimentícia para a extração de óleos e gorduras de sementes de plantas, e os aldeídos, utilizados como produtos intermediários na obtenção de resinas sintéticas, solventes, corantes, perfumes e curtimento de peles, podem ser isômeros.

Assinale a opção que apresenta a estrutura do isômero do hexanal.



11 Mackenzie 2014 Considere a nomenclatura Iupac dos seguintes hidrocarbonetos.

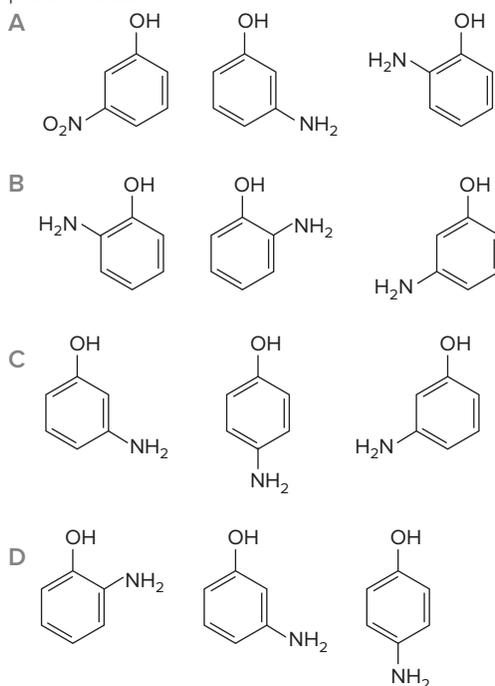
- I. metil-ciclobutano.
- II. 3-metil-pentano.
- III. pentano.
- IV. ciclo-hexano.
- V. pent-2-eno.

A alternativa que relaciona corretamente compostos isoméricos é

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

12 Uerj 2013 Aminofenóis são compostos formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio ligados aos carbonos do fenol por grupamentos NH_2 . Com a substituição de apenas um átomo de hidrogênio, são formados três aminofenóis distintos.

As fórmulas estruturais desses compostos estão representadas em:

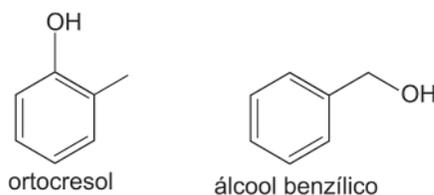


13 Uece 2018 O éter dietílico (etoxietano) é uma substância líquida volátil e altamente inflamável. Utilizado inicialmente como anestésico, seu uso foi descontinuado pelo risco de explosão. Atualmente serve como ótimo solvente para experiências químicas em laboratórios.

Este composto orgânico é isômero de um álcool primário de cadeia não ramificada, cujo nome é

- A butan-2-ol
- B metil-propan-2-ol
- C butan-1-ol
- D pentan-1-ol.

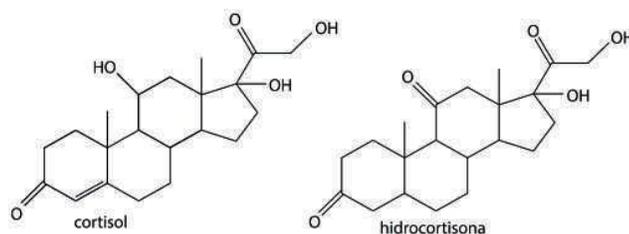
14 Unesp 2018 Examine as estruturas do ortocresol e do álcool benzílico.



O ortocresol e o álcool benzílico

- A apresentam a mesma função orgânica.
- B são isômeros
- C são compostos alifáticos.
- D apresentam heteroátomo.
- E apresentam carbono quiral.

15 Fatec 2019 O estresse está se tornando um problema cada vez maior no mundo do trabalho. Situações e estímulos do ambiente de trabalho que pressionam o trabalhador, em diferentes contextos, provocam a produção de diversos hormônios em seu organismo como, por exemplo, o cortisol. O cortisol é responsável pela regulação de diversos processos metabólicos humanos. Sua forma sintética, a hidrocortisona, é usada no combate a inflamações e alergias.

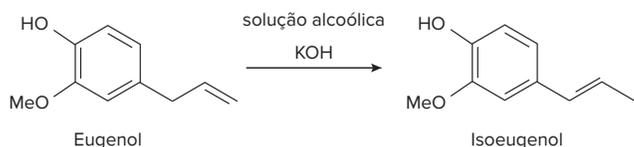


Em química, isomeria é um fenômeno que ocorre quando duas ou mais moléculas apresentam a mesma fórmula molecular.

Observando as fórmulas estruturais do cortisol e da hidrocortisona, pode-se concluir corretamente que estes compostos

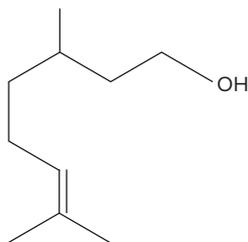
- A são isômeros de fórmula molecular $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_5$.
- B são isômeros de fórmula molecular $\text{C}_{21}\text{H}_{29}\text{O}_5$.
- C são isômeros de fórmula molecular $\text{C}_{21}\text{H}_6\text{O}_5$.
- D não são isômeros pois suas fórmulas moleculares são diferentes.
- E não são isômeros pois suas fórmulas estruturais são diferentes.

16 Unioeste 2019 O eugenol e isoeugenol são isômeros que apresentam fórmula molecular $C_{10}H_{12}O_2$. O eugenol é um óleo essencial extraído do cravo-da-índia, apresenta propriedades anestésicas e pode ser convertido em seu isômero isoeugenol a partir da reação apresentada abaixo. Considerando as estruturas do eugenol e isoeugenol, é CORRETO afirmar.



- A São isômeros funcionais.
- B São isômeros de cadeia.
- C São isômeros ópticos.
- D São isômeros de posição.
- E São formas tautoméricas.

17 UEMG 2017 Observe o composto orgânico abaixo e as afirmações a seu respeito.

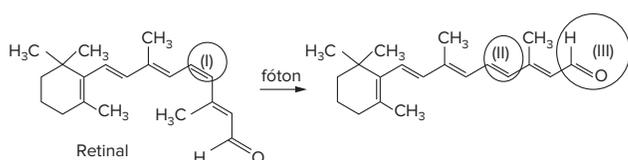


- I. É um álcool insaturado.
- II. É um isômero *cis-trans*.
- III. Apresenta 18 hidrogênios.
- VI. Apresenta 3 ramificações.

O número de afirmação(ões) correta(s) é igual a

- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.

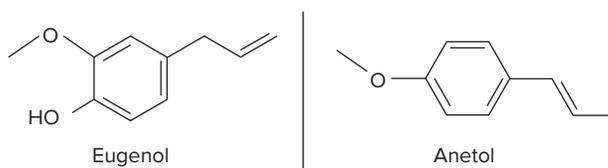
18 Feevale 2016 O Retinal, molécula apresentada abaixo, associado à enzima rodopsina, é o responsável pela química da visão. Quando o Retinal absorve luz (fótons), ocorre uma mudança na sua geometria, e essa alteração inicia uma série de reações químicas, provocando um impulso nervoso que é enviado ao cérebro, onde é percebido como visão.



Entre as alternativas a seguir, assinale aquela em que a sequência I, II e III apresenta corretamente as geometrias das duplas ligações circuladas em I e II e a função química circulada em III.

- A I – *Cis* II – *Trans* III – Aldeído
- B I – *Trans* II – *Cis* III – Álcool
- C I – *Trans* II – *Trans* III – Aldeído
- D I – *Trans* II – *Cis* III – Aldeído
- E I – *Cis* II – *Trans* III – Ácido carboxílico

19 PUC-SP 2016 O eugenol e o anetol são substâncias aromáticas presentes em óleos essenciais, com aplicações nas indústrias de cosméticos e farmacêutica. O eugenol está presente principalmente nos óleos de cravo, canela e sassafrás, já o anetol é encontrado nos óleos essenciais de anis e anis-estrelado.



Sobre esses compostos foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Ambos apresentam isomeria geométrica.
- II. O eugenol apresenta funções fenol e éter, enquanto o anetol apresenta função éter.
- III. A fórmula molecular do eugenol é $C_{10}H_{12}O_2$, enquanto o anetol apresenta fórmula molecular $C_{10}H_{12}O$.
- IV. O anetol apresenta temperatura de ebulição maior do que o eugenol.

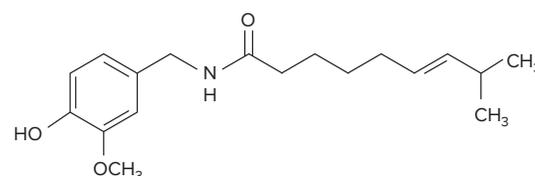
Estão corretas **apenas** as afirmações:

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

20 PUC-PR 2015 A capsaicina tem sido utilizada na medicina há muitos séculos. A pimenta vermelha foi uma das primeiras plantas cultivadas nas Américas. As tribos indígenas brasileiras cultivam e usam pimentas desde o descobrimento do Brasil, e os historiadores acreditam que a população do México come pimenta vermelha desde 7.000 a.C. A capsaicina já era utilizada pelos nossos ancestrais para aliviar as dores nas juntas e tem sido usada, também, na forma de creme ou pomada na medicina esportiva, para tratamento de lesões, torções e nevralgias. Funciona bem para aliviar a coceira da pele e acalmar a dor provocada por herpes.

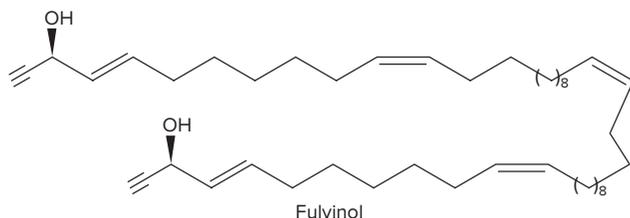
Fonte: <http://www.crq4.org.br/quimica_viva_capsaicina>.

Analisando a fórmula da capsaicina, dada abaixo, assinale a alternativa **correta**.



- A Sua fórmula molecular é: $C_{17}H_{24}NO_3$.
 B Há nesta fórmula as funções orgânicas fenol, éter e amida.
 C Temos a seguinte fórmula mínima: $C_9H_{13}NO_3$.
 D O composto não faz isomeria *cis-trans*.
 E Temos no composto hibridação sp.

21 UFRGS 2015 O fulvinol, cuja estrutura é mostrada abaixo, foi isolado de uma esponja marinha presente na costa da Espanha.

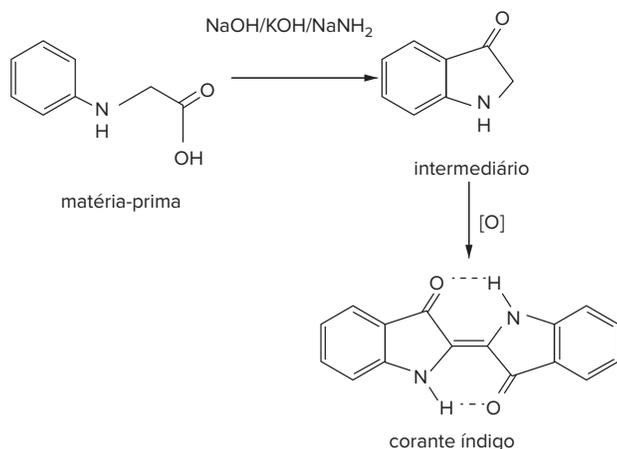


- I. É um hidrocarboneto acíclico insaturado.
 II. Apresenta ligações duplas *trans* e *cis*.
 III. Apresenta 4 carbonos com geometria linear.

Quais estão corretas?

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

22 FGV 2013 O corante índigo é usado mundialmente na indústria têxtil no tingimento de denim, tecido dos artigos de *jeans*, e é preparado sinteticamente a partir da seguinte reação.



No produto final da reação, prepondera o isômero representado, que tem maior estabilidade devido às interações intramoleculares representadas na figura. A função orgânica em comum aos três compostos representados na equação de reação, a classificação do isômero e o tipo de interação intramolecular da molécula do corante índigo são, respectivamente:

- A amina, isômero *cis*, força de London.
 B amina, isômero *trans*, força de London.

- C amina, isômero *trans*, ligação de hidrogênio.
 D amida, isômero *cis*, força de London.
 E amida, isômero *trans*, ligação de hidrogênio.

23 Cefet-MG 2013 Dentre os compostos orgânicos

- I. butan-2-ol
 II. pent-1-eno
 III. hex-2-eno
 IV. 2-metil-ciclohexanol
 V. ciclohexeno

aqueles que apresentam isomeria geométrica são

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

24 UEPG-PSS III 2019 Com respeito aos compostos *cis*-2-penteno e *trans*-2-penteno, assinale o que for correto:

- 01 São isômeros geométricos.
 02 Apresentam pontos de fusão diferentes.
 04 Não apresentam carbono quiral.
 08 São hidrocarbonetos.

Soma:

25 UFRGS 2018 Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

O *cis*-1,2-dicloroetano é uma molécula _____, e o seu isômero *trans* apresenta _____ ponto de ebulição por ser uma molécula _____.

- A apolar – maior – polar
 B apolar – menor – polar
 C polar – mesmo – polar
 D polar – maior – apolar
 E polar – menor – apolar

26 UnitaU 2019 Considere os isômeros a seguir e os relacione com seus respectivos tipos.

- I. Propanona e prop-1-en-2-ol
 II. 1,4-dimetilbenzeno e 1,2-dimetilbenzeno
 III. Ácido hexanoico e butanoato de etila
 IV. *cis*-pent-2-eno e *trans*-pent-2-eno
 A Isomeria de posição
 B Isomeria funcional
 C Isomeria geométrica
 D Tautomeria

Assinale a alternativa que apresenta as relações CORRETAS.

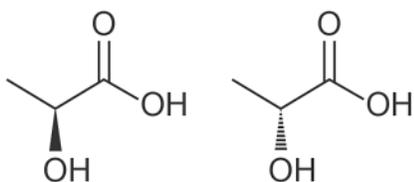
- A I/A; II/B; III/C; IV/D
 B II/A; IV/B; III/C; I/D
 C III/A; II/B; IV/C; I/D
 D II/A; III/B; I/C; IV/D
 E II/A; III/B; IV/C; I/D

27 UEPG-PSS III 2018 Sobre o carbono assimétrico e isomeria óptica, assinale o que for correto.

- 01 Carbono assimétrico é o átomo de carbono com quatro substituintes diferentes.
- 02 Não existem moléculas com mais de um carbono assimétrico.
- 04 Uma mistura racêmica é opticamente ativa.
- 08 Se a molécula possuir um carbono assimétrico, apresentará atividade óptica.

Soma:

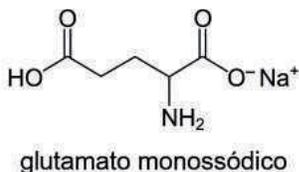
28 Enem PPL 2018 Várias características e propriedades de moléculas orgânicas podem ser inferidas analisando sua fórmula estrutural. Na natureza, alguns compostos apresentam a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais. São os chamados isômeros, como ilustrado nas estruturas.



Entre as moléculas apresentadas, observa-se a ocorrência de isomeria

- A ótica.
- B de função.
- C de cadeia.
- D geométrica.
- E de compensação

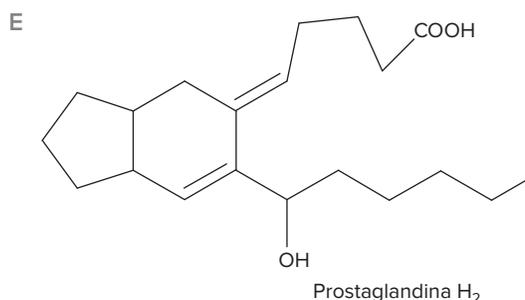
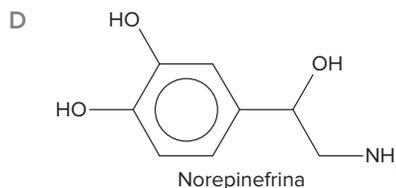
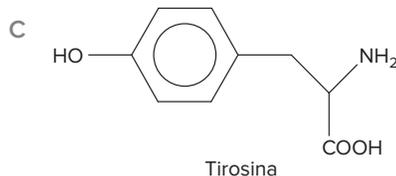
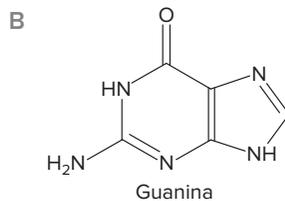
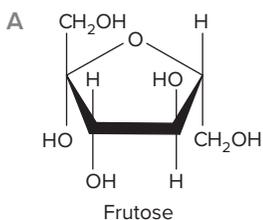
29 FICSAE 2019 Examine a estrutura do glutamato monossódico, composto utilizado para realçar o sabor de alimentos.



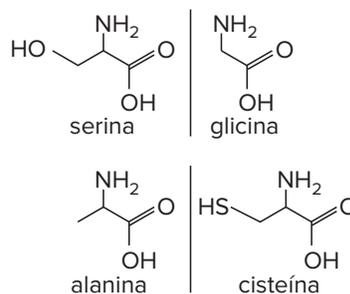
O número de átomos de carbono quiral presente na estrutura do glutamato monossódico é

- A 3
- B 2
- C 4
- D 5
- E 1

30 UFPE A origem da homoquiralidade da nossa biota é um dos grandes mistérios da ciência moderna. Das moléculas a seguir, de ocorrência comum nos seres vivos, qual não apresenta centro quiral (centro assimétrico ou centro estereogênico)?



31 Uerj 2012 Os aminoácidos que possuem um centro quiral apresentam duas formas enantioméricas. Observe, abaixo, a estrutura química de quatro aminoácidos.



O único desses aminoácidos que não apresenta enantiômeros é:

- A serina
- B glicina
- C alanina
- D cisteína

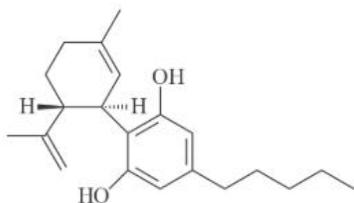
32 Uerj 2018 Um mesmo composto orgânico possui diferentes isômeros ópticos, em função de seus átomos de carbono assimétrico. Considere as fórmulas estruturais planas de quatro compostos orgânicos, indicadas na tabela.

Composto	Fórmula estrutural plana
I	
II	
III	
IV	

O composto que apresenta átomo de carbono assimétrico é:

- A I
B II
C III
D IV

- 33 UEM 2018** A Anvisa liberou a comercialização de medicamentos contendo o canabidiol, um composto extraído da maconha. Com base na estrutura do canabidiol, assinale o que for correto.



- 01 É um poliálcool, pois possui mais de um grupo -OH.
02 Possui um grupo *n*-pentila ligado ao anel aromático.
04 Apresenta atividade óptica, pois possui dois carbonos quirais.
08 Tem um grupo metila e um grupo isoprenila ligados à cadeia cíclica.
16 Sua fórmula molecular é $C_{21}H_{30}O_2$.

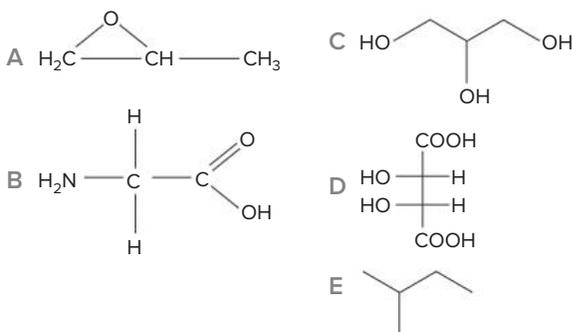
Soma:

- 34 Unisc 2017** Em relação à molécula do ácido 2-amino-3-hidróxi propanoico, conhecido também por serina, pode-se afirmar que
- A apresenta um carbono assimétrico.
B constitui-se numa proteína essencial para o organismo humano.
C contém 1 carbono hibridizado sp^2 e 2 carbonos hibridizados sp .
D apresenta isomeria espacial geométrica.
E tem fórmula molecular $C_3H_6NO_3$ e 3 carbonos primários.

- 35 UPE 2017** Até agora, já foram detectadas mais de 180 moléculas no espaço. Porém, em 2016, a revista Science publicou a descoberta da primeira molécula quiral detectada no espaço. A descoberta foi feita, analisando-se as ondas-rádio, provenientes de uma parte fria de uma nuvem de poeira e gás do centro da nossa galáxia, conhecida por Sagitário B2. Esse feito aumenta o interesse por novas pesquisas para se compreender a quiralidade nos fenômenos naturais. A descoberta também cria novas expectativas de se encontrarem, no espaço, algumas das substâncias responsáveis pelos processos vitais de organismos vivos da Terra.

Disponível em: <http://publico.uol.com.br/ciencia/noticia/um-aperto-de-maos-no-espaco-sao-moleculas-quirais-173_097>. Acesso em: 10 jul. 2016. (Adapt.)

Qual substância foi encontrada no espaço?

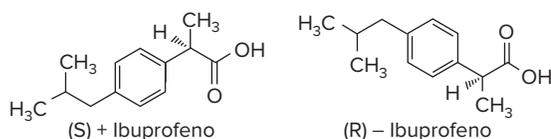


- 36 UEL 2017** Leia a charge a seguir.



Disponível em: <portaldoprofessor.mec.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2016.

A charge evidencia uma situação cotidiana relacionada à compra de medicamentos, na qual ocorrem dúvidas por parte da consumidora, tendo em vista os diferentes medicamentos comercializados: os de marca, os similares e os genéricos. Essa dúvida, no entanto, não deveria existir, pois os diferentes tipos de medicamentos devem apresentar o mesmo efeito terapêutico. O que não se sabe, por parte da população em geral, é que muitos medicamentos são vendidos na forma de dois isômeros ópticos em quantidades iguais, mas apenas um deles possui atividade terapêutica. Por exemplo, o ibuprofeno é um anti-inflamatório que é comercializado na sua forma (S)+ (ativa) e (R)- (inativa), conforme mostram as figuras a seguir.



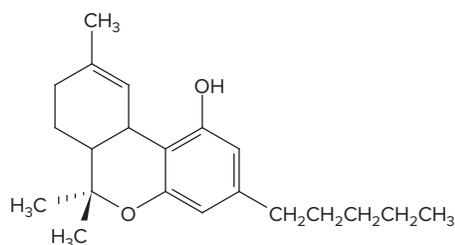
Com base nessas informações, considere as afirmativas a seguir.

- I. O ibuprofeno é comercializado na forma de racemato.
- II. Os dois isômeros são diastereoisômeros.
- III. Os dois isômeros apresentam isomeria de posição.
- IV. Os dois isômeros possuem pontos de fusão iguais.

Assinale a alternativa correta.

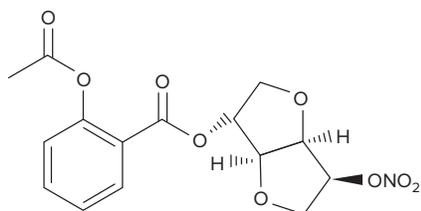
- A Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- C Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- E Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

- 37 UFPI** Alguns países já consideram a liberação da maconha (*Cannabis sativa*) para fins medicinais. Dada a estrutura do princípio ativo da maconha, o tetra-hidro-cannabinol (THC), escolha a opção correta.



- A O THC possui um carbono assimétrico, portanto deve ser opticamente ativo.
- B O THC possui dois carbonos assimétricos, portanto deve ser opticamente ativo.
- C O THC possui três carbonos assimétricos, portanto deve ser opticamente ativo.
- D O THC possui quatro carbonos assimétricos, portanto deve ser opticamente ativo.
- E O THC não possui qualquer carbono assimétrico, portanto deve ser opticamente inativo.

- 38 USF 2016** O remédio conhecido como Isordil[®] é de uso contínuo para os pacientes que possuem algum tipo de doença coronariana. Esse medicamento tem seu uso relacionado a ataques cardíacos e é indicado no tratamento posterior ao infarto. Seu efeito ativo é derivado do nitrato de isosorbida, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



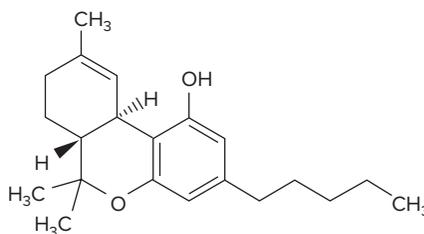
A respeito da estrutura de tal substância, são realizadas as seguintes afirmações:

- I. Nessa substância, é possível encontrar a função orgânica amina.
- II. Há quatro átomos de carbonos quirais em sua estrutura.
- III. Dentre outras funções oxigenadas, uma das encontradas é a função cetona.
- IV. O composto apresenta dois grupos funcionais dos ésteres.
- V. Há um único átomo de carbono hibridizado em sp^2 que também é carbono terciário.

Das afirmações realizadas, são corretas

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

- 39 IFSul 2016** A *Cannabis sativa* (maconha) possui diversas substâncias químicas que, ao entrarem em contato com o corpo do usuário, desencadeiam uma série de efeitos, entre eles a sensação de excitação provocada pelo reagente THC. O THC tem sua fórmula estrutural mostrada a seguir.



Fonte: <www.sitedecuriosidades.com>. (Adapt.)

Sobre a estrutura do THC, é correto afirmar que ela apresenta

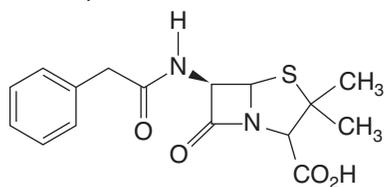
- A 5 carbonos quirais.
- B função fenol e éter.
- C 3 anéis aromáticos.
- D apenas carbonos sp^3 .

- 40 Fepar 2016** A penicilina benzatina, muito conhecida pelo nome comercial Benzetacil, antibiótico usado para tratar sífilis e outras infecções, está em falta no Brasil tanto no setor público como no privado. A crise de abastecimento, que segundo o Ministério da Saúde é provocada por escassez de matéria-prima, tem preocupado os médicos.

A febre reumática, por exemplo, é uma doença autoimune que, para ser controlada, necessita do uso regular desse tipo de penicilina, e a diminuição da oferta do remédio traz muitas dificuldades para quem precisa do tratamento.



Representação da estrutura da penicilina benzatina



Sobre a estrutura acima, julgue as afirmativas que seguem.

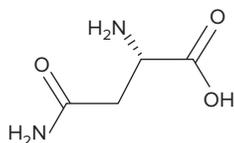
- A estrutura apresenta 6 carbonos sp^2 e 12 carbonos sp^3 .
- Apresenta isomeria óptica, possuindo apenas um carbono quiral.
- Possui as funções amida, ácido carboxílico e um anel aromático.
- O número total de átomos de hidrogênio presentes nessa estrutura é 18.
- Apresenta 6 ligações π .

- 41 PUC-PR 2016** Os alimentos ricos em asparagina são, principalmente, alimentos ricos em proteína. A asparagina é um aminoácido não essencial porque independe da ingestão de alimentos ricos em nutrientes, pois o organismo consegue produzi-lo quando necessário. Uma das funções da asparagina é manter as células do sistema nervoso saudáveis e contribuir para a formação e manutenção de ossos, pele, unhas e cabelos, por exemplo. A asparagina serve para formar dentro do organismo novas proteínas de acordo com a necessidade do organismo em cada momento.

Disponível em: <<http://www.tuasauade.com>>.

Analisando o texto e a fórmula da asparagina apresentada a seguir.

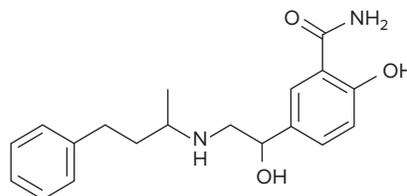
▶ **Dado:** Número atômico: H = 1, C = 6, N = 7, O = 8



Assinale a alternativa **correta**.

- A Podemos encontrá-la em alimentos como carne e leite apenas.
- B Possui dois isômeros ópticos ativos, sendo possível a obtenção de uma mistura racêmica, a qual é opticamente ativa, ou seja, desvia o plano de luz polarizado.
- C Possui um isômero dextrógiro e dois isômeros levógiros.
- D Possui as seguintes funções orgânicas: amina, amida e ácido carboxílico.
- E Possui a função amina, a qual caracteriza o seu caráter ácido.

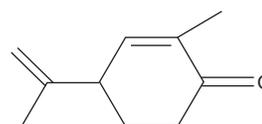
- 42 UFPA 2016** O anti-hipertensivo labetalol, fórmula estrutural plana dada abaixo, é exemplo de um fármaco que apresenta vantagens ao ser administrado como racemato.



Como no processo de síntese todos os estereoisômeros são produzidos, o número de estereoisômeros na mistura será

- A 1. B 2. C 3. D 4. E 5.

- 43 UPF 2016** A carvona é uma substância que pode ser encontrada no óleo essencial extraído da *Mentha viridis* (*ℓ*).

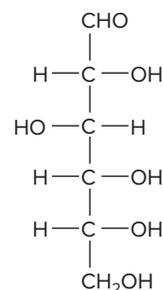


carvona

Sobre a carvona, é correto afirmar:

- A Apresenta todas as duplas conjugadas entre si.
- B Apresenta duas duplas com isomeria geométrica (*cis-trans*).
- C Apresenta a fórmula molecular $C_{10}H_{13}O$.
- D Apresenta quatro carbonos com hibridização sp^2 .
- E Apresenta um carbono assimétrico em sua estrutura.

- 44 Uece 2016** A glicose é uma das principais fontes de energia para o ser humano, sendo também conhecida como “açúcar do sangue”. Atente à estrutura da glicose:



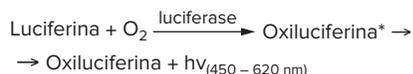
No que diz respeito à isomeria óptica que ocorre com a estrutura da glicose, assinale a afirmação verdadeira.

- A Na estrutura existem dois átomos de carbono assimétricos.
- B O total de isômeros ópticos ativos gerados por essa estrutura é 16.
- C Essa estrutura representa a glicose levógiro.
- D Na estrutura existem três átomos de carbono simétricos.

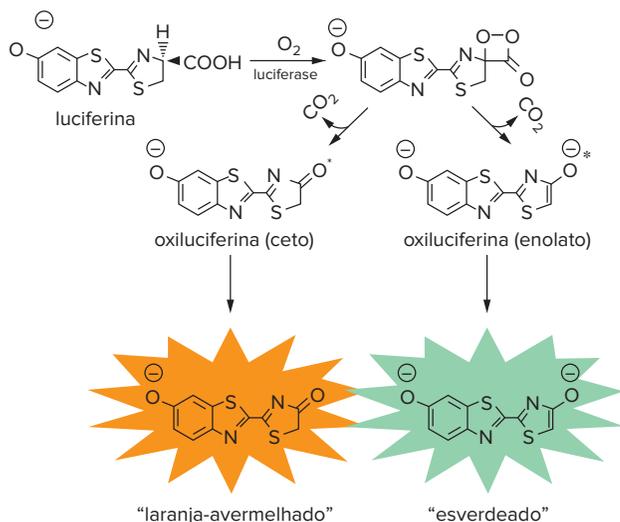
Texto para a questão **45**.

Leia o texto para responder à questão a seguir.

A bioluminescência é o fenômeno de emissão de luz visível por certos organismos vivos, resultante de uma reação química entre uma substância sintetizada pelo próprio organismo (luciferina) e oxigênio molecular, na presença de uma enzima (luciferase). Como resultado dessa reação bioquímica é gerado um produto em um estado eletronicamente excitado (oxiluciferina*). Este produto, por sua vez, desativa-se por meio da emissão de luz visível, formando o produto no estado normal ou fundamental (oxiluciferina). Ao final, a concentração de luciferase permanece constante.



O esquema ilustra o mecanismo geral da reação de bioluminescência de vagalumes, no qual são formados dois produtos diferentes em estados eletronicamente excitados, responsáveis pela emissão de luz na cor verde ou na cor vermelha.

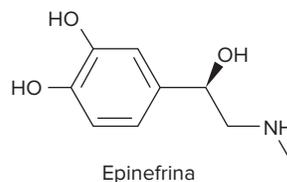


45 Unesp 2016 De acordo com o texto e utilizando a classificação periódica dos elementos, assinale a alternativa que apresenta a massa molar, em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, e o tipo de isomeria presente na luciferina do vagalume.

- A 274,3 e óptica.
- B 279,3 e óptica.
- C 279,3 e geométrica.
- D 274,3 e geométrica.
- E 279,3 e tautomeria.

Texto para a questão **46**.

A molécula de epinefrina foi primeiramente isolada em sua forma pura em 1897 e sua estrutura foi determinada em 1901. Ela é produzida na glândula adrenal (daí vem o seu nome usual, adrenalina) como um único enantiômero.



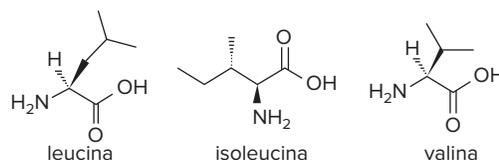
46 Udesc 2016 Analise as proposições em relação à molécula de epinefrina.

- I. Possui seis carbonos com a configuração sp e três com configuração sp^3 .
- II. A fórmula molecular é $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{NO}_3$.
- III. Apresenta somente um carbono assimétrico.
- IV. Apresenta as funções amida, álcool e fenol.

Assinale a alternativa **correta**.

- A Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- B Somente a afirmativa II é verdadeira.
- C Somente a afirmativa III é verdadeira.
- D Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- E Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.

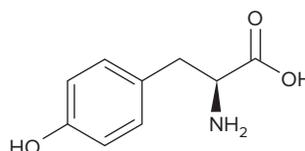
47 UEM 2015 Isoleucina, Leucina e Valina são aminoácidos essenciais, ou seja, aminoácidos que não são produzidos pelo nosso organismo. Assim, nós precisamos ingeri-los por meio de alimentação ou por suplemento alimentar. Com base na estrutura química dos aminoácidos, assinale o que for correto.



- 01 A carbonila é um grupo funcional presente nas estruturas dos aminoácidos.
- 02 A leucina possui um substituinte isobutil e a valina um substituinte isopropil.
- 04 Cada um dos aminoácidos citados possui em sua estrutura um centro quiral.
- 08 A molécula da isoleucina pode existir sob a forma de dois isômeros ópticos.
- 16 A leucina e a isoleucina são isômeros constitucionais de posição.

Soma:

48 PUC-SP 2015 A melanina é o pigmento responsável pela pigmentação da pele e do cabelo. Em nosso organismo, a melanina é produzida a partir da polimerização da tirosina, cuja estrutura está representada a seguir.



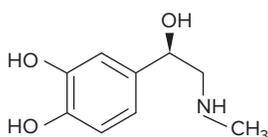
Sobre a tirosina foram feitas algumas afirmações:

- I. A sua fórmula molecular é $C_9H_{11}NO_3$.
- II. A tirosina contém apenas um carbono quiral (assimétrico) em sua estrutura.
- III. A tirosina apresenta as funções cetona, álcool e amina.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmação(ões)

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

- 49 IFSul 2015** A adrenalina, hormônio natural elaborado pelas glândulas suprarrenais e potente estimulante cardíaco e hipertensor, é um composto orgânico que apresenta a seguinte fórmula estrutural, representada abaixo:



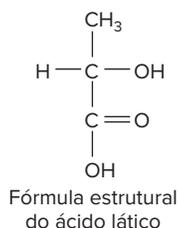
Quantos isômeros opticamente ativos apresenta esse hormônio?

- A 2
- B 4
- C 6
- D 8

- 50 UEL 2015** Leia o texto a seguir.

A atividade óptica foi um mistério fundamental da matéria durante a maior parte do século XIX. O físico francês Jean Baptist Biot, em 1815, descobriu que certos minerais eram opticamente ativos, ou seja, desviavam o plano de luz polarizada. Em 1848, Louis Pasteur foi além e, usando um polarímetro, percebeu que o fenômeno está associado à presença de dois tipos de substâncias opticamente ativas: as dextrogiras (desvio do plano de luz para a direita) e as levogiras (desvio do plano de luz para a esquerda). As observações de Pasteur começaram a se conectar com outras anteriores, como as de Schelle, que, em 1770, isolou o ácido láctico (Figura 4) opticamente inativo do leite fermentado, e Berzelius, que, em 1807, isolou a mesma substância de músculos, porém com atividade óptica.

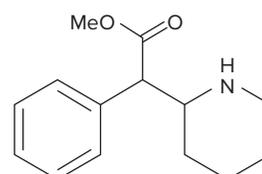
GREENBERD, A. *Uma breve história da química da alquimia às ciências moleculares modernas*. Trad. Henrique Eisi Toma; Paola Corio e Viktoria Klara Lakatos Osório. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. p. 297-299 (Adapt.)



Com base no texto e nos conhecimentos sobre isomeria óptica, assinale a alternativa correta.

- A Os isômeros ópticos do ácido láctico possuem propriedades físico-químicas diferentes, como pontos de fusão e ebulição.
- B O ácido láctico isolado do músculo por Berzelius era opticamente ativo porque possuía plano de simetria.
- C O ácido láctico possui dois carbonos quirais e dois isômeros ópticos que são diastereoisômeros.
- D O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, pode formar até duas misturas racêmicas.
- E O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, tinha os dois enantiômeros em quantidades iguais, a mistura racêmica.

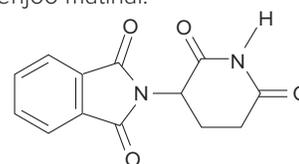
- 51 Unisc 2015** A Ritalina[®], medicamento largamente utilizado para atenuar sintomas de inquietação e hiperatividade, principalmente por jovens e estudantes, apresenta a seguinte estrutura molecular



Em relação à estrutura da Ritalina[®] é incorreto afirmar que

- A apresenta as funcionalidades éster e amina secundária.
- B possui fórmula molecular $C_{14}H_{19}NO_2$.
- C apresenta 3 carbonos assimétricos.
- D possui 7 carbonos com hibridização sp^2 .
- E possui 2 carbonos terciários.

- 52 UCS 2015** A talidomida, cuja estrutura química encontra-se representada abaixo, foi comercializada pela primeira vez na Alemanha em 1957. A indústria farmacêutica que a desenvolveu acreditou que a mesma era tão segura que a prescreveu para mulheres grávidas para combater enjoos matinais. Infelizmente, várias gestantes que a utilizaram tiveram bebês com mãos, braços, pés e pernas atrofiados (efeito teratogênico). Posteriormente, verificou-se que a talidomida apresentava quiralidade e que apenas a (-)talidomida era teratogênica, enquanto a (+)talidomida é que minimizava o enjoo matinal.

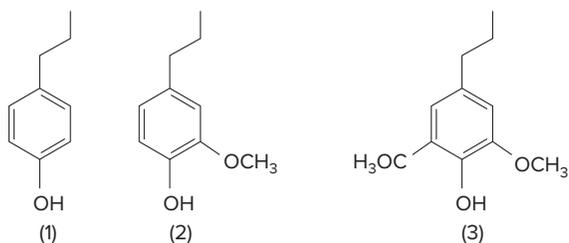


- A (-)talidomida e a (+)talidomida são
- A isômeros de cadeia.
 - B tautômeros.
 - C isômeros de função.
 - D enantiômeros.
 - E isômeros de compensação.

Texto para a questão **53**.

Leia o texto para responder à questão.

A lignina é um polímero de constituição difícil de ser estabelecida, por causa não somente da complexidade de sua formação, baseada em unidades fenilpropanoides (figura abaixo), como também, porque sofre modificações estruturais durante seu isolamento das paredes celulares das plantas. Eles são altamente condensados e muito resistentes à degradação. A sequência em que as unidades p-hidroxifenila (1), guaiacila (2) e siringila (3), em proporções diferentes são condensadas, é o que define a origem da lignina, ou seja, a planta de origem.



53 Uepa 2015 Sobre os compostos fenilpropanoides, analise as afirmativas abaixo.

- I. Os compostos 1 e 2 são isômeros de função.
- II. Os compostos 2 e 3 são isômeros de posição.
- III. O composto 3 não possui carbono quiral.
- IV. O composto 1 possui isomeria *cis* e *trans*.
- V. Os compostos 2 e 3 não são isômeros.

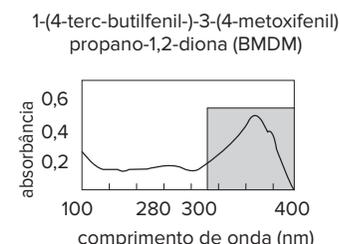
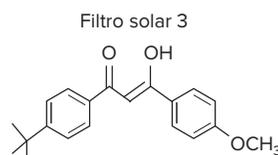
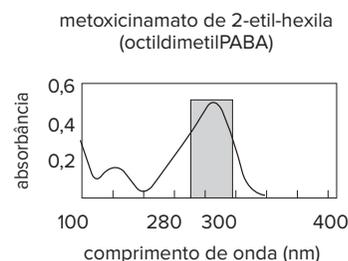
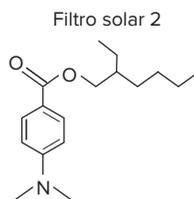
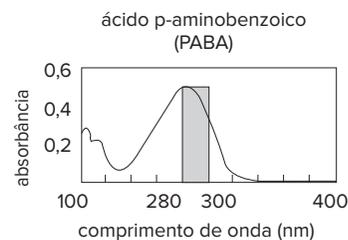
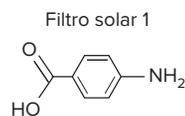
A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

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

Texto para a questão **54**.

Leia o texto para responder à questão.

O espectro solar que atinge a superfície terrestre é formado predominantemente por radiações ultravioletas (UV) (100-400 nm), radiações visíveis (400-800 nm) e radiações infravermelhas (acima de 800 nm). A faixa da radiação UV se divide em três regiões: UVA (320 a 400 nm), UVB (280 a 320 nm) e UVC (100 a 280 nm). Ao interagir com a pele humana, a radiação UV pode provocar reações fotoquímicas, que estimulam a produção de melanina, cuja manifestação é visível sob a forma de bronzeamento da pele, ou podem levar à produção de simples inflamações até graves queimaduras. Um filtro solar eficiente deve reduzir o acúmulo de lesões induzidas pela radiação UV por meio da absorção das radiações solares, prevenindo assim uma possível queimadura. São apresentados a seguir as fórmulas estruturais, os nomes e os espectros de absorção de três filtros solares orgânicos.



FLOR, Juliana et al. "Protetores solares". *Química Nova*, 2007. (Adapt.)

54 Unesp 2015 Dentre os três filtros solares orgânicos citados, apresentam tautomeria e isomeria óptica, respectivamente:

- A PABA e octildimetilPABA.
- B BMDM e PABA.
- C BMDM e octildimetilPABA.
- D PABA e BMDM.
- E octildimetilPABA e BMDM.

Texto para a questão **55**.

Leia o texto para responder à questão.

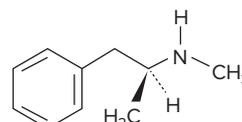
A história do seriado **Breaking Bad** gira em torno de um professor de Química do ensino médio, com uma esposa grávida e um filho adolescente que sofre de paralisia cerebral. Quando é diagnosticado com câncer, ele abraça uma vida de crimes, produzindo e vendendo metanfetaminas.

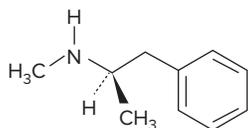
O uso de drogas pode desestabilizar totalmente a vida de uma pessoa, gerando consequências devastadoras e permanentes. Muitas vezes, toda a família é afetada.

As metanfetaminas são substâncias relacionadas quimicamente com as anfetaminas e são um potente estimulante que afeta o sistema nervoso central.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/pffwfe6>>. Acesso em: 13 jul. 2014. (Adapt.)

55 Fatec 2015 A metanfetamina, N-metil-1-fenilpropano-2-amina, fórmula $C_{10}H_{15}N$, apresenta os isômeros representados pelas fórmulas estruturais:

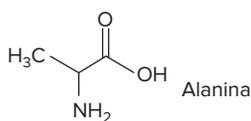




A análise das estruturas nos permite concluir, corretamente, que os compostos são isômeros

- A de cadeia.
- B de posição.
- C de função.
- D geométricos.
- E ópticos.

- 56 Unifor 2014** A alanina (ácido 2-amino-propanoico) é um aminoácido que faz parte da estrutura das proteínas. Em relação à ocorrência de estereoisomeria, pode-se afirmar que alanina apresenta um número de estereoisômeros igual a:



- A 0
- B 2
- C 4
- D 6
- E 8

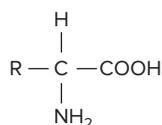
- 57 UFPEL** A proteína do leite apresenta uma composição variada em aminoácidos essenciais, isto é, aminoácidos de que o organismo necessita na sua dieta, por não ter capacidade de sintetizar a partir de outras estruturas orgânicas. A tabela a seguir apresenta a composição em aminoácidos essenciais no leite de vaca.

Conteúdo de aminoácidos essenciais no leite da vaca	
Aminoácidos	mg/g de proteínas
Lisina	8,22
Treolina	3,97
Valina	5,29
Isoleucina	4,50
Leucina	8,84
Tirosina	4,44
Fenilalanina	4,25

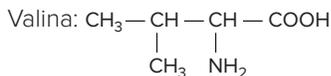
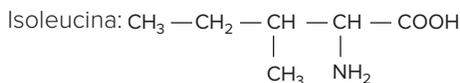
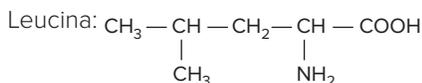
*Quantidades menores dos aminoácidos triptofano, cistina e metionina foram detectadas no leite.

Os aminoácidos constituintes das proteínas apresentam características estruturais semelhantes, diferindo quanto à estrutura do substituinte (R), conforme exemplificado a seguir.

Estrutura geral de um aminoácido:



Dos aminoácidos essenciais presentes na proteína do leite, podemos citar as seguintes estruturas:



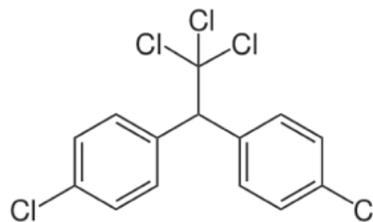
Dos aminoácidos relacionados, podemos afirmar que:

- A isoleucina e valina são isômeros de cadeia e, por apresentarem carbono assimétrico, ambos são opticamente ativos.
- B leucina e isoleucina são isômeros de posição e, por terem carbono assimétrico, apresentam isomeria óptica.
- C leucina e valina são isômeros de função e, por apresentarem carbono assimétrico, ambos têm um par de enantiômeros.
- D leucina e isoleucina são isômeros de função e não são opticamente ativos.
- E valina e isoleucina são isômeros de cadeia, porém somente a valina é opticamente ativa.

- 58 UFGD 2020** O diclorodifenilnitrocloroetano (DDT) é o mais conhecido entre os inseticidas do grupo dos organoclorados. Ele foi usado na Segunda Guerra Mundial, para prevenção do tifo em soldados, que o utilizavam na pele para combater os piolhos; posteriormente, seu uso passou a ser agropecuário. Esse tipo de inseticida atua sobre o sistema nervoso central, ocasionando distúrbios sensoriais e problemas relacionados à respiração. Segundo notícia veiculada na Revista Exame, 1 em cada 4 cidades está com sua água contaminada pelo DDT.

Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/1-em-4-municipios-tem-coquetel-com-agrotoxicos-na-agua-consulte-o-seu/>>. Acesso em: 19 set. 2019. (Adaptado).

Observe, a seguir, a figura da estrutura do DDT.



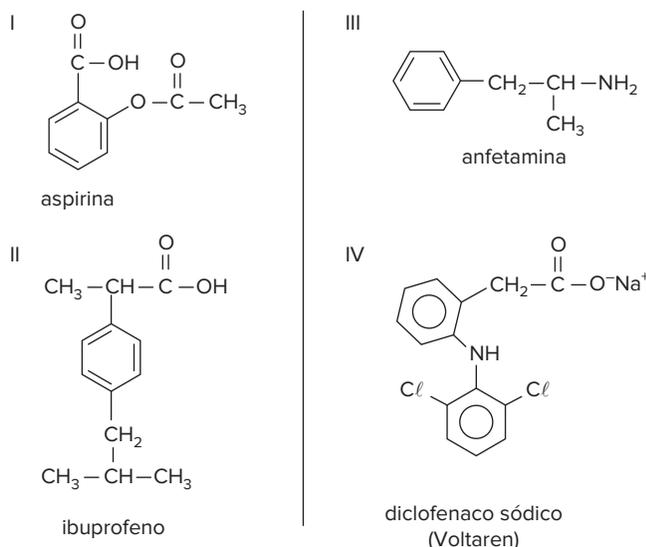
Disponível em: <<https://i.stack.imgur.com/yWmDB.png>>. Acesso em: 19 set. 2019.

Sobre o DDT, é correto afirmar que:

- A é um composto de cadeia aberta.
- B este apresenta 10 insaturações em sua cadeia carbônica.
- C a sua fórmula molecular é $\text{C}_{13}\text{H}_9\text{Cl}_5$.
- D este apresenta dois centros quirais.
- E o seu composto pertence à classe dos haletos orgânicos.

59 PUC-PR A isomeria óptica pode ser detectada a partir do desvio que a luz polarizada sofre ao passar por uma substância ou solução contendo excesso de um dos enantiômeros (isômero óptico).

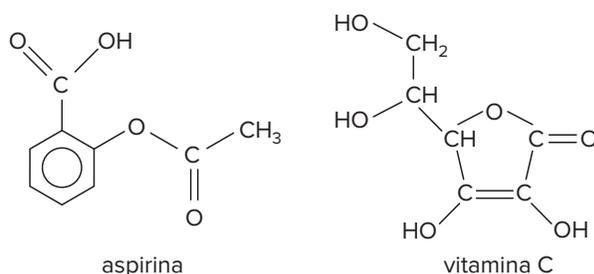
Isômeros ópticos, geralmente, apresentam comportamento distinto nos organismos vivos, pois a grande maioria dos sítios receptores (geralmente proteínas) também apresenta isomeria óptica. Dessa forma, cada um dos enantiômeros pode apresentar interação distinta com esses sítios, causando efeitos diversos. Um dos grandes avanços da indústria farmacêutica é a síntese de medicamentos cujo princípio ativo é apresentado na forma opticamente pura, reduzindo os efeitos colaterais causados pelos enantiômeros que não teriam a ação terapêutica desejada.



Dentre as estruturas de drogas representadas na figura anterior, apresentam isomeria óptica apenas as moléculas:

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

60 Unesp Dentre os inúmeros preparados farmacêuticos para o combate à dor, alguns contêm em suas formulações a “aspirina” – um analgésico e antitérmico, muito utilizado no combate à dor de cabeça –, outros são misturas de vitamina C e aspirina, tendo como finalidade combater os sintomas da gripe. As fórmulas estruturais para esses compostos são apresentadas a seguir.

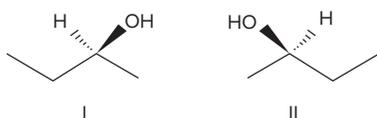


Com relação a esses compostos, é correto afirmar que há quiralidade:

- A apenas na aspirina, pois na sua molécula há seis átomos de carbono do anel benzênico.
- B apenas na aspirina, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, simultaneamente, a dois átomos de oxigênio.
- C apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono unidos por dupla ligação e que constituem o heterociclo.
- D apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, cada um deles, a quatro grupos distintos.
- E nos dois casos, pois as moléculas de ambos apresentam átomos de carbono unidos por ligações duplas constituindo um ciclo.

Nomenclatura de Enantiômeros: o sistema R,S

Os dois enantiômeros do butan-2-ol são os seguintes:



Se dermos nome a esses dois enantiômeros utilizando apenas o sistema Iupac de nomenclatura que aprendemos até aqui, os dois enantiômeros terão o mesmo nome: butan-2-ol (ou álcool sec-butílico). Isso é indesejável, porque cada composto deve ter seu nome próprio diferente. Além do mais, o nome dado a um composto deve permitir que um químico acostumado com as regras de nomenclatura escreva a estrutura do composto a partir apenas do seu nome. Dado o nome 2-butanol, um químico poderia escrever a estrutura I ou a estrutura II.

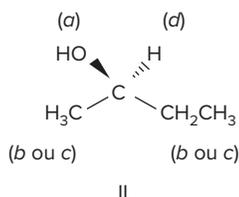
Três químicos, R. S. Cahn (Inglaterra), C. K. Ingold (Inglaterra) e V. Prelog (Suíça), desenvolveram um sistema de nomenclatura que, quando adicionado ao sistema Iupac, resolve esses dois problemas. Esse sistema, chamado **sistema R,S** ou sistema Cahn-Ingold-Prelog, é agora amplamente utilizado, constituindo parte das regras da Iupac.

De acordo com esse sistema, um enantiômero do 2-butanol deve ser denominado (R)-butan-2-ol e o outro enantiômero deve ser denominado (S)-butan-2-ol. [(R) e (s) vêm das palavras em latim **rectus** e **sinister**, significando direita e esquerda, respectivamente]. Diz-se que essas moléculas têm configurações opostas no C2.

As configurações (R) e (S) são assinaladas com base no seguinte procedimento.

1. Em cada um dos quatro grupos ligados ao centro de quiralidade é assinalada uma prioridade ou preferência **a, b, c** ou **d**. A prioridade é primeiramente atribuída com base no número atômico do átomo que está diretamente ligado ao centro de quiralidade. Ao grupo com o menor número atômico é dada a menor prioridade, **d**; ao grupo com o próximo número atômico mais alto é dada a próxima mais alta prioridade, **c**; e assim por diante. (No caso de isótopos, o isótopo de maior massa atômica tem a maior prioridade.)

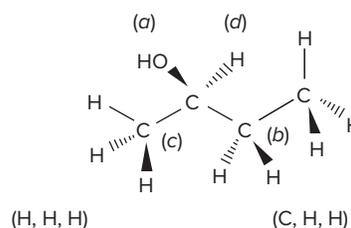
Podemos ilustrar a aplicação da regra com o enantiômero do butan-2-ol, II:



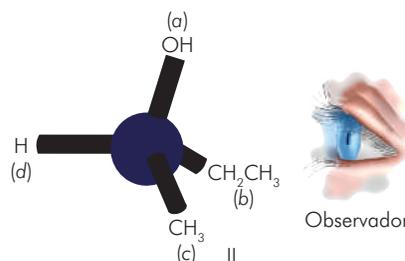
O oxigênio tem o maior número atômico dos quatro átomos ligados ao centro de quiralidade, e a ele é atribuída a maior prioridade, **a**. O hidrogênio tem o menor número atômico e a ele é atribuída a prioridade mais baixa, **d**. Uma prioridade não pode ser atribuída para o grupo metila e para o grupo etila, utilizando-se essa abordagem porque o átomo que está diretamente ligado ao centro de quiralidade é um átomo de carbono em ambos os grupos.

2. Quando uma prioridade não pode ser atribuída com base no número atômico dos átomos que estão diretamente ligados ao centro de quiralidade, então o próximo conjunto de átomos nos grupos não atribuídos é examinado. Esse processo continua até que uma decisão possa ser tomada.

Quando examinamos o grupo metila do enantiômero II, descobrimos que o próximo conjunto de átomos consiste em três átomos de hidrogênio (C, H, H). No grupo etila de II, o próximo conjunto de átomos consiste em um átomo de carbono e dois átomos de hidrogênio (C, H, H). O carbono tem um número atômico maior do que o do hidrogênio. Assim, atribuímos ao grupo etila a maior prioridade, **b**, e ao grupo metila a menor prioridade, **c**, já que (C, H, H) > (H, H, H):

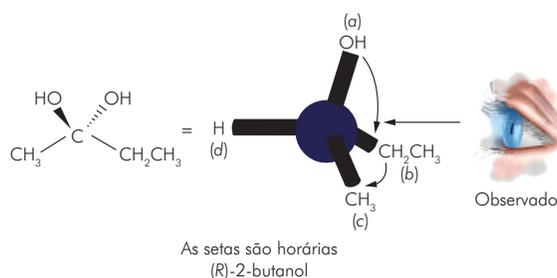


3. Agora giramos a fórmula (ou o modelo) de tal forma que o grupo com a menor prioridade (**d**) esteja apontando para longe de nós:



Então traçamos um caminho a partir de **a** para **b** para **c**. Se, à medida que fazemos isso, o sentido de nossos dedos (ou lápis) é horário, o enantiômero é denominado (R). Se o sentido é anti-horário, o enantiômero é denominado (S).

Baseado nisso, o enantiômero butan-2-ol II é o (R)-butan-2-ol:



SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química Orgânica*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 1. cap. 5. p. 184-5.

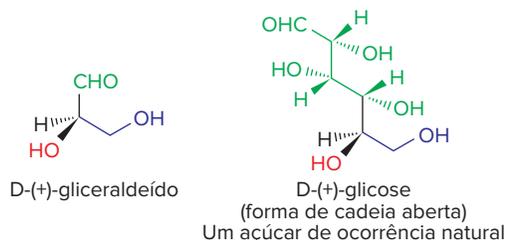
A nomenclatura D e L

A nomenclatura D e L é um sistema para designar a configuração de compostos quirais que era utilizado antes de o sistema CIP ter sido introduzido. Ela continua sendo útil para algumas moléculas biologicamente importantes,

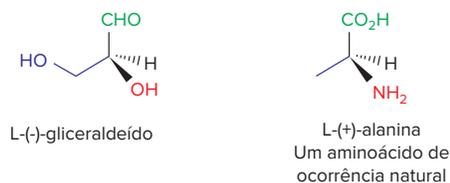
principalmente aminoácidos e açúcares. Nesse sistema, o gliceraldeído (2,3-di-hidroxipropanal), um composto quiral simples, é utilizado como padrão para a comparação com a configuração de outros centros quirais.

O (+)-enantiômero do gliceraldeído é identificado como D (dextrorrotatório), e o (–)-enantiômero do gliceraldeído é identificado como L (levorrotatório). Qualquer enantiômero puro de um composto que é preparado a partir de o-gliceraldeído é identificado como D. Qualquer enantiômero único de um composto que pode ser convertido em D-gliceraldeído também é identificado como D.

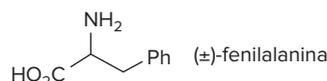
Por exemplo, a glicose que ocorre na natureza é denominada D-glicose (às vezes chamada dextrose). Semelhantemente, os enantiômeros únicos relacionados ao L-gliceraldeído dessas maneiras são identificados por L.



A relação estrutural do gliceraldeído com açúcares é relativamente fácil de ser vista, e, assim, os arranjos dos átomos nos centros de quiralidade do gliceraldeído e do açúcar podem ser facilmente comparados. É por isso que o uso de D e L é tão útil para esses compostos. De modo semelhante, as estruturas dos aminoácidos podem ser facilmente relacionadas com as estruturas dos gliceraldeídos.



Os aminoácidos que ocorrem na natureza são em sua maioria L-aminoácidos, e os açúcares que ocorrem na natureza são em sua maioria D-açúcares. Observe que a designação de D ou L a uma estrutura não está relacionada ao sinal (+) ou (–) da rotação óptica. Por exemplo, um D-aminoácido pode ser um (+)-enantiômero ou um (–)-enantiômero.



PILLING, G.; PARSONS, A.; HOLMAN, J.; BURROWS, A.; PRICE, G. *Química 3: introdução à Química Inorgânica, Orgânica e Físico-Química*. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2. cap. 10. p. 72-3.

Resumindo

Isomeria

Isômeros são compostos diferentes que têm a mesma fórmula molecular, mas diferem no arranjo dos átomos na estrutura das moléculas.

Isomeria plana ou constitucional

Na isomeria plana, os isômeros podem ser facilmente diferenciados pela observação de suas fórmulas estruturais planas, pois diferem na conectividade dos átomos que formam as moléculas isômeras.

Esse tipo de isomeria é dividido em cinco classes, que são nomeadas de acordo com sua principal diferença:

- Isomeria de função: compostos apresentam funções orgânicas diferentes.
- Isomeria dinâmica ou tautomeria: corresponde a um caso particular de isomeria de função, em que os compostos coexistem em equilíbrio químico.
- Isomeria de cadeia ou de núcleo: compostos apresentam a mesma função orgânica e diferentes cadeias carbônicas.
- Isomeria de posição: compostos apresentam a mesma função orgânica, a mesma cadeia e diferença na posição de um radical, insaturação ou um grupo funcional.
- Isomeria de compensação ou metameria: corresponde a um caso particular de isomeria de posição; envolve a diferença na posição de um heteroátomo.

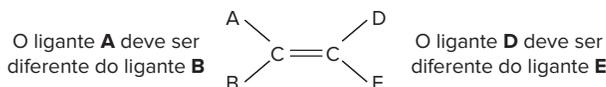
Isomeria espacial ou estereoisomeria

Isômeros espaciais ou estereoisômeros são isômeros que apresentam a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na disposição espacial dos átomos na molécula.

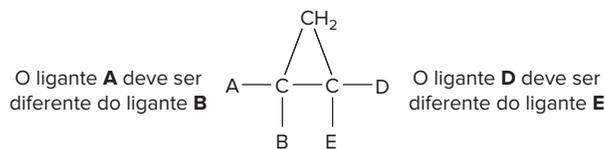
Isomeria geométrica

Esse tipo de isomeria pode acontecer tanto em compostos de cadeia aberta quanto de cadeia fechada.

- Compostos de cadeia aberta: devem apresentar pelo menos uma ligação dupla entre carbonos e os ligantes de cada carbono dessa ligação devem ser diferentes entre si.



- Compostos de cadeia fechada: como na ligação dupla, o ciclo não permite livre rotação entre os carbonos. Para que aconteça a isomeria geométrica, o ciclo deve apresentar pelo menos dois carbonos com ligantes diferentes entre si.



Isomeria óptica

Tipo de isomeria espacial que acontece em **moléculas assimétricas** nas quais os isômeros diferem no desvio da **luz polarizada**.

- O caso mais importante de moléculas assimétricas acontece quando elas têm, em sua estrutura, pelo menos um átomo de carbono **quiral** ou **assimétrico**.
- Carbono quiral ou assimétrico é aquele que apresenta quatro ligantes diferentes entre si. Para facilitar a visualização do carbono quiral, ele costuma ser assinalado com um asterisco.
- Luz polarizada é um conjunto de ondas eletromagnéticas que, após atravessar um filtro polarizador, vibra em um único plano de vibração.
- Quando um isômero é equivalente à imagem especular do outro, eles desviam a luz polarizada de um mesmo ângulo, porém em sentidos opostos, por isso são chamados **enantiômeros** ou **enantiomorfos**.

- O isômero responsável pelo desvio para a direita é chamado **dextrogiro** ou **dextrorrotatório** e o responsável pelo desvio para a esquerda, **levogiro** ou **levorrotatório**.
- A mistura formada por quantidades iguais (equimolar) dos dois isômeros (dextrogiro e levogiro) é chamada **mistura racêmica**. A mistura racêmica não tem atividade óptica (**opticamente inativa**).
- Quando uma molécula tem vários carbonos quirais diferentes, podemos calcular o número de isômeros ópticos ativos pela regra de Van't Hoff.
- Número de isômeros opticamente ativos = 2^n (em que n é o número de carbonos quirais diferentes).
- O número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de isômeros ópticos ativos. Dessa forma, pode ser calculado pela seguinte fórmula: $\frac{2^n}{2}$ ou 2^{n-1} .

Quer saber mais?



Livro

Isomeria

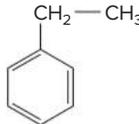
SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química Orgânica*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.



Site

- Rotação da luz polarizada por moléculas quirais.
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf>>

Exercícios complementares

- 1 ITA 2019** Assinale a opção que apresenta o número total de isômeros estruturais de aminas fórmula molecular $C_4H_{11}N$.
- A 3
B 4
C 7
D 8
E 9
- 2 UEL 2016** A gasolina é constituída por uma mistura de compostos de carbono, predominantemente por alcanos. O ponto de ebulição desses compostos aumenta, proporcionalmente, com o aumento do número de átomos de carbono presentes nas respectivas estruturas. Entretanto, a presença de ramificações em estruturas de alcanos contendo o mesmo número de átomos de carbono promove diminuição do ponto de ebulição. De acordo com essas considerações, responda aos itens a seguir.
- a) Disponha os alcanos a seguir em ordem crescente de ponto de ebulição, usando os números de I a V.
- I. 2-metil-hexano
II. heptano
III. 3,3-dimetilpentano
IV. hexano
V. 2-metilpentano
- b) Quantos isômeros estruturais possui o hexano? Represente a fórmula estrutural completa para cada isômero estrutural.
- 3 USCS 2016** Vazamentos de tanques subterrâneos de combustíveis podem contaminar os solos com os chamados BTEX (sigla para os contaminantes benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno). Para remediar o problema, utiliza-se a atenuação natural, que inclui processos como a biodegradação, a volatilização, a dispersão, a diluição e a adsorção dos contaminantes.
- a) Dentre os processos de atenuação natural citados, qual deles constitui um fenômeno químico? Justifique sua resposta.
- b) Analise a fórmula do etilbenzeno.
- 

etilbenzeno
- Dentre os BTEX, os compostos aromáticos etilbenzeno e xileno são isômeros entre si. Considerando a fórmula estrutural do etilbenzeno e que existem diferentes tipos de xileno, escreva a fórmula estrutural e dê o nome oficial (IUPAC) de dois xilenos isômeros entre si.
- 4 UFG 2013** A estrutura apresentada a seguir ilustra a molécula do *n*-pentano.
- $$\text{CH}_3 - \underset{1}{\text{CH}_2} - \underset{2}{\text{CH}_2} - \underset{3}{\text{CH}_2} - \underset{4}{\text{CH}_2} - \underset{5}{\text{CH}_3}$$
- Quando essa molécula é exposta a uma radiação ionizante, as ligações carbono-carbono são rompidas, gerando fragmentos de hidrocarbonetos.

Com base no exposto, responda:

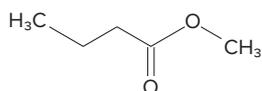
- Considerando-se o rompimento das ligações entre os carbonos **1** e **2** e entre os carbonos **2** e **3**, escreva os fragmentos gerados e suas respectivas massas.
- Escreva as fórmulas estruturais planas de dois isômeros da molécula do *n*-pentano.

5 Uerj 2015 Um processo petroquímico gerou a mistura, em partes iguais, dos alcinos com fórmula molecular C_6H_{10} . Por meio de um procedimento de análise, determinou-se que essa mistura continha 24 gramas de moléculas de alcinos que possuem átomo de hidrogênio ligado a átomo de carbono insaturado.

A massa da mistura, em gramas, corresponde a:

- 30
- 36
- 42
- 48

6 Mackenzie 2018 O butanoato de metila é um flavorizante de frutas utilizado na indústria alimentícia. A sua fórmula estrutural está representada abaixo.



Analise a fórmula do butanoato de metila e assinale a alternativa que traz, respectivamente, um isômero de compensação e um de função desse flavorizante.

- | | | | |
|----------|--|---|--|
| A | | e | |
| B | | e | |
| C | | e | |
| D | | e | |
| E | | e | |

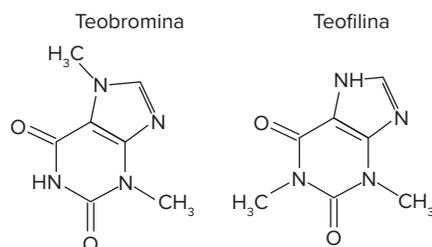
7 PUC-Rio A graduação alcoólica que é indicada nos rótulos das bebidas alcoólicas (mostrada em % Vol ou em graus Gay Lussac – °GL) indica a percentagem de álcool em volume que a mistura contém. Considerando que a vodca comercial tem graduação igual a 37,5 °GL, responda às questões a seguir.

- Calcule a concentração em quantidade de matéria ($mol \cdot L^{-1}$) de álcool etílico em uma solução aquosa com 37,5% em volume do álcool, sabendo que a densidade do álcool etílico é igual a $0,80 g \cdot mL^{-1}$.
- Escreva a fórmula estrutural do álcool etílico e o seu nome, segundo a nomenclatura oficial da Iupac.
- Escreva a fórmula estrutural do isômero funcional do álcool etílico.
- Escreva a equação da combustão completa do etanol, balanceada corretamente.

8 UFU 2018 “Dentre os estimulantes do chá, a teofilina e a teobromina pertencem a uma classe de compostos orgânicos, chamada xantina. Ambas têm vários efeitos fisiológicos no corpo. A teofilina relaxa a musculatura lisa das vias aéreas, tornando a respiração mais fácil. Já a teobromina pode estimular o coração e tem um leve efeito diurético, melhorando o fluxo sanguíneo ao redor do corpo.”

Disponível em: <<https://www.dicasnutricao.com.br/estimulantes-do-cha/>>
Acesso em 25/03/2018.

As substâncias citadas possuem as seguintes fórmulas moleculares



Disponível em: <http://4.bp.blogspot.com/Captura_de_tela-13.png>
Acesso em 25/03/2018.

Essas substâncias são:

- alótropos com fórmulas e com massas moleculares diferentes.
- alcalóides de massa molecular diferentes e fórmula estrutural distintas.
- amidas de mesma fórmula molecular e massas molares iguais.
- isômeros, ($C_7H_8N_4O_2$) e possuem a mesma massa molecular.

9 Ufla

- $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
- $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$
- $CH_3CH_2OCH_2CH_2CH_3$
- $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$
- $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Cl$
- $CH_3CH_2CH_2CH(Cl)CH_3$

A partir da análise dos compostos acima, pode-se afirmar que:

- I é isômero funcional de V.
- I e II são isômeros de cadeia.
- III e IV são isômeros de posição.
- V e VI são isômeros funcionais.
- III e IV são isômeros de cadeia.

- 10 Fuvest** Palíndromo – Diz-se da frase ou palavra que, ou se leia da esquerda para a direita, ou da direita para a esquerda, tem o mesmo sentido.

AURÉLIO. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. 2. ed. 40. imp. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. p.1251.

“Roma me tem amor” e “a nonanona” são exemplos de palíndromo.

A nonanona é um composto de cadeia linear. Existem quatro nonanonas isômeras.

- Escreva a fórmula estrutural de cada uma dessas nonanonas.
- Dentre as fórmulas do item a, assinale aquela que poderia ser considerada um palíndromo.
- De acordo com a nomenclatura química, pode-se dar dois nomes para o isômero do item b. Quais são esses nomes?

- 11 Uerj 2020** Em uma unidade industrial, emprega-se uma mistura líquida formada por solventes orgânicos que apresentam a fórmula molecular C_2H_6O .

Entre os componentes da mistura, ocorre isomeria plana do seguinte tipo:

- cadeia
- função
- posição
- compensação

- 12 EspCEX 2020** Um aluno, durante uma aula de química orgânica, apresentou um relatório em que indicava e associava alguns compostos orgânicos com o tipo de isomeria plana correspondente que eles apresentam. Ele fez as seguintes afirmativas acerca desses compostos e da isomeria correspondente.

- os compostos butan-1-ol e butan-2-ol apresentam entre si isomeria de posição.
- os compostos pent-2-eno e 2-metil-but-2-eno apresentam entre si isomeria de cadeia.
- os compostos propanal e propanona apresentam entre si isomeria de compensação (metameria).
- os compostos etanoato de metila e metanoato de etila apresentam entre si isomeria de função.

Das afirmativas feitas pelo aluno, as que apresentam a correta relação química dos compostos orgânicos citados e o tipo de isomeria plana correspondente são apenas

- I e II. D I, II e IV.
- I, II e III.
- II e IV. E III e IV.

- 13 Enem 2018** As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizar químico conhecido como ácido 9-hidroxi-dec-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias

produzem ácido 10-hidroxi-dec-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

LE COUTEUR, P; BURRESON, J. *Os botões de napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

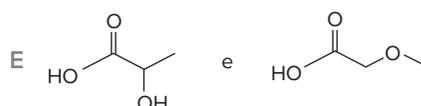
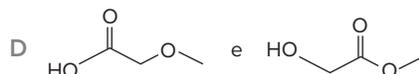
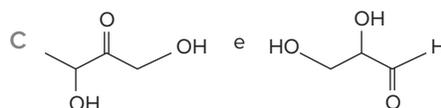
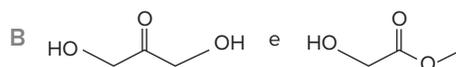
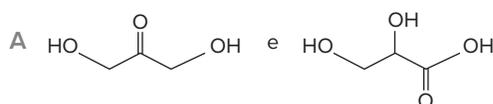
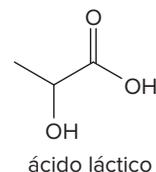
As moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária possuem diferença na

- fórmula estrutural.
- fórmula molecular.
- identificação dos tipos de ligação.
- contagem do número de carbonos.
- identificação dos grupos funcionais.

- 14 UFRRJ** As substâncias A, B e C têm a mesma fórmula molecular (C_3H_8O). O componente A tem apenas um hidrogênio ligado a um carbono secundário e é isômero de posição de C. Tanto A quanto C são isômeros de função de B. As substâncias A, B e C são, respectivamente:

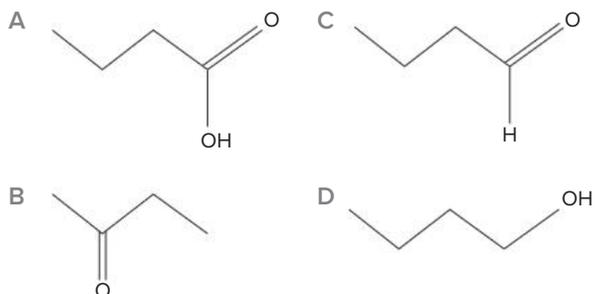
- 1-propanol, 2-propanol e metoxietano.
- etoxietano, 2-propanol e metoxietano.
- isopropanol, 1-propanol e metoxietano.
- metoxietano, isopropanol e 1-propanol.
- 2-propanol, metoxietano e 1-propanol.

- 15 UFSM** Analise a molécula do ácido láctico e assinale a alternativa que mostra, respectivamente, os isômeros cetona e éster.



16 Uerj O programa brasileiro de produção de etanol já despertou o interesse de várias nações. O etanol, além de ser uma ótima alternativa de combustível, também é utilizado em várias aplicações industriais, por exemplo, a produção do etanoato de etila, um flavorizante de larga aplicação.

A fórmula estrutural plana de uma substância que possui a mesma fórmula molecular do éster citado no texto é:



17 FGV Considere os compostos orgânicos: (I) 1-butanol, (II) metoxipropano, (III) ácido butanoico, (IV) butanal e (V) 2-butanona.

O etanoato de etila é isômero do composto:

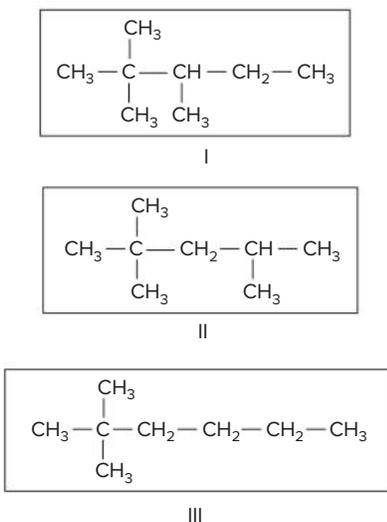
- A I. D IV.
B II. E V.
C III.

18 Ufes Dois líquidos incolores têm a fórmula molecular $C_4H_{10}O$, porém apresentam pontos de ebulição bastante diferentes ($117,7^\circ C$ e $34,6^\circ C$).

Esses líquidos podem ser:

- A um aldeído e uma cetona.
B um álcool e um éter.
C dois éteres isoméricos.
D duas cetonas isoméricas.
E dois aldeídos isoméricos.

19 Uerj A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos diversos que apresenta, dentre outros, os seguintes componentes:

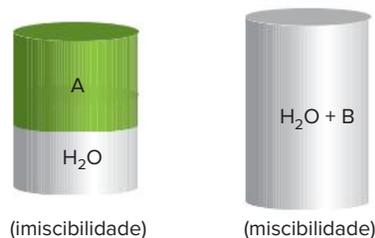


Os pares de componentes I-II e I-III apresentam isomeria plana, respectivamente, do tipo:

- A cadeia e cadeia.
B cadeia e posição.
C posição e cadeia.
D posição e posição.

20 UFRJ As substâncias puras tetracloreto de carbono, n-octano, n-hexano e isopropanol encontram-se em frascos identificados apenas pelas letras A, B, C e D. Para descobrir as substâncias contidas nos frascos, foram realizados dois experimentos:

– No primeiro experimento, foi adicionada uma certa quantidade de água nos frascos A e B, observando-se o comportamento a seguir:



– No segundo experimento, determinou-se que a substância do frasco C foi aquela que apresentou a menor pressão de vapor à temperatura ambiente ($25^\circ C$).

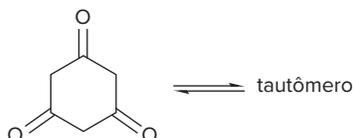
Dado: tabela de propriedades.

Substância	Temperatura normal de ebulição ($^\circ C$)	Densidade (g/mL)
tetracloreto de carbono	77	1,6
isopropanol	82	0,8
n-octano	126	0,70
n-hexano	69	0,66

Nomeie e represente as estruturas em bastão dos isômeros de posição e de função do isopropanol.

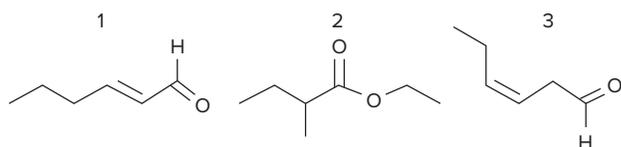
21 UFPR 2017 Isomeria é o fenômeno associado quando mais de uma substância apresenta a mesma fórmula molecular, mas difere estruturalmente quanto à disposição dos átomos na molécula. Entre as possibilidades de ocorrência desse fenômeno, as isomerias de função e geométrica são muito importantes na química orgânica. A tautomeria é um caso particular de isomeria de função, envolvendo um enol ($R-CH=C(OH)-R$) que se encontra em equilíbrio com seu tautômero carbonilado ($R-CH_2-C(O)-R$). A isomeria geométrica, por sua vez, depende da disposição espacial dos átomos, como é o caso da posição relativa dos átomos ligados aos carbonos de uma ligação dupla carbono-carbono, conhecido como isomeria *cis-trans*.

a) A ciclohexan-1,3,5-triona, mostrada a seguir, possui um tautômero. Apresente a estrutura do composto presente em equilíbrio.



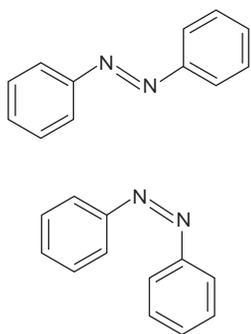
- b) Os ácidos fumárico e maleico são isômeros geométricos que possuem fórmula molecular $\text{HO}_2\text{C}-\text{HC}=\text{CH}-\text{CO}_2\text{H}$. O ácido fumárico é o isômero *trans*. Apresente as fórmulas estruturais espaciais (notação em bastão) dos ácidos fumárico e maleico. Indique claramente a geometria e identifique as moléculas do ácido fumárico e do maleico.

- 22 Uninove 2016** As fórmulas estruturais de alguns componentes do aroma do azeite de oliva estão representadas as seguir.



- a) Classifique as substâncias 1, 2 e 3 segundo os radicais funcionais que possuem.
 b) Indique qual das fórmulas estruturais corresponde a um isômero geométrico do tipo *cis*. Escreva a estrutura completa desse isômero, com todos os átomos representados, com a sua indicação *cis*.

- 23 PUC-Rio 2015** Na representação abaixo, encontram-se as estruturas de duas substâncias com as mesmas fórmulas moleculares.



Essas substâncias guardam uma relação de isomeria:

- A de cadeia.
 B de posição.
 C de função.
 D geométrica.
 E óptica.

- 24 Uema 2014** A canela (*Cinnamomum zeylanicum*) é uma especiaria muito utilizada em pratos típicos do período junino, tais como a canjica e o mingau de milho, por ter um sabor picante e adocicado e

aroma peculiar. Essas características organolépticas são provenientes do aldeído cinâmico (3-fenilpropenal), que apresenta duas estruturas distintas em razão de sua isomeria geométrica, uma *cis* e a outra *trans*.

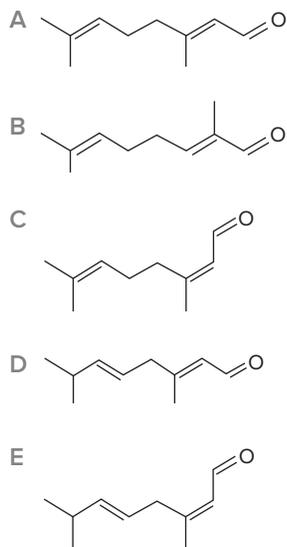
A partir da nomenclatura oficial desse aldeído, desenhe as duas estruturas isoméricas. A seguir, identifique as estruturas *cis* e *trans*, respectivamente. Justifique sua resposta.

- 25 Fuvest 2013** A reação do tetracloreto de zinco (ZnCl_2) com zinco metálico produz cloreto de zinco e duas substâncias orgânicas isoméricas, em cujas moléculas há dupla ligação e dois átomos de cloro. Nessas moléculas, cada átomo de carbono está ligado a um único átomo de cloro.

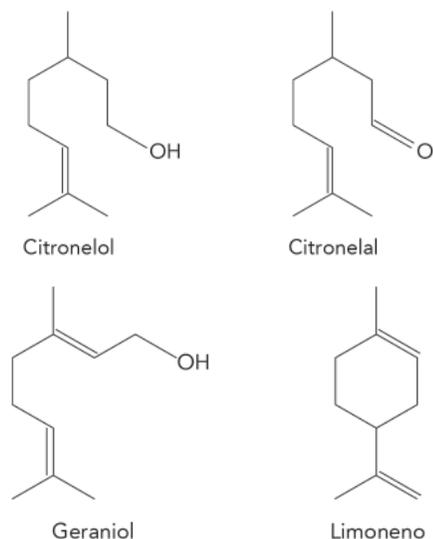
- a) Utilizando fórmulas estruturais, mostre a diferença na geometria molecular dos dois compostos orgânicos isoméricos formados na reação.
 b) Os produtos da reação podem ser separados por destilação fracionada. Qual dos dois isômeros tem maior ponto de ebulição? Justifique.

- 26 Enem 2013** O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas, como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$, com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6; e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

Para que se consiga atrair um maior número de abelhas para uma determinada região, a molécula que deve estar presente em alta concentração no produto a ser utilizado é:



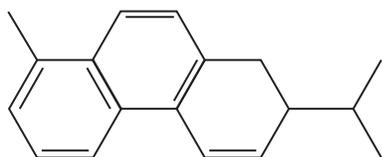
27 Uerj 2019 Observe abaixo as fórmulas estruturais espaciais dos principais compostos do óleo de citronela, produto empregado como repelente de mosquitos.



Considerando essas fórmulas estruturais, a quantidade de compostos que apresentam isômeros espaciais geométricos é igual a:

- A 1 B 2 C 3 D 4

28 Mackenzie 2020 Na segunda-feira (19/08/2019) por volta das 15 horas, a cidade de São Paulo experimentou algumas horas de escuridão no meio da tarde. O fenômeno ocorreu pela chegada de uma frente fria, vinda do litoral, e também pela presença de uma névoa seca com partículas de detritos em suspensão. Essa camada densa impedia a chegada de luz do Sol e prejudicou a visibilidade na capital paulista. Análises realizadas com a água da chuva, desse dia, identificaram a presença da substância química reteno, poluente encontrado na fumaça de queimadas.



De acordo com a fórmula estrutural do reteno, representada acima, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Trata-se de um hidrocarboneto com núcleos aromáticos condensados, apresentando os grupos substituintes metil e isopropil.
- II. Possui fórmula molecular $C_{18}H_{18}$ com 6 carbonos terciários sp^2 .
- III. Apresenta isômeros geométricos cis/trans.
- IV. É um composto de alta polaridade, por isso, foi detectado na água da chuva.

Estão corretas somente as afirmações:

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

29 UFPE Um determinado jornal noticiou que "... a explosão foi causada pela substituição acidental do solvente *trans*-1,2-dicloroeteno pelo *cis*-1,2-dicloroeteno, que possui ponto de ebulição menor...". Sobre essa notícia, podemos afirmar que:

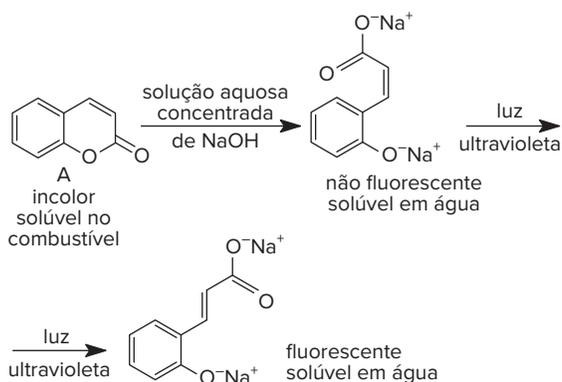
- A é incorreta, pois estes dois compostos são isômeros, portanto possuem as mesmas propriedades físicas.
 B é correta, pois o *trans*-1,2-dicloroeteno é polar, portanto deve ter ponto de ebulição maior que o do *cis*-1,2-dicloroeteno, que é apolar.
 C é incorreta, pois o *trans*-1,2-dicloroeteno é apolar, portanto deve ter ponto de ebulição menor que o do *cis*-1,2-dicloroeteno, que é polar.
 D é correta, pois o *trans*-1,2-dicloroeteno é apolar, portanto deve ter ponto de ebulição maior que o do *cis*-1,2-dicloroeteno, que é polar.
 E é incorreta, pois estes dois compostos são tautômeros e possuem o mesmo momento dipolar, portanto possuem o mesmo ponto de ebulição.

30 UEPG 2017 Sobre os hidrocarbonetos, assinale o que for correto.

- 01 O ciclo-hexa-1,3-dieno é um composto aromático.
- 02 O ciclo-hexano apresenta uma conformação não planar estável conhecida como cadeira.
- 04 O 2,3-dimetil-but-2-eno apresenta isomerismo *cis-trans*.
- 08 No but-1-eno todos os átomos de carbono estão no mesmo plano.
- 16 O 2,3-dimetilbutano é isômero de cadeia do hexano.

Soma:

31 Fuvest Na Inglaterra, não é permitido adicionar querosene (livre de imposto) ao óleo diesel ou à gasolina. Para evitar adulteração desses combustíveis, o querosene é "marcado", na sua origem, com o composto A, que revelará sua presença na mistura após sofrer as seguintes transformações químicas:



Um técnico tratou uma determinada amostra de combustível com solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio e, em seguida, iluminou a mistura com luz ultravioleta. Se no combustível houver querosene (marcado):

- I. no ensaio, formar-se-ão duas camadas, sendo uma delas aquosa e fluorescente.
- II. o marcador A transformar-se-á em um sal de sódio, que é solúvel em água.
- III. a luz ultravioleta transformará um isômero *cis* em um isômero *trans*.

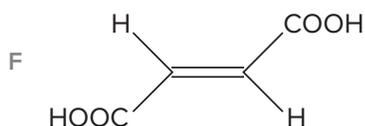
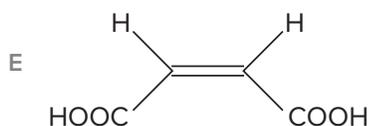
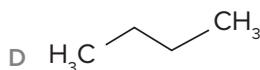
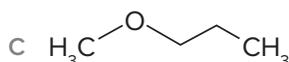
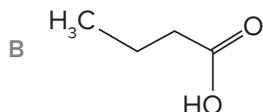
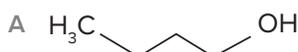
Obs.:

Fluorescente = que emite luz

Dessas afirmações:

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

32 Mackenzie 2018 Dados os seguintes compostos orgânicos:



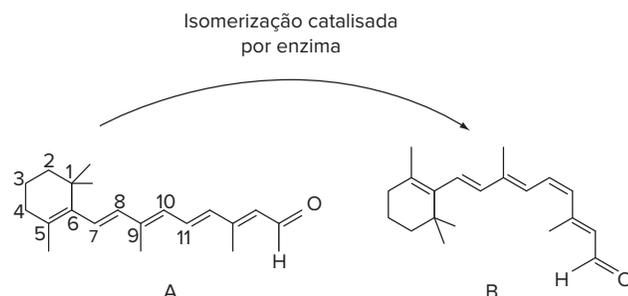
A respeito das propriedades físico-químicas e isomeria, dos compostos acima, sob as mesmas condições de temperatura e pressão, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A e B são isômeros funcionais e B possui ponto de ebulição maior do que A.
- II. D não possui isômeros funcionais e apresenta pressão de vapor maior do que B.
- III. E e F são isômeros geométricos, onde E é polar e F é apolar.
- IV. A e C são isômeros constitucionais, sendo C mais volátil do que A.
- V. D possui um isômero de cadeia e é líquido à temperatura ambiente devido às suas ligações de hidrogênio intermoleculares.

Sendo assim, estão corretas somente as afirmações

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

33 UEL A vitamina A, conhecida como retinol, tem papel importante na química da visão. O retinol é oxidado a um isômero do retinal (estrutura A) que sofre isomerização, produzindo o outro isômero do retinal (estrutura B), a partir da ação de uma determinada enzima. Observe as estruturas dos isômeros do retinal, a seguir, identificados como A e B.

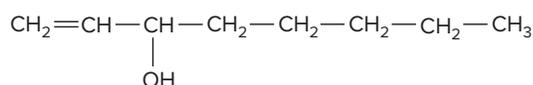


Com base nas estruturas e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa correta.

- A O composto A é identificado como 11-*trans*-retinal e difere de B na disposição espacial.
- B O composto B, identificado como 11-*trans*-retinal, apresenta a função aldeído e contém um anel benzênico em sua estrutura.
- C O composto A é identificado como 11-*cis*-retinal e apresenta fórmula molecular diferente de B.
- D O composto B é identificado como 11-*cis*-retinal e apresenta átomos de carbono com hibridização sp .
- E Os compostos A e B, identificados como 11-*cis* e 11-*trans*-retinal, respectivamente, apresentam cadeias saturadas.

34 UFMG Insetos indesejados podem ser eliminados usando-se armadilhas que contêm feromônios. Emitidas por indivíduos de determinada espécie, essas substâncias, funcionando como meio de comunicação entre eles, regulam o comportamento desses mesmos indivíduos.

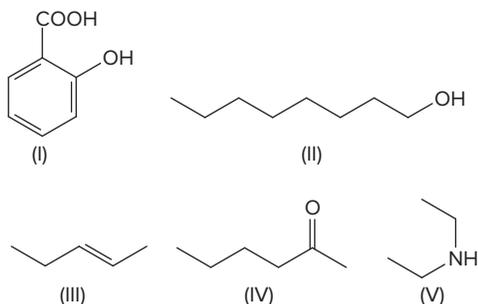
Um desses feromônios é o 1-octen-3-ol, que tem esta estrutura:



Considerando-se a estrutura desse álcool, é correto afirmar que ele apresenta:

- A condutividade elétrica elevada em solução aquosa.
- B diastereoisomeria *cis-trans*.
- C massa molar igual à do 3-octen-1-ol.
- D temperatura de ebulição menor que a do 1-octeno.

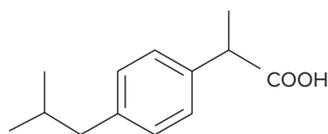
35 UFV Devido ao grande número de compostos orgânicos existentes, a Comissão Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac) tem estabelecido regras, que são periodicamente revisadas, para nomear de forma sistemática estes compostos:



Considerando as regras de nomenclatura recomendadas pela Iupac, os nomes dos compostos de (I) a (V) são, respectivamente:

- A ácido orto-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *cis*-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamida.
 B ácido orto-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
 C ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *cis*-pent-3-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
 D ácido para-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-2-eno; hexan-5-ona; dietilamina.
 E ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-3-eno; hexan-5-ona; dietilamida.

36 Uece 2014 O ibuprofeno é um fármaco do grupo dos anti-inflamatórios não esteroides, que funciona como analgésico e antipirético; é utilizado frequentemente para o alívio sintomático de dor de cabeça, dor dentária, dor muscular, moléstias da menstruação, febre e dor pós-cirúrgica. Comercialmente é vendido como Advil.

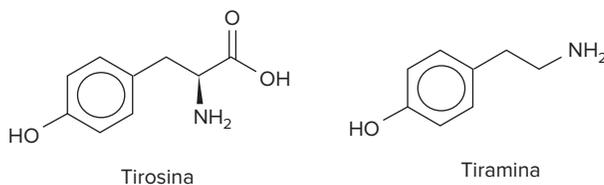


Ibuprofeno

Com relação à estrutura do ibuprofeno, assinale a afirmação correta.

- A Devido à ausência de carbono assimétrico, a molécula desse composto não apresenta isomeria óptica.
 B Sua molécula apresenta dois isômeros ópticos, com propriedades físicas diferentes, exceto o desvio da luz polarizada, de mesma intensidade e direção.
 C O carbono vizinho ao grupo —COOH é assimétrico.
 D Os dois enantiômeros desse composto apresentam as mesmas atividades fisiológicas.

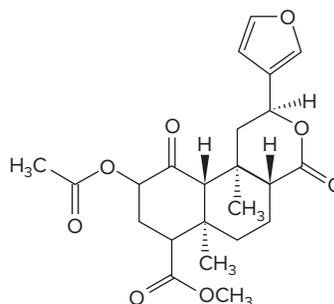
37 PUC-Rio 2014 Abaixo estão representadas as estruturas da tirosina e da tiramina.



Considerando essas substâncias, pode-se afirmar que:

- A são tautômeros.
 B são opticamente ativas.
 C são isômeros funcionais.
 D a tirosina possui um carbono assimétrico.
 E a tiramina possui um carbono assimétrico.

38 UFRGS 2013 Salvinorina A, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um dos mais potentes alucinógenos naturais que se conhece. Esse composto é encontrado na *Salvia divinorum*, uma planta rara do México.



A respeito da estrutura da Salvinorina A, considere as seguintes afirmações.

- I. Contém anéis heterocíclicos.
 II. Contém carbonos assimétricos.
 III. Não apresenta carbonos terciários.

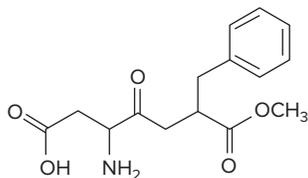
Quais estão corretas?

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

39 Udesc 2013 Assinale a alternativa **correta** em relação à molécula de 2-bromo-3-cloro-4-metilpentano.

- A Possui seis carbonos com hibridização sp .
 B Possui seis carbonos com hibridização sp^2 .
 C Apresenta em sua estrutura dois carbonos assimétricos.
 D Apresenta em sua estrutura três carbonos assimétricos.
 E É um hidrocarboneto de cadeia aberta, ramificado e insaturado.

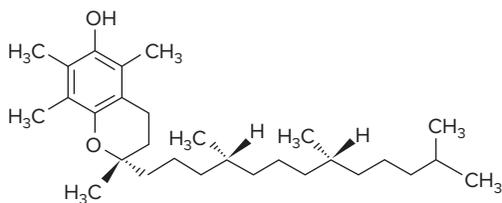
40 PUC-Rio 2013 Substâncias que possuem isomeria óptica apresentam a mesma fórmula molecular, contudo diferem entre si no arranjo espacial dos átomos.



De acordo com a estrutura representada, é possível prever que esta substância possui no máximo quantos isômeros ópticos?

- A 2
B 3
C 4
D 5
E 6

- 41 Cefet-MG 2013** Alguns protetores solares possuem vitamina E (*alfa-tocopherol*) na sua formulação, substância conhecida pela ação antioxidante. Ao neutralizar os radicais livres, responsáveis pelos fenômenos degenerativos, essa vitamina, cuja estrutura molecular está representada abaixo, confere uma proteção adicional para evitar danos causados pela radiação.



Com base nessa estrutura molecular, é correto afirmar que o *alfa-tocopherol*

- A reage com ácidos.
B desvia a luz plano-polarizada.
C tem fórmula mínima $C_{29}H_{50}O_2$.
D possui as funções de álcool e éter.
E apresenta cadeia normal e insaturada.

- 42 UFRN 2013** A anfetamina, de fórmula $C_6H_5-CH_2-CH(NH_2)-CH_3$, é um fármaco com ação estimulante sobre o sistema nervoso central. Esse fármaco pode ser representado por dois compostos que apresentam a mesma fórmula estrutural, mas só um deles tem efeito fisiológico. A obtenção de medicamentos que tenham esse comportamento constitui um desafio para os químicos. O Prêmio Nobel de Química, em 2001, foi outorgado aos químicos William S. Knowles (EUA), K. Barry Sharpless (EUA) e Ryoji Noyori (Japão) por desenvolverem métodos de sínteses com catalisadores assimétricos que permitem obter o enantiômero que interessa. O comportamento da anfetamina e os trabalhos dos químicos laureados com o Nobel dizem respeito
- A à isomeria de função em compostos com a mesma composição e com estruturas diferentes.
B à isomeria óptica em compostos que têm, pelo menos, um carbono assimétrico.

- C à isomeria plana em compostos com a mesma composição e com estruturas diferentes.
D à isomeria geométrica em compostos que têm, pelo menos, um carbono assimétrico.

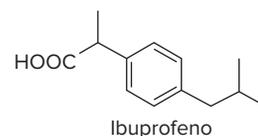
- 43 Uern 2013** A isomeria é o fenômeno pelo qual duas substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas apresentam estruturas diferentes, ou seja, o rearranjo dos átomos difere em cada caso. O fenômeno ocorre principalmente em compostos de carbono, considerando a variedade de substâncias orgânicas presentes na natureza. A tetravalência do carbono permite formar longas cadeias estáveis e com múltiplas combinações. Eis aí a questão-chave da isomeria o estudo das diferentes probabilidades de existência de compostos com mesma fórmula molecular.

Disponível em: <brasilescola.com/quimica/isomeria.htm>.

A isomeria pode ser geométrica e óptica. Qual das afirmativas a seguir apresenta uma substância que corresponde tanto a uma isomeria geométrica quanto à isomeria óptica ao mesmo tempo?

- A 2-metil-pent-3-en-2-ol
B 3-metil-pent-3-en-2-ol
C 4-metil-pent-3-en-2-ol
D 5-metil-pent-3-en-2-ol

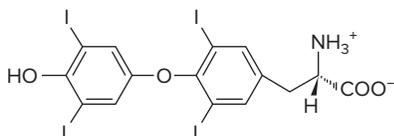
- 44 Udesc 2012** A molécula de ibuprofeno é conhecida por seu efeito analgésico no organismo humano. No entanto, somente um de seus isômeros apresenta esse efeito.



Com relação à molécula de ibuprofeno, é correto afirmar que:

- A apresenta em sua estrutura dois carbonos assimétricos.
B possui seis carbonos com hibridização sp^2 .
C sua fórmula molecular é $C_{13}H_{24}O_2$.
D apresenta em sua estrutura somente um carbono assimétrico.
E é um hidrocarboneto cíclico, ramificado e saturado.

- 45 UCS 2012** A glândula tireoide produz a tiroxina, cuja fórmula estrutural está representada abaixo, a partir do iodo e da tirosina. A tiroxina é um dos principais hormônios envolvidos no controle da velocidade metabólica. Baixos níveis de tiroxina (hipotireoidismo) podem levar à obesidade e à letargia, enquanto altos níveis (hipertireoidismo) podem causar efeitos opostos.



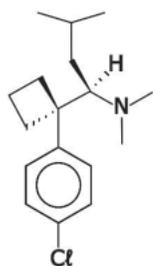
Analisar a veracidade (V) ou a falsidade (F) das proposições abaixo sobre a tiroxina.

- É um composto aromático que apresenta isomeria óptica.
- Apresenta somente carbonos hibridizados na forma sp^2 .
- Apresenta fórmula mínima $C_{13}H_5O_4NI_4$.

Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses de cima para baixo.

- A V – F – V C F – F – F E V – F – F
 B V – V – V D F – V – F

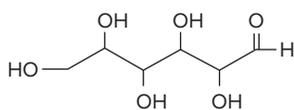
46 UEPG 2019 A respeito do composto orgânico abaixo representado, assinale o que for correto.



- 01 É um composto opticamente ativo.
- 02 Caracteriza-se como uma substância halogenada.
- 04 O anel aromático presente na estrutura é um benzeno dissubstituído com orientação *para*.
- 08 Apresenta uma amina terciária em sua estrutura.
- 16 Apresenta dois carbonos quirais.

Soma:

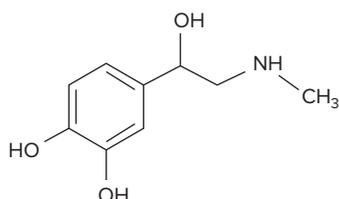
47 UnB 2012 A quantidade de carbonos quirais na molécula de glicose mostrada na figura abaixo é igual a



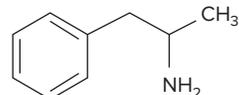
- A 3. B 4. C 5. D 6.

48 UPF 2014

Estrutura da adrenalina



Estrutura da anfetamina



A partir da análise das representações estruturais das substâncias adrenalina e anfetamina e das propriedades relacionadas às aminas, analise as afirmações a seguir e marque **V** para **verdadeiro** e **F** para **falso**:

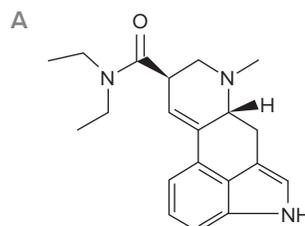
- Em ambas as estruturas existem os grupamentos relativos às funções orgânicas álcool e amina, mas apenas na estrutura da anfetamina existe o grupamento relativo à função orgânica fenol.
- De acordo com a classificação das aminas pelo número de hidrogênios substituídos, tem-se, na estrutura da adrenalina, uma amina primária, e, na anfetamina, uma amina secundária.
- As aminas apresentam caráter básico mais acentuado do que álcoois, ésteres e éteres, uma vez que o nitrogênio é menos eletronegativo do que o oxigênio.
- Ambas as estruturas, da adrenalina e da anfetamina, podem ser consideradas aminas aromáticas, pois apresentam anel aromático.
- As duas substâncias químicas, adrenalina e anfetamina, apresentam átomo de carbono assimétrico e, portanto, possuem atividade óptica.

A sequência **correta** de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- A F – F – V – F – V. D F – V – V – V – F.
 B V – F – V – F – V. E V – F – F – F – V.
 C V – V – V – F – V.

49 UPE 2016 O uso de drogas tem gerado sérios problemas de saúde e sociais, em muitos casos resultando na morte dos usuários. Esse é o caso do LSD-25, sigla alemã referente à dietilamida do ácido lisérgico, uma das mais potentes substâncias alucinógenas de que se tem conhecimento. A atividade dessa droga está relacionada a sua estrutura, na qual existem dois carbonos esterogênicos, um grupo funcional amina, dois grupos amida. Essa molécula interfere no mecanismo de ação da serotonina, um neurotransmissor do cérebro, causando os efeitos alucinógenos e outras complicações.

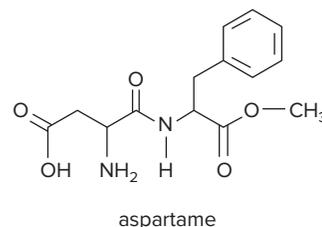
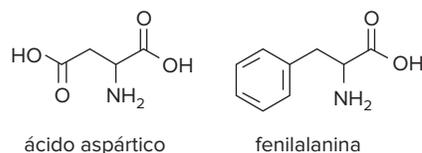
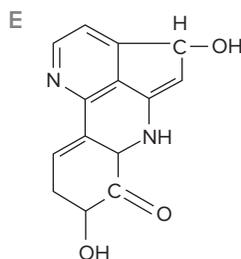
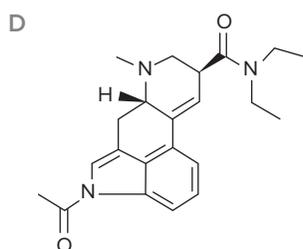
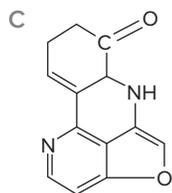
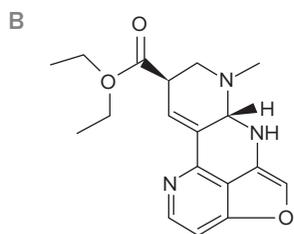
Qual das estruturas representadas abaixo corresponde ao LSD-25?



Adoçantes fazem realmente mal à saúde?

O aspartame é provavelmente o adoçante artificial mais conhecido e também o mais criticado mundialmente. É produzido a partir dos aminoácidos ácido aspártico e fenilalanina. Alguns estudos científicos recentes sugerem que o aumento de alguns tipos de câncer pode estar associado ao consumo excessivo deste adoçante. Por outro lado, pesquisas realizadas pelo Instituto Nacional do Câncer dos Estados Unidos e pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos concluíram que o consumo de aspartame na quantidade de 40 mg por cada quilograma de massa corporal do indivíduo é seguro.

Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150204_vert_fut_adocante_ml.shtml>. Acesso em: 18 ago. 2015. (Adapt.)



Informações adicionais:

No Brasil, sugere-se que a ingestão diária máxima de aspartame seja de 10 gotas/kg de massa corporal para os produtos comercializados na forma líquida, de modo a não ultrapassar a ingestão diária aceitável de 40 mg/kg de massa corporal.

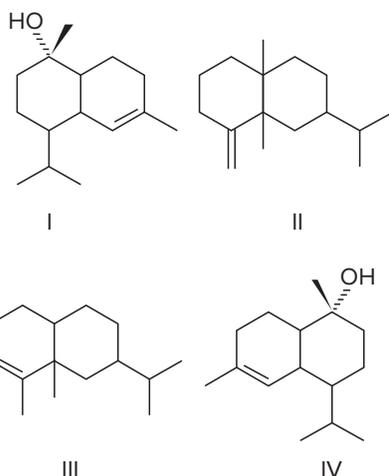
Considere que cada gota de adoçante contém 4,0 mg de aspartame e que para adoçar uma xícara de café seja necessário adicionar 21 gotas de adoçante.

Sobre o assunto tratado acima, é correto afirmar que:

- 01 a nomenclatura lupac do ácido aspártico é ácido 3-amino propanoico.
- 02 a nomenclatura lupac da fenilalanina é ácido 2-amino-3-fenilpropanoico.
- 04 um indivíduo de 50 kg que ingerir, em um dia, quinze xícaras de café com adoçante contendo aspartame nas condições descritas no enunciado terá ingerido uma quantidade maior do adoçante artificial do que a aceitável.
- 08 as moléculas de ácido aspártico e de fenilalanina apresentam as funções orgânicas amida e ácido carboxílico.
- 16 a molécula de aspartame apresenta dois átomos de carbono assimétricos.
- 32 a molécula de fenilalanina apresenta um par de enantiômeros.
- 64 a molécula de ácido aspártico possui dois pares de diastereoisômeros.

Soma:

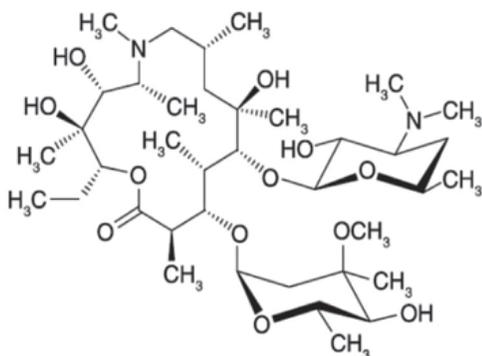
50 PUC-Rio 2014



Sobre as substâncias I, II, III e IV, tem-se que:

- A I e IV são substâncias iguais.
- B I e IV são isômeros espaciais.
- C II e III são substâncias iguais.
- D II e III são isômeros geométricos.
- E II e IV são isômeros funcionais.

52 IME 2020 A azitromicina é um potente antibiótico comercial. Sua estrutura molecular está mostrada a seguir:



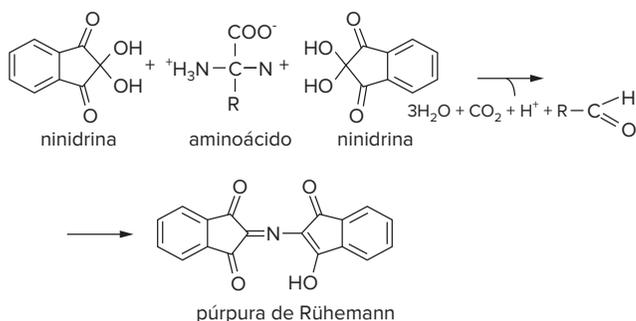
Considerando a estrutura acima, são feitas as seguintes afirmações:

- Existem 2 átomos com hibridização sp^2 .
- A molécula possui 18 carbonos quirais.
- Éster, amina e éter são funções orgânicas encontradas na molécula.

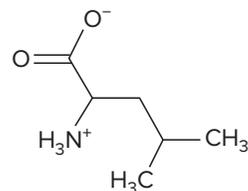
Com base na análise das afirmações acima, assinale a opção correta:

- Há apenas uma afirmação verdadeira.
- Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.
- Apenas as afirmações II e III são verdadeiras.
- Todas as afirmações são verdadeiras.

53 Unisa 2017 A revelação de impressões digitais é uma prática fundamental na ciência forense, sendo utilizada na identificação de pessoas indiciadas em inquéritos ou acusadas em processos. Uma das técnicas utilizadas para esse fim é a da aplicação da ninidrina, uma substância que reage com aminoácidos produzindo uma coloração púrpura que evidencia as linhas presentes na impressão digital. A reação da ninidrina com aminoácidos está representada na figura.

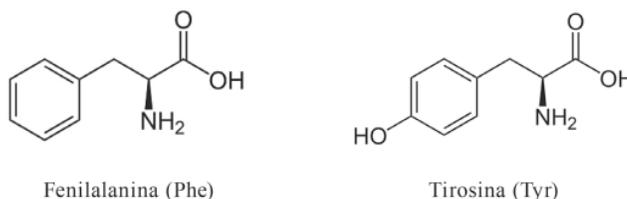


- Identifique as funções orgânicas presentes na molécula de ninidrina.
- Considere que a ninidrina entre em contato com a secreção de um indivíduo e que nela exista o aminoácido leucina, cuja fórmula estrutural é mostrada na figura.



Dê o nome do composto orgânico que é formado na reação da leucina com a ninidrina, além da púrpura de Ruhemann, e indique, justificando sua resposta, se ele apresenta isomeria óptica.

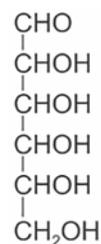
54 Mackenzie 2018 A doença genética fenilcetonúria é caracterizada pela deficiência do fígado em converter o aminoácido fenilalanina (Phe) em tirosina (Tyr). Por isso, há uma elevação do nível de fenilalanina no sangue, provocando desordens no organismo, dentre essas o atraso no desenvolvimento mental de crianças. Isso ocorre, pois em nível molecular, os portadores da doença não apresentam a enzima fenilalanina hidroxilase que é a responsável pela hidroxilação da fenilalanina. Abaixo estão representadas as fórmulas estruturais da fenilalanina e da tirosina.



A respeito dessas moléculas, é correto afirmar que:

- ambas possuem carbono quiral, mas somente a Tyr possui grupo funcional álcool.
- a hidroxilação da Phe ocorre na posição meta do anel aromático.
- a Tyr forma maior número de ligações de hidrogênio intermolecular do que a Phe.
- a Tyr possui 4 isômeros ópticos e a Phe apresenta isômeros geométricos.
- ambas possuem 7 átomos de carbono com geometria linear.

55 Unioeste 2018 Os açúcares pertencentes à família dos carboidratos são polidroxialdeídos ou polidroxicetonas, como ilustrado na figura abaixo. Estas estruturas apresentam carbonos quirais e podem ser encontradas na natureza nas mais diferentes formas isoméricas.



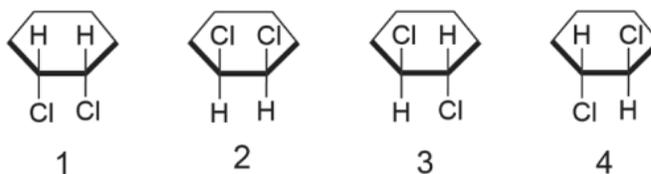
Considerando-se um açúcar com seis carbonos, ou seja, uma hexose, como representado na figura abaixo, o número máximo de estruturas estereoisoméricas possíveis de serem encontradas será de

A 2
B 4

C 6
D 8

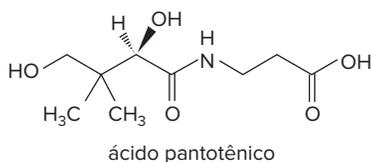
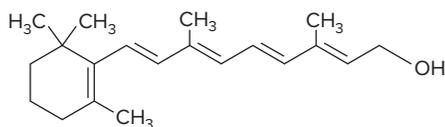
E 16

- 56 UFPR 2020 Ao tentar identificar todas as possibilidades de fórmulas estruturais do composto 1,2-diclorociclo-hexano, um estudante propôs as quatro estruturas mostradas na figura abaixo. Entretanto, seu professor apontou que havia um engano, porque apenas três estruturas distintas são possíveis.



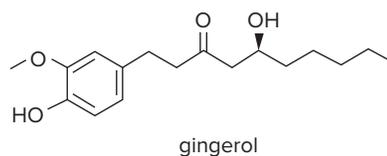
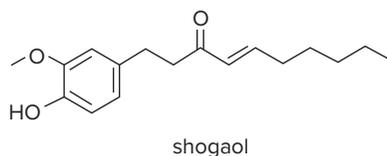
O estudante propôs uma estrutura a mais porque considerou em sua resposta que:

- A 1 e 2 são moléculas diferentes.
B 1 e 3 são diastereoisômeros.
C 1 e 4 não são sobreponíveis.
D 2 e 3 são isômeros constitucionais.
E 3 e 4 são enantiômeros.
- 57 Unesp 2016 Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

- 58 Uerj 2016 Duas das moléculas presentes no gengibre são benéficas à saúde: shogaol e gingerol. Observe suas fórmulas estruturais:

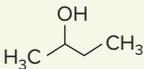
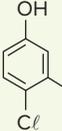
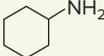


Aponte o tipo de isomeria espacial presente, respectivamente, em cada uma das estruturas.

Nomeie, ainda, as funções orgânicas correspondentes aos grupos oxigenados ligados diretamente aos núcleos aromáticos de ambas as moléculas.

Texto para a questão 59.

Analise a tabela a seguir para responder à questão.

Substância	Fórmula estrutural	Exemplo de aplicação
1		Solvente para gomas, corantes, gorduras, ceras e borrachas.
2		Solvente orgânico, usado por muito tempo como anestésico por inalação.
3		Germicida para uso externo.
4		Intermediário em síntese de fármacos.
5		Síntese de polímeros condutores.

59 USCS 2016

- a) Dentre as substâncias relacionadas na tabela, indique aquelas que possuem átomo de carbono quiral.
 b) Informe qual a característica de substâncias que apresentam átomo de carbono quiral.

60 Uema 2015 Deu no noticiário do **Bom Dia Brasil**:

“A polícia civil de São Paulo está à procura de seis mulheres suspeitas de aplicar um golpe conhecido como boa noite, Cinderela”.

Boa noite, Cinderela refere-se a um crime que consiste em drogar uma vítima para roubá-la ou estuprá-la. As drogas que costumam ser usadas nessa prática são GHB (**ácido 4-hidroxibutanoico**), Ketamina, rohypnol e **clorofórmio (triclorometano)**. Em comum essas drogas apresentam um efeito depressor sobre o sistema nervoso central.

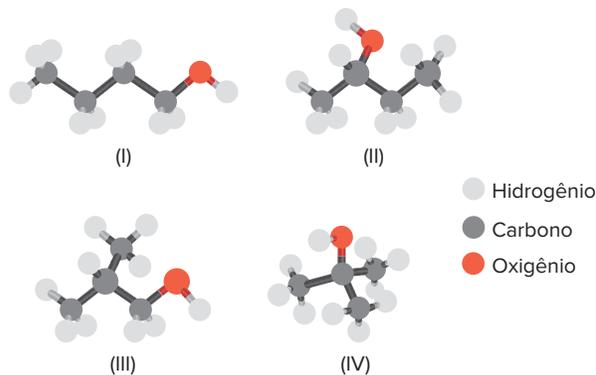
Fonte: Telejornal Bom dia Brasil. São Paulo. TV Globo, 15 set. 2014.

Para as duas substâncias destacadas em negrito, demonstre se ambas apresentam carbonos quirais. Justifique sua resposta.

61 USCS 2015 A solubilidade de álcoois em água depende, entre outros fatores, do tamanho da cadeia carbônica. Moléculas de álcool de cadeias com maior número de carbonos tendem a ser menos solúveis, apresentando uma região hidrofóbica e outra região hidrofílica, mas o número de ramificações da cadeia influencia na solubilidade. A tabela apresenta a solubilidade de alguns álcoois em água.

Álcool	Solubilidade (g/mol g H ₂ O)
metílico	infinita
etílico	infinita
<i>n</i> -propílico	infinita
<i>n</i> -butílico	7,9
sec-butílico	12,5
terc-butílico	infinita
isobutílico	9,5

As figuras mostram as representações em esferas de quatro álcoois que apresentam quatro carbonos.

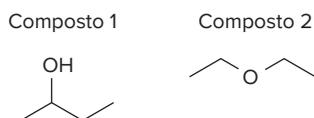


- a) Na molécula representada a seguir, circule a parte que constitui sua região hidrofóbica e indique o tipo de interação intermolecular que ocorre na região hidrofílica.



- b) Escreva o nome oficial (de acordo com a Iupac) do álcool de quatro carbonos mais solúvel e indique qual deles apresenta isômeros ópticos.

62 Unifesp 2014 Os compostos 1 e 2, representados nas figuras, são compostos orgânicos utilizados como solventes na indústria química e farmacêutica.

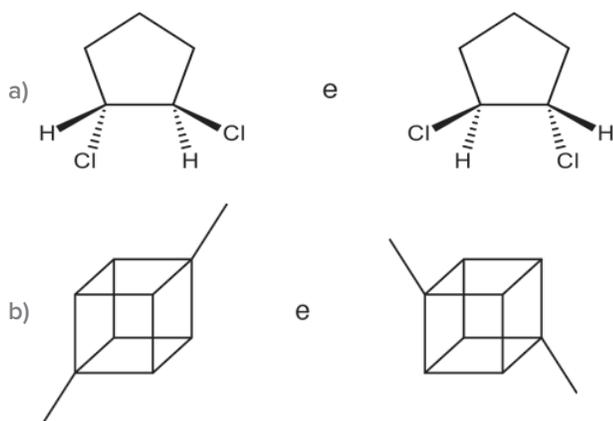


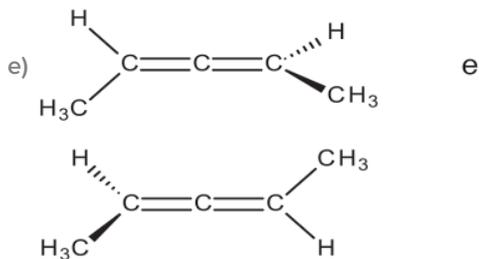
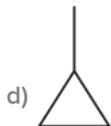
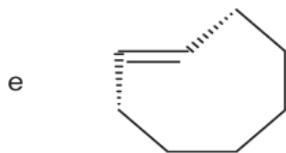
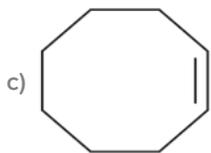
Na tabela, cada letra (x, y, z, w) pode representar somente o composto 1 ou o composto 2.

composto	pressão de vapor (20° C)
x	1,67 kPa
y	58,6 kPa
composto	solubilidade em água
z	69 g/L
w	290 g/L

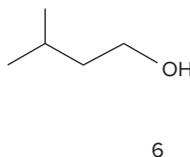
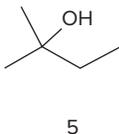
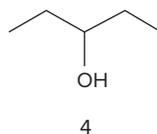
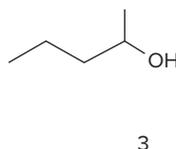
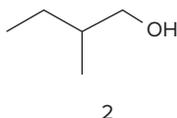
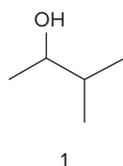
- a) Identifique os compostos x, y, z e w.
 b) Que tipo de isomeria ocorre entre os compostos 1 e 2? Escreva o nome oficial do composto que apresenta atividade óptica.

63 IME 2020 Estabeleça a relação entre os pares cujas estruturas estão representadas abaixo, identificando-os como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.





64 Unesp 2013 As fórmulas apresentadas a seguir, numeradas de 1 a 6, correspondem a substâncias de mesma fórmula molecular.



Determine a fórmula molecular dessas substâncias e escreva a fórmula estrutural completa do álcool primário que apresenta carbono assimétrico (quiral).

65 UEM 2018 Assinale o que for correto:

- 01 O 2-bromopentano pode existir como um par de enantiômeros.
- 02 O 2,3-diclorobutano apresenta três isômeros ópticos, um dos quais é do tipo meso.
- 04 O 1,2-dimetilciclohexano não apresenta isomeria geométrica pois esse tipo de isomeria não ocorre em compostos cíclicos.
- 08 Como o *cis*-1,2-dicloroeteno e o *trans*-1,2-dicloroeteno são isômeros, eles possuem o mesmo ponto de ebulição.
- 16 Uma mistura equimolar composta de *cis*-2-buteno e de *trans*-2-buteno é uma mistura racêmica.

Soma:



FRENTE 2

CAPÍTULO

4

Ácidos e bases

Esse lago, próximo a um vulcão em atividade, tem uma concentração elevada de ácido sulfúrico. Neste capítulo, estudaremos esse composto, seus semelhantes químicos e seus antagônicos, as bases. A importância desses compostos é enorme para a humanidade.

Teoria de Arrhenius

A teoria de Arrhenius foi baseada em dados experimentais obtidos por Svante Arrhenius (1859-1927), que também contribuiu com seus estudos nas definições de ácidos e bases e na cinética química. Para entender como o cientista chegou a essas importantes conclusões, é preciso imaginarmos a seguinte montagem experimental:

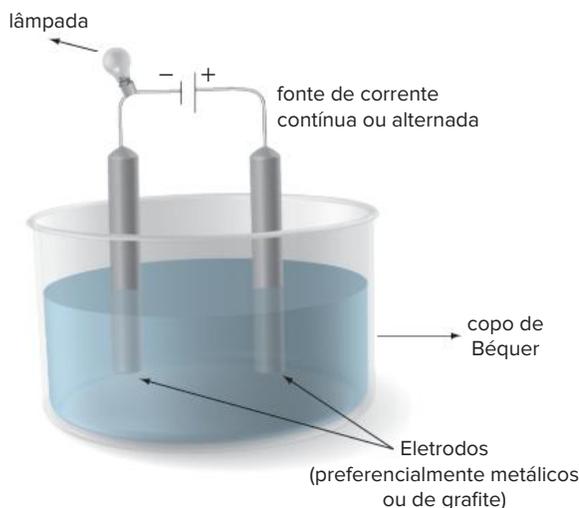


Fig. 1 Montagem experimental para verificação da teoria de Arrhenius.

Atenção

A fonte representada é certamente de corrente contínua, pois apresenta polos. Nesse caso, o fluxo de elétrons ocorre em um único sentido, do polo positivo para o polo negativo. Na corrente alternada, o fluxo de elétrons é invertido a cada intervalo de tempo, que no Brasil é de 60 vezes por segundo. Dessa maneira, não há polos fixos na corrente alternada.

É importante salientar que a lâmpada só serve para indicar se há passagem de corrente ou não. Além disso, os eletrodos são preferencialmente metálicos. Nesse caso, o ideal é serem de platina, pois são inertes e não interferem no processo.

A corrente elétrica é aquela que circula pelos fios e pelos eletrodos metálicos, já que circulam apenas elétrons. Porém, essa mesma corrente só circulará se o circuito estiver fechado. Para isso, o sistema entre os eletrodos deve ser condutor de corrente elétrica (que permite a movimentação de elétrons) ou corrente eletrolítica (que permite a movimentação de íons).

Primeiro, testaremos qualquer metal sólido ou líquido. Colocamos o material entre os eletrodos, com a fonte sempre ligada, e, então, a lâmpada acende. Isso indica a passagem de corrente que, nesse caso, é elétrica, já que os metais têm elétrons livres. Podemos verificar melhor esse fato estudando a “teoria da nuvem eletrônica”. Sempre que há elétrons livres, há condução de corrente elétrica. Veja como fica a montagem experimental na figura a seguir.

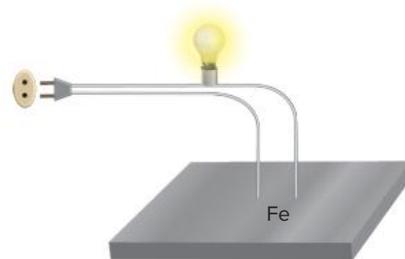


Fig. 2 Montagem experimental que verifica a condução de corrente elétrica através do metal.

Continuando as verificações experimentais, vejamos agora o que ocorre se, no lugar do ferro, por exemplo, colocarmos cloreto de sódio (NaCl , principal componente do sal de cozinha) no estado sólido. Nesse caso, a lâmpada não acende, indicando que o circuito está aberto justamente entre os eletrodos. É bom lembrar que, para que haja condução de corrente, é preciso ter elétrons livres ou íons livres. No caso do sal de cozinha no estado sólido, os íons existem, porém estão presos. Portanto, não há liberdade de locomoção. Para entender o porquê desse fenômeno, lembre-se de que a ligação química que ocorre entre Na e Cl (que são, respectivamente, metal e ametal) é do tipo iônica ou eletrovalente, portanto há transferência do elétron do elemento mais eletropositivo (Na) para o mais eletronegativo (Cl). Com isso, formam-se os íons Na^+ e Cl^- , que estão fortemente unidos pela ligação que se estabeleceu entre eles. Com isso, forma-se uma estrutura cristalina, mostrada na figura a seguir.

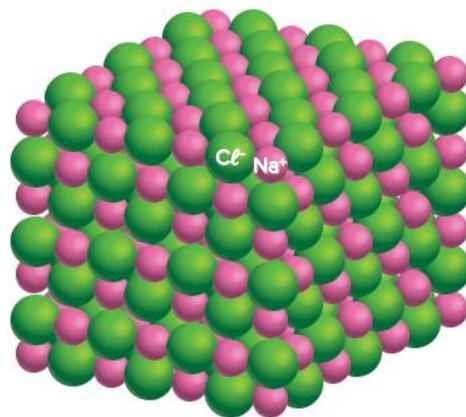


Fig. 3 Estrutura cristalina de NaCl .

Portanto, a simples existência de íons não garante a passagem de corrente. Note o resultado experimental do procedimento na figura a seguir.



Fig. 4 Montagem experimental mostrando que os íons presos do $\text{Na}^+\text{Cl}^-(s)$ não conduzem corrente.

Como já mencionamos, as ligações iônicas entre os íons Na^+ e Cl^- são muito fortes, o que explica o fato de, nas condições ambientes, ele se apresentar no estado sólido. Mas, se o aquecermos, essas ligações vão se enfraquecendo, até a fusão. Quando isso ocorre (mais precisamente à temperatura de 801°C), o cloreto de sódio passa para o estado líquido. Nesse estado, os íons “libertam-se” uns dos outros, e o sistema entre os eletrodos permite que a lâmpada acenda. Neste momento, é de se esperar que você já tivesse previsto esse resultado, já que íons livres são condutores. Essa é a condução por *corrente eletrolítica*. Veja na figura a seguir.

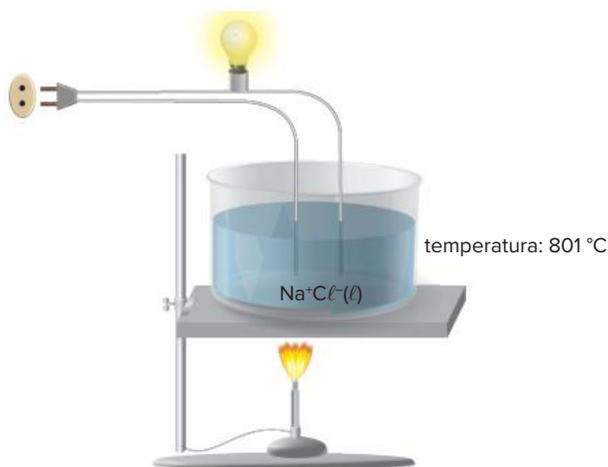
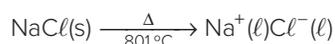


Fig. 5 Montagem experimental mostrando que os íons livres do $\text{Na}^+\text{Cl}^-(\ell)$ conduzem corrente.

Esse fenômeno de fusão com liberação de íons pode ser equacionado da seguinte forma:



Analisando o caso anterior com cuidado, percebemos que 801°C não é uma temperatura fácil de se atingir. Será que é possível liberar os íons de substâncias iônicas sem passá-las para o estado líquido? A resposta é sim. Para tanto, basta adicionar essa substância iônica à água. O fenômeno que se segue a partir de então é a quebra das ligações iônicas entre cátions e ânions, para a formação de novas ligações entre cátions e ânions com a água. Esquemáticamente, temos:

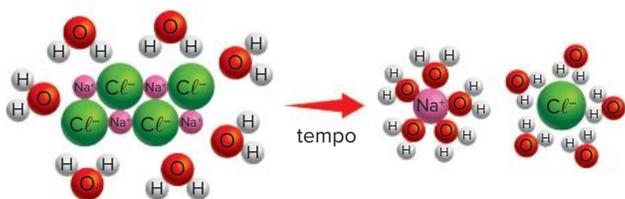


Fig. 6 Separação dos íons $\text{Na}^+\text{Cl}^-(\ell)$ quando colocados em água.

Esse fenômeno que analisamos pode ser equacionado como mostrado a seguir. Ao que ocorreu damos o nome de **dissociação**.



! Atenção

Dissociação iônica é o fenômeno pelo qual íons presos tornam-se íons livres e, portanto, condutores de corrente.

Note ainda que o oxigênio da água, que tem δ^- (efeito indutivo negativo), liga-se facilmente ao íon positivo, enquanto o hidrogênio da água, que tem δ^+ (efeito indutivo positivo), liga-se facilmente ao íon negativo.

As soluções iônicas que passam pelo processo de dissociação, quando da adição de uma substância iônica, são chamadas de soluções eletrolíticas.

A montagem experimental é mostrada a seguir.

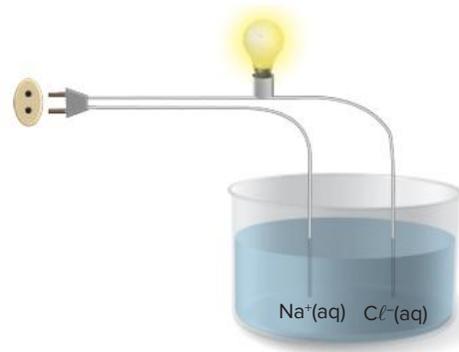


Fig. 7 Montagem experimental mostrando que a água libera os íons presos de uma substância iônica, pelo processo da dissociação.

Tomando outra substância, como o açúcar comum ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, sacarose), e procedendo da mesma forma que na experiência anterior, notamos que esse tipo de composto é incapaz de conduzir corrente mesmo em água ou fundido. Isso ocorre porque na molécula de sacarose só existem ligações entre C e H, O e H e C e O, que são ligações predominantemente covalentes. Tal fato significa que não há íons, como no caso do Na^+Cl^- . Com a inexistência de íons, não há condução de corrente. Veja:



Fig. 8 Montagem experimental mostrando que o açúcar comum não conduz corrente.

Em razão de tudo o que foi exposto, é comum que você intua que substâncias iônicas dissolvidas em água conduzem corrente e as covalentes, não. Todavia, isso não é verdade absoluta, já que existe um tipo muito especial de substâncias moleculares (formadas por ligações covalentes) que, quando em solução aquosa, são capazes de conduzir corrente. Essas substâncias são chamadas de ácidos.

Façamos agora a mesma análise experimental para o ácido muriático (HCl, ácido clorídrico). Em condições ambiente, ele é gasoso, mas, mesmo que fosse líquido, seria incapaz de conduzir corrente, já que não possui íons. Porém, quando o dissolvemos em água, ele sofre uma reação química muito diferente da dissociação, chamada de **ionização**. Veja o fenômeno no esquema a seguir.

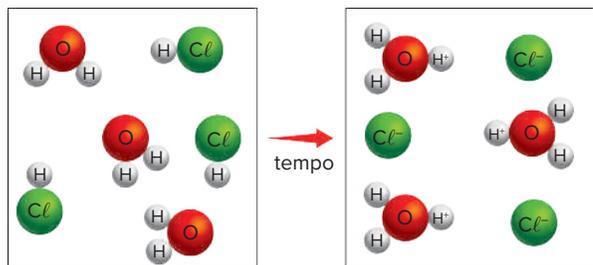


Fig. 9 Esquema mostrando o processo de ionização do HCl.

O fenômeno descrito pode ser equacionado da seguinte forma:



É importante salientar que é justamente a presença de íons livres que garante a condução de corrente. Note que, na ionização, os íons não existiam e formaram-se por uma reação química, o que é bem distinto do processo de dissociação.

! Atenção

Não confunda dissociação com ionização!

A montagem que comprova esses resultados é mostrada a seguir.

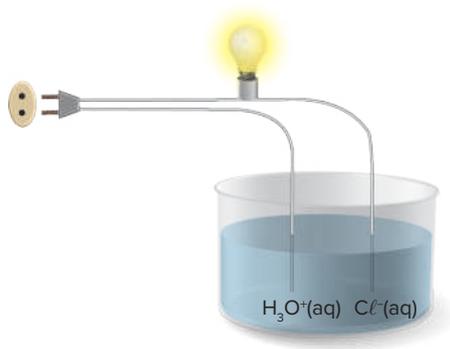


Fig. 10 Montagem experimental mostrando o HCl ionizado, produzindo íons livres, que conduzem corrente.

! Atenção

Conduzem corrente:

- 1º Metais no estado sólido ou líquido.
- 2º Substâncias iônicas em solução aquosa ou fundidas.
- 3º Ácidos em solução aquosa.

Não conduzem corrente:

- 1º Gases em condições ambiente.
- 2º Substâncias iônicas no estado sólido.
- 3º Ácidos puros.
- 4º Demais substâncias covalentes.

Funções químicas

O ser humano sempre sentiu a necessidade de classificar coisas, dos mais variados tipos. Esse procedimento, embora trabalhoso, tem sido benéfico para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade, já que sistematiza e facilita o estudo e o entendimento de certos assuntos. Na Química, um dos melhores exemplos dessa necessidade foi alocar todos os elementos químicos em uma tabela, com o cuidado de inserir elementos com propriedades químicas semelhantes nas mesmas colunas. Porém, esse não é o único exemplo.

Apesar de as substâncias químicas terem propriedades específicas como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade (já estudados no capítulo 1 desta frente), que designam inequivocamente de qual substância se trata, existem também propriedades mais gerais, que podem ser semelhantes a um grupo de substâncias. Por exemplo: suco de limão, suco de laranja, vinagre, tomate, Coca-Cola, maçã verde, entre outras, são misturas com sabor azedo. Já bananas verdes e caquis têm sabor que amarra a língua, chamado de sabor adstringente. Essas características são comuns a um grupo de substâncias. Com isso, não seria difícil distribuí-las pelo sabor.

Mas, quando analisamos outras propriedades que não o sabor, percebemos também que essas substâncias estariam distribuídas praticamente nos mesmos grupos.

Observação: Ao conjunto de substâncias com propriedades químicas gerais semelhantes damos o nome de função química.

! Atenção

Na Química Inorgânica, são quatro as principais funções a serem estudadas:

- Ácidos
- Bases ou hidróxidos
- Sais
- Óxidos

Também existem outras funções menores, como hidretos, carbetos etc. Além disso, na Química orgânica existem, pelo menos, 15 funções químicas de grande importância. Neste capítulo, serão estudados os ácidos e as bases e, no capítulo seguinte, as demais funções inorgânicas.

Entretanto, existe uma importante propriedade geral de cada um desses grupos de substâncias, que é a de colorir, da mesma forma, outra substância.

Observação: Substâncias que adquirem determinada coloração ante um ácido ou uma base são chamadas de indicadores ácido-base.

Existe um grande número de indicadores ácido-base, uns bastante precisos (costumam ser os indicadores laboratoriais) e outros nem tanto (são os indicadores caseiros).

Atenção

Os indicadores mais utilizados em laboratório são:

- Tornassol.
- Alaranjado de metila (metil *orange*).
- Azul de bromotimol.
- Fenolftaleína.

O tornassol é um líquido que vem embebido em tiras de papel. Em meio ácido, adquire coloração vermelha e, em meio básico, coloração azul. O papel de tornassol é comercialmente vendido nas duas cores.

Conheça, na tabela a seguir, a cor dos indicadores laboratoriais em cada meio.

Indicadores	Ácido	Básico
Tornassol	vermelho	azul
Alaranjado de metila	vermelho	amarelo
Azul de bromotimol	amarelo	azul
Fenolftaleína	incolor	rosa

Tab. 1 Cores características apresentadas por indicadores ácido-base em diferentes meios.

É importante salientar que, quando um meio não é ácido nem básico (chamado de meio neutro), o indicador adquire coloração intermediária entre as cores de seus extremos. Nesse caso:

	Meio neutro
Tornassol	roxo claro
Alaranjado de metila	laranja
Azul de bromotimol	verde
Fenolftaleína	rosa claro

Tab. 2 Cores características apresentadas por indicadores ácido-base em meios neutros.

Porém, existem vários indicadores caseiros, como pétalas de algumas flores (rosas, por exemplo), extrato de repolho roxo e até mesmo vinho tinto.

No caso das pétalas de flores, sua coloração é capaz de indicar se o tipo de solo onde elas estão plantadas é ácido ou básico, porém isso varia de solo para solo.

No caso do extrato de repolho roxo, este fica vermelho em meio ácido e verde em meio básico. Para o vinho tinto, a cor em meio ácido também é vermelha, mas em meio básico é azul. Você também pode tentar, em sua casa, descobrir outros indicadores naturais, utilizando o vinagre como meio ácido e produtos de limpeza como um desentupidor de ralo como meio básico.

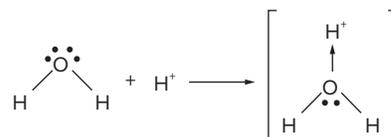
Ácidos

Definição segundo Arrhenius

Ácidos são compostos moleculares que, em solução aquosa, ionizam-se, liberando o cátion H^+ para a formação do íon hidrônio ou hidroxônio (H_3O^+).

A definição de Arrhenius para ácidos e bases não é a única que existe. Posteriormente, também analisaremos as definições de Brønsted-Lowry e de Lewis.

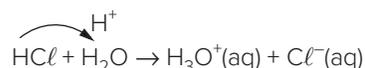
Na definição apresentada agora, há menção a um íon que até este momento não havia sido analisado. É o íon hidrônio (também chamado de hidroxônio), de fórmula H_3O^+ . Ele é formado devido ao fato de o H^+ liberado pelo ácido fazer uma ligação covalente dativa com a água, da seguinte forma:



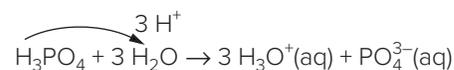
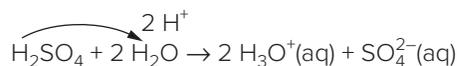
Porém, muitos autores desprezam esta reação e se limitam a mencionar apenas a existência do H^+ .

Pela definição de Arrhenius, podemos equacionar as reações de ionização total e parcial dos ácidos.

Ionizações totais

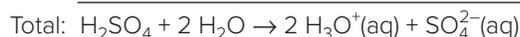
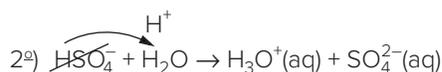
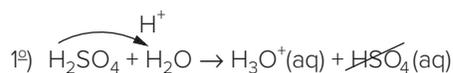


Note que, para cada H^+ liberado, é preciso uma molécula de água para formar um hidrônio (H_3O^+). Como o HCl perdeu um hidrogênio sem o seu elétron, sobrou um cloro com um elétron a mais (Cl^-).

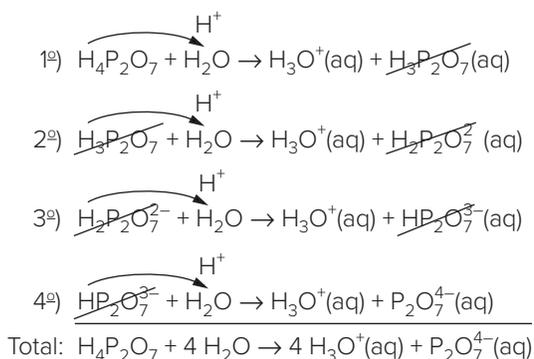
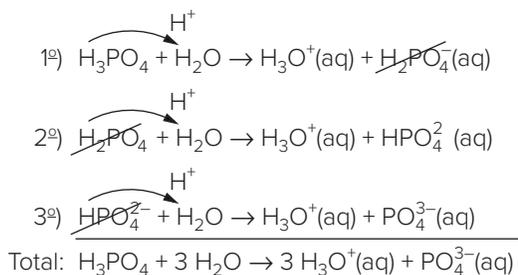


No caso das ionizações parciais, um hidrogênio será ionizado em cada etapa.

Ionizações parciais



Como você pôde observar, a soma de todas as ionizações parciais deve resultar na ionização total. Além disso, a 1ª ionização de um ácido é sempre mais fácil que a 2ª, que, por sua vez, é mais fácil que a 3ª, e assim por diante. Isso ocorre porque, a cada H^+ que se retira de um ácido, vai ficando cada vez mais difícil ionizar o H^+ seguinte.



Classificação

Quanto à presença de oxigênio

- Hidrácidos: ácidos que não possuem o oxigênio.
Exemplos: HCl, HBr, HI, H₂S, HCN.
- Oxiácidos: ácidos que possuem o oxigênio.
Exemplos: HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄, HClO₄, H₃BO₃.

Quanto à volatilidade

Podemos definir volatilidade como a capacidade que uma substância tem de evaporar. As substâncias mais voláteis são, portanto, aquelas que têm maior pressão máxima de vapor e menor temperatura de ebulição. A maioria dos ácidos inorgânicos é volátil, e alguns chegam a ser gasosos em temperatura e pressão ambientes. Existem ácidos líquidos voláteis e outros fixos (que têm baixa pressão máxima de vapor e alta temperatura de ebulição). A seguir, uma pequena lista de volatilidade dos ácidos mais importantes:

Voláteis

São os ácidos que possuem baixa temperatura de ebulição.

- Gasosos (P = 1 atm e t = 25 °C):
HF, HCl, HBr, HI, HCN, H₂S.
- Líquidos: (P = 1 atm e t = 25 °C):
CH₃COOH, HNO₃.

Fixos

São os ácidos que possuem alta temperatura de ebulição.

- Líquidos (P = 1 atm e t = 25 °C):
H₂SO₄ (T.E. = 338 °C).
- Sólidos: H₃PO₄ (T.F. = 42 °C), H₃BO₃, C₂H₂O₄.

Quanto ao número de hidrogênios ionizáveis (H⁺)

Hidrogênios ionizáveis (H⁺) são aqueles que sofrem ionização, segundo a definição de ácidos, de Arrhenius, para formar, com a água, os íons hidrônio ou hidroxônio (H₃O⁺). Na maioria das vezes, todos os hidrogênios de um ácido são ionizáveis, mas há algumas exceções importantes, que só podem ser visualizadas a partir das fórmulas estruturais dos ácidos. Para os hidrácidos e os oxiácidos, há regras práticas diferentes do que é ou não um hidrogênio ionizável. Veja:

- *nos hidrácidos*, todos os hidrogênios são ionizáveis.
- *nos oxiácidos*, são ionizáveis apenas os átomos de hidrogênio ligados aos de oxigênio. Isso ocorre na maioria das vezes, mas há exceções. Para visualizar caso a caso, é preciso montar a fórmula estrutural dos ácidos.

Para isso, vão aqui algumas regras práticas.

Regra 1:

Escreva o elemento químico central do ácido, que na fórmula molecular vem escrito entre o hidrogênio e o oxigênio.

HClO₄ (elemento central: Cl)

H₂SO₄ (elemento central: S)

H₃PO₄ (elemento central: P)

H₂CO₃ (elemento central: C)

H₃BO₃ (elemento central: B)

Regra 2:

Verifique a que família da tabela periódica pertence o elemento químico central e, a partir dos conhecimentos de ligações químicas, verifique quantas e quais ligações serão realizadas.

Família	4A	5A	6A	7A
Covalente normal	4	3	2	1
Covalente dativa (não obrigatória)	0	1	2	3

Tab. 3 Ligações realizadas conforme a família do átomo central.

Regra 3:

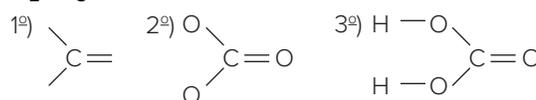
Complete as ligações com oxigênios.

Regra 4:

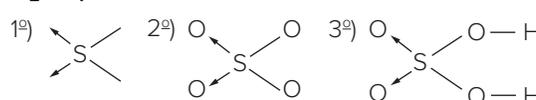
Os oxigênios que recebem ligações do tipo covalente dativa estão "satisfeitos"; portanto, não precisam de mais ligações. Já os oxigênios que recebem ligações covalentes normais precisam de mais uma ligação, que será realizada com o hidrogênio.

Vejamos como atuar nesses casos nos exemplos a seguir.

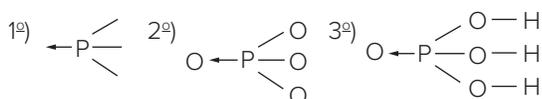
a. H₂CO₃



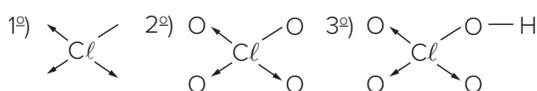
b. H₂SO₄



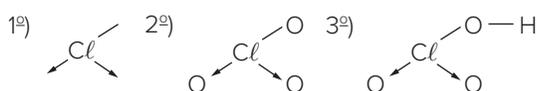
c. H_3PO_4



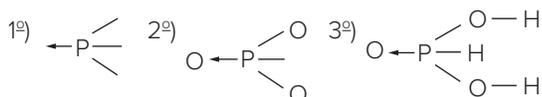
d. HClO_4



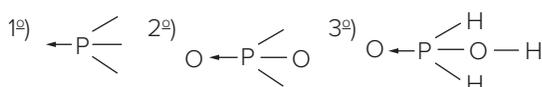
e. HClO_3



f. H_3PO_3



g. H_3PO_2



Observe que apenas nos exemplos “f” e “g” alguns dos hidrogênios não são ionizáveis, pois não estão ligados diretamente ao átomo de oxigênio.

Com isso, podemos proceder à classificação dos ácidos quanto ao número de hidrogênios ionizáveis.

- Monoácidos: que possuem 1H^+ .
 HCl , HBr , HI , HNO_3 , HNO_2 , H_3PO_2 .
- Diácidos: ácidos que possuem 2H^+ .
 H_2SO_4 , H_2SO_3 , H_2S , H_3PO_3
- Triácidos: ácidos que possuem 3H^+ .
 H_3BO_3 , H_3PO_4 .
- Tetrácidos: ácidos que possuem 4H^+ .
 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$.

Quanto à força

Não se deve confundir força com periculosidade. A maioria das pessoas entende que um ácido forte deva ser extremamente corrosivo, reativo e tóxico, mas isso nem sempre é verdade. Afinal, o ácido mais fraco de toda a química, o ácido cianídrico (HCN), é também o mais tóxico. A força está relacionada à capacidade de ionização do ácido, ou seja, à porcentagem com que este obedece à definição de Arrhenius. É que, apesar de o ácido ionizar-se (e todo o ácido faz isso, senão não seria classificado como tal), ele nunca o faz 100% em condições padrão. Imaginemos, por exemplo, o ácido clorídrico (HCl) em água:

De cada 100 moléculas dissolvidas em água, 92 moléculas se ionizam. Como a porcentagem de ionização é alta, diz-se que o HCl é um ácido forte.

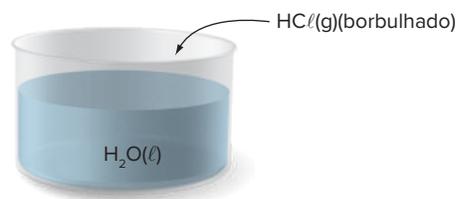


Fig. 11 Verificação da força de um ácido.

Assim, podemos definir uma grandeza chamada de grau de ionização (α), que é o número de moléculas ionizadas a cada 100 colocadas em água. Portanto:

$$\alpha = \frac{\text{número de moléculas ionizadas}}{\text{número total de moléculas}} \cdot 100\%$$

Cada ácido tem um valor de α , que é uma propriedade específica de cada uma dessas substâncias. Esses valores não precisam ser memorizados, mas é bom que se tenha uma noção de que eles podem variar em toda a faixa de 0 a 100%. Veja:

- a) $\alpha_{\text{HClO}_4} = 97\%$
- b) $\alpha_{\text{HCl}} = 92\%$
- c) $\alpha_{\text{HNO}_3} = 92\%$
- d) $\alpha_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 61\%$
- e) $\alpha_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 28\%$
- f) $\alpha_{\text{HF}} = 9\%$
- g) $\alpha_{\text{HCN}} = 0,008\%$

Contudo, mesmo sem memorizar os valores de α , alguns vestibulares costumam pedir a classificação dos ácidos quanto à força, e você deve saber como proceder. Para tal, valem algumas regras práticas:

• **Para os hidrácidos:**

Fortes: HCl , HBr , HI .

Semifortes ou moderados: HF .

Fracos: todos os demais hidrácidos.

Para os hidrácidos, em que o ânion é um halogênio, a força dos ácidos cresce da seguinte maneira:



Isso ocorre porque o flúor é o elemento mais eletronegativo de todos, o que fortalece a ligação $\text{H}-\text{F}$, fazendo que a ruptura dessa ligação seja extremamente dificultada. Devido a isso, apenas poucos hidrogênios do HF podem se ionizar. Já no caso do ácido formado pelo iodo (I), é bom lembrar que, dentre esses elementos, ele é o menos eletronegativo, portanto faz com o hidrogênio a ligação mais fraca e mais facilmente rompível. Isso torna esse ácido mais forte que os demais.

- **Para os oxiácidos:** existe uma regra prática e facilmente memorizável.

Passo 1:

Calcula-se um número x , dado por:

$$x = \text{número de O} - \text{número de H}^+$$

Passo 2:

$$x = \begin{cases} 3, & \text{o ácido é muito forte.} \\ 2, & \text{o ácido é forte.} \\ 1, & \text{o ácido é semiforte ou moderado.} \\ 0, & \text{o ácido é fraco.} \end{cases}$$

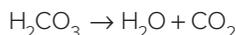
Aplicando a regra, temos:

- a) HBrO_4 ($x = 4 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido muito forte.
- b) HClO_4 ($x = 4 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido muito forte.
- c) H_2SO_4 ($x = 4 - 2 \Rightarrow x = 2$): ácido forte.
- d) HNO_3 ($x = 3 - 1 \Rightarrow x = 2$): ácido forte.
- e) H_3PO_4 ($x = 4 - 3 \Rightarrow x = 1$): ácido semiforte ou moderado.
- f) HClO_2 ($x = 2 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido semiforte ou moderado.
- g) H_3BO_3 ($x = 3 - 3 \Rightarrow x = 0$): ácido fraco.
- h) HClO ($x = 1 - 1 \Rightarrow x = 0$): ácido fraco.

Como se pode observar, a regra é prática e funciona bem. No entanto, não é sempre assim. Existem dois casos excepcionais, a saber:

- H_2CO_3 ($x = 3 - 2 \Rightarrow x = 1$): ácido fraco.

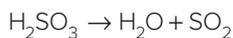
O ácido carbônico (H_2CO_3) é um composto extremamente instável e, por isso, sofre uma reação de decomposição dada pela seguinte equação:



Com essa reação, o ácido “prefere” se transformar em água e gás carbônico a se ionizar; portanto, o ácido é fraco.

- H_2SO_3 ($x = 3 - 2 \Rightarrow x = 1$): ácido fraco.

Ocorre com esse composto exatamente o mesmo que ocorre com o anterior. A sua reação de decomposição é mostrada a seguir:



Mas agora vem a pergunta: Ionizar-se muito e ser um ácido forte vale até qual valor de α ? A resposta é:

$$\begin{cases} \alpha \geq 50\%: & \text{ácido forte.} \\ 5\% \leq \alpha < 50\%: & \text{ácido semiforte ou moderado.} \\ \alpha < 5\%: & \text{ácido fraco.} \end{cases}$$

Nomenclatura

A nomenclatura dos ácidos possui regras bem definidas, a saber:

- Para os hidrácidos:

ácido + nome do elemento ou radical + ídrico

HF – ácido fluorídrico
HCl – ácido clorídrico

HBr – ácido bromídrico

HI – ácido iodídrico

H_2S – ácido sulfídrico (o nome do enxofre, em latim, é *sulfur*)

HCN – ácido cianídrico (o nome do radical CN^- é cianeto)

- Para os oxiácidos:

Nesse caso, a regra apresenta algumas subdivisões:

– **Famílias 3A, 4A, 5A, 6A:**

ácido + nome do elemento + $\begin{cases} \text{ico} \\ \text{oso} \\ \text{hipo...oso} \end{cases}$

A escolha do sufixo e eventual colocação do prefixo é a parte mais importante do problema. Para resolvê-lo, é preciso calcular o nox do elemento químico central e compará-lo com o número da família desse elemento. Porém, o cálculo do nox é objeto de estudo de capítulos futuros. Por agora, para calculá-lo no caso dos ácidos, basta duplicar o número de oxigênios e subtrair o número de hidrogênios, como mostra a fórmula a seguir:

$$\text{Nox} = 2 \cdot (\text{número de O}) - \text{número de H}$$

Se o nox do elemento químico central coincidir com o número de sua família na Tabela Periódica, a terminação será *-ico*. Se o nox for duas unidades menor, será *-oso*. Se for quatro unidades menor, será também *-oso*, mas acompanhado do prefixo *hipo-*, que significa abaixo.

Com isso, vamos dar nomes aos seguintes ácidos:

H_3BO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 3 \Rightarrow x = 3$; B = 3A): ácido bórico.

H_2CO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 2 \Rightarrow x = 4$; C = 4A): ácido carbônico.

H_2SO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 2 \Rightarrow x = 6$; S = 6A): ácido sulfúrico.

H_2SO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 2 \Rightarrow x = 4$; S = 6A): ácido sulfuroso.

HNO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$; N = 5A): ácido nítrico.

HNO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$; N = 5A): ácido nitroso.

H_3PO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 3 \Rightarrow x = 5$; P = 5A): ácido fosfórico.

H_3PO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 3 \Rightarrow x = 3$; P = 5A): ácido fosforoso.

H_3PO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 3 \Rightarrow x = 1$; P = 5A): ácido hipofosforoso.

(o valor de x representa o nox do elemento central)

– **Família 7A:**

ácido + nome do elemento + $\begin{cases} \text{per... ico (nox = 7+)} \\ \text{ico (nox = 5+)} \\ \text{oso (nox = 3+)} \\ \text{hipo... oso (nox = 1+)} \end{cases}$

No caso da família 7A, os elementos podem apresentar 4 nox diferentes, por isso a necessidade de um novo prefixo: *per-*. Sua origem pode ser facilmente explicável: quando queremos nos referir a abaixo de *-oso*, utilizamos o prefixo *hipo-*. Logo, parece lógico que, quando queremos nos referir a acima de *-ico*, utilizemos o prefixo *hyper-*. Contudo, por uma questão de eufonia, utilizamos somente *per*, omitindo o *hi-*.

HClO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 1 \Rightarrow x = 7$): ácido perclórico.

HClO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$): ácido clórico.

HClO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido cloroso.

HClO ($x = 2 \cdot 1 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido hipocloroso.

HIO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 1 \Rightarrow x = 7$): ácido periódico.

HIO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$): ácido iódico.

HIO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido iodoso.

HIO ($x = 2 \cdot 1 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido hipoiódico.

Há também o caso a seguir.

H_3PO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 3 \Rightarrow x = 5$)

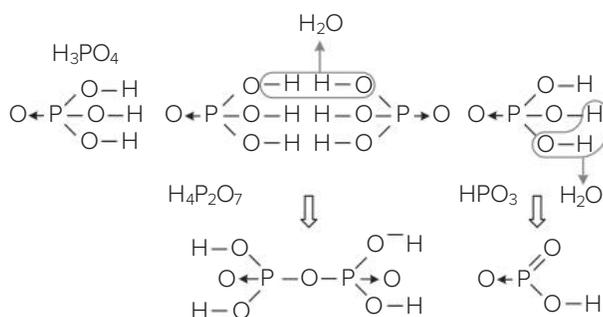
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ($x = 2 \cdot 7 - 4 \Rightarrow x = 10$)

HPO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$)

Observação: Como temos 2 P em $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, cada P apresenta $x = 5$.

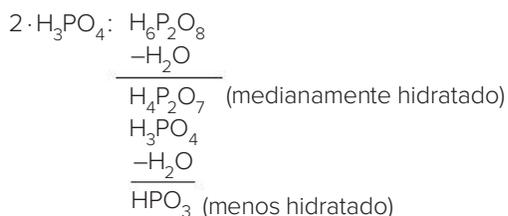
Nesse caso, o fósforo é elemento da família 5A da Tabela Periódica, e todos os nox relativos a ele são 5+.

Pela lógica, os três ácidos são fosfóricos. Todavia, como são ácidos diferentes, devem ter nomes diferentes. E a principal diferença entre esses ácidos é a quantidade de água contida em cada um, ou seja, esses compostos têm diferentes graus de hidratação. Veja:



O 1º ácido é o mais hidratado. O 2º ácido é medianamente hidratado, já que foi retirada uma molécula de água de dois ácidos mais hidratados. O 3º ácido é o menos hidratado, pois foi retirada a mesma quantidade de uma molécula de água de apenas um ácido mais hidratado. É possível perceber isso de outra forma:

H_3PO_4 : ácido mais hidratado.



Para diferenciar esses graus de hidratação, utiliza-se a seguinte regra:



Portanto:

H_3PO_4 – ácido (orto) fosfórico (o prefixo *orto-* pode ser omitido)

$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – ácido pirofosfórico

HPO_3 – ácido metafosfórico

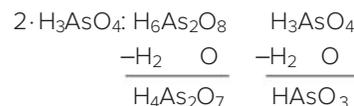
Isso também ocorre para o elemento arsênio (As):

H_3AsO_4 : ($x = 2 \cdot 4 - 3 \Rightarrow x = 5$)

$\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$: ($x = 2 \cdot 7 - 4 \Rightarrow x = 10$)

HAsO_3 : ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$)

Observação: Para cada arsênio, o nox é de 5+.



Logo: H_3AsO_4 – ácido (orto) arsênico

$\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$ – ácido piroarsênico

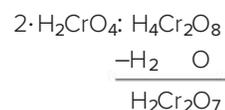
HAsO_3 – ácido metarsênico

Isso também é aplicável ao elemento cromo (Cr):

H_2CrO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 2 \Rightarrow x = 6$)

$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($x = 2 \cdot 7 - 2 \Rightarrow x = 12$)

Observação: Cada cromo tem nox 6+.



Logo: H_2CrO_4 : ácido (orto) crômico

$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: ácido pirocrômico (chamado comumente de dicrômico)

Nesse caso, não existe o ácido metacrômico, já que, no lugar dele, há a formação de um óxido (leia mais sobre óxidos no próximo capítulo desta mesma frente).

Ainda, como casos especiais, podemos citar quatro outros ácidos:

HMnO_4 – ácido permangânico

H_2MnO_4 – ácido mangânico

* CH_3COOH – ácido acético

* $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ – ácido oxálico

*Estes últimos serão estudados com mais detalhes em Química Orgânica.

Características dos principais ácidos:

Observe a tabela ilustrativa com os principais ácidos da Química.

Fórmula	Nome	Principais utilizações
HF	Ácido fluorídrico	É o único ácido que reage com vidro e por isso deve ser guardado em frascos de plástico. Devido à sua reatividade, serve para fazer gravações em vidro. Reage com sílica (SiO ₂), produzindo SiF ₄ (g).
HCl	Ácido clorídrico (ácido muriático)	É um dos ácidos mais importantes da química e tem inúmeros usos. É o ácido que auxilia na digestão estomacal, na limpeza de objetos metálicos, na limpeza de calçadas e pisos mais resistentes.
HCN	Ácido cianídrico (gás da morte)	Descoberto por Carl Wilhelm Scheele, vitimou quase que imediatamente seu descobridor. É um ácido que pode matar um ser humano em até 8 s de exposição. Por sua toxicidade, foi usado nos campos de extermínio durante o Holocausto. Mata por asfixia e possui cheiro de amêndoas. Matéria-prima de venenos à base de cianureto.
H ₂ S	Ácido sulfídrico	Substância tóxica de odor nauseante e irritante, é o cheiro exalado por alimentos que apodrecem, como ovos, repolhos, cebola e alho.
H ₃ BO ₃	Ácido bórico	Durante muitos anos, foi utilizado como rejuvenescedor de pele. Estudos recentes, entretanto, mostram ser uma substância tóxica e pode ser letal se utilizada em médio e longo prazo. Hoje, sabe-se que os benefícios à pele são mínimos.
H ₂ CO ₃	Ácido carbônico	Ácido extremamente instável, só pode ser encontrado associado à água. É utilizado em refrigerantes (para gaseificá-los) e é o principal componente da chuva ácida natural, pela dissolução do gás carbônico (CO ₂) em água (H ₂ O).
HNO ₃	Ácido nítrico	Poderoso agente oxidante, é capaz de oxidar metais como cobre e prata. Associado ao HCl, em proporções adequadas, é chamado de água-régia e oxida até o ouro. Matéria-prima na confecção de explosivos de alto desempenho, como TNT e nitroglicerina. Componente das chuvas ácidas. Composto extremamente tóxico e agressivo. Líquido bastante volátil.
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico	É o composto industrial mais produzido do mundo. Grande parte da produção de ácido sulfúrico é empregada na indústria de fertilizantes. Também é muito utilizado na produção de detergentes e seus derivados, corantes, tintas etc. É um líquido extremamente fixo que, quando puro, tem elevada ação desidratante. À medida que vai ficando mais diluído em água, a característica ácida vai se acentuando e a característica desidratante vai diminuindo.
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico	É um ácido sólido (T.F. = 42 °C) e importante como adubo na forma de fosfatos. Além disso, é um ótimo estabilizante de alimentos e bebidas como refrigerantes.
CH ₃ COOH	Ácido etanoico (ácido acético)	Composto volátil e orgânico, misturado à água, tem um sabor acentuadamente azedo e é chamado comercialmente de vinagre, oriundo do azedamento do vinho.
C ₂ H ₂ O ₄	Ácido oxálico	Ácido sólido, componente ativo em antimicóticos e remédios usados no tratamento para acne.

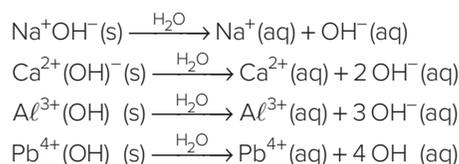
Tab. 4 Descrição dos principais ácidos.

Bases ou hidróxidos

Definição segundo Arrhenius

São compostos iônicos que, em solução aquosa, dissociam-se, liberando o ânion hidroxila ou oxidrila (OH⁻).

Através da dissociação iônica das bases, é possível visualizar melhor esta definição. Veja alguns exemplos:



Como as soluções básicas têm íons livres, são soluções eletrolíticas.

Classificação

Quanto ao número de hidroxilas (OH⁻)

No caso das bases, todas as hidroxilas são dissociáveis, o que elimina o incômodo problema das exceções, como ocorria no caso dos ácidos. Veja:

- Monobases: bases com 1 OH⁻.
NaOH, KOH, LiOH.
- Dibases: bases com 2 OH⁻.
Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Ba(OH)₂.
- Tribases: bases com 3 OH⁻.
Al(OH)₃, Bi(OH)₃, Fe(OH)₃.
- Tetrabases: bases com 4 OH⁻.
Pb(OH)₄, Sn(OH)₄.

Quanto à solubilidade em água

As bases podem ser:

- Solúveis: bases da família 1A e NH_4OH .
- Parcialmente solúveis: bases da família 2A (exceto o $\text{Mg}(\text{OH})_2$, que é praticamente insolúvel em água).
- Praticamente insolúveis: todas as demais.

Quanto à força

Assim como no caso dos ácidos, a força das bases também não está associada à sua periculosidade, e sim à sua capacidade de dissociação, que pode ser medida por:

$$\alpha = \frac{\text{número de espécies dissociadas}}{\text{número total de espécies}}$$

As bases podem ser:

- Fortes: ($\alpha \approx 100\%$) bases das famílias 1A e 2A (exceto o $\text{Mg}(\text{OH})_2$, que é uma base fraca).
- Fracas: ($\alpha \approx 0\%$) todas as demais bases (inclusive o NH_4OH).

! Atenção

Muitos autores e vestibulares se equivocam nesta classificação. Na realidade, força e solubilidade em água são fenômenos distintos e independentes. Quando temos $\text{C}(\text{OH})_y(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{C}(\text{OH})_y(\text{aq})$, a base é solúvel em água.

Quando temos $\text{C}(\text{OH})_y(\text{aq}) \rightarrow \text{C}^{y+}(\text{aq}) + y\text{OH}^-(\text{aq})$, a base é forte porque o que solubilizou, dissociou. Nesse caso, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ é uma base forte, mas pouco solúvel. Todavia, a maioria dos vestibulares considera a força das bases considerando o fenômeno $\text{C}(\text{OH})_y(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{C}^{y+}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$. Com isso, toda base insolúvel torna-se também fraca. Porém, fraca é a base em que o que dissolve se dissocia mal. Todavia, como a maioria dos exames comete esse equívoco, consideremos o $\text{Mg}(\text{OH})_2$ como base fraca.

Note que o NH_4OH é a única base solúvel em água, e é fraca.

Além disso, é a única base molecular, portanto ioniza-se e não se dissocia através da equação:



Nomenclatura

A regra é simples:

Hidróxido de + nome do elemento

Veja alguns exemplos:

- LiOH – hidróxido de lítio.
- NaOH – hidróxido de sódio.
- KOH – hidróxido de potássio.
- CsOH – hidróxido de célio.
- $\text{Be}(\text{OH})_2$ – hidróxido de berílio.
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – hidróxido de magnésio.
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – hidróxido de cálcio.
- $\text{Sr}(\text{OH})_2$ – hidróxido de estrôncio.
- $\text{Ba}(\text{OH})_2$ – Hidróxido de bário.
- $\text{Al}(\text{OH})_3$ – Hidróxido de alumínio.
- $\text{Zn}(\text{OH})_2$ – hidróxido de zinco.

$\text{Ag}(\text{OH})$ – hidróxido de prata.

NH_4OH – hidróxido de amônio (não confunda com amônia, cuja fórmula é NH_3).

Porém, existem metais que podem possuir dois nox diferentes. Nesse caso, procede-se da mesma forma que nos casos anteriores, acrescentando o nox em algarismos romanos. Ainda, como nomenclatura alternativa, podemos ter o nox maior com a terminação *-ico* e o nox menor com a terminação *-oso*. Veja os casos mais importantes:

Cu^+OH	– hidróxido de cobre I (ou cuproso)
$\text{Cu}^{2+}(\text{OH})_2$	– hidróxido de cobre II (ou cúprico)
Au^+OH	– hidróxido de ouro I (ou auroso)
$\text{Au}^{3+}(\text{OH})_3$	– hidróxido de ouro III (ou áurico)
$\text{Fe}^{2+}(\text{OH})_2$	– hidróxido de ferro II (ou ferroso)
$\text{Fe}^{3+}(\text{OH})_3$	– hidróxido de ferro III (ou férrico)
$\text{Sn}^{2+}(\text{OH})_2$	– hidróxido de estanho II (ou estanoso)
$\text{Sn}^{4+}(\text{OH})_4$	– hidróxido de estanho IV (ou estânico)
$\text{Pb}^{2+}(\text{OH})_2$	– hidróxido de chumbo II (ou plumboso)
$\text{Pb}^{4+}(\text{OH})_4$	– hidróxido de chumbo IV (ou plúmbico)

Características das principais bases

Veja, na tabela a seguir, as principais características das principais bases.

Fórmula	Nome	Utilizações
NaOH	Hidróxido de sódio (soda cáustica)	É uma das bases mais utilizadas da química, como desentupidores de pias e vasos sanitários, como limpador de calçadas e como matéria-prima para a fabricação de água sanitária, desinfetante e sabões.
KOH	Hidróxido de potássio (potassa cáustica)	É o principal produto obtido da queima da madeira (por isso o nome alcalino, já que álcali tem esse significado).
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	Hidróxido de magnésio (leite de magnésia)	É uma base fraca e praticamente insolúvel em água. É utilizada principalmente como antiácido estomacal, evitando a azia, que é a sensação de queimação do esôfago.
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Hidróxido de cálcio (cal apagada) (cal extinta) (cal hidratada)	É principalmente utilizada como argamassa para a construção civil e para correção da acidez do solo. Utilizado também na caiação de paredes e troncos de árvores.
$\text{Al}(\text{OH})_3$	Hidróxido de alumínio	Nas estações de tratamento de água, o $\text{Al}(\text{OH})_3$ é usado como floculador, pois, como é uma base praticamente insolúvel em água, adquire uma consistência gelatinosa e, na sua sedimentação, carrega mecanicamente a sujeira para o fundo através de pequenos flocos mais densos que a água. Também serve de antiácido estomacal.
NH_4OH	Hidróxido de amônio	Esta base só coexiste em presença de água, já que isoladamente esta substância existe na forma de NH_3 (amônia). Utilizada principalmente como fertilizante e desinfetantes.

Tab. 5 Descrição das principais bases.

	Monovalentes: 1+	Bivalentes: 2+	Trivalentes: 3+	Tetravalentes: 4+
Possuem uma única valência	H ₃ O ¹⁺ hidrônio NH ₄ ¹⁺ amônio Li ¹⁺ lítio Na ¹⁺ sódio K ¹⁺ potássio Rb ¹⁺ rubídio Cs ¹⁺ céσιο Ag ¹⁺ prata	Be ²⁺ berílio Mg ²⁺ magnésio Ca ²⁺ cálcio Sr ²⁺ estrôncio Ba ²⁺ bário Ra ²⁺ rádio Zn ²⁺ zinco Cd ²⁺ cádmio	Al ³⁺ alumínio Bi ³⁺ bismuto	
Possuem mais de uma valência	Cu ¹⁺ cuproso Hg ₂ ²⁺ mercuroso Au ¹⁺ auroso	Cu ²⁺ cúprico Hg ²⁺ mercúrico Cr ²⁺ cromoso Fe ²⁺ ferroso Co ²⁺ cobaltoso Ni ²⁺ níqueloso Sn ²⁺ estanoso Pb ²⁺ plumboso Mn ²⁺ manganoso Pt ²⁺ platinoso Ti ²⁺ titanoso	Au ³⁺ áurico Cr ³⁺ crômico Fe ³⁺ férrico Co ³⁺ cobáltico Ni ³⁺ níquelico Mn ³⁺ manganês III	Sn ⁴⁺ estânico Pb ⁴⁺ plúmbico Mn ⁴⁺ mangânico Pt ⁴⁺ platínico Ti ⁴⁺ titânico
Observação: Em certos casos, o elementos arsênio (As) e antimônio (Sb) podem formar cátions pentavalentes: 5+.			Trivalentes: 3+	Pentavalentes: 5+
			As ³⁺ arsenioso Sb ³⁺ antimonioso	As ⁵⁺ arsênico Sb ⁵⁺ antimônico

Tab. 6 Tabela de cátions.

Ânions Monovalentes: 1-		
Dos halogênios	Do enxofre	Continuação do carbono
F ¹⁻ fluoreto Cl ¹⁻ cloreto ClO ¹⁻ hipoclorito ClO ₂ ¹⁻ clorito ClO ₃ ¹⁻ clorato ClO ₄ ¹⁻ perclorato Br ¹⁻ brometo BrO ¹⁻ hipobromito BrO ₂ ¹⁻ bromito BrO ₃ ¹⁻ bromato BrO ₄ ¹⁻ perbromato I ¹⁻ iodeto IO ¹⁻ hipiodido IO ₂ ¹⁻ iodito IO ₃ ¹⁻ iodato IO ₄ ¹⁻ periodato	HS ¹⁻ bissulfeto HSO ₃ ¹⁻ bissulfito HSO ₄ ¹⁻ bissulfato Do nitrogênio N ₃ ¹⁻ azoteto NO ₂ ¹⁻ nitrito NO ₃ ¹⁻ nitrato NH ₂ ¹⁻ amídeto Do fósforo PO ₃ ¹⁻ metafosfato H ₂ PO ₂ ¹⁻ hipofosfito H ₂ PO ₄ ¹⁻ di-hidrogenofosfato Do carbono CN ¹⁻ cianeto NC ¹⁻ isocianeto OCN ¹⁻ cianato NCO ¹⁻ isocianato ONC ¹⁻ fulminato	SNC ¹⁻ tiocianato HCO ₃ ¹⁻ bicarbonato CHO ₂ ¹⁻ formiato C ₂ H ₃ O ₂ ¹⁻ acetato Dos metais de transição CrO ₂ ¹⁻ cromito MnO ₄ ¹⁻ permanganato FeO ₂ ¹⁻ ferrito AuCl ₄ ¹⁻ cloroaurato Outros AlO ₂ ¹⁻ aluminato AsO ₂ ¹⁻ metarsenito SbO ₂ ¹⁻ metantimonito BiO ₃ ¹⁻ bismutato H ¹⁻ hidreto OH ¹⁻ hidróxido BO ₂ ¹⁻ metaborato BF ₄ ¹⁻ fluorborato

Tab. 7 Tabela de ânions monovalentes.

Ânions Bivalentes: 2-		
<p>Do oxigênio</p> <p>O^{2-} óxido</p> <p>O_2^{2-} peróxido</p> <p>O_4^{2-} superóxido</p>	<p>Do nitrogênio</p> <p>$N_2O_2^{2-}$ hiponitrito</p>	<p>Outros</p> <p>BeO_2^{2-} berilato</p> <p>$B_4O_7^{2-}$ tetraborato</p> <p>SiO_3^{2-} metassilicato</p> <p>SiF_6^{2-} fluorsilicato</p> <p>SnO_2^{2-} estanita</p> <p>SnO_3^{2-} estanato</p> <p>PbO_2^{2-} plumbito</p> <p>PbO_3^{2-} plumbato</p> <p>Se^{2-} seleneto</p> <p>SeO_3^{2-} selenito</p> <p>SeO_4^{2-} selenato</p> <p>Te^{2-} telureto</p> <p>TeO_3^{2-} telurito</p> <p>TeO_4^{2-} telurato</p>
<p>Do enxofre</p> <p>S^{2-} sulfeto</p> <p>SO_3^{2-} sulfito</p> <p>SO_4^{2-} sulfato</p> <p>$S_2O_3^{2-}$ tiosulfato</p> <p>$S_2O_4^{2-}$ hipossulfato</p> <p>$S_2O_5^{2-}$ pirossulfato</p> <p>$S_2O_6^{2-}$ peroxidissulfato</p> <p>$S_2O_7^{2-}$ tetrationato</p> <p>$S_nO_6^{2-}$ politionato (n = 2, 3, 4, 5, 6)</p>	<p>Do fósforo</p> <p>HPO_3^{2-} fosfito</p> <p>HPO_4^{2-} mono-hidrogeno-fosfato</p>	
	<p>Do carbono</p> <p>C_2^{2-} carbeto</p> <p>CO_3^{2-} carbonato</p> <p>$C_2O_4^{2-}$ oxalato</p>	
	<p>Dos metais de transição</p> <p>CrO_4^{2-} (orto) cromato</p> <p>$Cr_2O_7^{2-}$ dicromato</p> <p>MoO_4^{2-} molibdato</p> <p>WO_4^{2-} tungstato</p> <p>MnO_3^{2-} manganito</p> <p>MnO_4^{2-} manganato</p> <p>FeO_4^{2-} ferrato</p> <p>$PtCl_6^{2-}$ hexacloroplatinato</p> <p>ZnO_2^{2-} zincato</p>	

Tab. 8 Tabela de ânions bivalentes.

Ânions Trivalentes: 3-		
<p>Do nitrogênio</p> <p>N^{3-} nitreto</p>	<p>Dos metais de transição</p> <p>$[Fe(CN)_6]^{3-}$ ferricianeto</p>	<p>Outros</p> <p>BO_3^{3-} (orto) borato</p> <p>AsO_3^{3-} arsenito</p> <p>AsO_4^{3-} (orto) arsenato</p> <p>SbO_3^{3-} antimonito</p> <p>SbO_4^{3-} (orto) antimonato</p>
<p>Do fósforo</p> <p>P^{3-} fosfeto</p> <p>PO_4^{3-} (orto) fosfato</p>		

Tab. 9 Tabela de ânions trivalentes.

Ânions Tetravalentes: 4-		
<p>Do fósforo</p> <p>$P_2O_6^{4-}$ hipofosfato</p> <p>$P_2O_7^{4-}$ pirofosfato</p>	<p>Do carbono</p> <p>C^{4-} carbeto (metaneto)</p>	<p>Outros</p> <p>SiO_4^{4-} (orto) silicato</p> <p>AsO_7^{4-} piroarsenato</p> <p>$Sb_2O_7^{4-}$ piroantimonato</p>
	<p>Dos metais de transição</p> <p>$[Fe(CN)_6]^{4-}$ ferrocianeto</p>	

Tab. 10 Tabela de ânions tetravalentes.

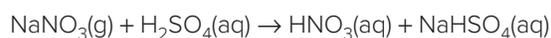
Revisando

1 Uerj (Adapt.) Na atmosfera artificial do interior das cápsulas espaciais, o oxigênio consumido pelos astronautas é renovado a partir de reservas de O_2 . Para manter a concentração do gás produzido pelo metabolismo energético dos tripulantes em níveis não tóxicos, o ar artificial dessas cápsulas precisa, ainda, ser continuamente purificado. Mencione uma das substâncias que pode ser utilizada na purificação do ar com esse objetivo.

2 PUC-Minas (Adapt.) Completar as reações e indicar qual delas não é de neutralização.

- a) $KOH(aq) + HCl(aq)$
- b) $Ca(OH)_2(aq) + 2 HF(aq)$
- c) $CH_4(g) + 2 O_2(g)$

3 Uerj (Adapt.) O ácido nítrico é um composto muito empregado em indústrias químicas, principalmente para a produção de corantes, fertilizantes, explosivos e nylon. Um processo industrial de obtenção do ácido nítrico consiste na seguinte reação:



Apresente a fórmula estrutural plana do ácido nítrico.

9 PUC-Campinas A tabela seguinte apresenta algumas propriedades de um composto binário.

Ponto de ebulição	-85 °C
Condução da corrente elétrica em solução aquosa	conduz
Condução da corrente elétrica no estado líquido	não conduz

É possível, com essas informações, afirmar que, no composto, os átomos unem-se por:

- A ligação covalente polar.
- B ligação covalente apolar.
- C ligação metálica.
- D ligação iônica.
- E forças de Van der Waals.

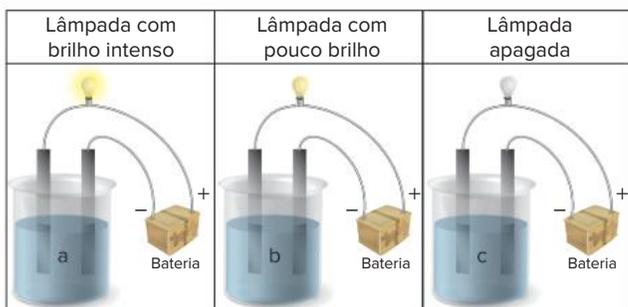
► Dica da questão 9: O único tipo de composto que só conduz em solução aquosa é um ácido, como HCl , por exemplo.

10 Vunesp Verifica-se experimentalmente que tanto a água quanto o ácido nítrico puro são maus condutores de eletricidade. Observa-se também que uma solução de ácido nítrico em água é boa condutora de eletricidade. Explique essas observações experimentais.

11 UFMG Todas as alternativas apresentam exemplos de partículas carregadas, responsáveis pela condução de eletricidade, exceto:

- A elétrons ao longo dos planos de átomos de carbono na grafita.
- B elétrons de valência num metal.
- C íons alumínio e fluoreto no fluoreto de alumínio fundido.
- D íons sódio e cloreto num cristal de cloreto de sódio.
- E íons sulfato e cobre numa solução de sulfato de cobre.

12 UFF Observe as situações representadas a seguir nas quais os eletrodos estão mergulhados em soluções aquosas indicadas por a, b e c.



As soluções aquosas 0,10 M de a, b e c são, respectivamente:

- A CO_2 ; CH_3COOH ; HCl
- B HNO_3 ; $NaCl$; Glicose
- C KOH ; H_2SO_4 ; HCl
- D HCl ; Glicose; Na_2CO_3
- E HCl ; CH_3COOH ; CH_3CH_2OH

13 O que é função química?

14 Quais são as principais funções químicas?

15 O que é a função ácido?

16 Em que íons se ioniza o ácido clorídrico?

17 Fuvest Responda:

- a) Qual o produto de uso doméstico que contém ácido acético?
- b) Indique quatro espécies químicas (íons, moléculas) que existem em uma solução aquosa de ácido acético.

18 UEL Considere as afirmações a seguir acerca do cloreto de hidrogênio.

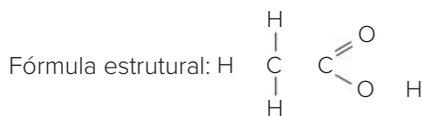
- I. É uma substância de molécula polar.
- II. Sofre ionização na água.
- III. Tem massa molar igual a 35,5 g/mol.
- IV. É insolúvel na água.

São corretas somente:

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

19 Uerj O vinagre é uma solução aquosa diluída que contém o ácido acético ionizado. As fórmulas molecular e estrutural deste ácido estão a seguir representadas.

Fórmula molecular: $H_4C_2O_2$



O segundo membro da equação química que representa corretamente a ionização do ácido acético aparece na seguinte alternativa:

- A $H^+ + H_3C_2O_2^-$
- B $2 H^+ + H_2C_2O_2^{2-}$
- C $3 H^+ + HC_2O_3^{3-}$
- D $4 H^+ + C_2O_4^{4-}$

20 Uerj 2018 No século XIX, o cientista Svante Arrhenius definiu ácidos como sendo as espécies químicas que, ao se ionizarem em solução aquosa, liberam como cátion apenas o íon H^+ . Considere as seguintes substâncias, que apresentam hidrogênio em sua composição: C_2H_6 , H_2SO_4 , $NaOH$, NH_4Cl . Dentre elas, aquela classificada como ácido, segundo a definição de Arrhenius, é:

- A C_2H_6
- B H_2SO_4
- C $NaOH$
- D NH_4Cl

21 Escreva as ionizações totais dos seguintes ácidos:

- a) HCl
- b) H_2SO_3
- c) H_3PO_4
- d) $H_4P_2O_7$
- e) H_3PO_3
- f) H_3PO_2

22 Escreva todas as ionizações parciais dos seguintes ácidos:

- a) HCN
- b) H_2S
- c) H_3BO_3
- d) $H_4As_2O_7$
- e) H_3PO_3

23 Mackenzie Na ionização total de um mol de um ácido, obtêm-se íons, HPO_3^{2-} e hidroxônio. Para a fórmula molecular do ácido e para o número total de mols de íons hidroxônio temos, respectivamente:

- A H_2PO_3 e 2 C HPO_3 e 2 E H_3PO_3 e 3
B H_3PO_3 e 1 D H_3PO_3 e 2

24 IFSul 2019 A chuva ácida provoca desastres ambientais como o observado na figura a seguir. Os principais ácidos presentes na chuva ácida são o sulfúrico e o nítrico, formados pela associação da água com anidrido sulfuroso (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x), produtos da queima de combustíveis fósseis, que podem ser carregados pelo vento, ocasionando chuvas ácidas distantes da fonte primária de poluição, o que acaba se tornando um problema sem fronteiras territoriais.



Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/poluicao/gas-carbonico-e-as-chuvas-acidas>>. Acesso em: 30/ ago. 2018.

As fórmulas correspondentes aos ácidos citados pelo texto, na respectiva ordem são:

- A H_2SO_3 e HNO_3 C H_2SO_4 e HNO_3
B H_2SO_4 e HNO_2 D H_2SO_3 e HNO_2

25 Unesp A água destilada ($\text{pH} = 7,0$) em contato com o ar dissolve o dióxido de carbono (CO_2) levando à formação de um composto que a deixa levemente ácida ($\text{pH} \approx 6,0$). Nas grandes cidades, a queima de combustíveis fósseis produz gases, como os óxidos de nitrogênio e de enxofre, que reagem com a água produzindo compostos ainda mais ácidos. À precipitação dessas soluções aquosas denomina-se chuva ácida. Os gases como o dióxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e o trióxido de enxofre, presentes no ar das grandes cidades, reagem com a água podendo formar, respectivamente, os ácidos:

- A carboxílico, nítrico e sulfídrico.
B acético, muriático e nítrico.
C carbônico, nítrico e sulfúrico.
D carbônico, sulfúrico e nítrico.
E clorídrico, nítrico e sulfúrico.

26 CPS 2015 Na BR-381, na região central de Minas Gerais, houve um acidente com uma carreta que transportava H_2SO_4 . Devido ao acidente, ocorreu o vazamento do material transportado atingindo o Rio Piracicaba.

<<http://tinyurl.com/lo3qqqc>>. Acesso em: 20.03.2015. Adaptado.

A água desse rio, na região do acidente, apresentou-se

- A neutra, pela ionização do ácido na água.
B ácida, pela ionização do ácido na água.
C ácida, pela neutralização da água.
D básica, pela neutralização da água.
E básica, pela dissociação da base na água.

27 UEPG 2019 Com base no número de hidrogênios ionizáveis em cada ácido apresentado, assinale o que for correto.

- 01 H_2SO_4 é um diácido.
02 HClO_4 é um monoácido.
04 H_2CO_3 é um monoácido.
08 H_3PO_3 é um triácido.
16 H_3PO_2 é um monoácido.

Soma:

28 FGV Considere as seguintes afirmações.

- I. o HCl é um ácido mais forte que o HBr .
II. a ligação $\text{H}-\text{Cl}$ é mais forte que a ligação $\text{H}-\text{Br}$.
III. a dissolução do HBr na água é um processo exotérmico.
IV. durante a dissolução do HBr em água, verifica-se que há um aumento da temperatura da água.

São corretas as afirmações:

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

29 ITA Qual dos ácidos a seguir é o menos volátil?

- A HCl D H_2SO_4
B HI E $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
C H_2SO_3

30 Cefet-MG 2015 Em uma aula prática, foram preparadas cinco soluções aquosas, de mesma concentração, de alguns ácidos inorgânicos: sulfídrico, nítrico, carbônico, bórico e fosfórico. Com o objetivo de testar a força desses ácidos, verificou-se a condutibilidade elétrica, através de um circuito acoplado a uma lâmpada. A solução ácida que acendeu a lâmpada com maior intensidade foi a de

- A H_2S C H_2CO_3 E H_3PO_3
B HNO_3 D H_3BO_3

31 IFCE 2014 Certo informe publicitário alerta para o fato de que, se o indivíduo tem azia ou pirose com grande frequência, deve procurar um médico, pois pode estar ocorrendo refluxo gastroesofágico, isto é, o retorno do conteúdo ácido do estômago. A fórmula e o nome do ácido que, nesse caso, provoca queimação no estômago, rouquidão e dor torácica são

- A HCl e ácido clórico.
B HClO_2 e ácido cloroso.
C HCl e ácido clorídrico.
D HClO_3 e ácido clorídrico.
E HClO_3 e ácido clórico.

32 UEPG 2019 Dentre as afirmativas apresentadas abaixo, identifique aquelas que trazem as nomenclaturas corretas para os ácidos oxigenados apresentados.

- 01 H_2SO_4 é o ácido sulfúrico.
02 HClO_3 é o ácido hipocloroso.
04 HClO é o ácido cloroso.
08 H_3PO_4 é o ácido fosfórico.
16 HNO_2 é o ácido nítrico.

Soma:

33 UEM 2016 Assinale o que for correto.

- 01 Segundo Arrhenius, uma substância molecular dissolvida em água não pode conduzir corrente elétrica.
- 02 Substâncias ácidas geralmente possuem sabor adstringente (amarram a boca) enquanto que as bases possuem sabor azedo.
- 04 O ácido fosforoso tem a fórmula H_3PO_3 .
- 08 O ácido ortocrômico tem a fórmula $H_2Cr_2O_7$.
- 16 O ácido fluorídrico tem a propriedade de corroer o vidro.

Soma:

34 PUC-PR O ácido sulfúrico é uma das substâncias mais utilizadas nas indústrias. Seu maior consumo se dá na indústria de fertilizantes, além da indústria petroquímica, de papel, de corantes e nas baterias de automóvel. Esse ácido pode ser descrito como:

- um líquido incolor, viscoso e corrosivo.
- um ácido forte, oxiácido, mineral, fixo, além de ser forte agente oxidante.
- ao reagir com o metal zinco, forma o sulfato de zinco e desprende o gás hidrogênio.
- o ácido concentrado é um ótimo condutor de corrente elétrica, pois ele tem concentração de 96%.
- o hidrogeno sulfeto é a base conjugada desse ácido, segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

- A Apenas as assertivas I, II e III estão corretas.
B Apenas as assertivas I e II estão corretas.
C Apenas a assertiva I está correta.
D Todas as assertivas estão corretas.
E Apenas a assertiva II está correta.

35 Em quais íons se dissocia o hidróxido de sódio?

36 Dê o nome das bases a seguir.

- a) NaOH b) $Al(OH)_3$ c) $Fe(OH)_3$

37 Determine os íons que podemos obter na dissociação das bases a seguir.

- a) $Ni(OH)_3$ b) CsOH

38 As bases são também conhecidas como _____. Como procedemos para dar nomes às bases? Dê também o nome das bases a seguir.

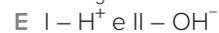
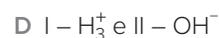
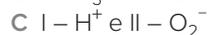
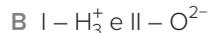
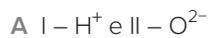
- a) $Cr(OH)_3$ c) $Pt(OH)_4$
b) $Sn(OH)_2$ d) $Hg(OH)_2$

39 Assinale o item que contém apenas bases.

- A H_2S , NaCl, KOH D HCl, NH_4OH , BaS
B $HBiO$, H_2O , $CaBr_2$ E NaOH, LiOH, $Ca(OH)_2$
C HNO_2 , $Ba(OH)_2$, KCl

40 Assinale a alternativa que completa corretamente o texto a seguir:

“Define-se ácidos e bases como substâncias que ao se dissolverem em água fornecem, respectivamente, cátions I e ânions II.”



41 Uma base tem fórmula $M(OH)_3$. O elemento M pode ser:

- A enxofre. C sódio. E chumbo.
B alumínio. D cálcio.

42 Uma base tem fórmula MOH. O elemento M pode ser:

- A enxofre. C sódio. E chumbo.
B alumínio. D cálcio.

43 UFJF 2018 As reações ácido-base são reações importantes pelas suas inúmeras aplicações. Por exemplo, pessoas que sofrem com acidez estomacal são beneficiadas diariamente por este tipo de reação química. Evidentemente, excessos podem ser prejudiciais. Várias preparações farmacêuticas de antiácidos incluem as bases hidróxido de magnésio e hidróxido de alumínio para diminuir o excesso de ácido clorídrico do estômago. Baseado neste texto, responda:

- Dê a fórmula química de todos os compostos inorgânicos citados no texto.
- Soluções aquosas destes compostos conduzem eletricidade? Justifique.

44 UFRGS 2019 Na coluna da direita abaixo, estão listados compostos inorgânicos; na da esquerda, sua classificação. Associe adequadamente a coluna da esquerda à da direita.

- | | |
|--|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oxiácido forte | 1. Óxido de zinco |
| <input type="checkbox"/> Hidrácido fraco | 2. Hidróxido de alumínio |
| <input type="checkbox"/> Base forte | 3. Ácido cianídrico |
| <input type="checkbox"/> Base fraca | 4. Hidróxido de potássio |
| | 5. Ácido sulfúrico |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A 1 – 2 – 3 – 4. D 5 – 2 – 4 – 1.
B 1 – 3 – 5 – 2. E 5 – 3 – 4 – 2.
C 3 – 4 – 2 – 5.

45 Mackenzie Na decomposição térmica do calcário ($CaCO_3$), obtêm-se um gás e um sólido branco chamado de cal viva ou virgem, que, por sua vez, ao reagir com água, forma a cal extinta, cuja fórmula é:

- A CaC_2 C CaO E H_2CO_3
B $Ca(OH)_2$ D CO_2

46 Mackenzie O suco gástrico necessário à digestão contém ácido clorídrico que, em excesso, pode provocar “dor de estômago”. Neutraliza-se esse ácido, sem risco, ingerindo-se:

- A solução aquosa de base forte (NaOH).
B solução aquosa de cloreto de sódio.
C suspensão de base fraca ($Al(OH)_3$).
D somente água.
E solução concentrada de ácido sulfúrico.

A chuva ácida

Introdução

A chuva ácida é um problema ambiental que pode surgir devido ao aumento da liberação de gases de resíduos industriais para a atmosfera. Neste texto, analisaremos os diferentes tipos de chuva ácida e suas implicações biológicas.

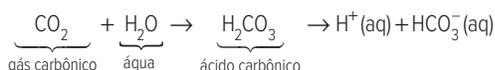
Tipos de chuva ácida

Existem basicamente três tipos de chuva ácida, constituindo cada tipo um problema diferente que necessita de uma solução distinta.

Os tipos diferentes são:

a) H_2CO_3

Esse tipo de chuva ácida é natural, portanto não apresenta solução. É a mais inofensiva de todas, pois forma o ácido mais fraco. Todavia, é contínua e capaz de castigar os solos aos poucos. Daí a razão de se corrigir a acidez excessiva dos solos ano a ano com calcário. Essa chuva se forma pela simples dissolução do CO_2 em água, que pode ser representada pela seguinte equação:



Para tentar minimizar esse tipo de chuva ácida, seria necessário eliminar o CO_2 do ar atmosférico. Mesmo que possível, isso prejudicaria o processo de fotossíntese das plantas, que necessitam de CO_2 . Portanto, não é viável que o ar atmosférico seja livre de CO_2 e, conseqüentemente, que esse tipo de chuva ácida seja eliminado.

Felizmente, este é o tipo mais ameno de chuva ácida. O planeta sempre conviveu em harmonia com ela. É por essa razão que toda chuva é inevitavelmente ácida, porém levemente, com o pH apresentando valores superiores a 5,6, muito próximo do neutro, que é sete.

b) HNO_3

A chuva com ácido nítrico provém de duas fontes através do mesmo processo. Uma das fontes é natural, já que é provocada por relâmpagos. Esses raios desencadeiam uma seqüência de reações que culminam na formação do HNO_3 .

Observe a seqüência a seguir.



Todavia, a quantidade de ácido nítrico produzido por esse processo natural não seria capaz de causar desequilíbrios ambientais. Contudo, com o aumento da frota de carros (outra fonte de produção do ácido), a chuva ácida provocada pelo HNO_3 tem preocupado, já que a frota mundial de carros só tende a aumentar. A diferença entre as duas fontes é que, no motor do carro, os relâmpagos são substituídos pelas faíscas elétricas produzidas no motor, para que se realize a combustão dos combustíveis (chamada tecnicamente de centelha). Com isso, os gases que produzem HNO_3 passam a ser lançados para a atmosfera por todos os canos de escapamento de veículos. Foi devido a isso que surgiu a ideia do catalisador nos veículos. Feitos de um material poroso embebido de platina e óxido de níquel, instalados no final dos canos de escapamento dos carros, além de completar a combustão da gasolina,

têm como finalidade reverter o processo de formação de chuva ácida logo em sua primeira etapa, como equacionado a seguir:

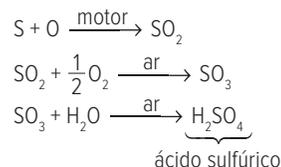


Essa não é uma solução totalmente eficaz, mas ajuda a minimizar o problema de chuva ácida provocada pelo ácido nítrico (HNO_3).

c) H_2SO_4

Este é o pior e mais agressivo tipo de chuva ácida. Também possui duas fontes, só que ambas artificiais.

A primeira fonte são, novamente, os veículos automotores. Os derivados de petróleo como gasolina, querosene e principalmente o *diesel* têm como impureza o elemento químico enxofre, e em grande quantidade. Já no motor do carro, ele é queimado e produz o dióxido de enxofre (SO_2), que é lançado na atmosfera pelos canos de escapamento (o catalisador não atua nesse caso). O dióxido se transforma em trióxido (SO_3), que, em contato com o vapor d'água do ar atmosférico, forma o forte H_2SO_4 . A seqüência de reações é mostrada pelas equações abaixo.



A outra fonte, chaminés de indústrias químicas, petroquímicas e siderúrgicas, forma o H_2SO_4 da mesma forma. Pelo fato de o ácido sulfúrico ser forte, sua chuva pode chegar a $\text{pH} = 2$. Devido à sua enorme produção em regiões populosas e industrializadas, alguns lagos próximos chegaram ao valor de $\text{pH} = 3$ (acidez equivalente à do suco de limão). Isso ocorreu principalmente na região Nordeste dos Estados Unidos. Evidentemente, o ecossistema desses lagos foi bastante prejudicado, mas existem tentativas de solucionar o problema adicionando calcário nesses ambientes. Entretanto, agir na conseqüência é bem pior do que eliminar a causa do problema. Em Cubatão, considerada na década de 1980 a cidade mais poluída do mundo, a refinaria Presidente Bernardes (petroquímica) e a Cosipa (siderúrgica) despejavam toneladas de SO_2 todos os dias pelas suas chaminés. A chuva ácida caía na encosta da Serra do Mar. Contudo, o ácido libera o alumínio do solo, que bloqueia a coifa das raízes, provocando a mortandade das árvores. Por sua vez, a falta de árvores torna as encostas mais suscetíveis aos desmoronamentos. A solução aplicada a Cubatão foi colocar filtros para o SO_2 nas chaminés e replantar toda a encosta da serra. Além disso, o alumínio livre em lagos age diretamente nas guelras dos peixes, matando-os. Nos Estados Unidos, a solução para as chaminés industriais foi a mesma aplicada em Cubatão, e o problema foi minimizado. Quanto aos carros, a solução possível seria minimizar o uso de combustíveis derivados do petróleo e aumentar o uso de outras fontes de energia menos poluentes.

Os efeitos da chuva ácida

As florestas contam com a capacidade de tamponamento de seu solo para se protegerem da chuva ácida. As águas ácidas tiram as toxinas do solo, como o alumínio. As árvores absorvem as substâncias venenosas, e os escoamentos seguem para lagos, rios e canais. A chuva ácida também dissolve os minerais e os nutrientes úteis, como cálcio, magnésio e potássio, antes de as árvores absorvê-los. A chuva ácida raramente mata uma floresta totalmente, porém, ela retarda seu crescimento através de anos de degradação do solo. A perda de nutrientes e a exposição às toxinas aumentam as chances de as árvores caírem durante tempestades ou morrerem no inverno.

Mesmo as árvores em solos bem tamponados podem enfraquecer com a forte neblina ácida. As florestas de alta elevação penetram nas nuvens ácidas, que tiram das folhas os nutrientes e acabam com a capacidade das árvores de resistirem ao frio.

(PEREIRA, F. S. G. *Química ambiental*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2010.)

Os picos descobertos das montanhas apalachianas revelam o efeito danoso da chuva ácida nas florestas de alta elevação.

© Michael Dräger / Dreamstime.com



A chuva ácida pode corroer rocha e metal. Ela acelerou o processo natural de desgaste nessa obra de arte.

Materiais e acabamentos

A chuva ácida tem a capacidade de afetar rochas e metais, os materiais mais duráveis. Construções antigas, monumentos e lápides carregam sinais leves de corrosão ácida e deterioração. A deposição ácida acelera o desgaste natural causado por chuva, sol, neve e vento.

A chuva ácida também pode estragar a pintura de automóveis. A indústria automotiva considera a deposição ácida um tipo de precipitação ambiental corrosiva, além da seiva de árvores, pólen e excrementos de pássaros. As marcações ácidas deixam formas corrosivas e irregulares em superfícies horizontais. Pintar novamente é a única forma de reparar o acabamento de um carro atingido pela chuva ácida.

Chuva ácida e o Taj Mahal

A chuva ácida pode atingir alguns dos monumentos culturais mais belos do mundo. A redução das emissões, no entanto, ajudou a diminuir o índice de prejuízos na América do Norte e na Europa. O Taj Mahal, mausoléu construído pelo imperador Mughal Shah Jahan para sua esposa, Mumtaz Mahal, está perdendo seu brilho, e alguns cientistas responsabilizam a poluição das fundições locais e de uma refinaria de petróleo próxima ao monumento.



Dhruv/A. Knudsen/Wikimedia Commons

Resumindo

Neste capítulo, verificamos os conceitos de funções químicas, que também serão utilizados no capítulo posterior. Para a compreensão do assunto, foi fundamental resgatar e entender tópicos básicos já ensinados nos capítulos do Livro 1 – Frente 1.

Abordamos no capítulo 4:

- A **teoria de Arrhenius**, que foi discutida com detalhes, propiciando embasamento teórico suficiente para que seja possível distinguir sistemas que conduzem ou não eletricidade.
- As funções ácido e base, de maneira sistemática, definindo e classificando as funções e nomeando as substâncias pelas regras vigentes da IUPAC – *International Union and Applied Chemistry*.
- E, por fim, realizamos um estudo descritivo das principais substâncias, exemplificando cada uma de suas propriedades com fatos e utilizações cotidianas. É importante ressaltar que este capítulo servirá de suporte para muitos outros, principalmente para o entendimento das reações químicas.

Quer saber mais?

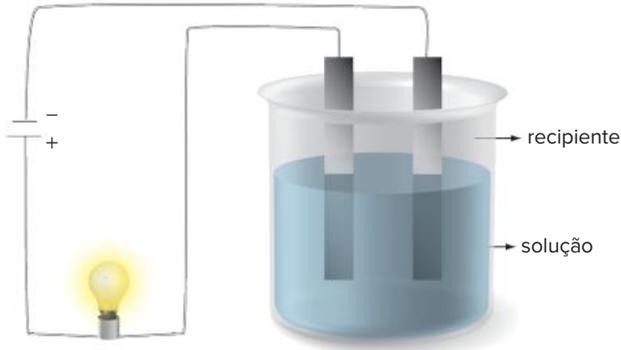


Sites

- Chuva ácida
Disponível em: <www.usp.br/qambiental/chuva_acidaExperimento.html>.
Disponível em: <www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-236-463.htm>.

Exercícios complementares

- 1 Uerj** A experiência a seguir é largamente utilizada para diferenciar soluções eletrolíticas de soluções não eletrolíticas. O teste está baseado na condutividade elétrica e tem como consequência o acendimento da lâmpada.

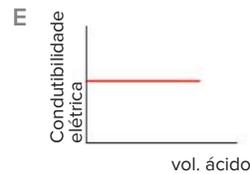
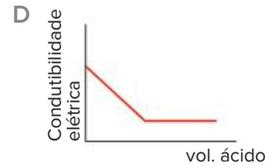
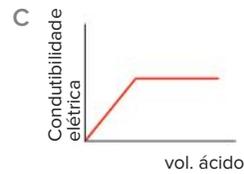
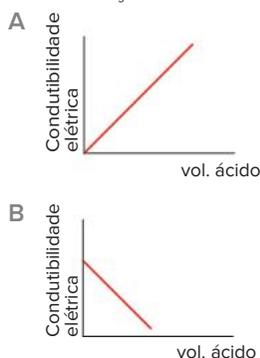


A lâmpada acenderá quando no recipiente estiver presente a seguinte solução:

- A $O_2(l)$
 B $H_2O(l)$
 C $HCl(aq)$
 D $C_6H_{12}O_6(aq)$
- 2 UEL** “Num fio de cobre, a condução da corrente elétrica envolve.....x..... em movimento; numa solução aquosa de ácido clorídrico, a condução da corrente elétrica se faz por meio de....y..... livres”. Para completar corretamente a afirmação formulada, x e y devem ser substituídos, respectivamente, por:
- A átomos e radicais
 B prótons e elétrons
 C elétrons e íons
 D átomos e moléculas
 E prótons e íons

- 3 Fatec** Goteja-se, por meio de uma bureta, solução de ácido sulfúrico de certa concentração, sobre um dado volume de solução de hidróxido de bário de igual concentração, até que o ponto final da neutralização seja alcançado.

O gráfico que melhor expressa a variação da condutibilidade elétrica do sistema no decorrer da neutralização é:



- 4 PUC-SP** Algumas propriedades das substâncias w, x, y e z estão apresentadas a seguir.

	w	x	y	z
Estado físico a 25 °C e 1 atm	líquido	sólido	líquido	sólido
É solúvel em água	sim	não	sim	sim
A solução aquosa conduz corrente elétrica	sim	–	não	sim
Puro, no estado sólido, conduz corrente elétrica?	não	sim	não	não
Puro, no estado líquido, conduz corrente elétrica?	não	sim	não	sim

Assinale a alternativa em que as substâncias apresentadas, correspondem, respectivamente, a w, x, y e z às propriedades indicadas na tabela anterior.

- A ácido acético; ferro; álcool; cloreto de sódio.
 B álcool; cloreto de sódio; mercúrio; grafite.
 C mercúrio; grafite; ácido acético; ferro.
 D álcool; ferro; dióxido de carbono; cloreto de sódio.
 E ácido acético; prata; oxigênio; grafite.
- 5 UFSCar** Sal de cozinha (cloreto de sódio) e açúcar (sacarose) são sólidos brancos solúveis em água. Suas soluções aquosas apresentam comportamentos completamente diferentes quanto à condução de corrente elétrica. É correto afirmar que:

- A o cloreto de sódio é um composto iônico e sua solução aquosa conduz corrente elétrica, devido à presença de moléculas de $NaCl$. A sacarose é um composto covalente e sua solução aquosa tem viscosidade muito alta, diminuindo a condutividade da água.
 B uma substância como o cloreto de sódio, que em solução aquosa forma íons, é chamada de eletrólito. A solução de sacarose conduz corrente elétrica devido à formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas de sacarose e água.

C o cloreto de sódio é um composto iônico e suas soluções aquosas conduzem corrente elétrica, devido à presença de íons livres. A sacarose é um composto constituído de moléculas e suas soluções aquosas não conduzem corrente elétrica, pois as moléculas neutras de sacarose não contribuem para o transporte de cargas.

D a dissolução de sacarose em água leva à quebra das moléculas de sacarose em glicose e frutose, e estas moléculas conduzem corrente elétrica. A solução de sal, por sua vez, apresenta condutividade menor que a da água destilada.

E soluções aquosas de sacarose ou de cloreto de sódio apresentam condutividade elétrica maior do que aquela apresentada pela água pura, pois há formação de soluções eletrolíticas. Os íons formados são os responsáveis pelo transporte de cargas em ambos os casos.

6 PUC-SP Coloração do indicador azul de bromotimol

pH < 6 → solução amarela

6 < pH < 8 → solução verde

pH > 8 → solução azul

Em um béquer foram colocados 20,0 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,10 mol/L e algumas gotas do indicador azul de bromotimol. Com auxílio de uma bureta, foram adicionados 20,0 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H₂SO₄) de concentração 0,10 mol/L.

A cada alíquota de 1,0 mL adicionada, a mistura resultante era homogeneizada e a condutibilidade da solução era verificada através de um sistema bastante simples e comum em laboratórios de ensino médio. Uma lâmpada presente no sistema acende quando em contato com um material condutor, como água do mar ou metais, e não acende em contato com materiais isolantes, como água destilada, madeira ou vidro.

A respeito do experimento é correto afirmar que:

A após a adição de 10,0 mL da solução de H₂SO₄, a solução apresenta coloração azul e a lâmpada acende.

B após a adição de 10,0 mL da solução de H₂SO₄, a solução apresenta coloração verde e a lâmpada não acende.

C após a adição de 12,0 mL da solução de H₂SO₄, a solução apresenta coloração azul e a lâmpada acende.

D após a adição de 12,0 mL da solução de H₂SO₄, a solução apresenta coloração amarela e a lâmpada acende.

E após a adição de 20,0 mL da solução de H₂SO₄, a solução apresenta coloração verde e a lâmpada não acende.

7 UEL A condutibilidade elétrica de uma solução aquosa depende:

- I. do volume da solução.
- II. da concentração de íons hidratados.
- III. da natureza do soluto.

Dessas afirmações, apenas:

- A** I é correta.
- B** II é correta.
- C** III é correta.
- D** I e II são corretas.
- E** II e III são corretas.

8 UEL Considere as seguintes amostras:

- I. solução aquosa de frutose.
- II. cloreto de sódio sólido.
- III. solução de iodo em tetracloreto de carbono.
- IV. solução aquosa de metanol.
- V. iodeto de potássio liquefeito.

Qual delas é boa condutora da corrente elétrica?

- A** I.
- B** II.
- C** III.
- D** IV.
- E** V.

9 UFRGS O quadro a seguir apresenta propriedades de três substâncias designadas genericamente por A, B e C.

Substância	Condução de corrente elétrica			Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
	no estado sólido	no estado líquido	em solução aquosa		
A	não	não	insolúvel em água	80,2	217,9
B	sim	sim	insolúvel em água	1260	1900
C	não	sim	sim	712	1412

As substâncias A, B e C podem ser, respectivamente:

- A** dióxido de enxofre, sulfeto de cálcio e metano.
- B** benzeno, cloreto de sódio e ferro metálico.
- C** sulfato de alumínio, cobre metálico e hexano.
- D** alumínio, tetracloreto de carbono e nitrato de sódio.
- E** naftaleno, manganês metálico e cloreto de magnésio.

10 UFRGS Os sistemas:

- I. fio de cobre metálico: Cu(s);
- II. solução aquosa de sulfato de cobre: CuSO₄(aq);
- III. cloreto de sódio fundido: NaCl(l);

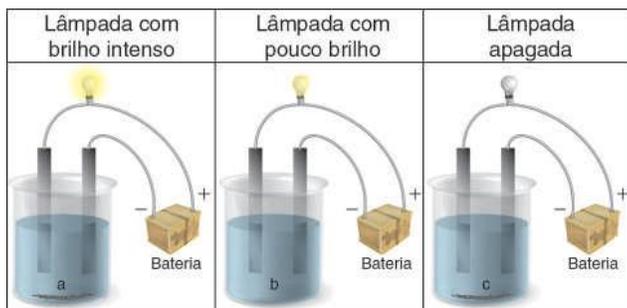
são condutores de eletricidade. As partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica, em cada sistema, são, respectivamente:

- A** elétrons, íons e íons.
- B** elétrons, elétrons e elétrons.
- C** átomos, íons e moléculas.
- D** cátions, ânions e elétrons.
- E** átomos, cátions e ânions.

11 Vunesp Qual das substâncias a seguir não conduz corrente elétrica em solução aquosa?

- A Brometo de hidrogênio.
- B Ácido fórmico.
- C Cloreto de potássio.
- D Bicarbonato de sódio.
- E Propanona.

12 UFRJ Durante um experimento, seu professor de Química pediu que você identificasse as soluções aquosas presentes em cada um dos béqueres (A, B, C) apresentados na figura a seguir.



Dois béqueres do experimento contêm soluções aquosas salinas, de sais desconhecidos.

- a) O ânion do sal presente na solução salina saturada pertence à família dos halogênios e é isoeletrônico ao sulfeto. Escreva o nome do ânion e identifique o béquer que contém essa solução.
- b) Sabe-se que o sal da solução não saturada é um nitrato cujo cátion pertence ao 3º período da família dos metais alcalinos terrosos. Escreva a fórmula química desse sal.

13 Cefet-MG 2014 Para determinar se uma solução ou uma substância pura tem caráter ácido ou básico pode-se utilizar uma solução contendo extrato de repolho roxo, em substituição à fenolftaleína. A tabela seguinte mostra a relação entre a solução/substância analisada e a cor da solução indicadora.

Solução/Substância	Cores
Limão(aq)	Rosa
Água	Roxo
Cal virgem(aq)	Verde

O indicador contendo extrato de repolho roxo torna-se verde na presença de

- A ácido sulfúrico.
- B cloreto de sódio.
- C dióxido de carbono.
- D hidróxido de cálcio.

14 UPE 2016 Na série *Prison Break* (FOX), Michael Scofield utiliza um composto chamado Kesslivil para corroer o aço e destruir a cerca de proteção da prisão SONA, no Panamá. Na verdade, o Kesslivil não existe, mas o aço pode ser corroído pela ação de um ácido

forte e oxidante. Qual dos ácidos abaixo Scofield poderia usar para fugir da prisão?

- A H_3BO_3
- B HCl
- C HCN
- D HNO_3
- E CH_3COOH

15 IFSul 2017 Recentemente as denúncias das Operações da Polícia Federal contra as fraudes em refrigeradores reacenderam os debates sobre o uso de aditivos alimentares e segurança alimentar. Dentre os diversos grupos de aditivos alimentares, estão os acidulantes, definidos pela ANVISA como “substância que aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos” (ANVISA, Portaria 540/1997). São exemplos de acidulantes o ácido fosfórico, o ácido cítrico e o ácido acético.

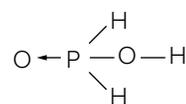
Além do ácido fosfórico, o elemento fósforo forma outros ácidos, tais como o H_3PO_3 e o H_3PO_2 . Estes ácidos são classificados, respectivamente, como

- A diácido e diácido.
- B triácido e triácido.
- C triácido e diácido.
- D diácido e monoácido.

16 Dê a fórmula dos ácidos a seguir.

- a) ácido nítrico
- b) ácido sulfúrico
- c) ácido fosfórico
- d) ácido carbônico
- e) ácido clorídrico

17 UFRJ Os ácidos podem ser classificados quanto ao número de hidrogênios ionizáveis. O ácido hipofosforoso, H_3PO_2 , utilizado na fabricação de medicamentos, apresenta fórmula estrutural:



Quantos hidrogênios são ionizáveis no ácido hipofosforoso? Justifique sua resposta.

18 UFJF 2016 O H_2S é encontrado tanto em solução aquosa (solúvel em água) quanto na forma gasosa. É altamente tóxico, inflamável, irritante, além de apresentar odor característico semelhante ao de ovos podres. Com base nas características do H_2S responda os itens abaixo.

- a) Qual a função inorgânica do H_2S ?
- b) Escreva a estrutura de Lewis para o H_2S . Qual o tipo de geometria molecular existente?
- c) Com base nas forças intermoleculares, justifique o fato do H_2S também ser encontrado na forma gasosa, a partir da decomposição de matéria orgânica.
- d) O H_2S conduz corrente elétrica quando dissolvido em água? Justifique.

19 Cesgranrio Com base na tabela de graus de ionização apresentada a seguir:

Ácido	Grau de ionização
HF	8%
HCl	92%
HCN	0,008%
H ₂ SO ₄	61%
H ₃ PO ₄	27%

Podemos concluir que o ácido mais forte é:

- A HF
- B HCl
- C HCN
- D H₂SO₄
- E H₃PO₄

20 Enem O processo de industrialização tem gerado sérios problemas de ordem ambiental, econômica e social, entre os quais se pode citar a chuva ácida. Os ácidos usualmente presentes em maiores proporções na água da chuva são o H₂CO₃, formado pela reação do CO₂ atmosférico com a água, o HNO₃, o HNO₂, o H₂SO₄ e o H₂SO₃. Esses quatro últimos são formados principalmente a partir da reação da água com os óxidos de nitrogênio e de enxofre gerados pela queima de combustíveis fósseis.

A formação de chuva mais ou menos ácida depende não só da concentração do ácido formado, como também do tipo de ácido. Essa pode ser uma informação útil na elaboração de estratégias para minimizar esse problema ambiental. Se consideradas concentrações idênticas, quais dos ácidos citados no texto conferem maior acidez às águas das chuvas?

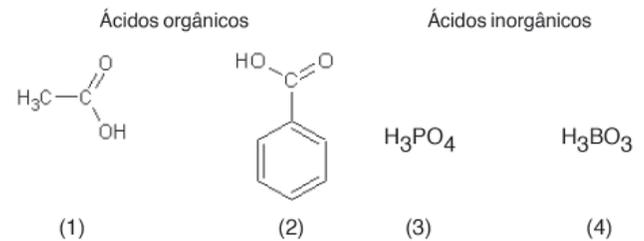
- A HNO₃ e HNO₂
- B H₂SO₄ e H₂SO₃
- C H₂SO₃ e HNO₂
- D H₂SO₄ e HNO₃
- E H₂CO₃ e H₂SO₃

21 Uece Considere os seguintes ácidos, com seus respectivos graus de ionização (a 18 °C) e usos: H₃PO₄ (α = 27%), usado na preparação de fertilizantes e como acidulante em bebidas refrigerantes. H₂S (α = 7,6 · 10⁻²%), usado como redutor. HClO₄ (α = 97%), usado na medicina, em análises químicas e como catalisador em explosivos. HCN (α = 8,0 · 10⁻³%), usado na fabricação de plásticos, corantes e fumigantes para orquídeas e poda de árvores.

Podemos afirmar que:

- A HClO₄ e HCN são triácidos.
- B H₃PO₄ e H₂S são hidrácidos.
- C H₃PO₄ é considerado um ácido semiforte.
- D H₂S é um ácido ternário.

22 EsPCEx 2018 Acidulantes são substâncias utilizadas principalmente para intensificar o gosto ácido de bebidas e outros alimentos. Diversos são os ácidos empregados para essa finalidade. Alguns podem ser classificados como ácidos orgânicos e outros como ácidos inorgânicos. Dentre eles, estão os quatro descritos pelas fórmulas moleculares e estruturais abaixo.



A alternativa que descreve, respectivamente, a correta nomenclatura oficial destes ácidos é:

- A 1 - Ácido etânico; 2 - Ácido fênico; 3 - Ácido fosfórico; 4 - Ácido bórico.
- B 1 - Ácido etanoico; 2 - Ácido benzoico; 3 - Ácido fosfórico; 4 - Ácido bórico.
- C 1 - Ácido etanoico; 2 - Ácido benzílico; 3 - Ácido fosforoso; 4 - Ácido borático.
- D 1 - Ácido propílico; 2 - Ácido benzílico; 3 - Ácido fosfático; 4 - Ácido boroso.
- E 1 - Ácido etanoso; 2 - Ácido benzoico; 3 - Ácido fosforoso; 4 - Ácido bórico.

23 Faça a fórmula estrutural dos seguintes ácidos:

- a) HCl
- b) H₂S
- c) H₂SO₄
- d) H₂SO₃
- e) H₃PO₄
- f) H₃PO₃
- g) H₃PO₂
- h) H₄P₂O₇
- i) HPO₃
- j) HClO₄
- k) HClO₃
- l) HClO₂
- m) HClO
- n) H₂CO₃

24 Mauá Têm-se os três ácidos e os valores da tabela, que foram obtidos dissolvendo-se em água à temperatura constante.

	Número de mols dissolvido	Número de mols ionizado
H ₂ S	10	1
H ₂ SO ₄	3	2
HNO ₃	10	8

Calcule o grau de ionização para cada ácido e coloque-os em ordem crescente de sua força de ionização.

25 PUC-PR Da série de ácidos abaixo representada, qual apresenta a mesma classificação, dentro do critério de número de hidrogênios ionizáveis?

- A HNO_3 , HNO_2 , H_2S , H_2SO_3
 B H_3PO_4 , H_3AsO_3 , H_3BO_3 , H_3PO_3
 C H_2SO_4 , $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$, H_2CO_3 , HMnO_4
 D H_3CrO_4 , H_3AsO_4 , HIO_3 , HBr
 E H_3PO_3 , $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2SnO_3 , H_2SO_4

26 USJT O ácido cianídrico é o gás de ação venenosa mais rápida que se conhece: uma concentração de 0,3 mg/L de ar é imediatamente mortal. É o gás usado nos estados americanos do norte que adotam a pena de morte por câmara de gás. A primeira vítima foi seu descobridor, Carl Wilhelm Scheele, que morreu ao deixar cair um vidro contendo solução de ácido cianídrico, cuja fórmula molecular é:

- A HCOOH C HCNS E $\text{H}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$
 B HCN D HCNO

27 UFU Entre os oxiácidos H_2SO_3 , H_3BO_3 , HClO_3 e HMnO_4 , a ordem crescente de força ácida para esses compostos é:

- A H_2SO_3 , HClO_3 , H_3BO_3 , HMnO_4
 B HClO_3 , HMnO_4 , H_2SO_3 , H_3BO_3
 C H_3BO_3 , HClO_3 , H_2SO_3 , HMnO_4
 D H_3BO_3 , H_2SO_3 , HClO_3 , HMnO_4
 E HMnO_4 , HClO_3 , H_3BO_3 , H_2SO_3

28 UFRGS Admitindo-se 100% de ionização para o ácido clorídrico em solução diluída, pode-se afirmar que essa solução não contém a espécie:

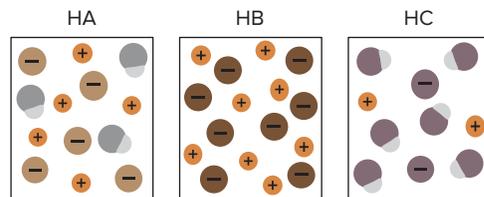
- A HCl C H_3O^+ E Cl^-
 B OH^- D H_2O

29 Uepi Sejam os seguintes ácidos, com seus respectivos graus de ionização (α): HClO_4 ($\alpha = 97\%$); H_2SO_4 ($\alpha = 61\%$); H_3BO_3 ($\alpha = 0,025\%$); H_3PO_4 ($\alpha = 27\%$); HNO_3 ($\alpha = 92\%$).

Assinale a afirmativa correta.

- A H_3PO_4 é mais forte que H_2SO_4 .
 B HNO_3 é um ácido moderado.
 C HClO_4 é mais fraco que HNO_3 .
 D H_3PO_4 é um ácido forte.
 E H_3BO_3 é um ácido fraco.

30 Fuvest 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.



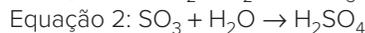
Considerando essas representações, foram feitas as seguintes afirmações sobre os ácidos.

- I. HB é um ácido mais forte do que HA e HC.
 II. Uma solução aquosa de HA deve apresentar maior condutibilidade elétrica do que uma solução aquosa de mesma concentração de HC.
 III. 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.

31 Enem PPL 2017 Muitas indústrias e fábricas lançam para o ar, através de suas chaminés, poluentes prejudiciais às plantas e aos animais. Um desses poluentes reage quando em contato com o gás oxigênio e a água da atmosfera, conforme as equações químicas:



De acordo com as equações, a alteração ambiental decorrente da presença desse poluente intensifica o(a)

- A formação de chuva ácida.
 B surgimento de ilha de calor.
 C redução da camada de ozônio.
 D ocorrência de inversão térmica.
 E emissão de gases de efeito estufa.

32 UFRGS 2017 Os compostos inorgânicos encontram amplo emprego nas mais diversas aplicações. Na coluna da esquerda abaixo, estão listados cinco compostos inorgânicos; na da direita, diferentes possibilidades de aplicação.

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 - $\text{Mg}(\text{OH})_2$ | ■ Usado em baterias |
| 2 - HClO | ■ Antiácido |
| 3 - H_2SO_4 | ■ Usado em refrigerantes |
| 4 - NaOH | ■ Usado em produtos de limpeza |
| 5 - H_3PO_4 | |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A 5 - 1 - 3 - 4. D 4 - 1 - 5 - 4.
 B 1 - 2 - 3 - 5. E 3 - 1 - 5 - 2.
 C 3 - 4 - 1 - 2.

33 IFSul 2018 Um certo indicador ácido-base apresenta as seguintes cores, dependendo do meio em que se encontra:

Meio	Ácido	Básico
Cor do indicador	Azul	Amarelo

► **Dica da questão 25:** H_3PO_3 é um diácido.

Dica da questão 28: Mesmo em meios fortemente ácidos, há a presença de OH^- , devido ao equilíbrio iônico da água dado por $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$.

Ao adicioná-lo em amostra de vinagre, suco de limão e soda cáustica, obtém-se, respectivamente, as cores

- A amarelo, amarelo, azul.
- B azul, azul, amarelo.
- C amarelo, azul, azul.
- D azul, amarelo, azul.

- 34 Acafe** Certos corantes naturais, contidos em flores e folhas, sofrem mudanças de cor quando o pH do meio é alterado. Por essa razão, tais corantes funcionam como bons indicadores de ácido e base. Folhas de repolho-roxo, por exemplo, imersas em água, formam uma solução violeta. Ao se adicionar vinagre, essa solução do corante fica rosa; ao se adicionar carbonato de sódio, fica verde. Assinale a opção que apresenta corretamente as cores desse indicador natural nos meios indicados.

	pH ≈ 2	pH ≈ 7	pH ≈ 12
A	Rosa	Violeta	Verde
B	Verde	Rosa	Violeta
C	Verde	Violeta	Rosa
D	Violeta	Rosa	Verde
E	Rosa	Verde	Violeta

- 35 FEI** Num recipiente contendo uma substância A, foram adicionadas gotas de fenolftaleína dando uma coloração rósea. Adicionando-se uma substância B em A, a solução apresenta-se incolor. Com base nessas informações podemos afirmar que:

- A A e B são bases.
- B A é um ácido e B é uma base.
- C A é uma base e B é um ácido.
- D A e B são ácidos.
- E A e B são sais neutros.

- 36 Ulbra 2016** No capítulo Recreações Químicas, Sacks descreve suas primeiras incursões na experimentação química, como no texto abaixo.

“O livro começava com Experimentos Elementares, usando tintas vegetais para vermos como mudavam de cor na presença de ácidos e álcalis. A tinta vegetal mais comum era o tornassol, retirado de um líquen [...]. Usei papéis de tornassol que meu pai tinha em sua farmácia, e vi que se tornavam vermelhos com diferentes ácidos e azuis com amônia alcalina.”

O uso de tornassol ainda é bastante comum nas aulas de Química. Testando os seguintes sistemas:

- I. solução aquosa de CH_3COOH
- II. solução aquosa de CH_3NH_2
- III. solução aquosa de NaOH
- IV. solução aquosa contendo CO_2 dissolvido
- V. solução aquosa de H_2SO_4

A cor resultante do papel tornassol será, respectivamente:

- A Azul; azul; vermelho; vermelho; azul.
- B Vermelho; vermelho; azul; vermelho; azul.
- C Vermelho; vermelho; vermelho; azul; vermelho.
- D Azul; azul; azul; vermelho; vermelho.
- E Vermelho; azul; azul; vermelho; vermelho.

- 37 Vunesp** Uma dona de casa fez a seguinte sequência de operações: 1ª) colocou, em água, folhas de repolho-roxo picado; 2ª) depois de algum tempo, despejou a água, que apresentava cor roxa, em dois copos; 3ª) adicionou vinagre a um copo, e a cor não se modificou; 4ª) adicionou leite de magnésia a outro copo, e a cor tornou-se verde. Os nomes dos processos de separação empregados nas operações 1ª e 2ª, e o nome da substância que dá a coloração ao repolho e à água são, respectivamente:

- A filtração, catação e corante.
- B evaporação, decantação e titulante.
- C extração, decantação e indicador ácido-base.
- D solubilização, filtração e indicador ácido-base.
- E destilação, decantação e corante.

- 38 Unisinos** Um aluno, trabalhando no laboratório de sua escola, deixou cair uma quantidade de solução alcoólica de fenolftaleína sobre um balcão que estava sendo limpo com sapólio. O local onde caiu a fenolftaleína adquiriu, quase que imediatamente, uma coloração violácea. Esse aluno, observando a mancha violácea, concluiu que:

- A o sapólio deve ser um meio ácido.
- B o sapólio deve ser um meio alcalino.
- C o sapólio deve ser um meio neutro.
- D o sapólio tem características de um sal.
- E a fenolftaleína removeu o sapólio do local.

- 39 Cefet-MG 2020** Em um frasco contendo água, foi colocado, cuidadosamente, uma pequena porção de sódio (Na) metálico. Durante a reação, observou-se a liberação de um gás inflamável e a formação de uma substância que coloriu uma solução de fenolftaleína. Sobre o experimento, é INCORRETO afirmar que

- A o gás liberado foi o O_2 .
- B a substância produzida é iônica.
- C a solução final pode ser neutralizada com um ácido.
- D a solução adquiriu coloração rósea após adição de fenolftaleína.

- 40 UFSCar** No dia a dia, estamos em contato com diferentes tipos de substâncias químicas como vinagre, produtos de limpeza pesada à base de amoníaco, água sanitária, lava-louças. Esses produtos são exemplos, respectivamente, de:

- A base, ácido, oxidante (desinfetante) e detergente.
- B ácido, base, oxidante (desinfetante) e detergente.
- C detergente, ácido, base e oxidante (desinfetante).
- D ácido, base, detergente e oxidante (desinfetante).
- E oxidante (desinfetante), ácido, base e detergente.

- 41** Cite alimentos (ou bebidas) que:

- a) se ingeridas, intensificam a azia.
- b) se ingeridas, minimizam a azia.



FRENTE 2

CAPÍTULO

5

Sais e óxidos

A imagem mostra um trecho do Mar Morto, em que a concentração de sais é tão grande que ocorre a cristalização deles. Ao fundo, os óxidos que compõem a areia. Estudaremos os dois tipos de compostos neste capítulo.

Sais

Definição

Sais são compostos iônicos provenientes da reação de neutralização total ou parcial entre um ácido e uma base de Arrhenius, no mínimo.

Alguns autores costumam estender essa definição da seguinte forma:

São compostos iônicos, em que um dos cátions não é o H^+ e um dos ânions não é o OH^- , pelo menos.

Entretanto, pode parecer, em princípio, que essa definição está correta, o que não é verdade. Existem compostos descritos por essa definição que não são sais, mas podem ser óxidos iônicos, por exemplo, como veremos a seguir. Por isso, a primeira definição é que deve ser utilizada, pois está estritamente correta. Todas as reações entre ácidos e bases de Arrhenius baseiam-se em um fenômeno único. Veja:

I. Vamos supor um copo de béquer com uma solução aquosa de HCl .

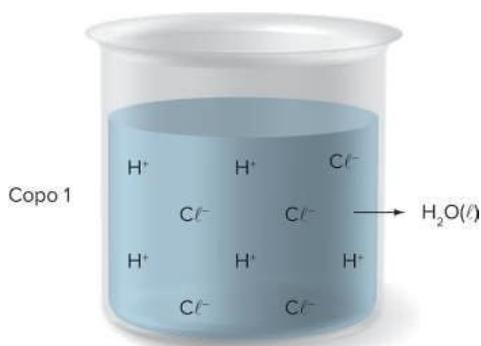


Fig. 1 Copo de béquer contendo $HCl(aq)$.

Note que há dois tipos de íons: o cátion H^+ (ou H_3O^+ , se preferir) e o ânion Cl^- . Como já vimos no capítulo anterior, quem dá a característica ácida a essa solução não é o ânion (que pode ser Br^- , I^- , S^{2-} etc.), mas o cátion H^+ (H_3O^+). É ele quem confere a essa solução o sabor azedo, a capacidade de reagir com metais comuns, a capacidade de modificar a coloração de certas substâncias, chamadas de indicadores ácido-base, e assim por diante.

II. Vamos supor um outro copo de béquer com uma solução aquosa de $NaOH$.

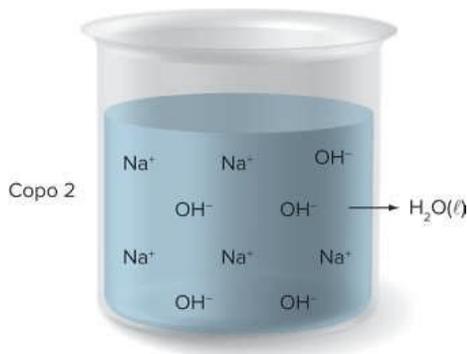
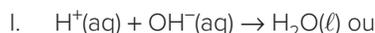


Fig. 2 Copo de béquer contendo $NaOH(aq)$.

Nesse caso, também há dois tipos de íons: o cátion Na^+ e o ânion OH^- . As características básicas dessa solução independem do cátion (que poderia ser K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} etc.) e têm como responsável o ânion OH^- . É ele quem confere a essa solução o sabor adstringente e tantas outras características básicas.

Se jogarmos o conteúdo dos dois copos de béquer em um terceiro copo, veremos as propriedades ácidas e básicas pondo-se fora de ação, neutralizando-se, através da seguinte equação:



Veja:

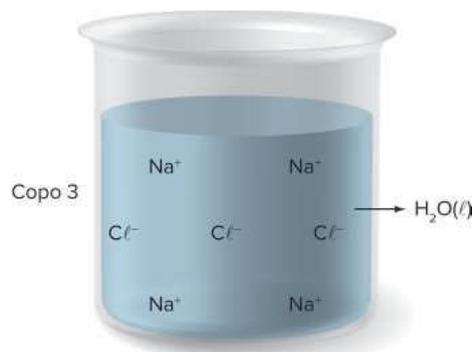
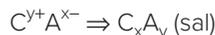
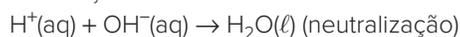


Fig. 3 Copo de béquer após a neutralização entre um ácido e uma base de Arrhenius. Note que o $H^+(aq)$ foi neutralizado e neutralizou o $OH^-(aq)$.

Observação: Na figura 3 (copo 3) desconsideramos a ionização do H_2O , por ser praticamente desprezível.

O que temos agora é $H_2O(l)$, $Na^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$. Se aquecermos esse copo ou deixarmos em ambiente aberto, a água evaporará, sobrando o $NaCl(s)$, substância iônica que, na pressão e temperatura ambientes, é sólida. Pois essa substância é um sal.

Tudo que vimos se refere a um caso particular, o do $NaCl(s)$. Mas podemos generalizar as neutralizações da seguinte forma:



As cargas invertidas que se transformam em índices podem ser explicadas pelas ligações químicas.

Essa é a formulação geral de um sal.

Contudo, é preciso dar nomes aos sais. A regra da IUPAC é fácil, como mostra a tabela a seguir.

Nome do ácido (terminação)	Nome do ânion (terminação)
ídrico	eto
ico	ato
oso	ito

Tab. 1 Terminação do nome dos ânions a partir da terminação de seus ácidos geradores.

! Atenção

Nome do sal = nome do ânion + nome do cátion.
O nome do cátion é o próprio nome do metal que o gera.

Antes de começarmos a analisar as reações de neutralização, é importante salientar que não só o H^+ é neutralizado pelo OH^- , mas também são neutralizadas todas as características ácidas, como sabor, poder corrosivo etc. E, da mesma forma, isso ocorre com as bases e suas propriedades.

Com essas informações iniciais, já é possível estudarmos, por completo, as reações de neutralização total.

Neutralização total

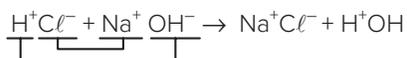
São reações entre ácidos e bases de Arrhenius em que não há sobra de H^+ ou de OH^- . Vamos começar com um exemplo bem conhecido, explicitando passo a passo os procedimentos adotados.



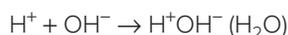
Primeiramente, devemos determinar as cargas de todos os cátions e ânions dos reagentes. Para tanto, lembremos algumas regras práticas.

1. O hidrogênio dos ácidos é sempre H^+ .
2. A hidroxila das bases é sempre OH^- .
3. A fórmula geral de um ácido é H_xA , em que A é um ânion de carga $-x$.
4. A fórmula geral de uma base é $C(OH)_y$, em que C é um cátion de carga $+y$.
5. Nas reações de neutralização, sejam totais ou parciais, não há variação de cargas.

Com isso:



Perceba que sempre ocorrerá a junção entre H^+ e OH^- , já que esse é o princípio básico da neutralização, que pode ser equacionado por:



Além disso, o cátion da base une-se ao ânion do ácido para formar o sal. Da teoria de ligações químicas, temos como regra que o cátion vem antecedendo o ânion. Logo:

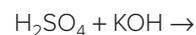


Portanto, a reação completa, com balanceamento e nomenclatura, pode ser equacionada da forma a seguir.

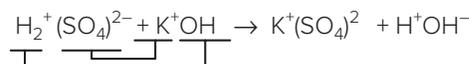


Note que, nesse caso, a equação já está balanceada, ou seja, o número de átomos nos reagentes é igual ao número de átomos dos produtos.

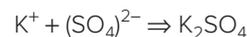
Vejamos agora outro exemplo.



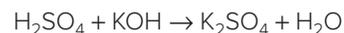
Primeiramente, determinemos as cargas:



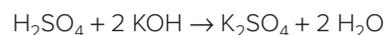
Determinemos a fórmula do sal formado:



Com isso:

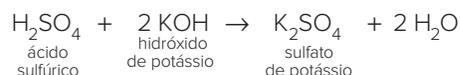


Para balancearmos essa equação (e todas as outras neutralizações totais), o segredo está sempre em olhar, primeiramente, para o sal, que tem 2 K^+ e 1 SO_4^{2-} . Logo:



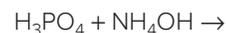
Observe que 1 SO_4^{2-} nos produtos necessita de 1 SO_4^{2-} nos reagentes. E que 2 K^+ nos produtos necessita de 2 K^+ nos reagentes. Por isso, os dois primeiros coeficientes são 1 e 2, respectivamente. Sobre o número de H_2O , é fácil: na grande maioria das vezes, o coeficiente do ácido vezes o da base é o valor procurado. (Logo adiante, você saberá em que situação isso não ocorre.)

Completando, temos:

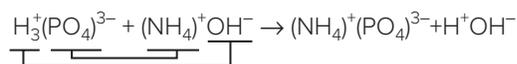


Observação: O coeficiente 1 pode ser omitido.

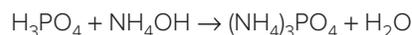
Vamos a outros casos, de maneira mais direta:



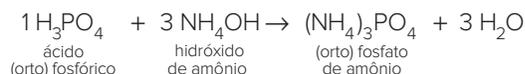
Determinando as cargas, temos:



Logo:

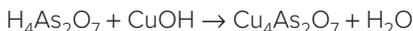
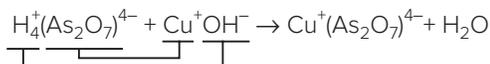
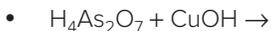


Com o balanceamento, temos:

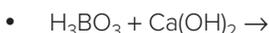


Observação: Note que, quando o índice de um radical é 1, não há necessidade de parênteses.

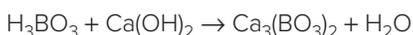
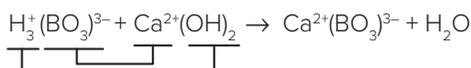
Seguindo o mesmo caminho, analise estas outras:



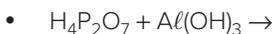
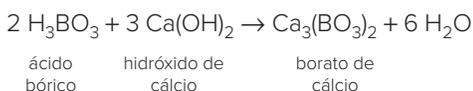
Balaceando (olhe primeiramente para o sal):



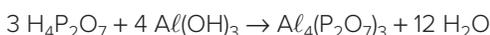
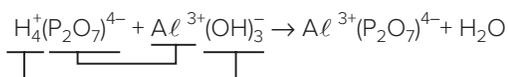
Determinando as cargas, temos:



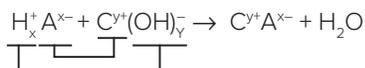
Balaceando, temos:



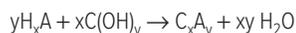
Agora, de maneira mais direta:



Note que, genericamente, podemos escrever:

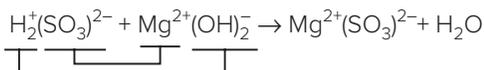


Atenção

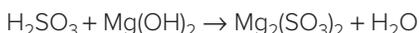


Forma geral da neutralização total entre um ácido e uma base de Arrhenius.

Porém, em alguns casos, os números x e y são simplificáveis. Veja:



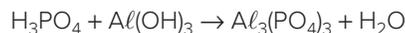
Note que podemos simplificar os índices do sal por 2:



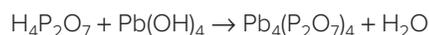
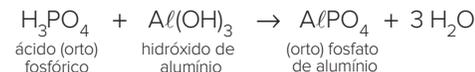
Com isso, o balanceamento pelo método já visto sofre algumas modificações:

- olhe, primeiramente, para o sal e ajuste os coeficientes do ácido e da base;

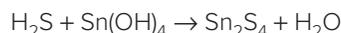
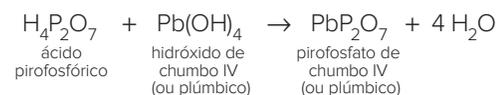
- o coeficiente da água não é mais xy . Se você simplificou por 2, multiplique xy por 2. Se você simplificou por 3, multiplique xy por 3, e assim por diante. Com isso, a equação anterior fica:



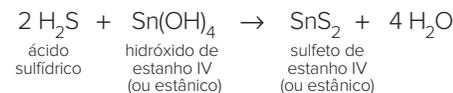
Com o balanceamento:



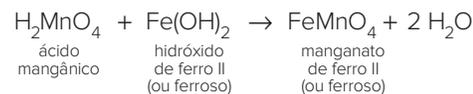
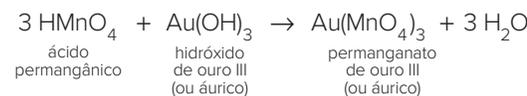
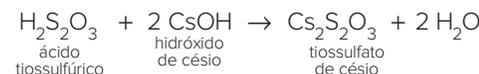
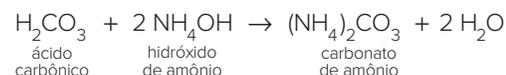
Balaceando:



Balaceando:



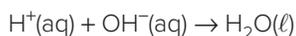
Observe mais estes exemplos: (feitos de forma direta)



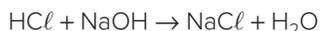
É importante salientar, ainda, que os sais não vêm exclusivamente das reações de neutralização (como sugere a definição), mas todos podem ser obtidos a partir desses fenômenos.

Dois cuidados ainda devem ser tomados com relação aos sais e às reações de neutralização.

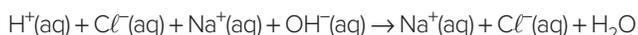
- I. No caso dos ácidos e das bases, existiam características peculiares destes compostos, como sabor, propriedades corrosivas etc. No caso dos sais, não existem grupos funcionais típicos, como H^+ (ou H_3O^+) e OH^- . Talvez a única característica mais geral dos sais é o sabor salgado, mas existem muitos sais amargos, e a grande maioria é constituída de compostos tóxicos.
- II. Na realidade, a única reação química que ocorre, e é comum a todas as neutralizações, é:



Tomemos o fenômeno:



Essa reação só ocorre em solução aquosa. Nesse caso, lembre-se de que o ácido se ioniza; a base e o sal, por serem compostos iônicos, dissociam-se. Assim, temos:



Não há problema algum em tratar equações químicas como se fossem equações matemáticas. Com isso, podemos cancelar o $Na^+(aq)$ e o $Cl^-(aq)$, sobrando $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(\ell)$

Quimicamente, H^+ reagiu com OH^- , e o Na^+ e o Cl^- estavam no sistema, mas não tiveram a menor participação no fenômeno. São como figurantes de filmes e novelas: estão lá, mas não atuam. Tente você mesmo verificar isso com outras reações de neutralização.

Neutralização parcial

São reações químicas entre ácidos e bases de Arrhenius, em que há sobra de H^+ ou de OH^- , que ficará incorporada à estrutura do sal, tornando-o um sal ácido ou básico, respectivamente.

O princípio básico das reações de neutralização parcial é o mesmo das reações de neutralização total: cada H^+ reage com um OH^- para formar uma água.

Começemos pelas reações de neutralização parcial que dão origem aos sais ácidos (ou hidrogeno-sais):

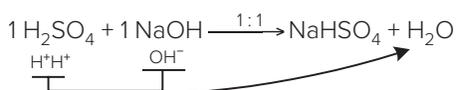


Em cima da seta que indica reação química, existe a simbologia que indica 1 : 1. Isso significa que ácido e base, respectivamente, estão reagindo na proporção de 1 para 1.

Na verdade, esses números indicam os coeficientes dos reagentes, nessa mesma ordem. Então, temos:



Note que o ácido possui 2 H^+ e a base possui 1 OH^- . Cada H^+ reage com 1 OH^- . Com isso:

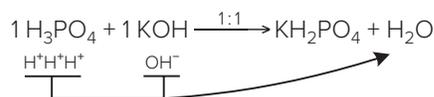


A reação de 1 H_2SO_4 e de 1 $NaOH$ forma 1 H_2O . Para escrever a fórmula do sal, basta alocar o cátion da base primeiramente, e o ânion do ácido por último. Entre um e outro, coloque as sobras de H^+ ou de OH^- , conforme o caso. No caso do $NaHSO_4$, este é um sal ácido ou um hidrogenossal.

Para dar nome a ele, existem duas possibilidades:

$NaHSO_4$ – hidrogenossulfato de sódio ou sulfato ácido de sódio.

Vejamos outros exemplos:



Agora são 3 H^+ reagindo com 1 OH^- formando 1 H_2O . Os dois H^+ que sobraram incorporam-se à estrutura do sal, que sempre respeita a ordem de cátion primeiro, ânion por último e a sobra no meio.

O nome do sal é:

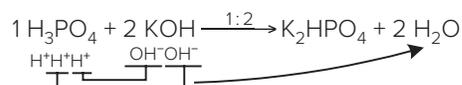
KH_2PO_4 – di-hidrogeno (orto) fosfato de potássio ou (orto) fosfato diácido de potássio.

! Atenção

Já que a proporção indica 2 K^+ , é obrigatório que você tenha 2 K^+ depois.

Os prefixos *mono*, *di*, *tri* só são válidos para indicar as sobras de H^+ ou de OH^- nos sais. Não vale para o resto.

Mas essa não é a única reação de neutralização parcial entre esses compostos. Veja que, na proporção de 1 para 2, respectivamente, ainda há a sobra de 1 H^+ . Equacionando:

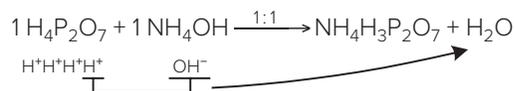


Observe que, agora, existem 3 H^+ para cada 2 OH^- e isso irá formar 2 H_2O . A sobra de 1 H^+ é alocada entre os dois potássios (cátions) e o (orto) fosfato (ânion).

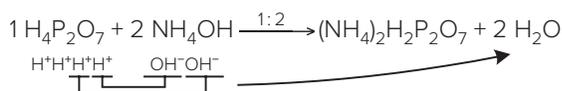
O nome do sal é:

K_2HPO_4 – (orto) fosfato ácido de potássio ou hidrogeno (orto) fosfato de potássio.

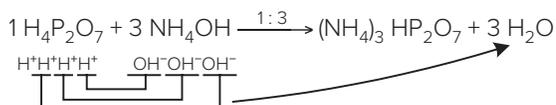
Agora, de maneira mais direta:



$NH_4H_3P_2O_7$ – tri-hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato triácido de amônio.



$(NH_4)_2H_2P_2O_7$ – di-hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato diácido de amônio.

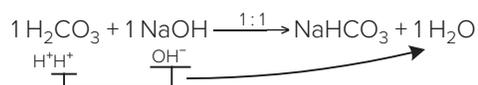


$(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$ – hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato ácido de amônio.

! Atenção

Não una os hidrogênios no NH_4^+ às sobras de H^+ . Estes são hidrogênios ionizáveis e, aqueles, não.

Existe uma reação de neutralização parcial que mostra a formação de um dos principais sais ácidos do uso cotidiano, como mostrado na equação a seguir:



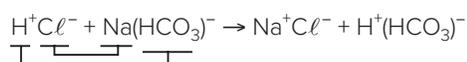
NaHCO_3 – hidrogeno-carbonato de sódio ou carbonato ácido de sódio.

Esse sal pode ainda receber um 3º nome: bicarbonato de sódio. Isso se deve ao fato de, genericamente, chamar-se o carbonato ácido de bicarbonato e o sulfato ácido de bissulfato. Essa regra não vale somente para quando o cátion é o Na^+ , mas também para todos os outros cátions.

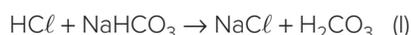
As aplicações do bicarbonato de sódio no cotidiano são inúmeras:

- como antiácido efervescente

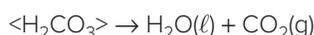
Apesar do bicarbonato de sódio ser classificado como sal ácido, ele é um composto que apresenta características tipicamente básicas, principalmente no que se refere à neutralização de ácidos, como mostra a equação abaixo.



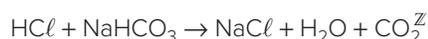
Continuando o mesmo raciocínio de equações anteriores, temos:



Mas, lembre-se: o ácido carbônico é muito instável e decompõe-se em água e gás carbônico com muita facilidade, de acordo com a equação:



Logo, a equação I pode ser escrita definitivamente como:

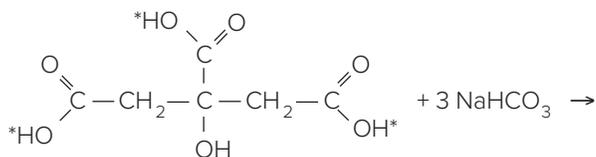


Genericamente, a equação entre um ácido e um bicarbonato pode ser escrita como:

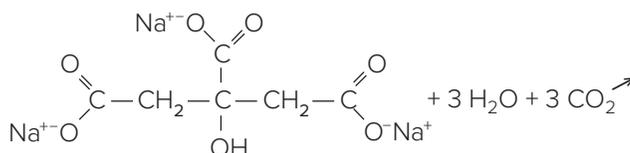


Pensemos então em um sal de frutas. Sua composição principal é bicarbonato de sódio e ácido cítrico, um ácido que vem de frutas cítricas como laranja e limão.

Observação: Os H^* são os hidrogênios ionizáveis.



(ácido cítrico, substância orgânica)

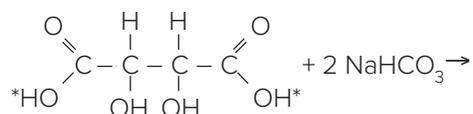


(citrato de sódio, sal de frutas)

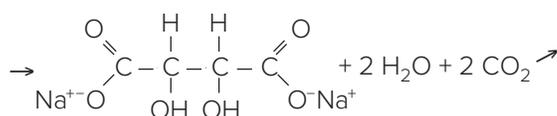
Agora, o nome “sal de frutas” deve parecer óbvio, já que o citrato de sódio formado é de fato um sal, proveniente de um ácido que, por sua vez, é proveniente de frutas. O poder antiácido dessa combinação de substâncias deve-se ao fato do bicarbonato de sódio neutralizar, além do ácido cítrico, o excesso de suco gástrico (HCl) que vem do estômago e vai para o esôfago. A efervescência é decorrência do gás carbônico formado quando a reação se inicia em solução aquosa.

- como fermento

O princípio básico é o mesmo da aplicação anterior, mas o ácido utilizado é um outro composto chamado de ácido tartárico. Veja:



(ácido tartárico)



(tartarato de sódio)

Aqui, o sal formado não é o princípio ativo do fermento, e sim o gás carbônico liberado durante a reação (mesmo fora do forno), que tem a capacidade de afofar e estufar a massa do pão ou do bolo. Para saber se já estufou o suficiente fora do forno, adota-se o seguinte procedimento:

- I. Toma-se uma pequena porção da massa, faz-se uma bola e joga-se a mesma em um copo-d'água. A pequena bola afunda, pois tem densidade maior que 1g/cm^3 (densidade da água).

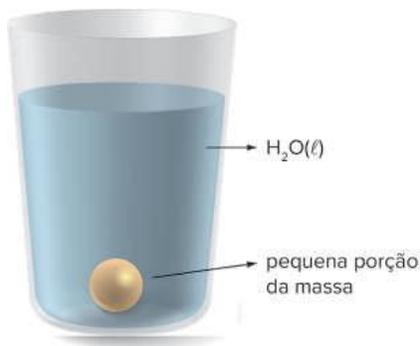


Fig. 4 Porção de massa de pão submersa em água.

II. A mesma reação que ocorre na massa do pão também ocorre na pequena porção de massa. Com a liberação de $\text{CO}_2(\text{g})$ dentro da porção, a sua massa permanece a mesma, o volume aumenta e, então, a densidade da massa diminui, fazendo com que fique menor que a da água. Com isso, a pequena bola sobe e é hora de colocar o pão para assar.

Porém, mesmo dentro do forno, o pão continua crescendo. Por quê?

Neste caso, o fenômeno é outro. Com o aquecimento, a sobra de bicarbonato de sódio no fermento sofre uma outra reação química, chamada de reação de decomposição, segundo a seguinte equação:



Com essa liberação extra de $\text{CO}_2(\text{g})$, a massa tende a crescer ainda mais no forno.

Observação: O símbolo Δ acima da seta indica que a reação química ocorre com aquecimento.

- como extintor de incêndio
Existem alguns tipos de extintores de incêndio, mas um deles é a base de CO_2 . Um extintor desse tipo pode ser esquematizado da seguinte forma:



Fig. 5 Configuração simplificada de um extintor de incêndio.

Note que, no caso dos extintores, ácido e bicarbonato de sódio estão em compartimentos separados. Isso ocorre para que a reação só se processe no momento certo.

Em caso de incêndio, o usuário deve virar o extintor de cabeça para baixo e, em seguida, endireitá-lo, para que ocorra a reação representada pela seguinte equação:

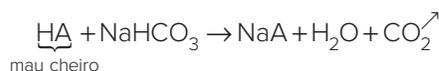


Uma espuma de CO_2 irá apagar o fogo, como mostra a equação anterior. Mas cuidado! As precauções escritas no extintor atentam para o fato de não se poder usá-lo na rede elétrica. Isso porque há também a formação do sal, que em solução aquosa se dissocia da seguinte forma:



Com isso, a solução é eletrolítica e, portanto, capaz de conduzir corrente elétrica.

- como desodorante
O mau cheiro produzido nas axilas é decorrente da exalação de um ácido orgânico razoavelmente volátil, que, por simplicidade, representaremos por HA. Com isso:

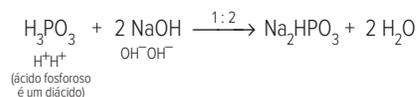


O bicarbonato de sódio é usado como desodorante principalmente em talcos.

É importante lembrar, ainda, que as pessoas que optam por fazer molho de tomate caseiro costumam disfarçar o sabor excessivamente ácido dos tomates adicionando açúcar. Entretanto, o açúcar apenas disfarça o sabor azedo, mas não o neutraliza. Para neutralizar o excesso de ácido, basta adicionar bicarbonato de sódio.

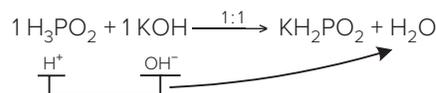
! Atenção

Há dois casos que podem confundir-lo!



O sal Na_2HPO_3 não é um sal ácido, pois o hidrogênio não é ionizável. É por isso que o nome dele não apresenta as palavras hidrogeno ou ácido. O nome do sal é fosfito de sódio.

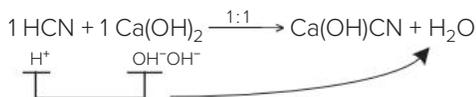
O mesmo ocorre com o H_3PO_2 , que é um monoácido. Veja:



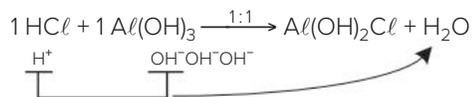
O sal formado é neutro, e não ácido, pois seus hidrogênios não são ionizáveis. O nome do sal é hipofosfito de potássio.

Mas, além de sobrar H^+ em um sal, também pode sobrar OH^- e o sal poderá ser chamado de sal básico ou de hidroxissal.

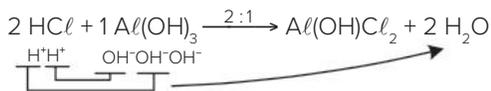
Observe os exemplos abaixo:



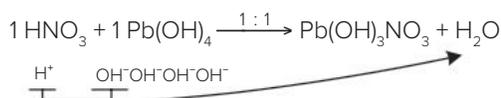
Ca(OH)CN – cianeto básico de cálcio ou hidroxicianeto de cálcio.



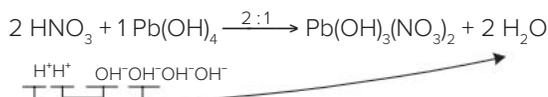
Al(OH)₂Cl – cloreto di-básico de alumínio ou di-hidroxicloreto de alumínio.



Al(OH)Cl – cloreto básico de alumínio ou hidroxicloreto de alumínio.



Pb(OH)₃NO₃ – nitrato tri-básico de chumbo IV (ou plúmbico) ou tri-hidroxinitrato de chumbo IV (ou plúmbico).

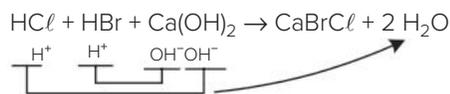


Pb(OH)₂(NO₃)₂ – nitrato di-básico de chumbo IV (ou plúmbico) ou di-hidroxinitrato de chumbo IV (ou plúmbico).

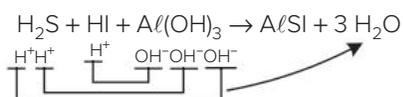
Sais duplos ou mistos

São sais provenientes da reação de neutralização entre dois ácidos e uma base ou um ácido e duas bases.

Com isso, um sal duplo ou misto tem, pelo menos, dois cátions ou dois ânions. Suponha que, em um copo de bquer, em vez de adicionarmos uma solução de um único ácido, podemos adicionar duas de ácidos diferentes. Veja alguns exemplos:

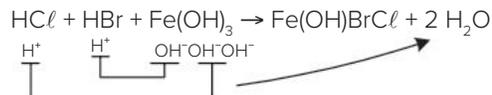


A IUPAC recomenda que os elementos e radicais sejam escritos em ordem crescente de eletronegatividade. Como o cálcio é o cátion, ele deve ser escrito primeiro. A maior dúvida é no caso dos ânions. Como o bromo é menos eletronegativo que o cloro, este deve ser escrito por último. No caso do nome, a IUPAC recomenda que se escreva o mesmo em ordem decrescente de eletronegatividade. Portanto, o nome correto desse sal duplo é cloreto-brometo de cálcio.



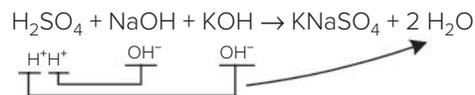
O iodo é mais eletronegativo que o enxofre, por isso é escrito por último. O nome do sal é iodeto-sulfeto de alumínio.

Um caso mais raro é da formação de um sal duplo ácido ou básico, mas nada impede que isso ocorra, como mostrado a seguir:

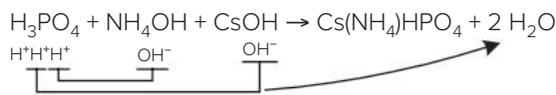


Fe(OH)BrCl – cloreto-brometo básico de ferro III (ou férrico).

Os sais duplos também podem ter dois cátions em vez de dois ânions. Veja:



O potássio foi escrito primeiramente porque é mais eletropositivo que o sódio. Então, o nome do sal é sulfato duplo de potássio e sódio. A palavra duplo é sempre utilizada para sais com dois cátions.



Cs(NH₄)HPO₄ – (orto) fosfato ácido duplo de amônio e céσιο ou hidrogeno (orto) fosfato duplo de amônio e céσιο.

Existe, ainda, uma outra maneira de formarmos sais duplos ou mistos, que não seja pela reação entre dois ácidos e uma base ou vice-versa. Quando há dois sais em solução aquosa, evapora-se a água, eles sofrem o processo de cristalização simultaneamente, podendo formar um único sal duplo. Por exemplo:



Fig. 6 Formação de sal duplo por evaporação do solvente.

Em um caso muito particular e importante, podemos ter uma solução aquosa de K₂SO₄ e Al₂(SO₄)₃. Quando a água evapora e os dois sais cristalizam, forma-se um sal duplo ou misto, de fórmula KAl(SO₄)₂, chamado de sulfato duplo de alumínio e potássio.

Todavia, esse sal e mais um pequeno grupo de outros sais apresentam uma propriedade importante chamada de higroscopia. Graças a essa propriedade, este e outros sais são capazes de incorporar água (até mesmo da umidade do ar) à sua própria estrutura. O número de moléculas de água incorporadas varia de sal para sal. No caso do

$KAl(SO_4)_2$, este é capaz de incorporar doze moléculas de água, tornando-se $KAlSO_4 \cdot 12 H_2O$ e passa a ser chamado de sulfato duplo de alumínio e potássio dodeca-hidratado, mas é muito mais conhecido como alúmen. Esses sais capazes de incorporar água à sua estrutura são chamados também de sais hidratados.

Observação: A palavra “higroscópio” indica grande afinidade com a água.

Veja mais alguns exemplos:

$Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ – sulfato de sódio deca-hidratado.

$CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ – sulfato de cobre II (ou cúprico) penta-hidratado.

$CaCl_2 \cdot 2 H_2O$ – cloreto de cálcio di-hidratado.

$CaCl_2 \cdot 4 H_2O$ – cloreto de cálcio tetra-hidratado.

É importante salientar que os sais anidros (sem água) e seus respectivos sais hidratados apresentam propriedades completamente diferentes, inclusive no aspecto.

Solubilidade e dissociação dos sais

Os sais, como já vimos, são compostos iônicos e, por isso, apresentam altos pontos de fusão e de ebulição. Além disso, todos eles se dissociam em solução aquosa, uns mais e outros bem menos. A capacidade de dissociação de um sal está intimamente relacionada à sua solubilidade em água, já que um grupo bastante grande deles é praticamente insolúvel nesse solvente. Quando isso ocorre, apesar do sal solubilizado sofrer dissociação, a quantidade de íons livres presentes é praticamente insignificante, o que torna essas substâncias eletrólitos fracos. Neste caso, na experiência da lâmpada apresentada no capítulo anterior, ela acenderia com uma intensidade muito baixa, já que a maior parte do sal está no estado sólido e, portanto, seus íons presos são incapazes de conduzir corrente eletrolítica.

Para saber quais são os sais praticamente insolúveis em água, não há regras simples. Deve-se adicionar cada um deles em um béquer com água e analisar a sua respectiva solubilidade. É um trabalho penoso e cansativo, e mesmo impossível de ser realizado por um pequeno grupo de pessoas. Portanto, reuniram-se essas informações em *handbooks*, que são livros com o valor de solubilidade de diversos sais (os valores de solubilidade de substâncias salinas e outras serão analisados no próximo capítulo desta mesma frente). Todavia, se formos analisar de forma geral, podemos encontrar algumas regras e suas principais exceções.

Porém, é importante salientar que esse conjunto de regras é válido para a temperatura ambiente, já que a solubilidade de um sal varia com a temperatura.

- Todos os sais com cátions da família 1A (grupo I) e NH_4^+ são solúveis.
- Todos os sais em que o ânion for nitrato (NO_3^-), clorato (ClO_3^-), ou acetato (CH_3COO^-) são solúveis.
- Praticamente todos os sais de cloretos (Cl^-), brometos (Br^-) e iodetos (I^-) são solúveis, exceto quando o cátion for Ag^+ , Pb^{2+} e Hg^{2+} . Sais como $AgCl$ (precipitado branco) e PbI_2 (precipitado amarelo) são, praticamente, insolúveis.
- Praticamente todos os sais de sulfatos (SO_4^{2-}) são solúveis, exceto quando o cátion for Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} e Pb^{2+} .
- Praticamente todos os sais de sulfetos (S^{2-}) são quase totalmente insolúveis, menos para os cátions das famílias 1A, 2A e o NH_4^+ que tornam o íon sulfeto solúvel.
- Praticamente todos os sais formados pelos demais ânions são quase totalmente insolúveis, excetuando-se evidentemente aqueles em que os cátions são da família 1A ou o NH_4^+ .

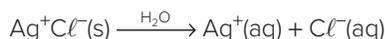
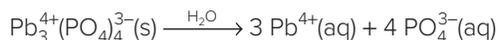
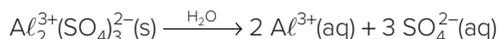
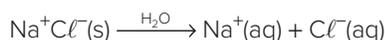
Todavia, como já dissemos, essa é uma regra generalizada, em que existe ainda um grande número de exceções. Vale salientar, ainda, que o entendimento desses dados é de fundamental importância para o estudo das reações de dupla troca, a ser visto futuramente, nesta mesma frente. Para que você memorize com bastante facilidade, a seguinte tabela o ajudará:

Ânions	Regra geral	Exceções
NO_3^- , ClO_3^- , CH_3COO^-	solúveis	—
Cl^- , Br^- , I^-	solúveis	Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}
SO_4^{2-}	solúveis	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}
S^{2-}	insolúveis	1A, 2A e NH_4^+
demais	insolúveis	1A e NH_4^+

Tab. 2 Tabela de solubilidade de sais em água, à temperatura ambiente.

Com relação à dissociação dos sais, quando em solução aquosa, o princípio é o mesmo da dissociação das bases.

Veja alguns exemplos:



Uso cotidiano dos principais sais

Sal	Ocorrência e/ou uso
NaCl	Encontrado dissolvido nos mares e em jazidas de sal-gema; é o principal componente do sal de cozinha usado como tempero. Serve também como conservante de alimentos e já foi usado, na Antiguidade, como moeda, tal seu valor. Pelas leis brasileiras, deve ser vendido com iodo, para evitar problemas de tireoide.
NaNO_3	Conhecido como salitre do Chile, é usado na ração animal e na confecção do explosivo pólvora.
KNO_3	Utilizado na fabricação de explosivos em geral e, por isso, sua venda é controlada pelas Forças Armadas.
NaCN	Sal extremamente venenoso. Pode matar uma pessoa, mesmo se ingerido em pequeníssimas quantidades.
$\text{NaF}/$ SnF_2 $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$	Utilizados como aditivo em cremes dentais para fortalecer a hidroxiapatita do dente, transformando-a em flúor-hidroxiapatita, muito mais resistente à ação de cáries. Muitos leigos acreditam que o aditivo seja apenas flúor (F_2), mas esta substância é, na realidade, um gás amarelo, tóxico e altamente explosivo em contato com a água. O verdadeiro aditivo é o fluoreto (F^-).
CaCO_3	Encontrado em jazidas de calcário, é um sal que pode ser utilizado na construção civil, e como corretor de acidez excessiva do solo. Quando encontrado bem compactado, como na cidade de Carrara, na Itália, pode ser usado como mármore, para pias de cozinha e de banheiro.
$\text{CaSO}_4/$ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Sais utilizados como matéria-prima de gessos para imobilizar membros fraturados ou rebaixar tetos em construção civil. É encontrado em jazidas de gipsita.
$\text{AgCl}/$ AgBr	Sal praticamente insolúvel em água. Serve para fabricação de espelhos, de filmes e papel para revelação em fotos preto e branco, na fabricação de lentes fotocromáticas e pode ser utilizado na fabricação de soluções bucais para aqueles que desejam parar de fumar, pois, na presença da fumaça de cigarro, produz um sabor amargo e nauseante.
Na_2SO_4	Também conhecido como sal de Glauber; é utilizado e ingerido por pacientes com o intestino preso. As substâncias que possuem essa propriedade são chamadas de laxantes.
MgSO_4	Sal de sabor extremamente amargo; é encontrado na água do mar e constitui uma das principais impurezas do sal de cozinha, antes de purificá-lo. Também é usado como laxante.
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Sal utilizado como fertilizante e uma das principais substâncias que participam da formação de pedras nos rins. Um dos grandes constituintes de ossos e dentes.
NaClO	Utilizado como desinfetante e alvejante em água sanitária ou água de lavadeira.
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Sal utilizado como corretor de pH em piscinas, para tornar a água mais ácida. Também chamado, tecnicamente, de pH^- . Usado como floculador em estações de tratamento de água.
Na_2CO_3	Também utilizado como corretor de pH em piscinas, mas torna a água alcalina; por isso, também é chamado, tecnicamente, de pH^+ .
Li_2CO_3	Utilizado em remédios para o tratamento de distúrbios mentais e depressões.
BaSO_4	Sal que melhora a imagem de radiografias por permitir um melhor contraste.

Tab. 3 Descrições dos principais sais.

Óxidos

Definição, formulação e nomenclatura

Óxidos são compostos binários em que o oxigênio é sempre o elemento químico mais eletronegativo.

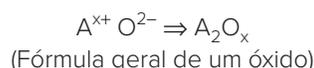
Entende-se por compostos binários aqueles que possuem dois elementos. Por ternários, três elementos; e por quaternários, quatro elementos.

Portanto, além do oxigênio em um óxido, existe um outro elemento químico que chamaremos, genericamente, de **A** que, por sua vez, terá carga +x. Certamente que a carga de **A** é positiva, já que em um óxido, o oxigênio sempre terá carga negativa. Esse elemento **A** pode ser um metal ou um ametal. No caso de **A** ser metal, a ligação entre **A** e o oxigênio

é iônica, e o óxido será iônico e certamente sólido. Se **A** for ametal, a ligação entre **A** e o oxigênio é covalente e, portanto, o óxido será molecular, podendo ser sólido, líquido ou gasoso. Por exemplo:

- o composto SO_2 é binário, e o elemento mais eletronegativo é o oxigênio (portanto, o composto é um óxido). Como o elemento genérico **A** é o enxofre (um ametal), este é um óxido molecular.
- o composto FeO é binário, e o elemento mais eletronegativo é o oxigênio (portanto, o composto também é um óxido). Como o elemento genérico **A** é o ferro (um metal), este é um óxido iônico.
- o composto OF_2 é binário. Mas, neste caso, o elemento químico mais eletronegativo é o flúor e, portanto, esta substância *não* é um óxido.

Entretanto, seja o elemento **A** genérico um metal ou um ametal, os óxidos podem sempre ser representados da seguinte forma:



Para se dar nome aos óxidos, a regra mais utilizada é a seguinte:

- quando o elemento **A** for um metal (e, portanto, o óxido for iônico), dá-se a palavra *óxido*, a preposição *de* e o nome do metal. Se o metal puder formar dois óxidos diferentes, coloca-se o Nox do metal em romanos ou utilizam-se as terminações *ico* e *oso*, como no caso das bases ou hidróxidos. Esquemáticamente, temos:

óxido de + nome do metal + $\underbrace{\text{Nox em romanos ou } \begin{matrix} \text{ico} \\ \text{oso} \end{matrix}}_{\text{se necessário}}$

- quando o elemento **A** for um ametal (e, portanto, o óxido for molecular), utilizam-se os prefixos *mono*, *di*, *tri*, *tetra*, *penta* etc. para indicar o número de átomos do elemento **A** e também do oxigênio. O prefixo *mono* pode ser omitido.

Esquemáticamente, temos:

Mono	—	Mono	—
di	óxido de	di	nome do elemento A
tri	—	tri	—
⋮	—	⋮	—

Tab. 4 Prefixo dos óxidos.

Todavia, muitos vestibulares aplicam a 2ª regra em todos os casos e você não deve estranhar isso. A melhor tática é dar nomes pelas regras acima e, quando ler um nome, aplicar a regra mais conveniente para descobrir a fórmula do composto.

Apliquemos as regras nos exemplos a seguir:

- Fe_2O_3 — óxido de ferro III (ou férrico)
- FeO — óxido de ferro II (ou ferroso)
- Al_2O_3 — óxido de alumínio
- Na_2O — óxido de sódio
- CaO — óxido de cálcio
- Cu_2O — óxido de cobre I (ou cuproso)

- CuO — óxido de cobre II (ou cúprico)
- CO — monóxido de carbono
- CO_2 — dióxido de carbono
- N_2O_3 — trióxido de dinitrogênio
- N_2O_5 — pentóxido de dinitrogênio
- SO_3 — trióxido de enxofre
- SO_2 — dióxido de enxofre
- N_2O_4 — tetróxido de dinitrogênio

Outras nomenclaturas possíveis são:

- Fe_2O_3 — trióxido de diferro
- Pb_3O_4 — tetróxido de trichumbo
- Cr_2O_3 — trióxido de dicromo

Ainda sobre os óxidos, devemos salientar que são compostos de propriedades muito variadas, pois existem os moleculares e também os iônicos. Alguns são excelentes eletrólitos, outros nem tanto. Alguns são sólidos, outros são líquidos e outros são gasosos. Uns são extremamente estáveis, outros chegam a explodir devido às suas instabilidades. Como não há propriedades gerais para os óxidos, costuma-se dividi-los em 7 grupos menores, cada grupo com características mais peculiares. São eles:

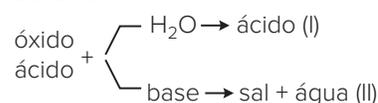
- óxidos ácidos
- óxidos básicos
- óxidos anfóteros
- óxidos neutros
- óxidos duplos
- peróxidos
- superóxidos

Devemos ter cuidado com a nomenclatura, pois cada um desses grupos ainda reserva uma regra particular.

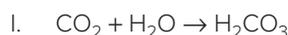
Óxidos ácidos

São óxidos formados por ametais ou até mesmo metais de carga (Nox) maior que +5, que quando reagem com água geram ácidos e quando reagem com bases geram sal e água.

Esquemáticamente:



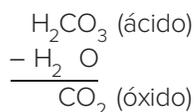
Vejamos alguns exemplos das equações do tipo (I):



(reação com rendimento baixo)

Note que o elemento genérico **A** é um ametal (carbono) e, portanto, o óxido é ácido. Mas, a partir do óxido, como saber qual a fórmula do ácido formado? Muitos autores sugerem que você descubra pela carga do elemento **A**, que não deve mudar. Na realidade, essa regra não ajuda muito. Existe uma regra prática bem mais simples: some todos os átomos dos reagentes, que você irá obter o ácido correto nos produtos. No caso acima, temos dois hidrogênios antes, então escreva dois hidrogênios depois; temos um carbono antes, então escreva um carbono depois; temos três oxigênios antes, então escreva três oxigênios depois.

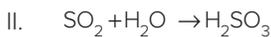
Agora, verificaremos o seguinte:



Um óxido ácido é, na verdade, um ácido desidratado, sem água. A palavra em Química que designa um composto desidratado ou sem água é anidro ou anidrido.

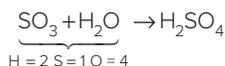
Graças a este fato, o CO_2 pode ter os seguintes nomes:

- dióxido de carbono (regra geral);
- anidrido carbônico (regra particular dos óxidos ácidos, em que se escreve anidrido + nome do ácido formado);
- gás carbônico (nome usual).



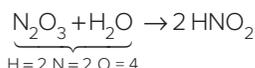
$$\text{H}=2 \text{ S}=1 \text{ O}=3$$

- SO_2 – dióxido de enxofre
– anidrido sulfuroso



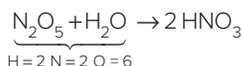
- SO_3 – trióxido de enxofre
– anidrido sulfúrico

Note que as três equações anteriores são as formadoras de chuva ácida, como visto no texto complementar do capítulo anterior desta mesma frente. As duas a seguir também causam esse grave problema ambiental.



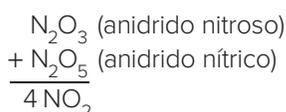
- N_2O_3 – trióxido de dinitrogênio
– anidrido nitroso

Veja que todos os números são pares e podem ser simplificados por 2, que será o coeficiente do ácido para balancear a equação.



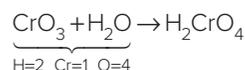
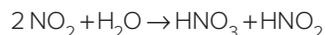
- N_2O_5 – pentóxido de dinitrogênio
– anidrido nítrico

Observe este caso bem particular:

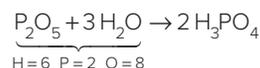
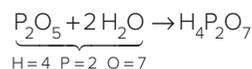
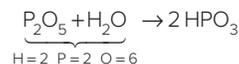


(Esse anidrido é chamado de dióxido de nitrogênio ou anidrido nitroso-nítrico.)

Inclusive, esse óxido também tem a capacidade de formar os dois ácidos simultaneamente, pela reação que pode ser representada pela equação a seguir.



CrO_3 – anidrido crômico (metal com carga alta)

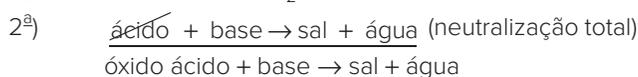


Lembre-se de que os ácidos fosfóricos possuem diferentes graus de hidratação.

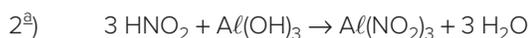
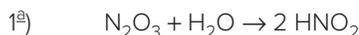
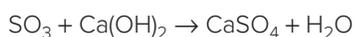
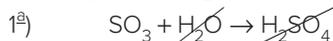
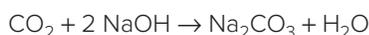
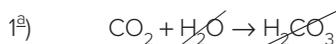
Portanto, um mesmo óxido de fósforo pode originar três ácidos diferentes.

P_2O_5 – pentóxido de difósforo
anidrido fosfórico

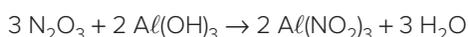
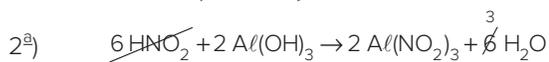
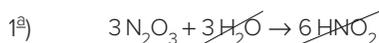
Para fazermos as equações do tipo (II), basta dividir o problema em duas partes:

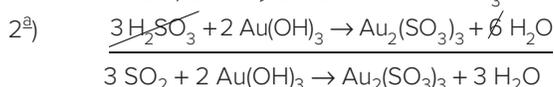
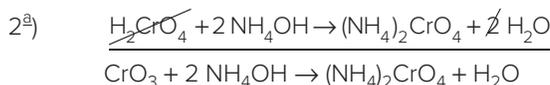
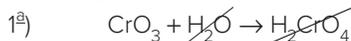
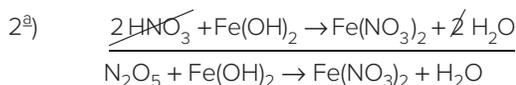
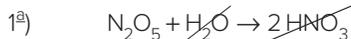


Mas lembre-se: as reações devem ser consecutivas para que o ácido seja cancelado.



Para que as reações se tornem consecutivas, devemos multiplicar a primeira por 3 e a segunda por 2. Com isso:

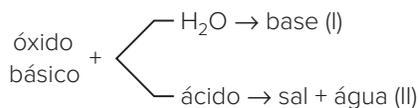




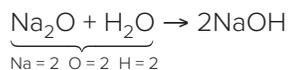
Óxidos básicos

São aqueles formados por metais que quando reagem com água formam hidróxidos e quando reagem com ácidos geram sal e água.

Esquemáticamente:

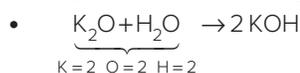


As regras práticas são idênticas às dos óxidos ácidos, tanto para as equações do tipo (I) quanto para as equações do tipo (II). Veja:

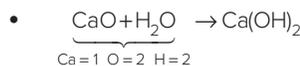


Na₂O – óxido de sódio

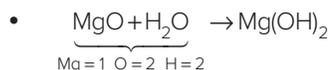
Observe que, nesse caso, a palavra anidrido não faz sentido, já que hidróxido indica óxido com água e a palavra óxido já indica a falta de água.



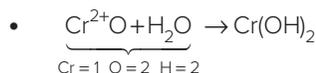
K₂O – óxido de potássio



CaO – óxido de cálcio (regra geral)
– cal viva, cal virgem (nomes usuais)

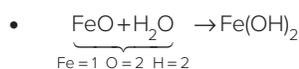


MgO – óxido de magnésio

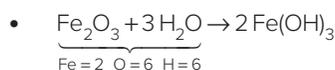


CrO – óxido de cromo II

Observe que, neste caso, a carga do cromo é baixa (+2).

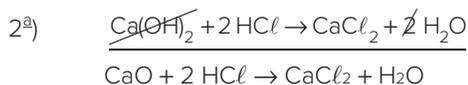
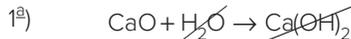
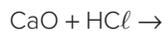


FeO – óxido de ferro II (ou ferroso)

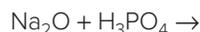


Fe₂O₃ – óxido de ferro III (ou férrico)

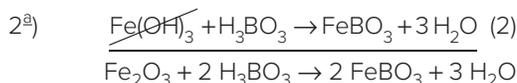
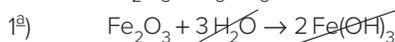
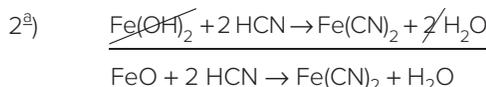
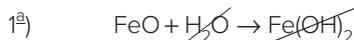
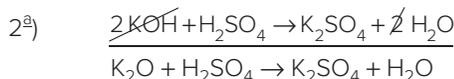
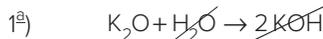
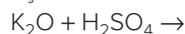
Vamos às equações do tipo (II):



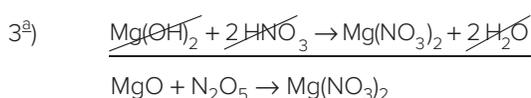
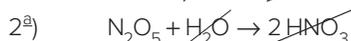
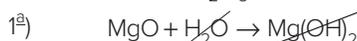
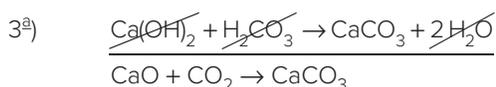
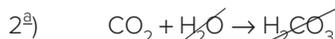
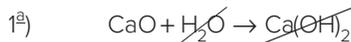
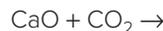
Essa é a reação pela qual a cal virgem corrige a acidez excessiva dos solos.



As reações devem ser consecutivas.

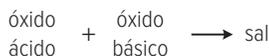


Mas óxidos ácidos também podem reagir com óxidos básicos, como mostrado nos exemplos a seguir:



! Atenção

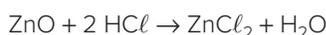
Generalizando:



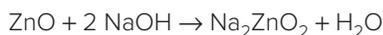
Óxidos anfóteros

São aqueles que ora se comportam como óxidos ácidos, ora como óxidos básicos.

São os óxidos de alumínio (Al_2O_3), de zinco (ZnO) e de alguns metais de transição como Cr e Mn, mas os dois primeiros são os mais importantes. Veja o comportamento através das equações abaixo:



Observe que frente a um ácido, o óxido anfótero ZnO assume o papel de óxido básico.



E frente a uma base, o mesmo óxido assume o papel de óxido ácido.

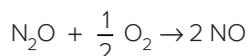
Portanto, um óxido anfótero sempre assume o papel contrário ao do composto com quem reage.

Observação: A palavra “anfi” significa duplo, indicando este tipo de comportamento nestes óxidos.

Óxidos neutros ou indiferentes

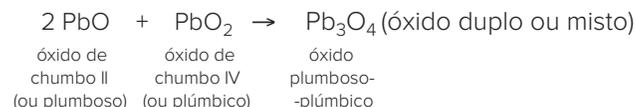
São aqueles que não reagem com ácidos, bases nem com água. Só existem três:

- NO – monóxido de nitrogênio
- N_2O – monóxido de dinitrogênio, também conhecido como gás hilariante, pois, se inalado, faz com que a pessoa ria de maneira eufórica e estridente.
- CO – monóxido de carbono, que é um gás extremamente tóxico. Isso ocorre porque esse composto tem 210 vezes mais afinidade química com a molécula de hemoglobina do que o próprio gás oxigênio. Portanto, a formação de carboxi-hemoglobina é mais favorecida que a formação de oxi-hemoglobina. Com isso, o transporte de oxigênio pelo organismo diminui sensivelmente, podendo levar o indivíduo a sentir sintomas como dor de cabeça, náusea, inconsciência, coma ou até o levar à morte. Há relatos de casos em que pessoas morreram por permanecerem em garagens fechadas com o carro ligado. É importante salientar que esse gás é proveniente, principalmente, da queima incompleta de combustíveis, como a gasolina e o diesel e, por isso, que em caso de congestionamento em túneis, os carros devem ter seus motores desligados. Todavia, isso não significa que óxidos neutros não reajam, já que a queima dos três é uma reação bastante comum. Veja um exemplo:



Óxidos duplos ou mistos

São aqueles provenientes da cristalização conjunta de dois outros óxidos. Veja:



Quando reagimos esses óxidos com ácidos, devemos ter sempre a formação de dois sais, um com o cátion de carga menor e o outro com o cátion de carga maior. Observe o exemplo:



Peróxidos

São óxidos que apresentam o grupo O_2^{2-} ou apresentam o Nox médio do oxigênio como -1 .

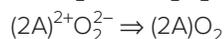
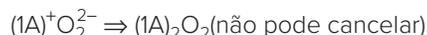
O radical O_2^{2-} tem a seguinte fórmula estrutural:



! Atenção

Não existe o grupo O^- e, portanto, o índice e a carga de um peróxido jamais podem ser cancelados.

Os peróxidos têm como elemento genérico **A** o hidrogênio, os metais alcalinos (1A) e os metais alcalinoterrosos (2A). Portanto, sua formulação pode ser dada por:



! Atenção

A nomenclatura é simples:
peróxido de + nome do elemento A.

Veja alguns exemplos:

H_2O_2 – peróxido de hidrogênio

Na_2O_2 – peróxido de sódio

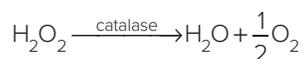
K_2O_2 – peróxido de potássio

MgO_2 – peróxido de magnésio

CaO_2 – peróxido de cálcio

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um composto importante, pois, quando praticamente puro, é um poderoso explosivo e, quando dissolvido em H_2O , é chamado de água oxigenada. Por ser um composto bastante instável (como os outros peróxidos), decompõe-se com tanta facilidade que a simples exposição à luz pode destruí-lo. Por isso, os frascos de água oxigenada são opacos. Também servem para descolorir pelos e cabelos, mas é utilizada principalmente como desinfetante em cortes ou feridas.

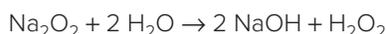
Quando em contato com o sangue, a enzima catalase decompõe a água oxigenada, segundo a reação representada pela seguinte equação:



A liberação em alta velocidade do gás oxigênio produz uma espuma branca e dá um aspecto de fervura. Por ser riquíssima em O_2 , a espuma elimina a ação das bactérias anaeróbicas.

Mas o que significa a volumagem (10 V, 20 V, 30 V, 40 V) da água oxigenada? É simples. Se 1 L de uma determinada água oxigenada é decomposta totalmente em água e gás oxigênio, o gás é recolhido e o seu volume é medido nas CNTP. Se o volume for de 10 L, a água oxigenada é chamada de 10 V; se o volume recolhido for de 20 L, a água oxigenada é de 20 V, e assim por diante.

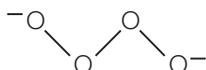
A água oxigenada pode ser obtida a partir da reação representada pela seguinte equação:



Superóxidos

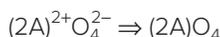
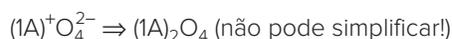
São óxidos que possuem o grupo O_4^{2-} ou apresentam o Nox médio do oxigênio como $\frac{-1}{2}$.

O radical O_4^{2-} tem a seguinte fórmula estrutural:



Como no caso dos peróxidos, o índice do radical e a sua carga não podem jamais ser simplificados.

Os superóxidos também são formados por elementos das famílias 1A e 2A da tabela periódica. Portanto, sua formulação é:



Veja alguns exemplos:

Na_2O_4 – superóxido de sódio

K_2O_4 – superóxido de potássio

MgO_4 – superóxido de magnésio

CaO_4 – superóxido de cálcio

É importante salientar que os superóxidos são compostos extremamente instáveis, e por isso não os encontramos na natureza.

Uso cotidiano dos principais óxidos

Óxido	Uso e/ou origem
CaO	Pode ser obtido a partir da decomposição térmica do calcário. É utilizado como cal na construção civil e também como corretor da acidez excessiva dos solos.
Fe_2O_3	Chamado de hematita; constitui a principal fonte de ferro para o ser humano. É um dos constituintes da ferrugem.
Fe_3O_4	Chamado de magnetita; é o principal constituinte dos ímãs.
Pb_3O_4	Chamado de zarcão, serve para isolar grades de ferro do ar atmosférico, com o intuito de bloquear o processo de formação da ferrugem.
ZnO	É utilizado como componente ativo das pomadas para tratamento da acne.
SO_2/SO_3	Produtos lançados na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis que geram chuva ácida.
Al_2O_3	Principal produto do minério bauxita. Quando vem com impurezas de cromo, adquire uma bela coloração vermelha e passa a ser chamada de rubi. É a principal fonte do metal alumínio.

Tab. 5 Descrição dos principais óxidos.

Saiba mais

Demais funções inorgânicas

Existem muitas outras funções inorgânicas menores e menos importantes que as quatro estudadas anteriormente. Mas somente duas merecem menção:

Hidretos

São compostos binários em que o hidrogênio (H^-) é o elemento mais eletronegativo.

NaH – hidreto de sódio

MgH_2 – hidreto de magnésio

AlH_3 – hidreto de alumínio

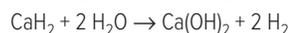
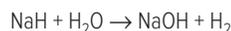
Carbetos

São compostos binários em que um dos elementos é o carbono.

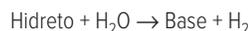
CaC_2 – carbetos de cálcio

Al_4C_3 – carbetos de alumínio

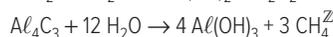
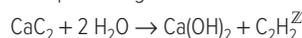
Hidretos e carbetos reagem com água. Veja:



No caso dos hidretos, como mostrado acima, a reação é de dupla troca e pode ser generalizada segundo a equação:



No caso dos carbetos, a reação também é de dupla troca. Observe nos exemplos a seguir:



- 1 UFF (Adapt.)** Até os dias de hoje, e em muitos lares, a dona de casa faz uso de um sal vendido comercialmente em solução aquosa com o nome de água sanitária ou água de lavadeira. Esse produto possui efeito bactericida, fungicida e alvejante. A fabricação dessa substância se faz por meio da seguinte reação:



Considerando a reação apresentada, como são denominados os sais formados pelas espécies A e B, respectivamente?

- 2 Uerj (Adapt.)** O consumo inadequado de hortaliças pode provocar sérios danos à saúde humana. Assim, recomenda-se, após lavar as hortaliças em grande quantidade de água, imergi-las nesta sequência de soluções aquosas:
- hipoclorito de sódio;
 - vinagre;
 - bicarbonato de sódio.
- Qual a função química de cada composto e seu componente principal?

- 3 Uerj (Adapt.)** Emissões de gases do tipo SO_x na atmosfera causam vários danos ambientais. Na agricultura, um desses danos é tornar o solo inadequado para o plantio, devido a compostos formados pela reação desses gases com a água da chuva. Explique por que a adição de CaCO_3 resolve o problema.

- 4 PUC-Minas (Adapt.)** Para se descascarem facilmente camarões, uma boa alternativa é fervê-los rapidamente em água contendo suco de limão. Sabendo-se que a casca de camarão possui carbonato de cálcio, é provável que o suco de limão possa ser substituído pelos seguintes produtos, exceto:
- A vinagre.
 - B suco de laranja.
 - C ácido ascórbico (vitamina C).
 - D bicarbonato de sódio.
- Após escolher a alternativa correta, explique por que, através de argumentos químicos, essa opção não somente não é válida como agiria em sentido oposto ao do suco de limão.

- 5 Unesp** Um dos métodos que tem sido sugerido para a redução do teor de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, consiste em injetá-lo em estado líquido no fundo do oceano. Um dos inconvenientes deste método seria a acidificação da água do mar, o que poderia provocar desequilíbrios ecológicos consideráveis. Explique, através de equações químicas balanceadas, por que isto ocorreria e qual o seu efeito sobre os esqueletos de corais, constituídos por carbonato de cálcio.

- 6 PUC-SP (Adapt.)** O elemento X forma com o oxigênio um óxido básico de fórmula XO, enquanto o elemento J forma com o oxigênio um óxido ácido de fórmula J₂O. Qual é o composto formado pelos elementos X e J?

Exercícios propostos

1 UEPG 2018 Sobre os compostos puros cloreto de potássio e cloreto de hidrogênio, assinale o que for correto.

- 01 A fórmula química do cloreto de potássio é KCl e do cloreto de hidrogênio é HCl .
- 02 O cloreto de potássio é um sal, enquanto que o cloreto de hidrogênio é um ácido.
- 04 Tanto o cloreto de potássio como o cloreto de hidrogênio formam íons em solução aquosa.
- 08 Ambos os compostos apresentam ligação iônica entre seus átomos.

Soma:

2 IFSul 2019 Ao nosso redor, existe uma infinidade de sais que fazem parte dos mais variados materiais encontrados em nossa casa. Relacione os sais que estão presentes em cada um dos produtos utilizados no cotidiano:

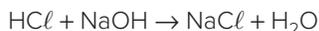
1. Cloreto de sódio – $NaCl$
2. Bicarbonato de sódio - $NaHCO_3$
3. Hipoclorito de sódio – $NaClO$
4. Carbonato de cálcio – $CaCO_3$

- Antiácido estomacal
- Água sanitária
- Sal de cozinha
- Calcário, mármore

A sequência numérica, representada de cima para baixo, é

- A 4, 1, 3, 2
- B 2, 1, 3, 4
- C 2, 3, 1, 4
- D 1, 2, 4, 3

3 Imed 2015 Analise a reação abaixo:



Pela Teoria de Arrhenius, HCl , $NaOH$ e $NaCl$ são classificados, respectivamente, como:

- A Ácido, base e sal.
- B Ácido, ácido e base.
- C Base, ácido e sal.
- D Base, sal e ácido.
- E Base, ácido e ácido.

4 Udesc Alguns sais inorgânicos são utilizados na medicina no tratamento de doenças, são exemplos disso o bicarbonato de sódio como antiácido, o carbonato de amônio como expectorante, o permanganato de potássio como antimicrobiano e o nitrato de potássio como diurético.

Assinale a alternativa que contém a fórmula química desses sais, respectivamente.

- A Na_2CO_3 , $(NH_4)_2CO_3$, $KMnO_4$ e KNO_3
- B $NaHCO_3$, $(NH_4)_2CO_3$, $KMnO_4$ e KNO_3
- C $NaHCO_3$, $(NH_4)_2CO_3$, $KMnO_4$ e K_2NO_3
- D $NaHCO_3$, NH_4CO_3 , $KMnO_4$ e KNO_3
- E Na_2CO_3 , NH_4CO_3 , $KMnO_4$ e K_2NO_3

5 Mackenzie 2016 Alguns produtos comercializados no mercado têm como principais componentes substâncias inorgânicas, nas quais o elemento químico sódio encontra-se presente. Na tabela abaixo, segue a relação de algumas dessas substâncias.

Produtos comercializados	Substâncias inorgânicas
Água sanitária	Hipoclorito de sódio
Desentupidores de pia	Hidróxido de sódio
Sal de cozinha	Cloreto de sódio
Fermento químico	Hidrogenocarbonato de sódio
Creme dental	Fluoreto de sódio

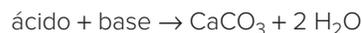
Assinale a alternativa na qual encontram-se as fórmulas químicas das substâncias inorgânicas presentes nos produtos comercializados, na ordem que aparecem na tabela, de cima para baixo.

- A $NaHClO$, $NaOH$, $NaClO$, $NaHCO_3$ e NaF .
- B $NaClO$, $NaOH$, $NaCl$, $NaHCO_3$ e NaF .
- C $NaHClO$, $NaCl$, $NaOH$, $NaHCO_2$ e Na_2F .
- D $NaClO$, $NaHO$, $NaCl$, $NaHCO_4$ e Na_2F .
- E $NaHClO$, $NaHO$, $NaCl$, $NaHCO_3$ e NaF_2 .

6 Vunesp Escreva as fórmulas químicas e os respectivos nomes de quatro sais diferentes formados por cátions de metais alcalino-terrosos e ânions contendo enxofre e oxigênio.

7 UFRJ O cálcio é um elemento que está presente em organismos vivos sob a forma de diversos compostos. Os ossos e os dentes, por exemplo, contêm sais de cálcio, tais como fosfato de cálcio e a hidroxiapatita; as conchas de animais marinhos contêm carbonato de cálcio.

a) O carbonato de cálcio pode ser obtido através de uma reação de neutralização como a esquematizada a seguir:



Calcule a massa de carbonato de cálcio formada quando 12,4 g do ácido são consumidos.

b) A hidroxiapatita (hidroxifosfato de cálcio) tem a seguinte fórmula química: $Ca_x(PO_4)_3 OH$. Determine x.

Dados: Massas molares (g/mol) Ca = 40, C = 12, O = 16, H = 1.

Dica para questão 7: No item b, a soma de todos os Nox deve ser nula.

8 UFV Considere a reação de neutralização total entre o ácido fosfórico e o hidróxido de cálcio.

a) Complete a equação da reação com as fórmulas dos reagentes:



- b) Dê o nome do sal formado na reação.
c) Escreva a equação balanceada da reação representada no item a.
d) O termo massa molecular é usado para substâncias moleculares. Para substâncias iônicas como $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, o nome mais apropriado é massa-fórmula. Calcule a massa-fórmula do $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
e) Qual o tipo de ligação química existente na molécula de água (H_2O)?

▶ **Dados:** Ca = 40 u; P = 31 u; O = 16 u.

9 UFJF 2017 Sais inorgânicos constituídos por cátions e ânions de carga unitária dissociam-se quase completamente, já sais contendo cátions e ânions com uma carga ≥ 2 estão muito menos dissociados. Com base nessa informação, marque a alternativa na qual está o sal cuja solução deve apresentar a maior quantidade de íon metálico livre.

- A Fluoreto de magnésio.
B Sulfato de sódio.
C Nitrato de alumínio.
D Cloreto de potássio.
E Fosfato de lítio.

10 Fuvest Responda:

- a) Dê os nomes dos compostos representados pelas fórmulas H_2SO_4 e NH_3 .
b) Escreva a equação da reação entre esses compostos e dê o nome do sal formado.

11 Fuvest KClO_3 e NaHCO_3 , compostos sólidos à temperatura ambiente, quando aquecidos se decompõem liberando gases.

- a) Descreva testes que ajudem a identificar, em cada caso, o gás liberado.
b) Faça um esquema da aparelhagem que permita realizar o aquecimento e recolher os gases formados.

12 Uern 2012 “O ar que expiramos contém um pouco de gás carbônico. Se assoprarmos, com o auxílio de um canudinho, dentro de uma solução de hidróxido de cálcio, ocorrerá uma reação entre a base e o óxido gás carbônico, produzindo um sólido branco insolúvel, o sal carbonato de cálcio. O efeito visual será o aparecimento de uma turvação branca dentro da solução.” Qual será a fórmula correta da base, do óxido e do sal citados no texto?

- A CaOH , CO_2 e CaCO_3 .
B $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CO_2 e CaCO_3 .
C CaOH , CO e CaCO_3 .
D $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CO_2 e Ca_2CO_3 .

13 Fatec O sal sulfato de magnésio pode ser obtido pela reação de carbonato de magnésio com:

- A ácido sulfuroso.
B sulfato de sódio.
C ácido sulfúrico.
D persulfato de potássio.
E sulfito de sódio.

14 FEI O “leite de magnésia” é o resultado da mistura de sulfato de magnésio com hidróxido de sódio e água destilada, aquecida ao fogo e submetida a várias lavagens. É usado como antiácido e laxante. No combate à acidez estomacal, o “leite de magnésia” reage produzindo:

- A MgSO_4
B Na_2SO_4
C NaCl
D $\text{Mg}(\text{OH})_2$
E MgCl_2

15 FGV Uma solução obtida pela adição de sulfato de alumínio e nitrato de amônio sólidos em água contém os íons $\text{NH}_4^+(\text{aq})$, $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$, $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ e $\text{NO}_3^-(\text{aq})$. As citadas substâncias podem ser representadas pelas fórmulas

- A AlSO_4 e $(\text{NH}_4)_3\text{NO}_3$
B Al_2SO_4 e $(\text{NH}_4)_3\text{NO}$
C $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e NH_4NO_3
D Al_3SO_4 e NH_4NO_3
E $\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2$ e $\text{NH}_4(\text{NO}_3)_2$

16 Fuvest Molibdato de amônio é usado como fonte de molibdênio para o crescimento das plantas. Sabendo que este elemento, de símbolo Mo, pertence a mesma família do cromo, Cr, e que a fórmula do íon cromato é $(\text{CrO}_4)^{2-}$, a fórmula do molibdato de amônio é:

- A NH_2MoO_2
B NH_3MoO_3
C $(\text{NH}_3)_2\text{MoO}_4$
D NH_4MoO_4
E $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$

17 Assinale o item que contém apenas sais.

- A H_2S , NaCl , KOH
B HBr , H_2O , CaBr_2
C NaCl , CaCl_2 , BaS
D HCl , NH_4OH , BaS
E NaOH , LiOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$

▶ **Dica da questão 10:** Primeiro, pode-se reagir amônia com água para formar uma base, que posteriormente vai reagir com o H_2SO_4 .

▶ **Dica para questão 11:** $\text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{KCl} + \frac{3}{2} \text{O}_2$ $2 \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2^Z$

- 18** Pode-se obter nitrato cúprico, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ reagindo hidróxido cúprico com:
- A ácido nitroso.
 B ácido nítrico.
 C nitrato de sódio.
 D nitrato de potássio.
 E nitrito de amônio.
- 19 UFU** Uma pesquisa sobre produtos químicos e suas aplicações no cotidiano forneceu as seguintes informações.

Produto químico	Aplicação
Ácido fosfórico	Acidulante em refrigerantes, balas e gomas de mascar.
Hidróxido de magnésio	Antiácido para combater o excesso de acidez estomacal.
Fluoreto de estanho (II)	Creme dental para fortalecer o esmalte dos dentes..

Considerando as informações apresentadas:

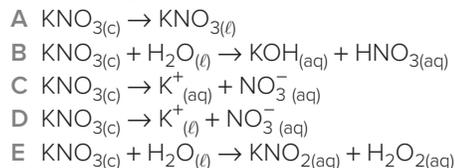
- a) escreva, respectivamente, a fórmula dos produtos químicos pesquisados.
 b) indique a que função química pertence cada um destes compostos, justificando sua resposta, escrevendo a equação de reação química, segundo a Teoria de Arrhenius.
- 20** Assinale a alternativa onde existe correlação entre a fórmula e o nome dos compostos.
- A NH_4OCN – cianeto de amônio
 B Ca_2N_3 – nitrato de cálcio
 C KBrO_3 – bromato de potássio
 D NaClO – clorato de sódio
 E Al_2S_3 – sulfito de alumínio

- 21** Dados os íons OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} e Cr^{3+} , identifique as alternativas que indicam corretamente a fórmula e o nome do composto.
- A $\text{Cr}(\text{OH})_3$ – hidróxido de cromo II
 B $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ – sulfato de cromo III
 C Cr_3Cl – cloreto de cromo III
 D MgSO_4 – sulfato de magnésio
 E MgCl – cloreto de magnésio

- 22** Assinale qual dos compostos a seguir está com fórmula incorreta.
- A HCl
 B KNO_3
 C Na_2SO_4
 D NaSO_4
 E HNO_3

- 23** A sequência que apresenta respectivamente um ácido, uma base e um sal, é:
- A HCl , H_2O , KCl
 B H_2SO_4 , NaOH , NaCl
 C H_2O , HCl , NaCl
 D NaOH , Na_2O , NaCl
 E LiCl , K_2O , KCl

- 24 ITA** Colocando grãos de nitrato de potássio em um frasco com água, nota-se que com o passar do tempo o sólido desaparece dentro da água. Qual das equações a seguir é a mais adequada para representar a transformação que ocorreu dentro do frasco?



- 25 PUC-PR** Relacione a coluna 2 com a coluna 1:

Coluna 1

- 1 – NaHCO_3
 2 – $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$
 3 – H_2SO_3
 4 – $\text{Pb}(\text{OH})_4$
 5 – H_3PO_4

Coluna 2

- (A) Ácido fosfórico
 (B) Hidróxido plúmbico
 (C) Carbonato de sódio
 (D) Ácido sulfúrico
 (E) Pirofosfato de magnésio
 (F) Hidróxido plumboso
 (G) Bicarbonato de sódio

A alternativa que relaciona corretamente fórmula e nome é:

- A 1-G; 2-E; 4-B; 5-A D 1-G; 2-A; 3-D; 4-B
 B 1-C; 2-E; 3-D; 5-A E 2-E; 3-D; 4-B; 5-A
 C 1-C; 2-F; 3-D; 5-A

- 26 Mackenzie** Os nomes corretos das substâncias de fórmulas NaHCO_3 e NH_4NO_3 são, respectivamente:
- A carbonato de sódio e nitrato de amônio.
 B bicarbonato de sódio e nitrato de amônio.
 C carbonato ácido de sódio e nitrito de amônio.
 D carbeto de sódio e nitrito de amônio.
 E bicarbonato de sódio e nitreto de amônio.

- 27 PUC-RS**

	Substância	Aplicação
I	KMnO_4	Agente bactericida
II	NaNO_3	Aditivo alimentar
III	H_3BO_3	Água boricada
IV	MgSO_4	Ação laxativa
V	KI	Preventivo para evitar bócio
VI	NaClO	Água sanitária
VII	NH_4OH	Produtos de limpeza

As substâncias I, IV e VI são, respectivamente, denominadas:

- A permanganato de potássio, sulfito de magnésio e hipoclorito de sódio.
- B manganato de potássio, sulfato de magnésio e clorito de sódio.
- C ácido mangânico, sulfito de magnésio e clorato de sódio.
- D permanganato de potássio, sulfato de magnésio e hipoclorito de sódio.
- E manganato de potássio, sulfato de magnésio e cloreto de sódio.

28 Mackenzie As fórmulas do sulfato férrico e do bromato de potássio são, respectivamente:

- A $\text{Fe}_2(\text{SO}_3)_3$ e KBr
- B FeSO_3 e KBrO_4
- C Fe_2S_3 e KBrO
- D FeSO_4 e KBrO_2
- E $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ e KBrO_3

29 Mackenzie Quando se aproxima um frasco aberto de ácido clorídrico concentrado de outro contendo hidróxido de amônio também concentrado há a formação de uma névoa branca. Essa névoa, que é formada por pequenas partículas sólidas suspensas no ar, tem fórmula:

- A NH_3
- B HNO_3
- C NH_4Cl
- D N_2
- E Cl_2

30 Mackenzie Considerando as espécies químicas Ca^{2+} , Al^{3+} , Na^+ , PO_4^{3-} e NO_3^- , a única substância formulada de modo incorreto é:

- A $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- B $\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
- C Na_3PO_4
- D $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- E $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

31 Vunesp Três frascos sem rótulo contêm, separadamente, soluções aquosas de carbonato de potássio, cloreto de potássio e sulfato de potássio.

- a) Indique como se pode distinguir o conteúdo de cada frasco através de reações com soluções diluídas de ácido nítrico e cloreto de bário.
- b) Justifique escrevendo as equações químicas balanceadas das reações envolvidas.

32 FICSAE 2019 O quadro apresenta informações sobre quatro substâncias químicas, todas brancas, em pó.

Substância	Dissolve-se em água?	Reage com ácido clorídrico produzindo efervescência?
Carbonato de sódio	Sim	Sim
Sulfato de sódio	Sim	Não
Carbonato de bário	Não	Sim
Sulfato de bário	Não	Não

Um professor forneceu aos seus alunos uma cópia desse quadro, amostras de duas dessas substâncias, sem qualquer identificação, e solicitou que os estudantes as identificassem. Os alunos notaram que uma das amostras se dissolveu em água e outra não e que apenas a substância insolúvel em água reagiu com ácido clorídrico, produzindo efervescência. Então, eles concluíram que as amostras recebidas eram de

- A carbonato de sódio e carbonato de bário.
- B carbonato de sódio e sulfato de bário.
- C sulfato de sódio e carbonato de sódio.
- D sulfato de sódio e sulfato de bário.
- E sulfato de sódio e carbonato de bário.

33 Vunesp O “fermento químico”, utilizado na confecção de bolos, é uma mistura de di-hidrogenofosfato de cálcio e bicarbonato de sódio sólidos, que sofrem dissociação iônica quando em contato com a água utilizada na preparação da massa. O bolo cresce devido à expansão de gás carbônico que se origina da reação entre os ânions resultantes da dissociação dos sais acima referidos, juntamente com o íon hidrogenofosfato e água.

Escreva a equação química correspondente ao processo de formação de gás carbônico.

34 O tripolifosfato de sódio, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, é um aditivo de detergentes obtidos por aquecimento de uma mistura de hidrogeno-fosfato de sódio e di-hidrogenofosfato de sódio.

Escreva a equação química balanceada da reação de formação do tripolifosfato de sódio, sabendo-se que no processo também há formação de água.

35 Vunesp Quando se adiciona uma solução aquosa de carbonato de sódio a uma solução aquosa de mesma concentração, em mol/L, de cloreto de bário, forma-se um precipitado branco. Adicionando-se ácido nítrico, ocorre a dissolução do precipitado.

- a) Escreva a equação química da reação de formação do precipitado, identificando-o.
- b) Escreva a equação química da reação de dissolução do precipitado.

► **Dica para questão 31:** Liberação de gás e formação de precipitado são condições suficientes para que uma reação de dupla troca ocorra, além de constituírem condições facilmente perceptíveis. **Dica para as questões 33 e 34:** Apesar dos textos complicados, ambas as questões estão “ditando” as equações pedidas.

36 Unicamp Frequentemente, tem-se recorrido à exumação de ossadas para investigação policial e arqueológica. Os ossos que restaram após um longo período de sepultamento resistiram à ação do tempo por serem constituídos, principalmente, por um tipo de fosfato de cálcio, muito estável, de fórmula genérica $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_x$.

- Qual o nome do elemento químico que, no composto acima citado, aparece na forma de cátion?
- Consulte a tabela periódica e indique outro elemento que poderia substituir o cátion do referido composto.
- Determine o valor de x indicado na fórmula acima. Lembre-se de que a fórmula do ácido fosfórico é H_3PO_4 .

37 Uece 2018 Na neutralização do excesso de ácido clorídrico estomacal por meio do produto chamado “leite de magnésia” (hidróxido de magnésio + água), um hidroxissal pode ser formado. Assinale a opção que apresenta corretamente a formação do hidroxissal e seu respectivo nome.

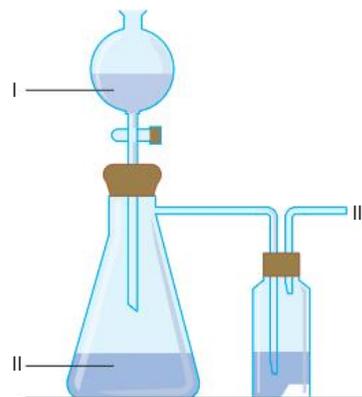
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ — cloreto de magnésio
- $\text{Mg}(\text{OH}) + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ — bicloreto de magnésio
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MgOHCl} + \text{H}_2\text{O}$ — hidroxicloreto de magnésio
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MgOHCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ — hidroxidocloreto de magnésio

38 Suponha que você tem diante de si um frasco com um pó branco que pode ser um dos seguintes sais: cloreto de sódio (NaCl), carbonato de sódio (Na_2CO_3) ou carbonato de cálcio (CaCO_3). Em um livro de Química você encontrou as seguintes informações.

- “Todos os carbonatos em presença de ácido clorídrico produzem efervescência.”
- “Todos os carbonatos são insolúveis, com exceção dos carbonatos de metais alcalinos (Li, Na, Rb, Cs) e de amônio (NH_4)⁺.”
- “Todos os cloretos são solúveis, com exceção dos cloretos de chumbo, prata e mercúrio.”

Dispondo apenas de recipientes de vidro, água e ácido clorídrico, como você faria para identificar o sal?

39 FGV Ácidos inorgânicos estão entre as substâncias químicas mais produzidas no mundo. Ácidos gasosos anidros (III) podem ser preparados a partir da reação entre uma solução concentrada de ácido forte (I) e uma solução saturada de um sal (II), com o auxílio de um frasco contendo uma substância secante.



Uma aplicação desse método pode ser corretamente exemplificada, sendo I, II e III, respectivamente,

- $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, Na_2SO_4 e H_2SO_4
- H_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ e $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- H_2SO_4 , NaCl e HCl
- H_3PO_4 , Na_2SO_4 e H_2SO_4
- H_2CO_3 , Na_2CO_3 e $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

40 Unicamp No armazém de uma empresa, perderam-se acidentalmente os rótulos de três barricas. Uma delas contém nitrato de amônio (NH_4NO_3), outra carbonato de sódio (Na_2CO_3) e outra nitrato de sódio (NaNO_3). Todos estes sais têm o mesmo aspecto (pós brancos). Utilizando apenas vinagre (solução aquosa de ácido acético), água filtrada, copos e talheres, disponíveis na cozinha da empresa, e também as informações a seguir, como você faria para identificar estes sais? Informações:

“Os sais de amônio, em presença de hidróxido e carbonatos de metais alcalinos, desprendem amônia, NH_3 , de cheiro característico”.

“Os carbonatos reagem com ácido, produzindo efervescência, ou seja, desprendimento de gás carbônico, CO_2 ”.

41 Unicamp Conta-se que, durante a Segunda Guerra Mundial, espões alemães mandavam mensagens com uma tinta invisível que era essencialmente uma solução de nitrato de chumbo, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Descreva, com base nas informações a seguir, um procedimento para tornar a escrita com nitrato de chumbo visível. Justifique sua resposta.

- O sulfato de chumbo é um sólido branco, pouco solúvel em água.
- O iodeto de chumbo é um sólido amarelo, pouco solúvel em água.
- O sulfeto de chumbo é um sólido preto, pouco solúvel em água.
- O cloreto de chumbo é um sólido branco, pouco solúvel em água.
- O nitrato de potássio é branco e solúvel em água.
- Todos os sais de sódio são solúveis em água.

- 42 Unicamp** Tem-se uma solução aquosa que pode conter apenas os nitratos de alumínio, magnésio e zinco. Essa solução foi submetida ao seguinte tratamento:
- adicionou-se solução de NaOH em excesso. Formou-se um precipitado A, que foi separado por filtração;
 - ao filtrado do item I, adicionou-se HNO₃ diluído até o meio ficar ácido. A seguir, juntou-se solução de NH₄OH em excesso, formando-se um precipitado B, que foi separado por filtração. Restou uma solução C.
- Com base nas informações acima e na tabela a seguir.

Cátion	NH ₄ OH em excesso	NaOH em excesso	HNO ₃ diluído em excesso
Al ³⁺	precipita	solúvel	solúvel
Mg ²⁺	precipita	precipita	solúvel
Zn ²⁺	solúvel	solúvel	solúvel

- Escreva a equação química da reação de precipitação de A.
- Considerando a solução aquosa inicial, que cátion não se pode ter certeza que exista nela? Justifique.

- 43 Vunesp** Soluções aquosas de cloreto de sódio, cloreto de bário e nitrato de potássio estão contidas em três frascos, rotulados S₁, S₂ e S₃. Observa-se experimentalmente que:

- as soluções S₁ e S₃ reagem com nitrato de prata produzindo um precipitado, enquanto a solução S₂ não reage;
- somente a solução S₁ reage com carbonato de amônio, produzindo um precipitado branco.

Com base nessas observações, identifique as soluções contidas nos frascos S₁, S₂ e S₃. Justifique a resposta, escrevendo as equações das reações químicas utilizadas na identificação.

- 44** Complete as seguintes neutralizações parciais:

- $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{1:1}$
- $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{OH} \xrightarrow{1:1}$
- $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{OH} \xrightarrow{1:3}$

- 45 UFSC** Selecione, dentre as opções a seguir, aquelas que apresentam somente sais e as que apresentam somente óxidos.

- H₂O, NaCl, HCl
- KF, CaCl₂, HCN
- HNO₃, NaOH, BaCO₃
- CaCO₃, AgBr, NaCl
- H₂SO₄, KNO₃, PbS
- FeO, CuO, CO₂

Soma:

- 46 Vunesp** Ferritas são compostos com propriedades magnéticas e utilizados em componentes eletrônicos. A análise química de uma ferrita forneceu os resultados: Mg = 12%; Fe = 56%; O = 32% (Massas atômicas: Mg = 24; Fe = 56; O = 16).

- Determinar a fórmula mínima da ferrita.
- A qual função da química inorgânica pertence a ferrita?

- 47 Fuvest** Cal viva é óxido de cálcio (CaO).

- Escreva a equação da reação da cal viva com a água.
- Por que, na agricultura, a cal viva é adicionada ao solo?

- 48** Escreva o nome dos compostos a seguir.

- NaNO₂
- BaI₂
- CaO
- ClO₂
- Al₂O₃

- 49** Escreva o nome dos compostos a seguir.

- KCl
- HClO
- H₂S
- HI
- MnO₂

- 50 UTFPR 2017** Muitas substâncias químicas são usadas no nosso cotidiano. Alguns exemplos são dados abaixo:

- HNO₃ – é utilizado na fabricação de explosivos como, por exemplo, a dinamite.
- H₂CO₃ – é um dos constituintes dos refrigerantes e das águas gaseificadas.
- NaOH – utilizado na fabricação de sabão.
- NH₄OH – usado na produção de fertilizantes.
- NaNO₃ – usado na produção de fertilizantes e de pólvora.
- NaHCO₃ – usado em remédios antiácidos e extintores de incêndio.

Assinale a alternativa correta.

- Os compostos I, II, V e VI pertencem à função óxidos.
- Os compostos I, II e VI pertencem à função ácidos.
- Os compostos II, V e VI pertencem à função sais.
- Os compostos III e IV pertencem à função bases.
- Os compostos I, II, III, IV, V e VI pertencem à função óxidos.

- 51 UFJF 2016** Os metais de transição constituem o grande bloco da parte central da Tabela Periódica. Os óxidos formados por metais de transição são muito importantes na indústria de pigmentos de tintas. Assinale a alternativa que contém apenas óxidos de metais de transição do bloco d da Tabela Periódica.

- A CdS e Fe₂O₃
- B Al₂O₃ e Na₂O
- C Cr₂O₃ e Co₂O₃
- D ZnO e Mn₃(PO₄)₂
- E Ti₂O e Al₂O₃

52 Cefet-MG 2017 A água da chuva é naturalmente ácida devido à presença do gás carbônico encontrado na atmosfera. Esse efeito pode ser agravado com a emissão de gases contendo enxofre, sendo o dióxido e o trióxido de enxofre os principais poluentes que intensificam esse fenômeno. Um dos prejuízos causados pela chuva ácida é a elevação do teor de ácido no solo, implicando diretamente a fertilidade na produção agrícola de alimentos. Para reduzir a acidez provocada por esses óxidos, frequentemente é utilizado o óxido de cálcio, um óxido básico capaz de neutralizar a acidez do solo. As fórmulas moleculares dos óxidos citados no texto são, respectivamente,

- A CO, SO, SO₃ e CaO₂.
- B CO₂, SO₂, SO₃ e CaO.
- C CO₂, S₂O, S₃O e CaO.
- D CO, SO₂, SO₃ e CaO₂.

53 UFPR “Treze toneladas de ácido sulfúrico fumegante foram despejadas ontem, no rio Paraíba, em decorrência de um acidente envolvendo dois caminhões no km 17,5 da via Dutra, na divisão de São Paulo com o Rio de Janeiro, município de Queluz...”

Com o choque, o tanque furou, provocando vazamento do ácido, atingindo o rio Claro, afluente do Paraíba. A regional da Cetesb, em Taubaté, foi comunicada, mas quando seus técnicos chegaram ao local depararam com soldados do Corpo de Bombeiros que jogaram água sobre o ácido tentando limpar a pista, o que fez com que uma maior quantidade de líquido fosse carregado para o rio. A solução foi derramar cal sobre a área para neutralizar o efeito altamente corrosivo do produto, que já havia queimado toda a vegetação das margens da rodovia.”

O texto anterior refere-se a um acidente ecológico noticiado pelos jornais. Explique o procedimento dos técnicos da Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) quanto ao emprego do óxido de cálcio, e represente a equação química envolvida.

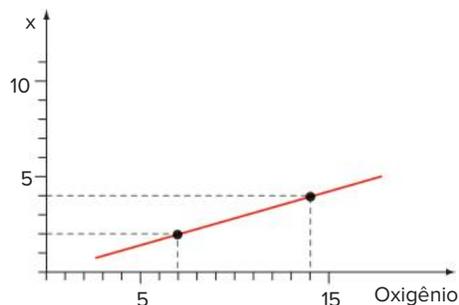
54 UFRJ A reação de hidratação de um certo óxido é representada pela equação:

$X_2O + H_2O \rightarrow 2 XOH$, onde X é um elemento desconhecido.

- a) Classifique o óxido X₂O.
- b) A reação de neutralização de XOH com um ácido produz sal e água.

Sabendo que 112 g de XOH reagem com 73 g de ácido clorídrico, apresente o nome do sal formado nesta neutralização.

55 Cesgranrio O gráfico mostra a proporção, em número de átomos, de um ametal X e de oxigênio, quando se ligam para formar um óxido.



Pela análise do gráfico, concluímos que, ao reagir uma molécula do óxido com uma molécula de água, haverá formação do seguinte composto:

- A HXO₆
- B HXO₂
- C HXO₃
- D HXO₄
- E HXO₅

56 Unicamp Ácido clorídrico comercial, vendido com o nome de ácido muriático, é muito empregado na limpeza de pisos de pedra. Entretanto, ele não deve ser usado em piso de mármore, devido à reação que ocorre entre esse ácido e o carbonato de cálcio, constituinte do mármore.

- a) Escreva a equação química que representa essa reação.
- b) Na limpeza de uma casa, acidentalmente, caiu um pouco de ácido muriático sobre o piso de mármore. O dono da casa agiu rapidamente. Absorveu o ácido com um pano e, a seguir, espalhou sobre o local atingido um dos seguintes “produtos” comumente encontrados numa residência: vinagre, água, amoníaco ou sal de cozinha. Dentre essas opções, o dono escolheu a melhor. Qual foi essa opção? Justifique sua resposta.

57 Unicamp Para identificar minerais, pode-se fazer uso de propriedades físicas como a dureza (resistência ao risco) e algumas análises químicas, como reações com ácidos inorgânicos.

Três amostras de minerais denominados A, B e C foram analisadas conforme os métodos da escala de dureza e da reação com ácidos. Os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Dica para questão 55: A fórmula do óxido pode ser retirada do gráfico. Lembre-se de utilizar os menores inteiros possíveis.

Amostra	Dureza	Reação com ácido
A	é riscada apenas pela lâmina de aço	não libera gás
B	é riscada pela lâmina de ferro	não libera gás
C	é riscada pela lâmina de ferro	libera gás

A escala de dureza utilizada foi a seguinte: unha < lâmina de ferro < lâmina de aço. No teste das reações com ácidos inorgânicos, levou-se em conta o desprendimento de gases como o gás carbônico e o gás sulfídrico.

Estas três amostras são dos minerais CaCO_3 , SrSO_4 e MnO(OH) (não necessariamente nessa ordem). Sabe-se que o MnO(OH) é capaz de produzir riscos nos outros dois minerais.

- Correlacione as amostras A, B e C com as três fórmulas fornecidas.
- Se a informação sobre a dureza do MnO(OH) em relação aos outros dois minerais fosse desconhecida, qual dos três minerais da tabela (dê a fórmula) poderia ser identificado com absoluta certeza? Justifique.

- 58 Cefet-MG 2018** Muitas substâncias químicas são utilizadas com a finalidade de prevenir e tratar doenças, um exemplo é o do óxido presente nos cremes contra assaduras, dermatites que afetam bebês nos seus primeiros meses de vida. Geralmente essas dermatites acometem a região da pele coberta pela fralda.

(CISCATO, C.A.M, PEREIRA, L.F., CHEMELLO, E., PROTI, P.B. *Química*, Vol. 1, 1ª ed., São Paulo: Editora Moderna, 2016.)

A substância que pode corresponder àquela citada como exemplo no texto, é o

- ZnO.
- NaCl.
- HNO_3 .
- Ca(OH)_2 .

- 59 Vunesp** Responda.

- Escrever as equações das reações de óxido de potássio com a água e de trióxido de enxofre com água.
- Classificar os óxidos.
- Escrever a equação da reação entre os produtos formados nas reações dos dois óxidos com água.

- 60 Fuvest** Quando aplicada em ferimentos, a água oxigenada parece ferver.

- Por quê?
- Escreva a equação que representa a reação química envolvida.

- 61 UFPR** Com relação às espécies químicas ácido clorídrico, nitrato de sódio, hidróxido de sódio, dióxido de carbono e água, é correto afirmar que:

- todas essas espécies são compostos iônicos.
- são espécies moleculares polares o ácido clorídrico e a água.
- o nitrato de sódio e o hidróxido de sódio pertencem à mesma função inorgânica.
- o dióxido de carbono é um óxido ácido.
- no dióxido de carbono, a hibridação do átomo de carbono é sp^2 .

- 62 Fesp** Quanto aos óxidos Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , ClO_2 , Al_2O_3 e ZnO , podemos afirmar que:

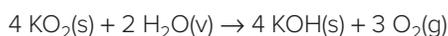
- P_2O_5 e CaO são óxidos básicos, e Fe_2O_3 é óxido ácido.
- P_2O_5 , ClO_2 e Al_2O_3 são óxidos ácidos.
- Fe_2O_3 , Al_2O_3 e ZnO são óxidos neutros.
- Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO e CaO são óxidos anfóteros.
- P_2O_5 e ClO_2 são óxidos ácidos, e Al_2O_3 e ZnO são óxidos anfóteros.

- 63 Famerp 2019** Filtros contendo óxido de cálcio são utilizados no tratamento de biogás, removendo dele gases prejudiciais ao meio ambiente. Por ser uma substância com propriedades básicas, o óxido de cálcio é eficiente na remoção de
- A CO_2 e H_2S .
 B CO_2 e NH_3 .
 C NH_3 e H_2S .
 D CO e NH_3 .
 E CO e CO_2 .
- 64 Enem Libras 2017** Grandes quantidades de enxofre são lançadas na atmosfera diariamente, na forma de dióxido de enxofre (SO_2), como decorrência de atividades industriais e de queima de combustíveis fósseis. Em razão da alta concentração desses compostos na atmosfera, regiões com conglomerados urbanos e polos industriais apresentam ocorrência sazonal de
- A precipitação ácida.
 B alteração do ciclo hidrológico.
 C alteração no ciclo de carbono.
 D intensificação do efeito estufa.
 E precipitação de íons metálicos tóxicos na superfície.
- 65 Insuper 2019** Um agricultor pretende iniciar um empreendimento de produção de frutas e, para isso, submeteu amostras do solo de sua propriedade para análise química e parecer técnico de um engenheiro agrônomo.

Resultado da análise	
pH do solo da propriedade rural	pH do solo adequado para a plantação de frutas
5,0	6,0
Parecer técnico: recomenda-se fazer a correção do pH do solo	

Para que o agricultor possa fazer a correção do pH do solo de forma adequada para a sua produção, ele deverá adicionar ao solo

- A NaCl .
 B P_4O_{10} .
 C KNO_3 .
 D NH_4Cl .
 E CaO .
- 66 Cesgranrio** Os principais poluentes do ar nos grandes centros urbanos são o gás sulfuroso (SO_2) e o monóxido de carbono (CO). O SO_2 é proveniente das indústrias que queimam combustíveis fósseis (carvão e petróleo). Já o CO provém da combustão incompleta da gasolina em veículos automotivos desregulados. Sabendo-se que o SO_2 (causador da chuva ácida) e o CO (causador de inibição respiratória) são óxidos, suas classificações são, respectivamente:
- A anfótero e neutro.
 B básico e ácido.
 C ácido e anfótero.
 D ácido e básico.
 E ácido e neutro.
- 67 Uerj** As máscaras de respiração, utilizadas por bombeiros em situações de emergência, contêm superóxido de potássio. Essa substância reage com a umidade do ar expirado pelo usuário da máscara, conforme a equação a seguir.



- a) Considere as seguintes condições de uso de uma dessas máscaras:
- comportamento ideal dos gases e vapores envolvidos;
 - funcionamento em sistema fechado, ou seja, sem trocas gasosas com a atmosfera;
 - volume de ar respirado igual a 41,0 L por minuto;
 - concentração de umidade no ar expirado igual a 6,2% volume por volume, a 37 °C e 1 atm de pressão;
 - consumo total da umidade contida no ar expirado.
- Calcule o tempo máximo de uso, em minutos, de uma máscara que contenha 213 g de superóxido de potássio.
- b) Além do superóxido de potássio, o potássio forma dois outros compostos binários oxigenados que não satisfazem os requisitos para uso em máscaras. Indique as fórmulas desses compostos.

- 68 Enem** Suponha que um agricultor esteja interessado em fazer uma plantação de girassóis. Procurando informação, leu a seguinte reportagem:

Solo ácido não favorece plantio

Alguns cuidados devem ser tomados por quem decide iniciar o cultivo do girassol. A oleaginosa deve ser plantada em solos descompactados, com pH acima de 5,2 (que indica menor acidez da terra). Conforme as recomendações da Embrapa, o agricultor deve colocar, por hectare, 40 kg a 60 kg de nitrogênio, 40 kg a 80 kg de potássio e 40 kg a 80 kg de fósforo.

O pH do solo, na região do agricultor, é de 4,8. Dessa forma, o agricultor deverá fazer a “calagem”.

Folha de S.Paulo, 25 set. 1996.

Suponha que o agricultor vá fazer calagem (aumento do pH do solo por adição de cal virgem – CaO). De maneira simplificada, a diminuição da acidez se dá pela interação da cal (CaO) com a água presente no solo, gerando hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), que reage com os íons H⁺ (dos ácidos), ocorrendo, então, a formação de água e deixando íons Ca²⁺ no solo.

Considere as seguintes equações:

- $\text{CaO} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
- $\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$

O processo de calagem descrito pode ser representado pelas equações:

- I e II.
- I e IV.
- II e III.
- II e IV.
- III e IV.

- 69 Faap-SP** Os elementos carbono e alumínio podem combinar-se com o oxigênio, originando os compostos:

- $\text{C}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$
- $\text{CO}_2, \text{Al}_3\text{O}_4$
- CO, AlO
- $\text{CO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$
- CO_2, AlO

- 70 Fatec** São conhecidos vários óxidos de nitrogênio. Abaixo, listamos propriedades de alguns desses óxidos.

- Dissolve-se em água, formando HNO₂ e HNO₃.
- Forma-se pelo aquecimento de N₂(g) e O₂(g), e não reage com a água.
- Decompõe-se por aquecimento, em NO₂.

As propriedades I, II e III podem ser atribuídas, respectivamente, a:

- N₂O, N₂O₄, N₂O
- NO, NO, N₂O
- NO, N₂O, N₂O₄
- NO₂, N₂O, NO
- NO₂, NO, N₂O₄

- 71 Fatec** Certas regiões do Brasil apresentam excessiva acidez do solo, o que é prejudicial à agricultura.

O procedimento mais adequado (e sua correta explicação) para corrigir a acidez do solo seria adicionar a ele:

- H₃PO₄ – pois esta é uma substância básica que irá neutralizar a acidez.
- H₂O₂ – pois este é um peróxido capaz de oxidar os ácidos do solo.
- NaOH – pois esta é uma substância alcalina, além de ser ótimo fertilizante.
- CaCO₃ – pois este irá neutralizar a acidez sem alcalinizar excessivamente o solo.
- P₂O₅ – pois este é um sal básico que irá oxigenar o solo.

O efeito estufa

O efeito estufa é um problema ambiental bastante discutido na atualidade. Os gases que intensificam a estufa são lançados pelos canos de escapamento de veículos automotores, cuja frota vem crescendo ano a ano. A análise deste problema existe que sejam avaliados diversos fatores.

Porém, neste texto, analisaremos de forma reduzida a questão, procurando entender o esqueleto central do assunto.

A atmosfera é uma estufa

Estufa é todo o sistema aberto ou fechado capaz de reter calor. Por exemplo, quando deixamos um automóvel fechado exposto ao sol, ele aquece bem mais rapidamente que o meio externo. Isso porque o calor tem “facilidade de entrar” e “dificuldade de sair”. Como a energia fica retida, a temperatura se torna bem mais alta e este carro passa a constituir uma miniestufa. Assim ocorre com as construções próprias para abrigar plantas e flores de climas tropicais. No entanto, a nossa atmosfera constitui uma estufa gigante, já que possui enorme capacidade de reter calor. Isso é comprovado a partir de alguns estudos feitos a respeito de eras glaciais. Essas eras são fundamentalmente a propagação do gelo dos polos para o Equador e ocorrem em períodos de 100 mil anos. Contudo, apesar da invasão do gelo, a temperatura global do planeta abaixa apenas 5 °C. Estudos recentes confirmam que esse abaixamento na temperatura global do planeta renova as espécies, ou seja, faz com que espécies mais fracas não suportem essa diferença climática e cheguem à extinção. A partir daí, novas espécies se fortalecem na competição natural e adquirem mais chances de sobrevivência. Mas poderíamos perguntar: 5 °C não é um abaixamento muito pequeno para uma era glacial? Sim, e isso se deve ao fato da atmosfera ser uma grande estufa, ou seja, retém calor e impede um abaixamento maior da temperatura. Todavia, é importante ter em mente que 5 °C é uma diferença de temperatura capaz de mudar a estrutura de um ecossistema. Então, por que a estufa da atmosfera preocupa tanto.

Gases que intensificam o efeito estufa

O efeito estufa está se intensificando pela emissão de alguns gases poluentes.

A emissão excessiva de gás carbônico (CO₂) pelos canos de escapamento dos carros é a principal causa do efeito estufa. O CO₂ tem enorme capacidade de impedir a saída de calor da atmosfera. Além disso, como a sua quantidade está aumentando de forma crescente torna-se cada vez mais difícil eliminá-lo.

O gás dos pântanos, metano (CH₄), é assim denominado por ser expelido pelos manguezais, devido à decomposição de materiais orgânicos. Ele é outro gás que contribui para o efeito estufa. Quanto mais quente estiver o planeta, mais rápido é o processo de decomposição nos manguezais e, portanto, maior é a emissão do CH₄. Isso nos leva a concluir que o efeito estufa, em relação a este gás, constitui uma reação em cadeia, já que quanto maior o efeito mais metano é liberado, intensificando-o.

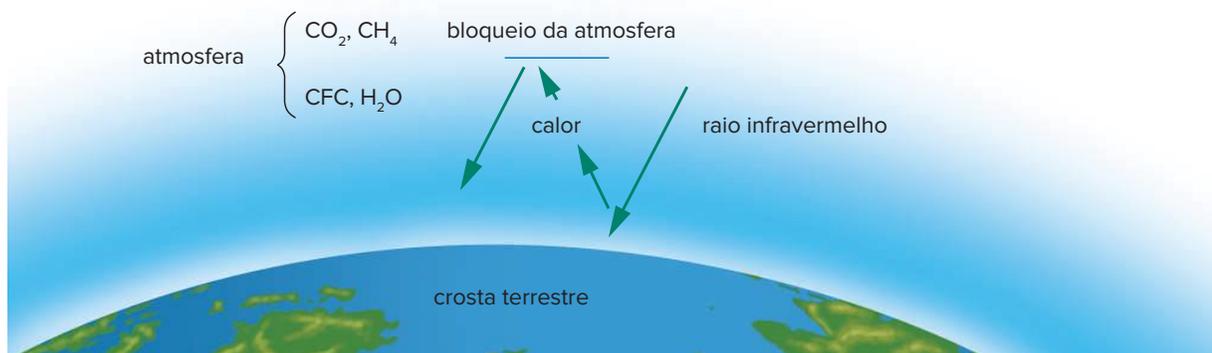
Um terceiro gás é o CFC, que muitos associam somente à destruição da camada de ozônio. Todavia, o CFC tem um alto poder de retenção. Felizmente, está distribuído na atmosfera com uma incidência bem menor que os anteriores.

Por fim, o vapor d'água é um dos melhores retentores de calor, já que possui um alto calor específico. Como é um componente natural, não pode ser combatido.

Como ocorre o efeito estufa e quais as suas principais consequências?

O calor não entra no planeta dessa forma. Inicialmente, o calor é composto de raios infravermelhos que, quando chegam ao solo, são refletidos na forma de calor e consequentemente aumentam a temperatura global do planeta.

Veja o esquema abaixo.



Transformação de raios infravermelhos em calor e sua posterior retenção.

Com o aumento da temperatura global do planeta, existe o risco das geleiras polares derreterem, aumentando o nível dos oceanos e inundando cidades litorâneas. Além disso, pela previsão de estudiosos ambientalistas, em 2.040 a temperatura global do planeta tende a aumentar de 5 °C. O que isso significa? Lembre-se de que uma variação de 5 °C na temperatura global do planeta é suficientemente grande para exterminar certas espécies.

Cientistas alertam para níveis excessivos de CO₂ nos oceanos

Um artigo publicado no renomado periódico *Geophysical Research Letters*, e assinado por nada menos que 25 cientistas, alerta que se os níveis de emissão de dióxido de carbono – CO₂ – produzida pelas atividades humanas não forem severamente reduzidos, até a metade deste século a química dos oceanos estará tão alterada que violará os critérios da agência norte-americana de proteção ambiental, EPA.



Costa litorânea.

Essa é a primeira vez que os pesquisadores reconhecem que as emissões de CO₂ violarão os critérios para a qualidade da água dos oceanos, estipulados pela agência em 1976.

“Aproximadamente um terço do CO₂ produzido pela queima de combustível fóssil é absorvido pelos oceanos. Quando o CO₂ se dissolve na água, produz o ácido carbônico, que pode destruir recifes de corais, fitoplânctons e zooplânctons, os mais críticos elementos na base da cadeia alimentar dos oceanos”, explica Ken Caldeira, do Departamento de Ecologia Global da Instituição Carnegie, dos Estados Unidos. “Em concentrações elevadas, o ácido pode corroer a concha de moluscos, romper a formação de corais e interferir na quantidade de oxigênio do oceano”.



Recife de coral saudável.

Recife de coral não saudável.

Níveis de concentração

A maior parte dos estudos atuais mostra que se os esforços para se conter as emissões não forem ampliados, até o final do século a concentração de dióxido de carbono na atmosfera atingirá 760 ppm (partes por milhão), o dobro da atual. Algumas estimativas mostram que na metade do século a concentração será de 500 ppm. Apenas para comparação, antes da Revolução Industrial, entre os séculos 18 e 19, os níveis eram de aproximadamente 280 ppm.

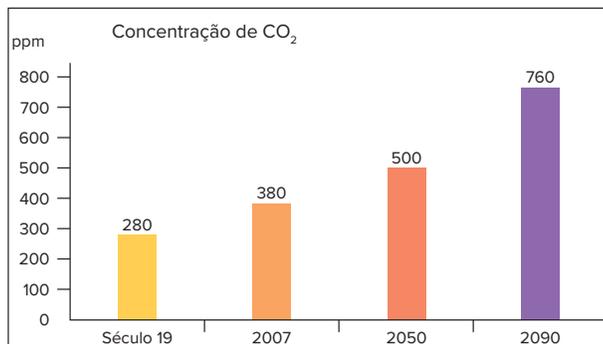


Gráfico da estimativa de CO₂ na atmosfera ao longo dos anos.

Acidez

A acidez do CO₂ dissolvido na água do oceano é medida com a ajuda da escala pH (potencial hidrogeniônico). Um declínio nos valores de pH indica que uma solução é mais ácida. Pelos critérios da EPA, em regiões oceânicas que apresentam profundidades muito maiores que a zona eufótica, o nível de pH não pode apresentar variações maiores que 0,2 unidades, respeitando-se a variação natural do local. A zona eufótica se estende desde a superfície do oceano até aproximadamente 200 metros de profundidade. Dentro desta faixa, a luz solar ainda pode penetrar, permitindo a ocorrência da fotossíntese.

Segundo Caldeira, as concentrações de CO₂ na atmosfera precisam se manter menores que 500 ppm para que a variação da acidez permaneça dentro dos limites aceitáveis. Se o nível subir acima disso, praticamente toda a superfície dos oceanos estará fora dos padrões. “Precisamos começar a enxergar o CO₂ como um poluente do oceano. Isso é, quando lançamos dióxido de carbono na atmosfera, estamos na realidade descarregando lixo nas águas do mar”.

Para que os níveis da concentração de dióxido de carbono permaneçam abaixo de 500 ppm, será necessária uma mudança rápida nos métodos de produção e consumo. Energias provenientes do petróleo e da queima do carvão não podem mais se enquadrar em qualquer modelo futuro de planejamento. Esse modelo se tornou obsoleto e politicamente incorreto. Os países que conseguirem sair à frente na pesquisa de fontes alternativas viáveis serão os que darão as cartas na próxima metade desse século.

Apolo 11. Disponível em: <www.apolo11.com/mudancas_climaticas.php?posic=dat_20070920-095449.inc>.

Resumindo

Neste capítulo, percebemos que é absolutamente necessário o domínio da matéria apresentada no capítulo anterior. O entendimento dos ácidos e bases constitui o alicerce para o aprendizado das duas grandes funções estudadas no presente capítulo: os sais e os óxidos.

Dessa forma, estudamos essas duas funções de forma sistemática.

No caso dos sais, você aprendeu:

- definição;
- formulação;
- nomenclatura;
- neutralizações totais;

- neutralizações parciais;
- sais duplos;
- solubilidade dos sais;
- uso cotidiano dos principais sais.

E no caso dos óxidos:

- definição;
- classificação;
- reações envolvendo óxidos;
- peróxidos e superóxidos;
- uso cotidiano dos principais óxidos.

Quer saber mais?



Sites

- Sais e óxidos no dia a dia

Disponível em: <www.brasilecola.com/quimica/sais-no-cotidiano.htm>.

Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp>.

Exercícios complementares

1 PUC-Campinas Os pigmentos de tinta CdS , BaSO_4 e $\text{Cr}(\text{OH})_3$ são denominados, na ordem dada:

- A sulfito de cádmio, sulfato de bário e óxido de cromo.
- B sulfato de cádmio, sulfato de bário e hidróxido de cromo.
- C sulfeto de cádmio, sulfato de bário e hidróxido de cromo.
- D tiosulfato de cádmio, sulfato de bário e óxido cromo.
- E sulfeto de cádmio, sulfato de bário e anidrido cromo.

2 PUC-Campinas O NH_4ClO_4 , propelente sólido de foguetes e NaHCO_3 , de comercialização controlada para restringir a produção do “crack”, são, respectivamente, os compostos:

- A clorato de amônia e carbonato de sódio.
- B perclorato de amônio e carbonato ácido de sódio.
- C hipoclorito de amônio e oxalato ácido de sódio.
- D clorito de amônia e carbeto de sódio.
- E cloreto de amônio e bicarbonato de sódio.

3 PUC-Campinas Água boricada, água de cal e água sanitária têm como componentes substâncias de fórmulas H_3BO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e NaClO .

Os nomes dos compostos e das funções químicas a que eles pertencem são:

- A H_3BO_3 – Nome: hidreto de boro, Função: hidreto.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidróxido de cálcio, Função: base.
 NaClO – Nome: cloreto de sódio, Função: sal.

- B H_3BO_3 – Nome: hidreto de boro, Função: hidreto.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidreto de cálcio, Função: hidreto.
 NaClO – Nome: cloreto de sódio, Função: sal.
- C H_3BO_3 – Nome: ácido bórico, Função: ácido.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidróxido de cálcio, Função: base.
 NaClO – Nome: hipoclorito de sódio, Função: sal.
- D H_3BO_3 – Nome: ácido bórico, Função: ácido.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidreto de cálcio, Função: hidreto.
 NaClO – Nome: hipoclorito de sódio, Função: sal.
- E H_3BO_3 – Nome: hidróxido de boro, Função: base.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidróxido de cálcio, Função: base.
 NaClO – Nome: clorato de sódio, Função: sal.

4 Udesc Escolha a alternativa que contém exclusivamente sais.

- A HCl – H_2S – H_2O
- B NaBr – CaO – H_3PO_2
- C $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – P_2O_5 – Na_2SO_4
- D $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – LiCl – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- E HBr – NaBr – Na_2O

5 UEL Quantos elementos químicos compõem o sulfato cúprico pentaidratado?

- A 7
- B 6
- C 5
- D 4
- E 3

- 6 CPS 2020** A nomenclatura dos sais é derivada da nomenclatura do respectivo ácido de origem. Por exemplo, o sal usado no soro fisiológico, cloreto de sódio, é derivado do ácido clorídrico, e pode ser obtido por meio da reação de neutralização:



Desse modo, o sal derivado do ácido sulfídrico, na reação de neutralização total com hidróxido de cálcio, será

- A CaS: sulfeto de cálcio.
 B CaS: sulfato de cálcio.
 C CaS: sulfito de cálcio.
 D NaS: sulfato de sódio.
 E NaS: sulfeto de sódio.
- 7 UFRGS** No processo de produção do sal refinado, a lavagem do sal marinho provoca a perda do iodo natural, sendo necessário, depois, acrescentá-lo na forma de *iodeto de potássio*. Outra perda significativa é a de íons magnésio, presentes no sal marinho na forma de *cloreto de magnésio* e *sulfato de magnésio*. Durante este processo são também adicionados alvejantes como o *carbonato de sódio*. As fórmulas representativas das substâncias em destaque no texto anterior são, respectivamente:
- A KI, MgCl, MgSO₄ e NaCO₃
 B K₂I, MgCl₂, Mg₂SO₄ e Na₂CO₃
 C K₂I, Mg₂Cl, MgSO₄ e Na(CO₃)₂
 D KI, MgCl₂, MgSO₄ e Na₂CO₃
 E KI₂, Mg₂Cl, Mg(SO₄)₂ e Na₃CO₃

- 8 UFTPR 2016** Uma pesquisa sobre produtos químicos e suas aplicações no cotidiano forneceu as seguintes informações:

Produto químico	Aplicação
I. Mg(OH) ₂	Antiácido para combater o excesso de acidez estomacal.
II. CaO	Preparação de argamassa na construção civil.
III. H ₃ PO ₄	Acidulante em refrigerantes, balas e gomas de mascar.
IV. SnF ₂	Creme dental para fortalecer o esmalte dos dentes.

As funções químicas às quais estes produtos químicos pertencem são, respectivamente:

- A ácido; base; sal; óxido.
 B base; óxido; sal; ácido.
 C base; óxido; ácido; sal.
 D ácido; sal; óxido; base.
 E óxido; sal; base; ácido.

- 9 UFRGS** Considerando-se que o elemento ferro pode formar diferentes compostos nos quais apresenta valores de número de oxidação +2 ou +3, as fórmulas dos possíveis sulfatos e hidróxidos de ferro são:

- A Fe₂SO₄, Fe₃SO₄, Fe₂OH, Fe₃OH
 B FeSO₄, Fe₂(SO₄)₃, Fe(OH)₂, Fe(OH)₃
 C Fe(SO₄)₂, Fe(SO₄)₃, FeO, Fe₂O₃
 D FeSO₃, Fe₂(SO₃)₃, FeOH, Fe(OH)₃
 E FeS, Fe₂S₃, Fe₂O₃, Fe₃O₄

- 10 UFV** Cloreto de potássio, fosfato de cálcio, nitrato de sódio e sulfato de amônio são utilizados como fertilizantes na agricultura. As fórmulas correspondentes a estes sais são, respectivamente:

- A PCl₃ – CaPO₄ – NaNO₃ – (NH₄)₂SO₄
 B KCl – Ca₃(PO₄)₂ – NaNO₂ – (NH₄)₂SO₄
 C KCl – Ca₂(PO₄)₃ – NaNO₂ – (NH₄)₂(SO₄)₃
 D PCl₃ – Ca₃(PO₄)₂ – NaNO₃ – (NH₄)₂SO₄
 E KCl – Ca₃(PO₄)₂ – NaNO₃ – (NH₄)₂SO₄

- 11 Ufla** O bicarbonato de sódio é empregado na fabricação de efervescentes digestivos (exemplo: sal de frutas). Na presença de ácido, o bicarbonato reage liberando gás carbônico, que é responsável pela efervescência. A equação química que representa esse processo é

- A NaHCO₃(s) + H⁺(aq) → Na⁺(aq) + CO₂(g) + H₂O(l)
 B NaHCO₃(s) + H⁺(aq) → Na⁺(aq) + CO(g) + H₂(g) + O₂(g)
 C NaHCO₃(s) + OH⁻(aq) → Na⁺(aq) + H₂CO₃(aq) + O²⁻(aq)
 D NaHCO₃(s) + H⁺(aq) → Na⁺(aq) + H₂CO₃(aq)
 E NaHCO₃(s) + H⁺(aq) + OH⁻(aq) → NaH(s) + CO₂(g) + 1/2 O₂(g) + H₂O(l)

- 12 Unitau** São considerados sais terciários:

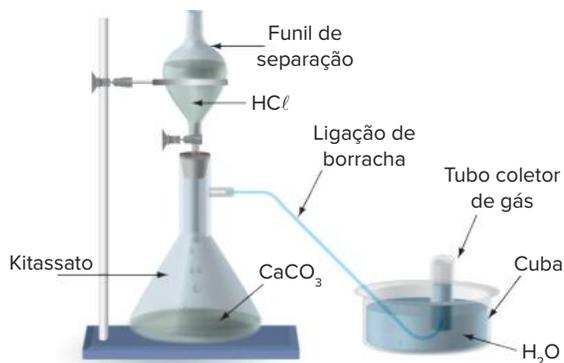
- A NaCl e NaHS
 B CaO e H₂SO₄
 C NaHS e Na₂CO₃
 D Ni(OH)₃ e FePO₄
 E H₂SO₄ e Ni(OH)₃

- 13 Uerj 2019** No tratamento dos sintomas da acidez estomacal, emprega-se o hidróxido de alumínio, que neutraliza o excesso do ácido clorídrico produzido no estômago. Na neutralização total, a quantidade de mols de ácido clorídrico que reage com um mol de hidróxido de alumínio para formação do sal neutro corresponde a:

- A 2
 B 3
 C 4
 D 6

► **Dica para questão 12:** Os sais podem ser: binários – 2 elementos / ternários ou terciários – 3 elementos / quaternários – 4 elementos.

- 14 Seja o sistema a seguir, os produtos da reação entre HCl e CaCO_3 são:



- A CaO , H_2CO_3 e Cl_2
 B CaCl_2 , H_2O e CO_2
 C CaCl_2 , CO_2 e H_2
 D CaH_2 , CO_2 e Cl_2
- 15 Udesp Completar as seguintes neutralizações totais:
 a) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$
 b) $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow$
 c) $\text{H}_2\text{S} + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow$
- 16 Vunesp Escreva:
 a) as fórmulas químicas dos compostos hidrogenocarbonato de sódio e sulfato de ferro (III).
 b) os nomes dos compostos químicos de fórmulas NH_4NO_2 e PbI_2 .
- 17 UEMG 2018 Em relação às propriedades de ácidos e bases e às possíveis reações entre eles, assinale a alternativa correta.
 A O hidróxido de alumínio, $\text{Al}(\text{OH})_3$, é uma base fraca, porém muito solúvel em água.
 B A reação entre o ácido fosfórico e o hidróxido de cálcio forma o sal fosfato de cálcio, de fórmula $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_3$.
 C O hidróxido férrico possui a fórmula molecular $\text{Fe}(\text{OH})_2$.
 D A reação entre hidróxido de potássio com hidróxido de sódio e ácido sulfúrico forma o sulfato duplo de potássio e sódio (KNaSO_4)
- 18 ITA Nas condições ambientes, a 1 L de água pura, adiciona-se 0,01 mol de cada uma das substâncias A e B descritas nas opções a seguir. Dentre elas, qual solução apresenta a maior condutividade elétrica?
 A A = NaCl e B = AgNO_3
 B A = HCl e B = NaOH
 C A = HCl e B = CH_3COONa
 D A = KI e B = $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
 E A = $\text{Cu}(\text{NO}_3)$ e B = ZnCl_2

- 19 Fuvest Uma estudante de química realizou quatro experimentos, que consistiram em misturar soluções aquosas de sais inorgânicos e observar os resultados. As observações foram anotadas em uma tabela:

Experimento	Solutos contidos inicialmente nas soluções que foram misturadas		Observações
1	$\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{IO}_3)_2$	formação de precipitado branco
2	$\text{Mg}(\text{IO}_3)_2$	$\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$	formação de precipitado branco
3	MgCrO_4	$\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$	formação de precipitado amarelo
4	MgCrO_4	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	nenhuma transformação observada

A partir desses experimentos, conclui-se que são pouco solúveis em água somente os compostos:

- A $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$
 B PbCrO_4 e $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$
 C $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ e CaCrO_4
 D $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ e PbCrO_4
 E $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$, PbCrO_4 e CaCrO_4

- 20 Fuvest

Holanda quer deixar de ser um País Baixo

Cientistas estão pesquisando a viabilidade de se elevar o litoral holandês – que é muito baixo e há séculos vem sendo ameaçado por enchentes – através da injeção de substâncias químicas na terra.

Os pesquisadores acreditam poder elevar o litoral injetando ácido sulfúrico numa camada de rocha calcária 1,5 km abaixo da superfície. A reação química resultante produziria gipsita, que ocupa o dobro do espaço do calcário e que empurra a superfície terrestre para cima.

Da Reuter - Notícia publicada na *Folha de S.Paulo*, out. 1992.

Sabendo que a gipsita é CaSO_4 hidratado e que o calcário é CaCO_3 , a reação citada produz também:

- A H_2S
 B CO_2
 C CH_4
 D SO_3
 E NH_3
- 21 UFRGS Quando o cloreto de potássio reage com uma solução aquosa de nitrato de prata, forma-se um precipitado branco de:
 A K_2O
 B Ag
 C AgCl
 D KNO_3
 E Ag_2O

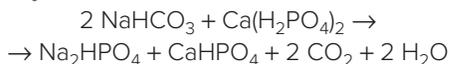
22 UPE 2017 A semeadura de nuvens atualmente é usada em todo o mundo para otimizar a precipitação, tanto de chuva quanto de neve e, ao mesmo tempo, inibir o granizo e a neblina. E ela funciona. Esse tipo de semeadura tem efeito ao espalhar partículas microscópicas, a fim de afetar o desenvolvimento da condensação, agindo como núcleos de gelo artificiais. Insolúveis na água, tais partículas funcionam como suporte para o crescimento dos cristais de gelo. Para tal propósito, utiliza-se frequentemente determinado sal. Ele possui uma estrutura cristalina similar à do gelo e forma um recife artificial onde os cristais podem crescer.

Adaptado de: <http://gizmodo.uol.com.br/semeadura-de-nuvens/>

Que sal é utilizado para semear as nuvens?

- A AgI
- B KI
- C NaCl
- D AgNO₃
- E KNO₃

23 PUC-Campinas Determinados tipos de fermentos químicos, quando umedecidos, liberam gás carbônico pela reação:



Os componentes desses fermentos são classificados como

- A sais ácidos.
- B sais básicos.
- C oxiácidos.
- D hidrácidos.
- E bases inorgânicas.

24 PUC-Minas Sobre o hidrogenocarbonato de sódio (NaHCO₃), todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- A É empregado na neutralização de ácidos.
- B É empregado como fermento de massas de bolo e na extinção de pequenas chamas, pelo CO₂, resultante da sua decomposição térmica de acordo com a reação

$$2 \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$$
- C Sua solução aquosa fica vermelha em presença do indicador fenolftaleína.
- D É classificado como sal ácido, chamado comercialmente de bicarbonato de sódio.
- E A decomposição térmica de um mol do sal produz 22,4 litros de CO₂ nas CNTP.

25 Uece Associe corretamente, de cima para baixo, as colunas a seguir.

- I. Na₂B₄O₇ · 10 H₂O
- II. Mg(OH)Cl
- III. NaKSO₄
- IV. NaHCO₃

- Sal básico
- Sal duplo
- Sal ácido
- Sal hidratado

A associação correta é:

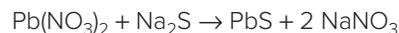
- A I, III, IV, II
- B II, IV, III, I
- C I, II, III, IV
- D II, III, IV, I

26 Uerj Recentemente, foi confirmada a existência de água mineral medicinal no município de Resende. Segundo foi publicado na imprensa, a água encontrada é rica em bicarbonatos, oficialmente denominados hidrogenocarbonatos.

As fórmulas químicas correspondentes aos hidrogenocarbonatos de sódio e de cálcio são, respectivamente:

- A Na₂CO₃ e CaHCO₃
- B NaHCO₃ e CaHCO₃
- C NaHCO₃ e Ca(HCO₃)₂
- D Na₂CO₃ e Ca(HCO₃)₂

27 Fatec Relatos históricos contam que, durante a Segunda Guerra Mundial, espiões mandavam mensagens com uma “tinta invisível”, que era essencialmente uma solução de nitrato de chumbo. Para tornar a escrita com nitrato de chumbo visível o receptor da mensagem colocava sobre a “tinta invisível” uma solução de sulfeto de sódio, Na₂S, bastante solúvel em água e esperava pela reação:



Com base nas informações, afirma-se que:

- I. essa reação formava o nitrato de sódio e sulfeto de chumbo.
- II. o sulfeto de chumbo PbS que precipitava e possibilitava a leitura da mensagem.
- III. o sulfeto de chumbo, por ser muito solúvel em água, possibilitava a leitura da mensagem.
- IV. o nitrato de sódio que precipitava e possibilitava a leitura da mensagem.

É correto o que se afirma em apenas:

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

28 Uece Marque a alternativa que apresenta a reação da formação de um sal com as seguintes características: quaternário, oxigenado, anidro e ácido.

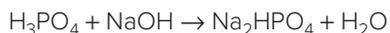
- A H₃PO₄ + NaOH → NaH₂PO₄ + H₂O
- B 2 H₂SO₄ + Ca(OH)₂ → CaH₂(SO₄)₂ · H₂O + H₂O
- C HCl + Ca(OH)₂ → Ca(OH)Cl + H₂O
- D H₃PO₄ + 3 NaOH → Na₃PO₄ + 3 H₂O

29 Mackenzie Combinando entre si dois dos íons Na^+ , NO_2^- , Ca^{2+} , H^+ , Cl^- e OH^- , o número máximo de compostos pertencentes respectivamente às funções inorgânicas base, ácido e sal é:

- A 2, 2 e 1 D 3, 2 e 4
B 1, 1 e 1 E 2, 2 e 2
C 2, 2 e 4

30 UnB O elemento químico fósforo é absorvido pelas plantas sob a forma de sais, tais como NaH_2PO_4 e Na_2HPO_4 . A absorção desses sais é mais eficiente quando o pH do solo está entre 5 e 8. Com o auxílio dessas informações, julgue os itens adiante.

- (1) O nome do sal Na_2HPO_4 é mono hidrogenofosfato de sódio.
(2) O sal Na_2HPO_4 pode ser obtido pela seguinte reação:



31 Unirio As reações entre os ácidos e as bases produzem sal e água. Tendo em vista que estas reações são de neutralização parcial, indique a única opção que representa a equação da reação onde não é obtido um sal ácido ou sal básico, pois não se trata de reação de neutralização parcial.

- A $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
B $\text{HNO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
C $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{LiOH} \rightarrow \text{Li}_2\text{HPO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
D $\text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$
E $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{HPO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$

32 Vunesp Os nomes dos compostos NaHSO_3 e $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ são, respectivamente:

- A sulfato de sódio e fosfato de ferro (II).
B sulfato de sódio e fosfito ferroso.
C di-hidrogenossulfato de sódio e fosfato de ferro (III).
D sulfeto de sódio e fosfito de férrico.
E hidrogenossulfito de sódio e fosfato de ferro(II).

33 Vunesp Quando se reagem 1 mol de hidróxido de potássio com 1 mol de ácido fosfórico e 1 mol da mesma base com 1 mol de ácido sulfúrico obtém-se, respectivamente:

- A KH_2PO_4 e KHSO_4
B K_2HPO_4 e KHSO_3
C K_3HPO_4 e K_2SO_3
D KH_2PO_3 e K_2SO_4
E K_2HPO_3 e K_2SO_4

34 A reação de 1 mol de ácido fosfórico com 2 mol de hidróxido de sódio produz:

- A 2 mol de Na_3PO_4
B 1 mol de Na_2HPO_4
C 3 mol de NaH_2PO_4

D 2 mol de Na_3PO_3

E 1 mol de NaH_2PO_2 e 1 mol de Na_2HPO_3

35 ITA São pouco solúveis em água os seguintes pares de sais:

- A BaCl_2 e PbCl_2
B MgSO_4 e BaSO_4
C PbSO_4 e $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
D K_2CrO_4 e Na_2CrO_4
E AgBr e PbS

36 Uefs 2018 Cal viva, cal hidratada e calcário são substâncias empregadas para a correção da acidez de solos. Essas três substâncias são classificadas, respectivamente, como

- A óxido básico, hidróxido e sal.
B óxido básico, óxido ácido e sal.
C óxido ácido, hidróxido e ácido.
D hidróxido, hidrácido e óxido básico.
E hidróxido, hidrácido e óxido ácido.

37 Uece 2018 As grandes emissões de dióxido de carbono são a causa principal do efeito estufa. Preocupados com esse grave problema, cientistas da Islândia estão trabalhando a conversão do referido gás em um material sólido. Para conseguir tal objetivo, o procedimento mais apropriado e utilizado em condições especiais de laboratório é

- A comprimir o dióxido de carbono até convertê-lo em gelo seco.
B baixar a temperatura do dióxido de carbono até convertê-lo em gelo seco.
C fazer o dióxido de carbono reagir com um óxido ácido.
D fazer o dióxido de carbono reagir com um óxido básico.

38 UFJF 2018 Uma das consequências da chuva ácida é a acidificação de solos. Porém, alguns tipos de solos conseguem neutralizar parcialmente os efeitos da chuva por conterem naturalmente carbonato de cálcio (calcário) e óxido de cálcio (cal). Os solos que não têm a presença do calcário são mais suscetíveis à acidificação e necessitam que se faça a adição de cal. No solo, a cal reage com a água, formando uma base que auxiliará na neutralização dos íons H^+ . Assinale a alternativa que mostra a equação química balanceada que representa a reação entre a cal e a água:

- A $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$
B $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{CaO}_2(\text{aq})$
C $\text{Ca}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2 \text{CaOH}(\text{aq})$
D $\text{K}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2 \text{KOH}(\text{aq})$
E $\text{KO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{K}(\text{OH})_2(\text{aq})$

39 Uerj 2015 Os combustíveis fósseis, que têm papel de destaque na matriz energética brasileira, são formados, dentre outros componentes, por hidrocarbonetos. A combustão completa dos hidrocarbonetos acarreta a formação de um óxido ácido que vem sendo considerado o principal responsável pelo efeito estufa. A fórmula química desse óxido corresponde a:

- A CO_2
- B SO_3
- C H_2O
- D Na_2O

40 ITA Considere as seguintes afirmações.

- I. Óxidos como Na_2O , MgO e ZnO são compostos iônicos.
- II. Óxidos como K_2O , BaO e CuO são básicos.
- III. Óxido de carbono, nitrogênio e enxofre são compostos moleculares.
- IV. PbO_2 e MnO_2 são oxidantes fortes.

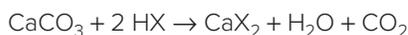
Destas afirmações estão corretas:

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

41 UFF A pérola é o resultado da reação de moluscos, como ostras e conchas de mar e água doce, a qualquer corpo estranho que esteja em sua parte interna, conhecida como manto.

Discovery Magazine, set. 2004.

Boa parte da massa das pérolas – usada na confecção de colares – se deve ao carbonato de cálcio. O contato prolongado das pérolas com a acidez do suor faz com que elas sofram um processo lento de corrosão, processo esse que pode ser representado pela reação:



Desprezando-se o estado físico dos reagentes e dos produtos e sabendo-se que HX representa ácidos presentes no suor, assinale a opção correta.

- A Se, hipoteticamente, HX for substituído pelo H_2S , o sal produzido será o sulfeto de cálcio.
- B Se, hipoteticamente, HX for substituído pelo HCl , o sal produzido será o cloreto de cálcio.
- C O sal produzido será o CaH_2CO_3 , já que HX é representado pelo ácido carbônico.
- D Se, hipoteticamente, HX for substituído pelo HBr , o sal produzido será um bromato.
- E O CaCO_3 é muito solúvel em água, portanto não pode ser atacado por hidrácidos.

42 IFSul 2015 Certo lago vulcânico liberou uma nuvem de gases tóxicos que continham entre outras substâncias: ácido sulfídrico, monóxido de carbono e dióxido de enxofre.

A alternativa que contém corretamente as fórmulas dos gases citados acima é:

- A CO , CO_2 , SO_2 , H_2S .
- B SO_3 , CO_2 , H_2SO_4 , SO_2 .
- C CO , SO_3 , H_2SO_4 , SO_2 .
- D CO_2 , H_2S , SO_3 , CO .

43 PUC-Campinas 2016 O pó de ocre é uma mistura de minerais que contém ferro, cujas cores podem variar dependendo de sua composição. O marrom-ocre é obtido principalmente a partir da limonita, $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. O vermelho-ocre vem da hematita, Fe_2O_3 . Já o amarelo-ocre pode ser goethita, $\text{FeO}(\text{OH})$, limonita ou uma mistura de ambos. As funções inorgânicas a que a limonita e a hematita pertencem são, respectivamente,

- A ácido e base.
- B óxido e ácido.
- C base e óxido.
- D óxido e base.
- E base e ácido.

44 Mackenzie A ferrugem é uma mistura de hidróxido e óxido de Fe^{2+} e Fe^{3+} . A alternativa que apresenta formulação correta de duas dessas substâncias é:

- A Fe_2OH e Fe_2O_3
- B $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e FeO
- C FeOH_2 e FeO_2
- D $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e Fe_2O
- E FeOH e Fe_2O_3

45 Famerp 2017 Considere os seguintes óxidos: CaO , CO , N_2O , CO_2 , NO_2 e K_2O . Dentre os óxidos citados, aqueles que interagem com água originando soluções aquosas com $\text{pH} > 7$ a 25°C são

- A N_2O e NO_2
- B CaO e K_2O
- C K_2O e N_2O
- D CO_2 e NO_2
- E CaO e CO

46 ITA Considere os seguintes óxidos (I, II, III, IV e V):

- I. CaO
- II. N_2O_5
- III. Na_2O
- IV. P_2O_5
- V. SO_3

Assinale a opção que apresenta os óxidos que, quando dissolvidos em água pura, tornam o meio ácido.

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

Dica para questão 40: Em geral, metais de $\text{Nox } 4+$, $5+$, $6+$ e $7+$ constituem substâncias com forte caráter oxidante.

47 Uern 2015 Representado pela fórmula química CO, o monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro proveniente da combustão incompleta de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural). Se inalado em altas concentrações pode matar por asfixia. Isso ocorre porque, ao ser inspirado, o monóxido de carbono é capaz de estabelecer ligações químicas altamente estáveis com a hemoglobina das hemácias, formando a carboxiemoglobina (HbC), o que as impossibilita de transportar oxigênio em todo o processo de respiração.

(Disponível em: <http://www.infoescola.com/quimica/monoxido-de-carbono/>.)

O óxido citado no trecho anterior pode ser classificado como óxido

- A ácido. C neutro.
B básico. D anfótero.

48 Ufla O H_2S , também conhecido como gás sulfídrico e *gás do ovo podre*, é produzido pela decomposição de matéria orgânica vegetal e animal. Na atmosfera, em contato com o oxigênio, o H_2S transforma-se em dióxido de enxofre e água.

- a) Escreva a equação que representa a reação completa e balanceada do gás sulfídrico com oxigênio.
b) O trióxido de enxofre reage com água (umidade do ar) e forma um dos ácidos responsáveis pelo fenômeno da chuva ácida. Escreva a fórmula molecular e o nome desse ácido.

49 PUC-Campinas As substâncias MgSO_4 (sal amargo), NaOH (soda cáustica) e SiO_2 (sílica), de acordo com suas funções químicas são chamadas, respectivamente, de:

- A sulfeto de magnésio, hidróxido de sódio e óxido de silício.
B bissulfato de magnésio, hidreto de sódio e peróxido de silício.
C sulfato de magnésio, hidróxido de sódio e dióxido de silício.
D bissulfeto de magnésio, óxido de sódio e dióxido de silício.
E tiosulfato de magnésio, hidróxido de sódio e bióxido de silício.

50 PUC-Campinas Considere as seguintes substâncias:

- I. cal virgem, CaO
II. cal hidratada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$
III. gipsita, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

De acordo com as regras de nomenclatura de substâncias inorgânicas, os nomes desses compostos são, respectivamente:

- A peróxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfato de cálcio anidro.
B monóxido de cálcio, hidróxido de cálcio e sulfeto hidratado de cálcio.
C óxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfeto de cálcio di-hidratado.
D peróxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfato de cálcio hidratado.
E óxido de cálcio, hidróxido de cálcio e sulfato de cálcio di-hidratado.

51 PUC-Campinas Sobre o destino do CO_2 que se dissolve nos oceanos, fizeram-se as seguintes afirmações.

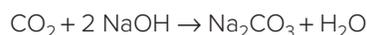
- I. Essa substância é absorvida e utilizada pelo fitoplâncton, que é a base das cadeias alimentares marinhas.
II. A partir dessa substância formam-se carbonatos, indispensáveis para os animais que têm exoesqueleto calcário, tais como corais, moluscos e crustáceos.
III. Parte do carbonato resultante das reações químicas que se iniciam com o CO_2 deposita-se nos oceanos, integrando rochas calcárias.

É correto o que se afirma em:

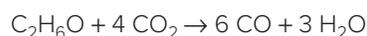
- A I, somente. D II e III, somente.
B I e II, somente. E I, II e III.
C I e III, somente.

52 Uece Joseph Priestley (1733-1804), pastor da Igreja Não Conformista Inglesa, no ano de 1767, em Leeds, noroeste da Inglaterra, deu uma contribuição decisiva para a história das bebidas. Aproveitando o ambiente carregado de CO_2 que vinha da cervejaria próxima de sua casa, o pastor usou um artifício simples: derramava água de um copo para outro repetidas vezes, e quando passava pelo ar, um pouco de gás dissolvia no líquido, que ao final de inúmeras repetições acabava borbulhante. Mais tarde, Priestley criou um aparelho que dispensava a existência de uma cervejaria por perto, para gaseificar a água. Era o começo da indústria de refrigerantes. Com relação ao gás carbônico, assinale a alternativa verdadeira.

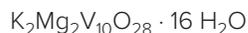
A É considerado um óxido ácido porquanto reage com uma base formando sal e água, conforme a equação:



- B As ligações carbono-oxigênio são duplas, com o átomo de carbono apresentando hibridação sp^2 .
C É o principal produto da reação de fotossíntese, que é realizada pelos vegetais.
D Quando ocorre a queima do álcool no motor de um automóvel, sua atuação é a seguinte:



- 53 A fórmula do decavanadato (duplo) de dipotássio e dimagnésio com 16 moléculas de água de cristalização é:



De qual óxido de vanádio deriva esse decavanadato?

- A V_2O_7
- B V_2O_5
- C V_2O_3
- D V_2O
- E VO

- 54 UFPR Óxidos metálicos podem ter caráter ácido, básico ou anfótero. O caráter do óxido depende da sua posição na tabela periódica e do estado de oxidação do íon metálico. Sobre esse assunto, responda.

- a) O que é *caráter anfótero*?
- b) O óxido de cálcio, CaO, é um óxido ácido, básico ou anfótero? Escreva reação(ões) que demonstre(m) o caráter do CaO.

- 55 UFRGS 2018 Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes a compostos inorgânicos.

- A sílica, presente na areia, e o gás carbônico fazem parte da mesma função inorgânica: os óxidos.
- O número de oxidação do oxigênio, no composto OF_2 , é -2 .
- O óxido de alumínio pode comportar-se como óxido ácido ou como óxido básico.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A V – V – V.
- B V – V – F.
- C V – F – V.
- D F – F – V.
- E F – F – F.

- 56 UFRGS Considere a seguinte sequência de reações de formação dos compostos X, Y e Z.



As substâncias representadas por X, Y e Z são, respectivamente:

- A $Ca(OH)_2, Ca_2S$ e $CaCl$
- B CaO_2, CaS_2 e $CaCl_2$
- C $CaOH, CaS$ e $CaCl$
- D CaO_2, Ca_2S e Ca_2Cl
- E $Ca(OH)_2, CaS$ e $CaCl_2$

- 57 Unioeste O Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia de 1998 foi concedido a três norte-americanos descobridores do princípio de como o óxido nítrico transmite sinais pelo corpo e do papel da substância no controle do sistema circulatório. Esta descoberta possibilitou o desenvolvimento da droga contra a impotência, conhecida como Viagra. Com relação ao óxido nítrico (NO), assinale a(s) afirmativa(s) correta(s).

- 01 É um óxido neutro.
- 02 É um peróxido.
- 04 Reage com água produzindo ácido.
- 08 Reage com base produzindo sal e água.
- 16 Reage com ácido e com base.
- 32 É formado pela associação de dois óxidos diferentes.
- 64 Não reage com água, ácido ou base.

Soma:

58 Unirio O consumidor brasileiro já está informado de que os alimentos industrializados que ingere contêm substâncias cuja função básica é a de preservá-los da deterioração. Alguns exemplos dessas substâncias são: conservantes – ácido bórico (P.II) e anidrido sulfuroso (P.V); antioxidante – ácido fosfórico (A.III); anti-tumectantes – carbonato de cálcio (Au.I) e dióxido de silício (Au.VIII). Marque a opção que indica a fórmula de cada substância na ordem apresentada no texto.

- A H_2BO_4 ; SO_3 ; H_3PO_3 ; K_2CO_3 ; Si_2O
 B H_3BO_3 ; SO_2 ; H_3PO_3 ; K_2CO_3 ; SiO_2
 C H_3BO_3 ; SO_2 ; H_3PO_4 ; $CaCO_3$; SiO_2
 D H_3BO_3 ; SO_3 ; H_3PO_4 ; $CaCO_3$; Si_2O
 E H_3BO_4 ; SO_2 ; H_3PO_3 ; $CaCO_3$; SiO_2

59 ITA 2019 Classifique cada uma das substâncias abaixo como óxidos ácido, básico ou anfótero.

- a) SeO_2 d) BeO
 b) N_2O_3 e) BaO
 c) K_2O

60 PUC-SP Para a obtenção de 5,2 g de sulfito de magnésio foi realizado um processo que constou das seguintes etapas:

► **Dados:** Mg = 24; O = 16; S = 32.

- combustão de x gramas de enxofre → dióxido de enxofre;
- combustão de y gramas de magnésio → óxido de magnésio;
- dióxido de enxofre + água → ácido representado por A;
- óxido de magnésio + água → base representada por B;
- ácido A + base B → sulfito de magnésio + água.

Assinale a alternativa que indica corretamente os valores de x, de y e as fórmulas do ácido A, da base B e de sulfito de magnésio.

	Massas		Fórmulas		
	x	y	ácido A	base B	Sulfito de Mg
A	1,6	1,2	H_2SO_3	$Mg(OH)_2$	$MgSO_3$
B	1,30	1,95	H_2SO_3	$Mg(OH)_2$	$MgSO_3$
C	1,38	1,04	H_2SO_4	$Mg(OH)_2$	$MgSO_4$
D	1,89	1,73	H_2SO_4	$Mg(OH)$	Mg_2SO_4
E	1,46	2,23	H_2SO_2	$Mg(OH)$	Mg_2SO_2

61 Cesgranrio O óxido de zinco é um óxido tipicamente anfótero. Considere as reações:



A respeito de X e Y, podemos afirmar corretamente que:

- A** X é $ZnOCl$ e Y, $Zn(OH)_2$.
B X é $ZnCl_2$ e Y, Na_2ZnO_2 .
C X é $ZnOCl_2$ e Y não existe porque não ocorre a reação II.
D X não existe porque a reação I não ocorre e Y é Na_2ZnO_2 .
E X e Y não existem porque a reação I e II são impossíveis.

62 ITA Assinale a alternativa falsa em relação a propriedades de óxidos.

- A** SiO_2 forma ácido muito solúvel em H_2O .
B NO_2 reage com água produzindo HNO_2 e HNO_3 .
C Cr_2O_3 é um óxido básico.
D CrO_3 é um óxido ácido.
E ZnO reage com bases fortes.

FRENTE 2**CAPÍTULO****6****Soluções**

Indicadores ácido-base são substâncias que mudam de cor conforme o meio em que estão. O azul de bromotimol, por exemplo, adquire uma coloração em solução ácida, uma em solução básica e outra em meio neutro. A visualização dessas cores é fundamental para a realização de uma titulação ácido-base, procedimento importantíssimo que determina a concentração desconhecida de uma solução.

Dispersões

Dispersão é toda mistura de duas ou mais substâncias. Água e areia, água e pó de gelatina, água e álcool, água e enxofre, água e hidróxido de magnésio e vinagre são alguns exemplos de dispersões. Porém, é importante que se note que são casos distintos. Veja três desses exemplos:



Fig. 1 Exemplos de dispersões distintas.

No caso I, note que a areia está disseminada em água, mas não solubilizada. Depois da disseminação, as partículas de areia são muito grandes, visíveis a olho nu. É uma dispersão que pode ter seus componentes separados por métodos mecânicos simples, como filtração, decantação, sifonação e centrifugação. É uma mistura heterogênea, sem dúvida.

No caso II, é o pó de gelatina que está disseminado em água. A questão da solubilidade, nesse caso, é discutível, já que a mistura final apresenta um aspecto viscoso. Aparentemente, o sistema é homogêneo.

Todavia, com o auxílio de ultramicroscopia, observa-se nitidamente a gelatina envolvendo e sendo envolvida pela água. Graças a essa distinção, o sistema é, na realidade, heterogêneo, e a solubilidade do pó de gelatina em água é, portanto, parcial. Além disso, também é possível separarmos os componentes dessa dispersão. Isso é feito, porém, com muito mais dificuldade que no caso I. Em vez de um filtro comum, faz-se necessário um ultrafiltro; em vez de uma centrífuga comum, faz-se necessária uma ultracentrífuga, e assim por diante.

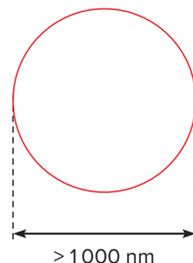
No caso III, o sal de cozinha não está apenas disseminado em água, mas também dissolvido. Mesmo utilizando microscópios extremamente poderosos, não é possível visualizar as partículas de sal na água. Sobre separar os componentes desta dispersão, isso é impossível de ser feito através de métodos mecânicos como filtração, centrifugação, decantação ou sifonação. É por esses motivos que esse tipo de dispersão é considerado um sistema homogêneo.

Até agora, como você já pôde perceber, analisamos três tipos de dispersão, com propriedades completamente diferentes entre si. E é devido a isso que cada uma delas receberá um nome especial. Veja:

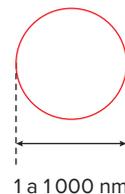
- água e areia: Suspensão
- água e pó de gelatina: Solução coloidal ou coloide
- água e sal: Solução verdadeira ou solução

Mas você deve estar se perguntando: o que define, para uma dada mistura, qual o tipo de dispersão? Na realidade, todas essas propriedades são definidas pelo tamanho das partículas que estão disseminadas. A partir disso, adotou-se o seguinte critério de classificação:

- **Suspensão:** partículas disseminadas com diâmetro maior que 1000 nm.



- **Solução coloidal:** partículas disseminadas com diâmetro entre 1 e 1000 nm.



- **Solução verdadeira ou solução:** partículas disseminadas com diâmetro menor que 1 nm.



! Atenção

$$1 \text{ nm} = 10^{-9}$$

A substância que está disseminada em uma dispersão é chamada de disperso. Nos casos anteriores, os dispersos são, respectivamente, areia, pó de gelatina e sal. A substância que dissemina a outra em uma dispersão é chamada de dispersante, que nos três casos anteriores é a água.

Aliás, em problemas de vestibular, são raros os casos em que o dispersante não é a água. Isso era de esperar, já que a água é chamada de solvente universal e constitui um grande transportador de outras substâncias.

Reflitamos, agora, a respeito de tudo o que foi exposto:

- As suspensões e os sistemas coloidais são misturas heterogêneas e, portanto, apresentam descontinuidades. Isso torna o estudo desses sistemas extremamente mais complexo;
- Já as soluções verdadeiras (ou simplesmente soluções) são sistemas homogêneos e, portanto, contínuos. Isso torna o estudo desses sistemas bem mais simples e, ao mesmo tempo, importante.

Este capítulo se propõe a estudar as soluções verdadeiras que, a partir de agora, chamaremos simplesmente de soluções.

Soluções

Soluções são misturas homogêneas

Nesse caso, disperso e dispersante passam a ser denominados especialmente de soluto e solvente, respectivamente. Para efeito de notação (a ser usado posteriormente neste capítulo), sempre que nos referirmos ao soluto utilizaremos índice 1, sempre que nos referirmos ao **solvente**, índice 2, e à solução, não utilizaremos índice algum. Veja alguns exemplos:

m_1	→	massa do soluto
M_2	→	massa molar do solvente
V	→	volume da solução
n_2	→	número de mols do solvente
d	→	densidade da solução
X_1	→	fração molar do soluto

Agora que você já está familiarizado com essa notação, é preciso entender os diferentes tipos de solução. Para tanto, é preciso classificá-las. Na verdade, existem vários critérios de classificação, como estado físico (soluções sólidas, líquidas ou gasosas), tipo de soluto (iônico ou molecular) etc. Porém, uma dessas classificações é de extrema importância e se refere à proporção entre soluto e solvente.

Para entendermos melhor essa classificação, vamos analisar os dados referentes ao cloreto de sódio em água.

- 100 g de água dissolvem, no máximo, 36,5 g de NaCl, a 25 °C.
- 100 g de água dissolvem, no máximo, 40 g de NaCl, a 100 °C.

Observação: A essa altura, duas observações são importantes:

1. A solubilidade de uma substância em um dado solvente depende da temperatura do sistema.
2. Água e sal de cozinha (bem como outros sistemas similares) não constituem sempre sistemas homogêneos. Existe um limite de soluto que se pode dissolver em uma dada quantidade de solvente. Se se adiciona soluto acima dessa quantidade limite, existirá uma solução e um precipitado não dissolvido, que é chamado de corpo de chão ou corpo de fundo. A solução que está acima do corpo de chão é chamada de solução sobrenadante.

Vamos à classificação:

1º caso:

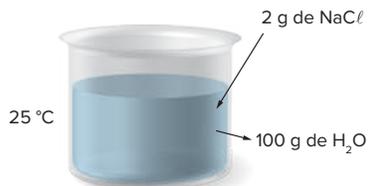


Fig. 2 Solução diluída de sal em água.

Pelas informações dadas, a 25 °C e para essa quantidade de solvente, é possível dissolver até 36,5 g de NaCl. Todavia, a quantidade que se quer dissolver é de apenas 2 g. Essa quantidade de soluto comparada à

quantidade máxima é muito pequena. Com isso, o sistema será homogêneo e o soluto se dissolverá com grande facilidade. Essa solução é chamada de **diluída**.

2º caso:

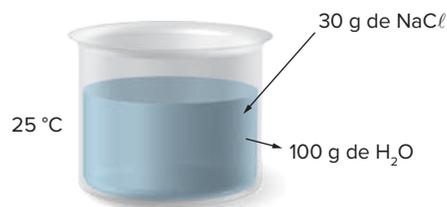


Fig. 3 Solução concentrada de sal em água.

Nessa temperatura e para essa quantidade de solvente, a quantidade máxima de NaCl que pode ser dissolvida continua sendo de 36,5 g. Como só se quer dissolver 30 g, o limite não foi atingido e o sistema também será homogêneo. Todavia, a quantidade de soluto dissolvido está bastante próxima do limite, e a dissolução do sal levará mais tempo. Muitas pessoas acreditam que mexer o sistema com uma colher aumenta a solubilidade do soluto, mas isso não é verdade. É bom lembrar que o processo de dissolução é espontâneo e gradual. Mexer o sistema apenas vai acelerar esse processo, mas jamais o modificará. A verdade é que, se colocarmos açúcar no café, aquele se dissolverá espontaneamente, sem a necessidade da colher. Só se mexe o sistema para acelerar o processo e adoçar o café antes de ele esfriar. Se houver excesso de açúcar, o ato de mexer vai espalhá-lo, mas não o solubilizará, já que o excesso retornará para o fundo. A solução deste 2º caso é chamada de **concentrada**.

3º caso:

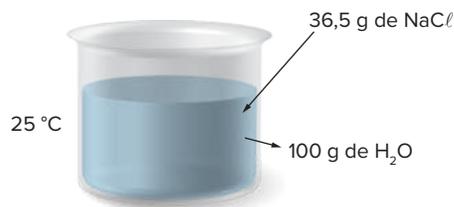


Fig. 4 Solução saturada de sal em água.

Esse caso é muito especial. Para essa temperatura e essa quantidade de solvente, a quantidade máxima de sal que se pode dissolver ainda é de 36,5 g de NaCl. A quantidade de sal adicionada ao sistema é justamente essa. Com isso, atinge-se o limite de solubilidade. Esse sistema não seria capaz de dissolver mais 0,1 g de NaCl. Em caso de adição, o excesso iria para o fundo do béquer e seria chamado de corpo de fundo. Quando se atinge o limite, a solução é chamada de **saturada**, ou diz-se que atingiu o ponto de saturação.

4º caso:

Nesse caso, a quantidade máxima de sal que se consegue solubilizar continua sendo de 36,5 g. Porém, com a adição de 40 g de sal, o limite de solubilidade foi ultrapassado, e nem todo o sal se dissolverá. Ao contrário do caso anterior, esse sistema será heterogêneo e terá o seguinte aspecto:

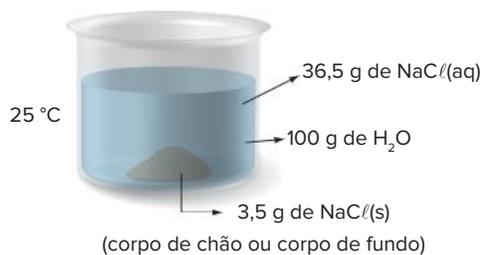


Fig. 5 Mistura heterogênea de sal em água.

É importante salientar o seguinte: a solução sobrenadante está dissolvendo a máxima quantidade de soluto possível. Portanto, ela é tão saturada quanto a solução do caso anterior. Porém, devido ao excesso, ela é chamada de solução **saturada com corpo de fundo**.

5º caso:

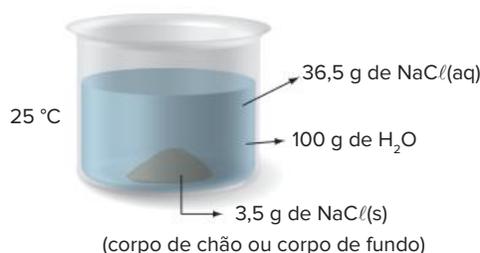


Fig. 6 Solução precursora de uma solução supersaturada.

Até aqui, o caso é idêntico ao anterior. Todavia, iremos aquecer o sistema até a temperatura de 100 °C, com um *bico de Bunsen*. Durante o aquecimento, a solubilidade do sal vai aumentando gradativamente, e o corpo de fundo vai desaparecendo lentamente. Isso ocorre porque, aquecendo-se o sistema, o sal que estava em excesso vai se solubilizando espontaneamente. Como a temperatura chegará a 100 °C, o corpo de fundo desaparecerá por completo. A solução que era saturada com corpo de fundo passa a ser apenas saturada. Após o aquecimento, deixa-se o sistema resfriar em completo repouso até a temperatura de 25 °C. Com isso, a solubilidade do sal volta a ser de 36,5 g. Porém, os 3,5 g de sal em excesso não precipitarão. Como essa solução está dissolvendo uma quantidade de sal acima do limite, ela é chamada de solução **supersaturada**.

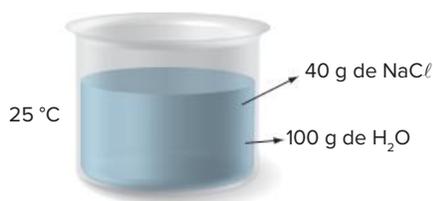


Fig. 7 Solução supersaturada.

Contudo, esse tipo de solução é extremamente instável, já que, agitando-a, todo o sal em excesso se tornará corpo de fundo, instantaneamente. Uma outra maneira de transformar uma solução supersaturada em saturada com corpo de fundo é adicionar cristais do sal a essa solução. Esse procedimento perturba o sistema, e o sal em excesso

também precipitará. Nesse caso, estes cristais são chamados de germens de cristalização. Como se pode perceber, cedo ou tarde uma solução supersaturada se transformará em saturada com corpo de fundo.

Em princípio, pode-se imaginar que este último caso não passa de um estudo teórico, sem ocorrências cotidianas. Alguns exemplos podem ilustrar a inveracidade desse pensamento. Veja:

- Nos dias de verão, é bastante comum vermos aviões deixando rastros de nuvem no céu. Algumas pessoas acreditam ser resultado da queima de combustível. Contudo, o ar atmosférico é uma grande solução, em que o soluto é o vapor d'água e o solvente é o ar. Ao longo destes dias quentes, o vapor d'água se acumula no ar, até praticamente saturá-lo. Com o cair da tarde, a temperatura diminui sensivelmente, tornando o ar supersaturado de água. Quando o avião passa por ele, perturba-o, tornando-o uma solução saturada com corpo de fundo. Portanto, saiba que aviões que deixam rastros são decorrências de o ar estar supersaturado.
- Outro efeito do caso anterior é quando um vento forte perturba esse ar supersaturado. Nesse caso, todo o excesso de água vai precipitar quase que instantaneamente, ocasionando uma chuva rápida e torrencial, chamada de chuva de verão.
- Muitas pessoas, ao fazer certos doces, precisam fazer caldas de açúcar com um pouco de água. Aquece-se o sistema até que ele atinja o "ponto de fio", que é quando a calda não cai em gotas, mas escorre em um fio único. Deixa-se resfriar o sistema. Todavia, nunca se deve mexer esse preparado bruscamente, já que ele é uma solução supersaturada. Os cozinheiros sabem que mexê-lo pode "açucarar" o doce, o que, quimicamente, significa transformá-lo em solução saturada com corpo de fundo.

Na realidade, toda essa classificação gira em torno do ponto de saturação da solução, conforme esquema a seguir.



Fig. 8 Classificação quanto à quantidade de soluto.

Coefficiente de solubilidade (C_s) e curvas de solubilidade

No item anterior, vimos que cada substância tem um ponto de saturação para uma dada quantidade de solvente e a uma dada temperatura.

O ponto de saturação de uma dada substância para 100 g de solvente é chamado de coeficiente de solubilidade, e pode ser representado por C_s ou K_s . Portanto, "coeficiente de solubilidade é a quantidade de soluto que satura 100 g de solvente a uma dada temperatura".

Matematicamente, sabemos que C_s varia com a temperatura:

$$C_s = f(T)$$

Os problemas de C_s resolvem-se por regras de três. Veja os dois exemplos a seguir.

Exercícios resolvidos

- 1 Quatro tubos contêm 20 mL de água cada um. Coloca-se nesses tubos dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) nas seguintes quantidades:

Massa de $K_2Cr_2O_7$ (g)	Tubo A	Tubo B	Tubo C	Tubo D
	1,0	3,0	5,0	7,0

A solubilidade do sal, a 20 °C, é igual a 12,5 g por 100 mL de água. Após agitação, em quais dos tubos coexistem, nessa temperatura, solução saturada e fase sólida?

Resolução:

A solubilidade do sal é dada por 12,5 g de $K_2Cr_2O_7/100$ mL H_2O , na temperatura de 20 °C. Mas a quantidade de solvente em cada um dos tubos é de apenas 20 mL. Portanto, a quantidade máxima desse sal que se dissolve em cada um dos quatro tubos é dada pela seguinte regra de três:

$$\begin{array}{rcl} 12,5 \text{ g } K_2Cr_2O_7 & \text{---} & 100 \text{ mL } H_2O \\ x & \text{---} & 20 \text{ mL } H_2O \\ x = 2,5 \text{ g } K_2Cr_2O_7 & & \end{array}$$

Isso significa que o ponto de saturação nos tubos A, B, C e D é de 2,5 g do sal. Adicionar uma quantidade de soluto superior a esta significa obter uma solução saturada com corpo de fundo, como quer o enunciado. Os tubos que apresentam uma quantidade de soluto superior a esta são B, C e D.

- 2 A 30 °C, a solubilidade do nitrato de prata em água é de 3000 g por quilograma de água. Adiciona-se, a 30 °C, 2000 g desse sal a 500 g de água, agita-se vigorosamente e depois filtra-se. Qual a massa da solução saturada obtida?

Resolução:

A solubilidade é de:

3000 g $AgNO_3$ / 1000 g H_2O .

Contudo, o sistema só apresentará 500 g H_2O . Com isso, solubilizar-se-á uma quantidade de $AgNO_3$ dada pela seguinte regra de três:

$$\begin{array}{rcl} 3000 \text{ g } AgNO_3 & \text{---} & 1000 \text{ g } H_2O \\ x & \text{---} & 500 \text{ g } H_2O \\ \Rightarrow x = 1500 \text{ g de } AgNO_3 & & \end{array}$$

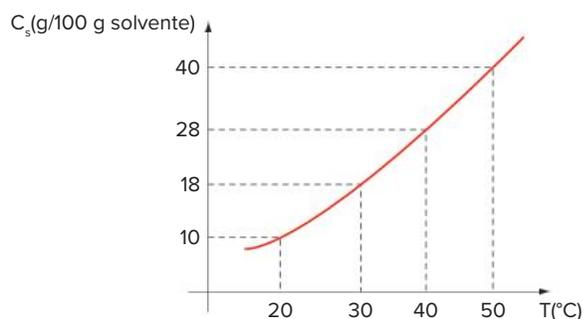
Todo o excesso não solubilizado ficará retido no filtro, e o que passar por ele constituirá a solução saturada. Como se adicionou 2000 g desse sal e 1500 g do mesmo irão se solubilizar, 500 g ficarão retidos no filtro. A massa total da solução obtida é dada por:

$$\begin{aligned} m &= m_1 + m_2 \Rightarrow m = 1500 + 500 \\ m &= 2000 \text{ g} \end{aligned}$$

Pensemos, agora, no seguinte problema prático: existem mais de 5 milhões de substâncias catalogadas, entre orgânicas e inorgânicas. Cada uma apresenta um leque de coeficientes de solubilidade a cada faixa de temperatura (que pode compreender o intervalo de 0 °C a 100 °C, de grau em grau). Um livro do tipo *handbook* com esses coeficientes de solubilidade teria certamente mais de 100000 páginas, o que torna o seu manuseio impossível. A solução para esse problema foi plotar em gráficos os valores dos coeficientes de solubilidade em função da temperatura. As curvas obtidas para cada soluto são chamadas de curvas de solubilidade. Matematicamente, são curvas do tipo $C_s \times T$.

Vamos analisar suas particularidades passo a passo:

- I. Seja uma curva de solubilidade de uma dada substância x , como mostrado a seguir:

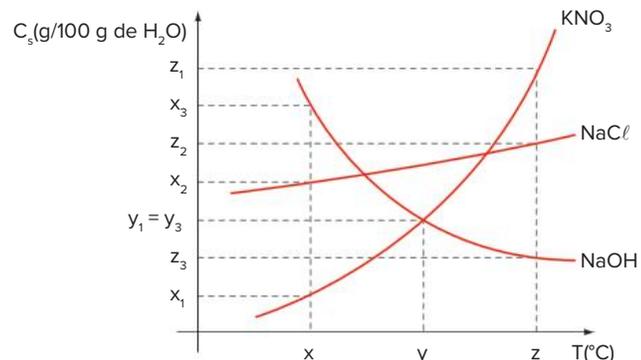


Do gráfico, podemos extrair observações importantes:

- A 20 °C, $(C_s)_x = 10$ g/100 g de solvente, ou seja, nesta temperatura, a quantidade máxima de x que pode ser dissolvida por 100 g de solvente é de 10 g.
- A 30 °C, $(C_s)_x = 18$ g/100 g de solvente.
- A 40 °C, $(C_s)_x = 28$ g/100 g de solvente.
- A 50 °C, $(C_s)_x = 40$ g/100 g de solvente.

Pode-se perceber que os coeficientes de solubilidade de substâncias podem ser extraídos das curvas de solubilidade, em uma faixa de temperatura.

- II. Tomando outras curvas de solubilidade, como a do KNO_3 , $NaCl$ e $NaOH$ em água, podemos fazer outras afirmações. Veja as curvas:



Observe que, dentre as substâncias, a mais sensível à variação de temperatura quanto à solubilidade é o KNO_3 . Para uma variação de temperatura ($z - x$), as variações de solubilidade das substâncias são:

$$\begin{aligned} KNO_3 &: z_1 - x_1 \\ NaCl &: z_2 - x_2 \\ NaOH &: z_3 - x_3 \end{aligned}$$

Como $(z_1 - x_1) > (x_3 - z_3) > (z_2 - x_2)$, a maior variação de solubilidade é a do KNO_3 , enquanto a menor é a do NaCl . Portanto, o NaCl é o menos sensível à variação de temperatura. Com isso, podemos concluir que, quanto mais próxima da vertical for a curva de solubilidade, mais sensível é a substância à variação de temperatura.

Outra pergunta frequente é: qual das três substâncias é a mais solúvel em água? Depende da temperatura. Na temperatura x , o maior C_s é o do NaOH , que neste caso é a substância mais solúvel. Na temperatura y , a mais solúvel é o NaCl e na temperatura z , é o KNO_3 .

Note ainda que tanto o KNO_3 quanto o NaCl têm suas solubilidades aumentadas com a elevação de temperatura. Todavia, o NaOH é tanto mais solúvel quanto mais baixa for a temperatura. Isso ocorre porque, nos processos de dissolução, há troca de calor com o meio externo. As dissoluções podem liberar ou absorver calor e são chamadas, respectivamente, de dissolução exotérmica e endotérmica. Para aumentar a solubilidade do KNO_3 e do NaCl , basta aquecê-los, ou seja, fornecer-lhes calor. Logo, a dissolução desses sais absorve calor e é, portanto, endotérmica. No caso do NaOH , é preciso retirar calor do mesmo para aumentar a sua solubilidade. Logo, a sua dissolução libera calor e é, portanto, exotérmica.

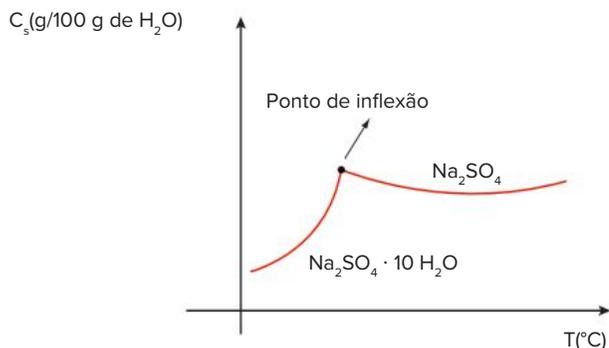
! Atenção

Esquematicamente:

Se $C_s \times T$ for crescente \Rightarrow dissolução endotérmica.

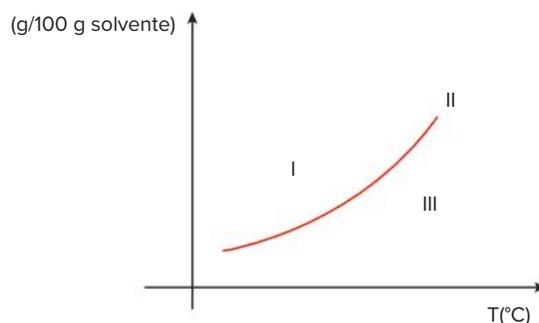
Se $C_s \times T$ for decrescente \Rightarrow dissolução exotérmica.

Ainda há um caso especial a ser analisado. Veja as seguintes curvas de solubilidade:



O que parece uma única curva na realidade são duas distintas: uma para o $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ e a outra para o Na_2SO_4 . A união das duas é contínua, mas há um ponto em que o gráfico sofre um desvio brusco. Esse ponto é chamado de ponto de inflexão. Abaixo da temperatura típica do ponto de inflexão, a forma mais estável do sal é a hidratada. Em temperaturas maiores que essa, é a desidratada. O ponto de inflexão, quimicamente, representa a desidratação (em caso de aquecimento) ou hidratação (em caso de resfriamento) de um sal.

Resumindo:



Regiões típicas em curvas de solubilidade.

- **Região I** – há mais soluto dissolvido que a quantidade máxima. Nesse caso, a região I é de soluções instáveis e supersaturadas.
- **Curva II** – pontos onde a solução é saturada, podendo ou não ter corpo de fundo.
- **Região III** – há menos soluto dissolvido que a quantidade máxima. Nesse caso, as soluções são insaturadas (podendo ser diluídas ou concentradas).

Agora, analise as curvas de solubilidade reais mostradas no gráfico a seguir. Procure rever aqui os aspectos já estudados sobre essas curvas.

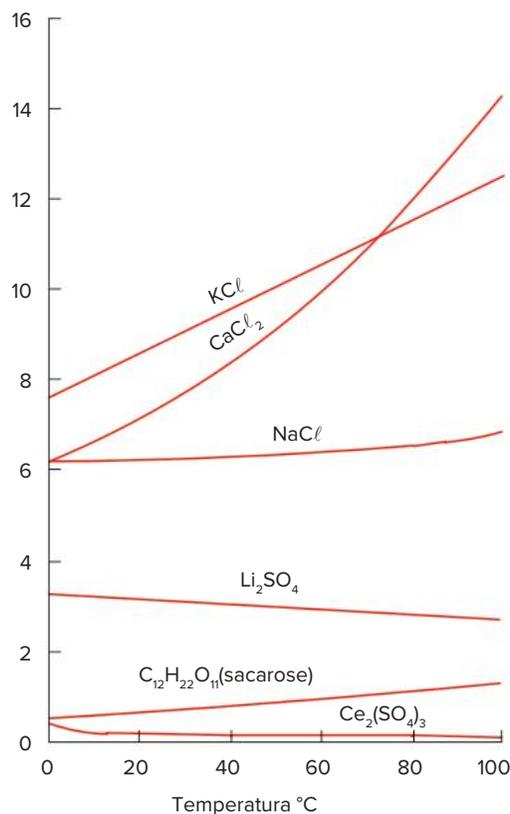


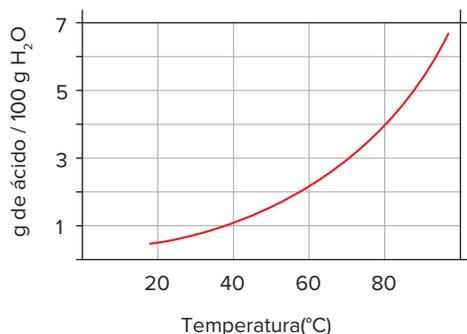
Fig. 9 Mudança de solubilidade com a temperatura.

Os exercícios que envolvem curvas de solubilidade também são resolvidos por regra de três. Veja os dois exemplos a seguir.

Exercícios resolvidos

- 3 A recristalização consiste em dissolver uma substância a uma dada temperatura, no menor volume de solvente possível e a seguir resfriar a solução, obtendo-se cristais da substância.

	Temperatura de dissolução (°C)	Temperatura de recristalização (°C)
Amostra 1	90	20
Amostra 2	60	30



Duas amostras de ácido benzoico, de 25,0 g cada, foram recristalizadas em água segundo esse procedimento, a seguir:

- Calcule a quantidade de água necessária para a dissolução de cada amostra.
- Qual das amostras permitiu obter maior quantidade de cristais da substância? Explique.

► **Dados:** curva de solubilidade do ácido benzoico em água (massa em gramas de ácido benzoico que se dissolve em 100 g de água, em cada temperatura).

Resolução:

- As amostras 1 e 2 têm ambas 25 g de ácido benzoico. Mas a primeira amostra é dissolvida à 90 °C. Da curva de solubilidade, temos: (90 °C) $C_s = 5$ g de ácido/100 g de H_2O . Porém, queremos dissolver 25 g de ácido e a quantidade de água para tal é dada pela seguinte regra de três:

$$\begin{array}{l} 5 \text{ g de ácido: } 100 \text{ g de } H_2O \\ 25 \text{ g de ácido: } x_1 \\ x_1 = 500 \text{ g de } H_2O \text{ para a amostra 1.} \end{array}$$
 Para a amostra 2, a temperatura de dissolução é de 60 °C e o coeficiente de solubilidade a essa temperatura é: (60 °C): $C_s = 2,5$ g de ácido/100 g de H_2O . Como temos 25 g de ácido, a massa de água necessária é dada por:

$$\begin{array}{l} 2,5 \text{ de ácido: } 100 \text{ g de } H_2O \\ 25 \text{ g de ácido: } x_2 \\ x_2 = 1000 \text{ g de } H_2O \text{ para a amostra 2.} \end{array}$$

- Para a amostra 1, a temperatura de recristalização é de 20 °C, onde $C_s = 0,5$ g de ácido/100 g de H_2O . Como a amostra 1 contém 500 g de água, a quantidade de ácido solubilizada é dada por:

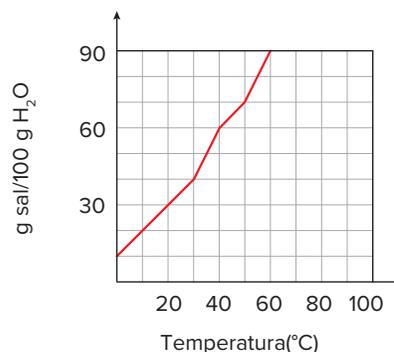
$$\begin{array}{l} 0,5 \text{ g de ácido: } 100 \text{ g de } H_2O \\ y_1: 500 \text{ g de } H_2O \\ y_1 = 2,5 \text{ g de ácido dissolvido} \end{array}$$
 Logo, a quantidade de sal recristalizado é dada por:

$$z_1 = 25 - y_1 \Rightarrow z_1 = 22,5 \text{ g de ácido recristalizado.}$$
 Para a amostra 2, a temperatura de recristalização é de 30 °C, onde $C_s = 0,8$ g de ácido/100 g de H_2O . Como a amostra 2 contém 1000 g de H_2O , a quantidade de ácido solubilizada é dada por:

$$\begin{array}{l} 0,8 \text{ g de ácido: } 100 \text{ g } H_2O \\ y_2: 1000 \text{ g } H_2O \\ y_2 = 8 \text{ g de ácido dissolvido.} \end{array}$$
 Logo, a quantidade de sal recristalizado é dada por:

$$z_2 = 25 - y_2 \Rightarrow z_2 = 17 \text{ g de ácido recristalizado.}$$
 Portanto, obtém-se mais sal recristalizado na amostra 1.

- 4 A curva de solubilidade de um sal hipotético está representada abaixo.



A quantidade de água necessária para dissolver 30 g do sal a 35 °C é, em gramas:

Resolução:

A 35 °C, $C_s = 50$ g de sal/100 g de H_2O . Como temos 30 g de sal, a quantidade de água necessária é dada por:

$$\begin{array}{l} 50 \text{ g de sal} \text{ — } 100 \text{ g de } H_2O \\ 30 \text{ g de sal} \text{ — } x \\ x = 60 \text{ g de } H_2O \end{array}$$

Tipos de concentração de soluções

Até aqui, sempre mencionamos as palavras concentrada ou diluída para nos referirmos à proporção entre soluto e solvente de uma dada solução. Entretanto, se solicitarmos a 100 pessoas que façam uma solução diluída de sal de cozinha em água, a probabilidade de aparecerem duas iguais é mínima (ou quase nula). Isso porque as palavras concentrada e diluída são termos muito vagos. Mas se solicitarmos a essas mesmas 100 pessoas que façam uma solução de 10 g de NaCl para cada litro de

água, todas as soluções serão idênticas. Em Química, os números são fundamentais na medida da concentração de substâncias. Para exemplificar melhor, tomemos o caso de um medicamento genérico x. Se definirmos que cada cápsula conterá uma pitada do componente ativo, cada comprimido do vidro vai agir de uma maneira diferente, podendo não fazer efeito algum ou até mesmo matar o paciente por overdose.

É por essas razões que os químicos definem diversos tipos de concentração de solução. Alguns são largamente usados (como molaridade) e outras, nem tanto. Aqui, estudaremos os seguintes tipos:

- Concentração comum (C)
- Concentração molar ou molaridade (M)
- Porcentagem em massa (ou volume) ou título (τ)
- Frações molares do soluto e do solvente (X_1 e X_2)
- Molalidade (W)

Concentração comum

Concentração comum é a quantidade de soluto, em gramas, para cada litro de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}}$$

Como se vê, a unidade de concentração comum é g/L.

! Atenção

Geralmente, o enunciado dos problemas envolvendo concentração comum traz o volume em mL, que você obrigatoriamente deve converter para litro.

Aqui, é importante discutirmos duas importantes observações a respeito de concentração comum que valem para todas as outras unidades de medida de concentração.

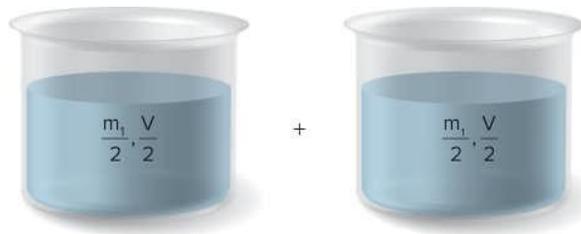
- Seja uma solução cuja massa do soluto é m_1 e seu volume em litros é V , como mostra o desenho a seguir.



A concentração comum dessa solução é dada por:

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}}$$

Se dividirmos essa solução em 2 partes iguais, cada uma delas conterá um volume $\frac{V}{2}$. Como a solução é uma mistura homogênea (e portanto o soluto se distribui uniformemente pelo solvente), cada metade do volume V terá dissolvido a metade da massa m_1 . Portanto, teremos a seguinte situação:



A concentração comum de cada uma dessas soluções é dada por:

$$C = \frac{\frac{m_1}{2}}{\frac{V}{2}} = \frac{m_1}{V}$$

Como se pode perceber, a concentração comum das partes de uma solução é a própria concentração da solução. Mas será que só vale para quando uma solução é dividida pela metade? Não, vale para qualquer parte de uma solução. Se separarmos a n -ésima parte da mesma, seu volume será $\frac{V}{n}$ e a sua massa de soluto $\frac{m_1}{n}$.

Portanto:

$$C = \frac{\frac{m_1}{n}}{\frac{V}{n}} = \frac{m_1}{V}$$

Logo, a concentração de qualquer parte extraída de uma solução é a própria concentração da solução, seja essa concentração comum, molaridade, título, frações molares e molalidade.

- Muitas pessoas confundem o volume da solução com o volume do solvente. Apesar de serem aproximadamente iguais em alguns casos, não podemos ignorar essa pequena diferença. A verdade é que para termos 1 L de solução não devemos colocar, na sua preparação, 1 L de solvente. Isso ocorre porque o soluto, mesmo dissolvido, aumenta ligeiramente o valor do volume da solução.

A pergunta neste momento deve ser: Qual a quantidade (em volume) de solvente que deve ser adicionada ao soluto para que o volume da solução seja de 1 L?

Na teoria é impossível precisar, mas certamente esse volume deve ser de um pouco menos de 1 L (o soluto completará o que falta perfazer o volume total da solução). Na prática, entretanto, o procedimento é bastante simples: coloca-se a quantidade de solução que se quer em um balão volumétrico com a marcação de 1 L. Adiciona-se solvente suficiente para dissolver todo o soluto e, finalmente, completa-se com mais solvente, até que o volume da solução atinja a marca indicada.

Podemos precisar melhor esse fato: suponha que se quer preparar uma solução de 70 g/L. Inicialmente, colocamos os 70 gramas do soluto em um balão volumétrico. Adiciona-se água e agita-se o balão até a dissolução completa do soluto. Como último passo, adiciona-se água até que o volume total da solução seja de 1 L. Se adicionarmos 1 L de solvente puro ao soluto, a solução resultante terá um pouco mais de 1 L, e, portanto, a sua concentração comum será um pouco menor do que 70 g/L.

Concentração molar ou molaridade

Concentração molar ou molaridade é a quantidade de soluto, em mols, para cada litro de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$\mathfrak{M} = \frac{n_1}{V_{(L)}}$$

Como $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$ temos: $\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}}$

A unidade de concentração molar é mol/L. Porém, ainda pode aparecer a palavra molar, cujo símbolo é M. Todavia, utiliza-se atualmente, com preferência, mol/L.

As observações feitas para concentração comum também são válidas para concentração molar.

Título ou porcentagem em massa

Título é a quantidade de soluto, em gramas, para cada grama de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$\tau = \frac{m_1}{m}$$

Como $m = m_1 + m_2$, temos: $\tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$

Como podemos perceber, a unidade do numerador é grama, bem como a do denominador. Portanto:

$$\tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \rightarrow \frac{g}{g}$$

Título é uma grandeza adimensional, como o coeficiente de atrito, da mecânica.

Além disso, note que $(m_1 + m_2) > m_1$, ou seja, o numerador é sempre menor que o denominador. Quando isso ocorre, a fração é menor que 1. Logo:

$$0 < \tau < 1$$

Os valores de título podem ser expressos em porcentagem (partes por cem). Veja alguns exemplos:

$$\begin{aligned} \tau = 0,18 \text{ ou } 18\% & \quad \tau = 0,20 \text{ ou } 20\% \\ \tau = 0,38 \text{ ou } 38\% & \quad \tau = 0,32 \text{ ou } 32\% \end{aligned}$$

! Atenção

Quando for utilizar o título em problemas numéricos, jamais utilize em porcentagem. Apenas utilize-o como número adimensional.

Porém, algumas concentrações podem ser expressas em números bem pequenos, mesmo em porcentagem. Para contornar esse problema, em vez de usarmos partes por cem (porcentagem), usamos partes por bilhão, cujo símbolo é ppb. Veja como manuseá-lo.

$$\tau = 26 \cdot 10^{-8} \text{ ou } 2,6 \text{ ppb}$$

$$\tau = 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ ou } 0,083 \text{ ppb}$$

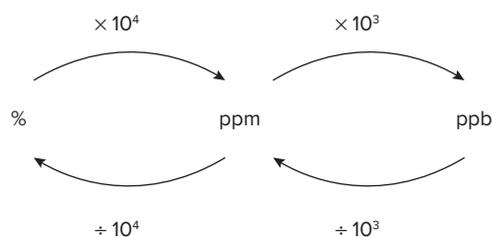
$$\tau = 240 \cdot 10^{-10} \text{ ou } 24 \text{ ppb}$$

Ainda podemos ter partes por milhão, cujo símbolo é ppm e matematicamente vale 10^{-6} . Veja:

$$\tau = 0,080 \cdot 10^{-4} \text{ ou } 8 \cdot 10^{-6} \text{ (8 ppm)}$$

$$\tau = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ ou } 0,24 \text{ ppm}$$

Agora, parece óbvio que podemos transformar as várias formas de expressar título:



! Atenção

Lembre-se de que $\text{ppb} = 10^{-9}$, assim como $\% = 10^{-2}$.

Frações molares

Fração molar do soluto (X_1) é a quantidade de soluto, expressa em mols, para cada mol de solução.

Fração molar do solvente (X_2) é a quantidade de solvente, expressa em mols, para cada mol de solução.

Essas definições podem ser expressas matematicamente por:

$$X_1 = \frac{n_1}{n} \quad X_2 = \frac{n_2}{n}$$

Em ambas as expressões, tanto X_1 como X_2 têm como unidades mol/mol, e portanto são números adimensionais, como título.

Além disso, temos:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}, \quad n_2 = \frac{m_2}{M_2} \quad \text{e} \quad n_1 + n_2 = n$$

Com isso:

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad \text{e} \quad X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Como, em ambos os casos, o numerador é menor que o denominador, então, X_1 e X_2 são números menores que 1. Além disso, calculado X_1 ou X_2 , não é preciso muito trabalho para calcular a outra fração molar, já que $X_1 + X_2 = 1$. Podemos provar esse resultado matematicamente. Veja:

$$X_1 + X_2 = \frac{n_1}{n} + \frac{n_2}{n} = \frac{n_1 + n_2}{n} = \frac{n}{n} = 1 \quad \text{c.q.d.}$$

Molalidade

Molalidade é a quantidade de soluto, em mols, para cada quilograma de solvente.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$W = \frac{n_1}{m_{2(\text{kg})}}$$

A unidade de molalidade é dada por mol/kg. Porém, mol/kg recebe o nome de molal, sem abreviatura.

Contudo, os problemas de vestibular costumam dar a massa do solvente em gramas. Para evitar complicações, podemos dizer que:

$$m_{2(\text{kg})} = \frac{m_{2(\text{g})}}{1000}$$

Como $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$, temos que:

$$W = \frac{\frac{m_1}{M_1}}{\frac{m_2}{1000}} \Rightarrow W = \frac{1000 m_1}{M_1 \cdot m_2},$$

onde todas as massas são dadas em gramas.

Relação entre as unidades

As cinco unidades de medida de concentração relacionam-se entre si. Veja as relações:

$$\bullet C = \frac{m_1}{V_{(L)}} \quad (I)$$

$$\bullet \mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \frac{m_1}{V_{(L)}} = \mathfrak{M} \cdot M_1 \quad (II)$$

Substituindo I em II, temos: $C = \mathfrak{M} \cdot M_1$

$$\bullet C = \frac{m_1}{V_{(L)}} = \frac{m_1}{m} \cdot \frac{m}{V_{(L)}}$$

Contudo, $V_{(mL)} = V_{(L)} \cdot 1000$

Portanto, sabendo-se que:

$$\frac{m_1}{m} = \tau, \frac{m}{V_{(mL)}} \cdot 1000 = d_{(g/L)} \text{ e como}$$

$$\frac{m}{V_{(mL)}} = d_{(g/mL)}, \text{ temos } C = 1000 d_{(g/mL)} \tau$$

$$\bullet W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2} \quad (I)$$

$$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \mathfrak{M} \cdot V_{(L)}$$

$$\Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \frac{\mathfrak{M} \cdot V_{(mL)}}{1000} \quad (II)$$

$$d_{(g/mL)} = \frac{m}{V_{(mL)}} \Rightarrow V_{(mL)} = \frac{m}{d_{(g/mL)}} \quad (III)$$

De (III) em (II), temos:

$$\frac{m_1}{M_1} = \frac{\mathfrak{M}}{1000} \cdot \frac{m}{d} \quad (IV)$$

De (IV) em (I), temos:

$$W = \frac{1000}{m_2} \cdot \frac{\mathfrak{M}}{1000} \cdot \frac{m}{d} \quad (V)$$

Mas $\frac{m_1}{m} + \frac{m_2}{m} = 1$. Como $\frac{m_1}{m} = \tau$, temos

$$\tau + \frac{m_2}{m} = 1 \Rightarrow \frac{m_2}{m} = 1 - \tau \Rightarrow \frac{m}{m_2} = \frac{1}{1 - \tau} \quad (VI)$$

De (VI) em (V), temos:

$$W = \frac{\mathfrak{M}}{d_{(g/mL)}} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)}$$

Resumindo, segundo a seguinte tabela, as unidades de concentração, temos:

Nome	Símbolo	Fórmula	Unidade
Concentração comum	C	$C = \frac{m_1}{V_{(L)}}$	g/L
Molaridade	\mathfrak{M}	$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}}$	mol/L
Título em massa	τ_m	$\tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$	Adimensional
Título em volume	τ_v	$\tau_v = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$	Adimensional
Fração molar do soluto	X_1	$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$	Adimensional
Fração molar do solvente	X_2	$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$	Adimensional
Molalidade	W	$W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2}$	Molal

Tab. 1 Unidades de medida de concentração.

$$C = \mathfrak{M} M_1 = 1000 d \tau \text{ e } W = \frac{\mathfrak{M}}{d} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)}$$

Agora, a nossa tarefa é aprender a manusear essas unidades, através dos seguintes exercícios:

Exercícios resolvidos

- 5 Qual a concentração comum de uma solução de 300 mL com 60 g de soluto?

Resolução:

$$C = ?$$

$$m_1 = 60 \text{ g}$$

$$V = 300 \text{ mL} = 0,3 \text{ L}$$

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}} \Rightarrow C = \frac{60 \text{ g}}{0,3 \text{ L}} = 200 \text{ g/L}$$

Não se esqueça de que o volume deve ser transformado em litros.

- 6 Seja uma solução aquosa de Na_2SO_4 com 500 mL e massa de soluto de 71 g. Pede-se:

- Qual a molaridade em relação ao Na_2SO_4 ?
- Qual a molaridade em relação aos seus íons?
(Na = 23; S = 32; O = 16)

Resolução:

a) $m_1 = 71 \text{ g}$

$$M_1 = 142 \text{ g/mol}$$

$$V = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \mathfrak{M} = \frac{71}{142 \cdot 0,5} = 1 \text{ mol/L}$$

- b) Quando perguntam a respeito da molaridade dos íons de um eletrólito, deve-se fazer a sua dissociação (ou ionização). A partir da equação obtida, a proporção dos coeficientes estequiométricos é a mesma das molaridades das espécies químicas envolvidas, de acordo com o cálculo estequiométrico. Veja:



$$1 \text{ mol} : 2 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol/L} : 2 \text{ mol/L} : 1 \text{ mol/L}$$

Portanto:

$$\mathfrak{M}_{\text{Na}^+} = 2 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{SO}_4^{2-}} = 1 \text{ mol/L}$$

Observe outros casos semelhantes, mostrados a seguir:

- Se $\mathfrak{M}_{\text{K}_3\text{PO}_4} = 2 \text{ mol/L}$, temos:



$$1 \text{ mol} : 3 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$$

$$2 \text{ mol} : 6 \text{ mol/L} : 2 \text{ mol/L}$$

Logo:

$$\mathfrak{M}_{\text{K}^+} = 6 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{PO}_4^{3-}} = 2 \text{ mol/L}$$

- Se $\mathfrak{M}_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_4} = 0,25 \text{ mol/L}$, temos:



$$1 \text{ mol} : 1 \text{ mol} : 4 \text{ mol}$$

$$0,25 \text{ mol/L} : 0,25 \text{ mol/L} : 1 \text{ mol/L}$$

Portanto:

$$\mathfrak{M}_{\text{Pb}^{4+}} = 0,25 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{NO}_3^-} = 1 \text{ mol/L}$$

- Se $\mathfrak{M}_{\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2} = 0,5 \text{ mol/L}$, então:



$$1 \text{ mol} : 1 \text{ mol} : 2 \text{ mol}$$

$$0,5 \text{ mol/L} : 0,5 \text{ mol/L} : 1 \text{ mol/L}$$

Logo:

$$\mathfrak{M}_{\text{Ca}^{2+}} = 0,5 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{ClO}_4^-} = 1 \text{ mol/L}$$

- 7 Uma solução a 30% em massa possui 60 g de soluto. Qual a massa de solvente?

Resolução:

$$t = 30\% = 0,30$$

$$m_1 = 60 \text{ g}$$

$$m_2 = ?$$

$$\tau = \frac{m_1}{m} \Rightarrow 0,30 = \frac{60}{m} \Rightarrow m = 200 \text{ g}$$

$$\text{Como } m = m_1 + m_2 \Rightarrow 200 = 60 + m_2$$

$$m_2 = 140 \text{ g}$$

- 8 Calcule as frações molares do soluto e do solvente de uma solução com 90 g de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ em 180 g de H_2O . (C = 12; H = 1; O = 16)

Resolução:

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = 90 \text{ g} \\ M_1 = 180 \text{ g/mol} \end{array} \right\} n_1 = \frac{m_1}{M_1} \Rightarrow n_1 = \frac{90}{180}$$

$$n_1 = 0,5 \text{ mol}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_2 = 180 \text{ g} \\ M_2 = 18 \text{ g/mol} \end{array} \right\} n_2 = \frac{m_2}{M_2} \Rightarrow n_2 = \frac{180}{18}$$

$$n_2 = 10 \text{ mol}$$

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_1 = \frac{0,5}{0,5 + 10} \Rightarrow X_1 = 0,048$$

$$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_2 = \frac{10}{0,5 + 10} \Rightarrow X_2 = 0,952$$

Observe que $X_1 + X_2 = 1$

- 9 Qual a molalidade de uma solução aquosa com 50 g de CaCO_3 em 500 g de H_2O ?

► Dados: Ca = 40; C = 12; O = 16

Resolução:

$$m_1 = 50 \text{ g}$$

$$M_1 = 100 \text{ g/mol}$$

$$m_2 = 500 \text{ g}$$

$$W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2} \Rightarrow W = \frac{1000 \cdot 50}{100 \cdot 500} \Rightarrow W = 1 \text{ molal}$$

- 10 Seja uma solução aquosa de NaCl 117 g/L, com densidade de $1,10 \text{ g/cm}^3$. Pede-se:

(Na = 23; Cl = 35,5)

- Qual a sua molaridade?
- Qual o seu título em massa?
- Qual as suas frações molares?
- Qual a sua molalidade?

Resolução:

$$a) C = \mathfrak{M} \cdot M_1 \Rightarrow 117 = \mathfrak{M} \cdot 58,5 \Rightarrow \mathfrak{M} = 2 \text{ mol/L}$$

$$b) C = 1000 \Delta \tau \Rightarrow 117 = 1000 \cdot 1,10 \cdot \tau \Rightarrow \tau \approx 0,106 \text{ ou } 10,6\%$$

$$c) \tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \Rightarrow 0,106 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \Rightarrow$$

$$0,106 m_1 + 0,106 m_2 = m_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,894 m_1 = 0,106 m_2 \Rightarrow m_2 = 8,43 m_1$$

$$\text{Mas } X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_1 = \frac{\frac{m_1}{M_1}}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} \Rightarrow$$

$$X_1 = \frac{\frac{58,5}{m_1}}{\frac{58,5}{m_1} + \frac{8,43 m_1}{18}} \Rightarrow X_1 = \frac{0,0171}{0,0171 + 0,467}$$

$$X_1 = \frac{0,0171}{0,484} \Rightarrow X_1 = 0,035$$

$$\text{Como } X_1 + X_2 = 1 \Rightarrow X_2 = 1 - 0,035$$

$$X_2 = 0,965$$

$$d) W = \frac{\mathfrak{M}}{d} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)} \Rightarrow W = \frac{2}{1,10} \cdot \frac{1}{(1 - 0,106)} \Rightarrow$$

$$W = 2,03 \text{ molal}$$

Atenção

É importante salientar que, para qualquer solução, basta que se saibam a sua densidade e outra unidade qualquer de concentração, para que se possa calcular todas as restantes, como mostra o exemplo anterior.

- 11 Calcule a molalidade de uma solução aquosa 0,1 mol/L de NaOH, com densidade de 1,05 g/cm³. (Na = 23; O = 16; H = 1)

Resolução:

Sabemos que $W = \frac{\mathfrak{M}}{d} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)}$. Só nos falta o título da

solução que pode ser calculado por $\mathfrak{M} \cdot M_1 = 1000 \cdot \Delta \tau$.

Substituindo, temos:

$$0,1 \cdot 40 = 1000 \cdot 1,05 \cdot \tau \Rightarrow \tau \approx 0,0039.$$

Com isso:

$$W = \frac{0,1}{1,05} \cdot \frac{1}{(1 - 0,0039)} \Rightarrow W = \frac{0,1}{1,05 \cdot 0,9961}$$

$$\Rightarrow W = 0,0956 \text{ molal}$$

Observação: Note que, neste caso, $W \approx \mathfrak{M}$, e isso ocorre sempre que a concentração da solução é baixa. Fazendo uma análise mais apurada, quando a concentração é baixa, $\tau \approx 0$, $d \approx 1$ (em solução aquosa). Portanto:

Agora, faremos uma análise de três procedimentos importantes envolvendo soluções: a diluição, a mistura e a titulação de soluções.

Diluição de soluções

Diluir é acrescentar solvente. Toda vez que se realiza esse procedimento, a concentração (qualquer que seja ela) diminui, já que a massa do solvente e o volume da solução aumentam. Toda a solução do problema reside no fato de que a quantidade de soluto permanece constante durante esse procedimento, tanto em gramas quanto em mols. Para modelarmos matematicamente o problema, analise o esquema a seguir:

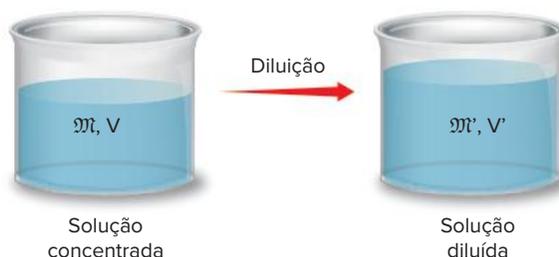


Fig. 10 Modelo de uma diluição de soluções.

Primeiro, vamos seguir a intuição:

- A solução mais concentrada é a que possui maior molaridade ($\mathfrak{M} > \mathfrak{M}'$)
- A solução diluída possui o maior volume ($V' > V$)

Como a quantidade de soluto se mantém constante, temos:

$$n_1 = n'_1. \text{ Mas } \begin{cases} \mathfrak{M} = \frac{n_1}{V_{(L)}} \Rightarrow n_1 = \mathfrak{M}V_{(L)} \\ \mathfrak{M}' = \frac{n'_1}{V'_{(L)}} \Rightarrow n'_1 = \mathfrak{M}'V'_{(L)} \end{cases}$$

Então: $\mathfrak{M}V_{(L)} = \mathfrak{M}'V'_{(L)}$. Note que, nesse caso, nada impede que você escolha outra unidade qualquer para o volume, pois as mesmas irão se cancelar.

Exercícios resolvidos

- 12 Deduza as fórmulas de diluição de soluções para C, τ e W.

Resolução:

Como $n_1 = n'_1$ e $m_1 = m'_1$, temos:

$$\begin{cases} C = \frac{m_1}{V_1} \Rightarrow m_1 = CV \\ C' = \frac{m_1}{V'} \Rightarrow m_1 = C'V' \end{cases} \Rightarrow CV = C'V'$$

$$\begin{cases} \tau = \frac{m_1}{m} \Rightarrow m_1 = \tau m \\ \tau' = \frac{m_1}{m'} \Rightarrow m_1 = \tau' m' \end{cases} \Rightarrow \tau m = \tau' m'$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W = \frac{1000 n_1}{m_2} \Rightarrow n_1 = \frac{W m_2}{1000} \\ W' = \frac{1000 n_1'}{m_2'} \Rightarrow n_1' = \frac{W' m_2'}{1000} \end{array} \right. \Rightarrow W m_2 = W' m_2'$$

- 13** Quer-se preparar uma solução aquosa de NaOH 0,4 mol/L, com um volume exato de 0,2 L. Qual o volume de uma solução do mesmo tipo se deve tomar, se esta apresenta uma concentração comum de 40 g/L?

► **Dados:** Na = 23; O = 16; H = 1.

Resolução:

Solução concentrada $\left\{ \begin{array}{l} C = 40 \text{ g/L} \\ V = ? \end{array} \right.$

Solução diluída $\left\{ \begin{array}{l} M' = 0,4 \text{ mol/L} \\ V' = 0,2 \text{ L} \end{array} \right.$

$C = M M_1 \Rightarrow 40 = M \cdot 40 \Rightarrow M = 1 \text{ mol/L}$

Usando a fórmula da diluição, temos:

$M V = M' V' \Rightarrow 1 \cdot V = 0,4 \cdot 0,2 \Rightarrow V = 0,08 \text{ L ou } 80 \text{ mL}$

- 14** Suponha que, em determinada condição ambiente, uma solução perca, por evaporação, 4 g do solvente (água, por exemplo) por hora. Originalmente, sua molaridade era de 1 mol/L e seu volume de 1 L. Quanto tempo levará para que a sua molaridade seja 2 mol/L? ($d_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/mL}$)

Resolução:

Apesar de o problema ser justamente o inverso da diluição, ou seja, esteja-se retirando solvente, a quantidade de soluto permanece constante. Em virtude disso, as fórmulas deduzidas para diluição de soluções também são válidas para problemas com evaporação do solvente, e isso vale sempre. Portanto: $M V = M' V' \Rightarrow 2 \cdot V = 1 \cdot 1 \Rightarrow V = 0,5 \text{ L}$

Logo, o volume perdido na evaporação é 0,5 L. Como a densidade da água é de 1 g/cm^3 , a massa de água perdida é de 500 g. Portanto:

$$\frac{4 \text{ g}}{500 \text{ g}} = \frac{1 \text{ h}}{x} \quad x = 125 \text{ h}$$

Misturas de soluções

Trataremos, aqui, de misturas de soluções de mesmo soluto, que, portanto, não reagem entre si, já que nesse último caso o assunto será tratado no próximo item (titulação). O problema pode ser modelado matematicamente da seguinte forma:



Fig. 11 Modelo de uma mistura de soluções.

Não é difícil perceber que $n_1 = (n_1)_A + (n_1)_B$ e que $V = V_A + V_B$. Ainda:

$$\left. \begin{array}{l} m_A = \frac{(n_1)_A}{V_A} \Rightarrow (n_1)_A = m_A V_A \\ m_B = \frac{(n_1)_B}{V_B} \Rightarrow (n_1)_B = m_B V_B \\ m = \frac{(n_1)}{V} \Rightarrow (n_1) = m(V_A + V_B) \end{array} \right\}$$

$$m(V_A + V_B) = m_A V_A + m_B V_B$$

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B}$$

É importante salientar que a molaridade da solução final (m) é uma média ponderada entre as molaridades das soluções que foram misturadas (m_A, m_B). Portanto, supondo $m_A < m_B$, tem-se sempre $m_A < m < m_B$.

Esse resultado é extremamente importante para identificar possíveis erros na resolução de problemas, já que qualquer resultado que não obedeça à condição acima está errado.

Agora, devemos dizer que o resultado encontrado para molaridade é o mesmo para concentração comum, visto que:

$$C = \frac{C_A V_A + C_B V_B}{V_A + V_B}$$

Tente provar! A dica é:

$$m_1 = (m_1)_A + (m_1)_B$$

Há ainda um problema interessante a ser tratado, que é frequentemente explorado em vestibulares: depois de se misturarem duas soluções, ocorre uma diluição. Para quem imagina estar lidando com um problema de dois passos, está enganado, já que com uma única relação matemática pode-se resolver o problema. Se tratarmos a água como uma terceira solução (que obviamente tem molaridade zero), temos:

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B + m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_A + V_B + V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Como $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \Rightarrow m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B + V_{\text{H}_2\text{O}}}$

Exercícios resolvidos

- 15** Misturam-se duas soluções aquosas de HCl uma com 2 L e molaridade 0,2 mol/L e a outra de 4 L e molaridade 4 mol/L. Qual a molaridade da solução final?

Resolução:

$$\begin{aligned} m_A &= 0,2 \text{ mol/L} & m_B &= 4 \text{ mol/L} \\ V_A &= 2 \text{ L} & V_B &= 4 \text{ L} \end{aligned}$$

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow m = \frac{0,2 \cdot 2 + 4 \cdot 4}{6}$$

$$m = \frac{16,4}{6} \Rightarrow m = 2,73 \text{ mol/L}$$

- 16** Idem ao anterior, acrescido de uma diluição de solução até o volume total de 10 L.

Resolução:

Se o volume total era de 6 L e agora é de 10 L, o volume de água acrescido na diluição é de 4 L. Portanto:

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B + V_{H_2O}} \Rightarrow m = \frac{0,2 \cdot 2 + 4 \cdot 4}{2 + 4 + 4}$$

$$\Rightarrow m = 1,64 \text{ mol/L}$$

- 17** Uma solução 2 mol/L de HCl, com volume de 1 L, é misturada a uma solução 1 mol/L de NaCl, com um volume de 0,5 L. Pede-se:

- Qual a molaridade da solução final com relação aos íons H^+ ?
- E com relação aos íons Na^+ ?
- E para os íons Cl^- ?

Resolução:

$$n_{HCl} = m_{HCl} \cdot V_{HCl} \Rightarrow n_{HCl} = 2 \cdot 1 \Rightarrow n_{HCl} = 2 \text{ mol}$$

$$n_{NaCl} = m_{NaCl} \cdot V_{NaCl} \Rightarrow n_{NaCl} = 1 \cdot 0,5$$

$$\Rightarrow n_{NaCl} = 0,5 \text{ mol/L}$$

Portanto:

$$\text{a) } m_{H^+} = \frac{n_{H^+}}{V} \Rightarrow m_{H^+} = \frac{2}{1,5} = 1,33 \text{ mol/L}$$

$$\text{b) } m_{Na^+} = \frac{n_{Na^+}}{V} \Rightarrow m_{Na^+} = \frac{0,5}{1,5} = 0,33 \text{ mol/L}$$

$$\text{c) } m_{Cl^-} = \frac{n_{Cl^-}}{V} \Rightarrow m_{Cl^-} = \frac{2,5}{1,5} = 1,66 \text{ mol/L}$$

Note que, com relação aos íons H^+ e Na^+ , o problema é de diluição. Veja:

$$m_{H^+} \cdot V_{H^+} = m'_{H^+} \cdot V'_{H^+}$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 1 = m'_{H^+} \cdot 1,5 \Rightarrow m'_{H^+} = 1,33 \text{ mol/L}$$

$$m_{Na^+} \cdot V_{Na^+} = m'_{Na^+} \cdot V'_{Na^+}$$

$$\Rightarrow 1 \cdot 0,5 = m'_{Na^+} \cdot 1,5 \Rightarrow m'_{Na^+} = 0,33 \text{ mol/L}$$

Mas com relação ao íon Cl^- , que é comum a ambas as soluções, o problema é de mistura de soluções. Observe:

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow$$

$$m = \frac{m_A V_A + m_B V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow$$

$$m_{Cl^-} = 1,66 \text{ mol/L}$$

Agora, analisaremos misturas de soluções que reagem entre si: é a titulação.

Titulação

A titulação é um dos métodos ou procedimentos experimentais mais realizados no mundo atualmente. Seu principal objetivo é determinar, com precisão, a concentração de uma solução desconhecida. Na prática, isso serve para que órgãos fiscalizadores comparem as concentrações reais de certos produtos com aquelas indicadas no rótulo, e, com a titulação, isso se torna possível e viável, no sentido de que o procedimento é rápido, seguro, confiável e, principalmente, barato. Para realizá-lo, é necessária a seguinte aparelhagem:

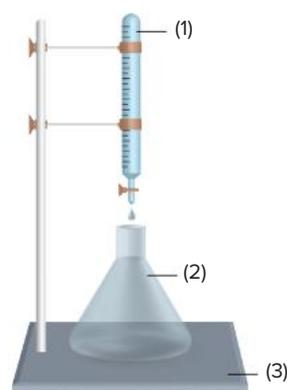


Fig. 12 Montagem experimental típica de uma titulação.

- Bureta**, uma espécie de pipeta com torneira, que controla a saída do líquido que está lá dentro, gota a gota. Com isso, é possível saber o volume que foi utilizado na titulação, através da leitura na bureta. Aqui é alocada uma solução previamente conhecida (chamada de titulante), que reagirá com a solução do erlenmeyer.
- Erlenmeyer**, que é um frasco de vidro com boca pequena, para que não caia o líquido nele contido, visto que o frasco será constantemente agitado. Aqui será alocada a solução desconhecida, com um indicador.
- Suporte com haste**, para sustentar a bureta e proporcionar uma boa posição para que o líquido da bureta caia no erlenmeyer.

O problema pode ser modelado matematicamente da seguinte forma:

Solução desconhecida (Erlenmeyer) $\left\{ \begin{array}{l} M_D = ? \\ V_D = (\text{o laboratorista é que o escolhe, portanto o volume } V_D \text{ é conhecido}) \end{array} \right.$

Solução conhecida ou titulante (Bureta) $\left\{ \begin{array}{l} M_C = (\text{predeterminado}) \\ V_C = (\text{lido na bureta}) \end{array} \right.$

Supondo que a solução desconhecida tenha como soluto a substância A e a solução conhecida tenha como soluto a substância B, é preciso equacionar a reação que ocorre entre A e B:

a A + b B → produtos, em que a e b são os coeficientes de A e B, respectivamente.

Com isso: a mols A : b mols B

$$n_A : n_B$$

mas $n_A = M_A V_A$ e $n_B = M_B V_B$

Portanto:

$$a \text{ mols A} : b \text{ mols B} \Rightarrow M_A V_A : M_B V_B$$

fórmula da titulação

! Atenção

Essa relação não é válida para outras unidades de medida de concentração.

O problema maior reside em saber quando a reação é completa, ou seja, quando não haverá excesso de A ou de B. A solução para o problema está no indicador que será adicionado ao erlenmeyer. No capítulo 4 desta mesma frente, analisamos os indicadores ácido-base, que não são os únicos.

Mas todos funcionam da mesma forma: quando há excesso de um dos reagentes, a coloração do indicador apresenta cores características previamente conhecidas.

Com a adição, gota a gota, do titulante à solução desconhecida, no exato momento em que a reação se completar, o indicador adquire uma coloração intermediária em relação aos extremos. Neste momento, fecha-se a torneira da bureta e faz-se a leitura da mesma.

A verdade é que nem todo indicador é adequado para uma titulação, principalmente os indicadores ácido-base. Isso porque alguns apresentam seus pontos de viragem antes ou depois da neutralização total, com pH bem diferente de sete. São exemplos deste caso o alaranjado de metila e o azul de bromotimol. Por isso, titulações entre ácidos e bases têm como indicador preferencial a fenolftaleína.

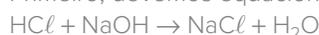
Expostos esses detalhes, analisemos os dois exemplos a seguir:

Exercícios resolvidos

- 18** Uma solução de HCl foi titulada com uma solução de NaOH 1 mol/L. Em um erlenmeyer, foi colocado o volume de 10 mL da primeira solução, e o volume utilizado de titulante foi de 20 mL. Qual a molaridade do ácido?

Resolução:

Primeiro, devemos equacionar a reação:



$$M_A V_A = M_B V_B \Rightarrow M_A \cdot 10 = 1 \cdot 20 \Rightarrow M_A = 2 \text{ mol/L}$$

- 19** Idem ao anterior, mas para o ácido H₂SO₄.

Resolução:

Equacionando, temos:



$$2M_A V_A = M_B V_B \Rightarrow 2 \cdot M_A \cdot 10 = 1 \cdot 20$$

$$M_A = 1 \text{ mol/L}$$

Revisando

- 1 Uerj (Adapt.)** Uma suspensão de células animais em um meio isotônico adequado apresenta volume igual a 1 L e concentração total de íons sódio igual a 3,68 g/L. A esse sistema foram acrescentados 3 L de água destilada. Após o processo de diluição, qual será a concentração total de íons sódio, em milimol/L?

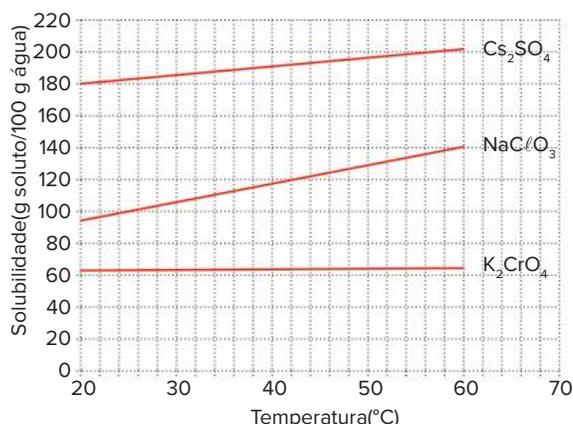
- 2 Fatec (Adapt.)** Quando se dissolve um comprimido efervescente contendo 1 g de vitamina C em um copo de água, obtêm-se cerca de 200 mL de uma solução aquosa. Nessa solução, qual a concentração em mol L⁻¹ de vitamina C?

▶ Dado: Massa molar da vitamina C = $1,8 \cdot 10^2 \text{ g mol}^{-1}$.

3 Uerj (Adapt.) Para evitar a proliferação do mosquito causador da dengue, recomenda-se colocar, nos pratos das plantas, uma pequena quantidade de água sanitária de uso doméstico. Esse produto consiste em uma solução aquosa diluída de hipoclorito de sódio, cuja concentração adequada, para essa finalidade, é igual a 0,1 mol/L.

Para o preparo de 500 mL da solução a ser colocada nos pratos, qual é a massa necessária (aproximadamente), em gramas, de hipoclorito de sódio?

4 PUC-Rio (Adapt.) Observe o gráfico a seguir.



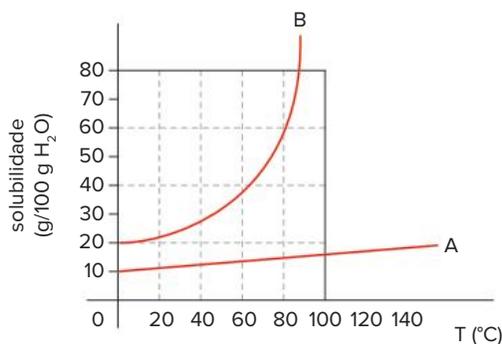
Qual será a quantidade de clorato de sódio, em grama, capaz de atingir a saturação em 500 g de água na temperatura de 60 °C?

5 UFRRJ Soluções aquosas de hidróxido de sódio (NaOH) podem ser utilizadas como titulantes na determinação da concentração de soluções ácidas. Qual seria o volume de solução de NaOH 0,1 mol/L gasto na neutralização de 25 mL de uma solução aquosa de um ácido monoprótico fraco (HA) com concentração 0,08 mol/L?

6 PUC-Rio (Adapt.) É possível conhecer a concentração de uma espécie iônica em solução aquosa, a partir do conhecimento da concentração de soluto e se o soluto dissolvido dissocia-se ou ioniza-se por completo. Uma solução de sulfato de sódio, Na_2SO_4 possui concentração em quantidade de matéria igual $0,3 \text{ mol L}^{-1}$. Nessa solução, qual será a concentração, em quantidade de matéria, da espécie Na^+ ?

Exercícios propostos

1 UFRJ Observe o gráfico a seguir e responda às questões que se seguem.



a) Qual a menor quantidade de água necessária para dissolver completamente, a 60 °C, 120 g de B?

b) Qual a massa de A necessária para preparar, a 0 °C, com 100 g de água, uma solução saturada (I) e outra solução insaturada (II)?

2 UFBA A tabela a seguir fornece os valores de solubilidade do cloreto de sódio e do hidróxido de sódio, em água, a diferentes temperaturas.

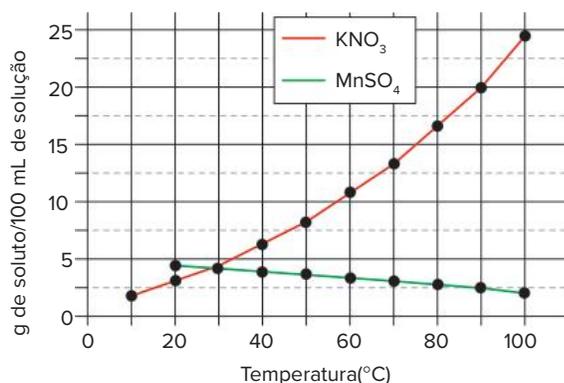
Soluto	Solubilidade (g do soluto/100 g de água)			
	0 °C	20 °C	50 °C	100 °C
$\text{NaCl}(s)$	35,7	36,0	37,0	39,8
$\text{NaOH}(s)$	42,0	109,0	145,0	347,0

As informações anteriores e os conhecimentos sobre soluções permitem concluir:

- 01 Soluções são misturas homogêneas.
- 02 Solução saturada é uma mistura heterogênea.
- 04 O hidróxido de sódio é mais solúvel em água que o cloreto de sódio.
- 08 Soluções concentradas são soluções saturadas.
- 16 Quando se separa o soluto do solvente, obtêm-se substâncias diferentes daquelas que foram inicialmente misturadas.
- 32 Adicionando-se 145 g de hidróxido de sódio a 100 g de água, a 20 °C, obtêm-se um sistema bifásico, que, após aquecido a temperaturas acima de 50 °C, apresenta-se monofásico.

Soma:

- 3 Vunesp** O gráfico a seguir mostra as curvas de solubilidade em água, em função da temperatura, dos sais KNO_3 e MnSO_4

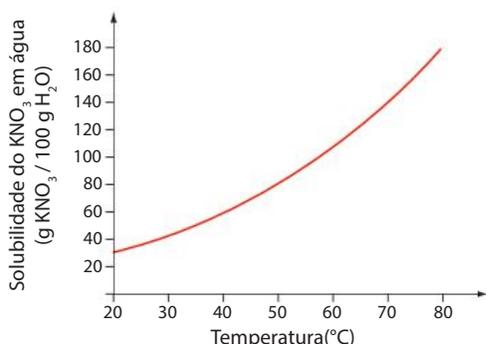


Com base nesse gráfico, discuta se as afirmações a e b são verdadeiras ou falsas.

- a) O processo de dissolução dos dois sais é endotérmico.
- b) 100 mL de solução saturada a 56 °C contém aproximadamente 10 g de KNO_3 .

- 4 Unicamp** Uma solução saturada de nitrato de potássio (KNO_3) constituída, além do sal, por 100 g de água, está à temperatura de 70 °C. Essa solução é resfriada a 40 °C, ocorrendo precipitação de parte do sal dissolvido.

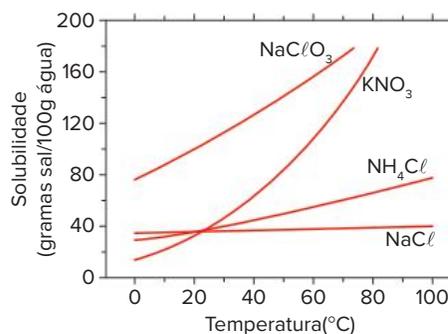
A seguir, o gráfico da solubilidade do nitrato de potássio em função da temperatura.



Calcule:

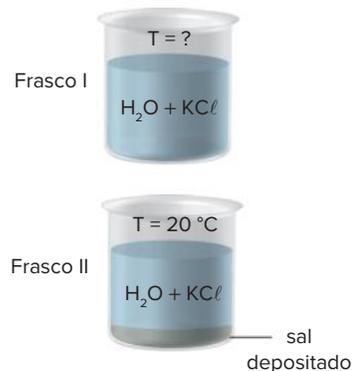
- a) a massa do sal que precipitou.
- b) a massa do sal que permaneceu em solução.

- 5 ITA** Considere um calorímetro adiabático e isotérmico, em que a temperatura é mantida rigorosamente constante e igual a 40 °C. No interior desse calorímetro, é posicionado um frasco de reação cujas paredes permitem a completa e imediata troca de calor. O frasco de reação contém 100 g de água pura a 40 °C. Realizam-se cinco experimentos, adicionando uma massa m_1 de um sal X ao frasco de reação. Após o estabelecimento do equilíbrio termodinâmico, adiciona-se ao mesmo frasco uma massa m_2 de um sal Y e mede-se a variação de entalpia de dissolução (ΔH). Utilizando essas informações e as curvas de solubilidade apresentadas na figura, excluindo quaisquer condições de metaestabilidade, assinale a opção que apresenta a correlação correta entre as condições em que cada experimento foi realizado e o respectivo ΔH .

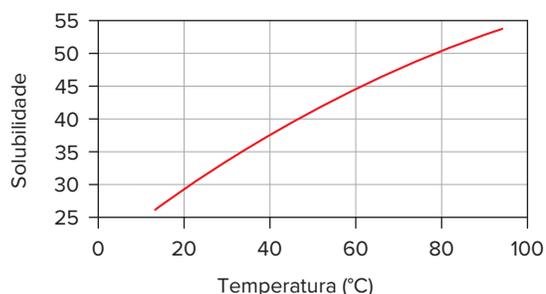


- A Experimento 1: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = KNO_3 ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H > 0$.
- B Experimento 2: X = NaClO_3 ; $m_1 = 40$ g; Y = NaClO_3 ; $m_2 = 40$ g; $\Delta H > 0$.
- C Experimento 3: X = NaCl ; $m_1 = 10$ g; Y = NaCl ; $m_2 = 10$ g; $\Delta H < 0$.
- D Experimento 4: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = NaClO_3 ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H = 0$.
- E Experimento 5: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = NH_4Cl ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H < 0$.

- 6 UFRJ** Os frascos a seguir contêm soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl) em duas temperaturas diferentes. Na elaboração das soluções foram adicionados, em cada frasco, 400 mL de água e 200 g de KCl .



O diagrama representa a solubilidade do KCl em água, em gramas de soluto/100 mL de H_2O , em diferentes temperaturas.



- Determine a temperatura da solução do frasco I.
- Sabendo que a temperatura do frasco II é de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, calcule a quantidade de sal (KCl) depositado no fundo do frasco.

7 Acafe 2016 O cloreto de potássio é um sal que adicionado ao cloreto de sódio é vendido comercialmente como “sal light”, com baixo teor de sódio. Dezoito gramas de cloreto de potássio estão dissolvidos em 200 g de água e armazenados em um frasco aberto sob temperatura constante de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$

► **Dados:** Considere a solubilidade do cloreto de potássio a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ igual a $45\text{ g}/100\text{ g}$ de água.

Qual a massa mínima e aproximada de água que deve ser evaporada para iniciar a cristalização do soluto?

- 160 g
- 120 g
- 40 g
- 80 g

8 UFJF 2017 Um estudante recolheu 1 litro de solução saturada de sulfato de cobre e, após deixar o recipiente por uma semana na temperatura ambiente, verificou a presença de cristais de sulfato de cobre e um volume de solução final de 700 mL. Sabendo-se que a solubilidade do sulfato de cobre é de $22,3\text{ g}$ em 100 mL de água, nessa temperatura, qual a massa (em gramas) de sulfato de cobre precipitada?

- 10,0
- 66,9
- 22,3
- 156,1
- 223,0

9 PUC-Rio A tabela a seguir mostra a solubilidade de vários sais, à temperatura ambiente, em $\text{g}/100\text{ mL}$:

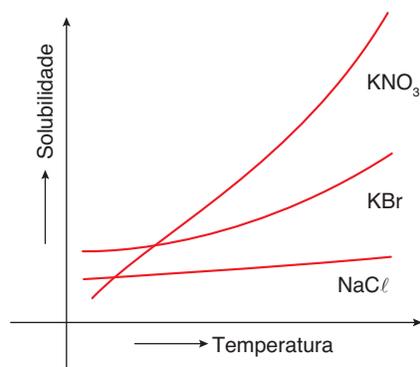
$AgNO_3$	(nitrato de prata):	260
$Al_2(SO_4)_3$	(sulfato de alumínio):	160
$NaCl$	(cloreto de sódio):	36
KNO_3	(nitrato de potássio):	52
KBr	(brometo de potássio):	64

Se 25 mL de uma solução saturada de um desses sais foram completamente evaporados, e o resíduo sólido pesou 13 g, o sal é:

- $AgNO_3$
- $Al_2(SO_4)_3$
- $NaCl$
- KNO_3
- KBr

10 Fuvest O processo de recristalização, usado na purificação de sólidos, consiste no seguinte:

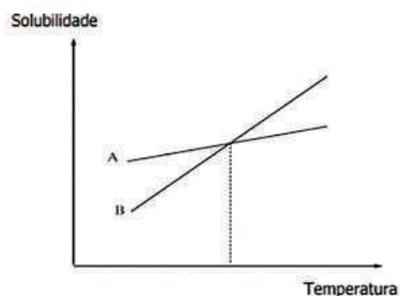
- Dissolve-se o sólido em água quente, até a saturação.
 - Resfria-se a solução até que o sólido se cristalice.
- Os gráficos a seguir mostram a variação, com a temperatura, da solubilidade de alguns compostos em água.



O método de purificação descrito é mais eficiente e menos eficiente, respectivamente, para:

- $NaCl$ e KNO_3
- KBr e $NaCl$
- KNO_3 e KBr
- $NaCl$ e KBr
- KNO_3 e $NaCl$

11 UFRGS 2017 Observe o gráfico e a tabela abaixo, que representam a curva de solubilidade aquosa (em gramas de soluto por 100 g de água) do nitrato de potássio e do nitrato de sódio em função da temperatura.



T ($^{\circ}\text{C}$)	KNO_3	$NaNO_3$
60	115	125
65	130	130
75	160	140

► **Dica para questão 10:** O processo é tanto mais eficiente quanto mais a solubilidade do sal for sensível à variação de temperatura. **Dica da questão 13:** O ΔH_{hid} se refere ao processo $X + H_2O \rightarrow X \cdot H_2O$. O ΔH_{dis} é diretamente proporcional à variação de solubilidade com a temperatura.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A curva A diz respeito ao _____ e a curva B, ao _____. Considerando duas soluções aquosas saturadas e sem precipitado, uma de KNO_3 e outra de NaNO_3 , a 65°C , o efeito da diminuição da temperatura acarretará a precipitação de _____.

- A nitrato de potássio – nitrato de sódio – nitrato de potássio
- B nitrato de potássio – nitrato de sódio – nitrato de sódio
- C nitrato de sódio – nitrato de potássio – nitrato de sódio
- D nitrato de sódio – nitrato de potássio – ambas
- E nitrato de potássio – nitrato de sódio – ambas

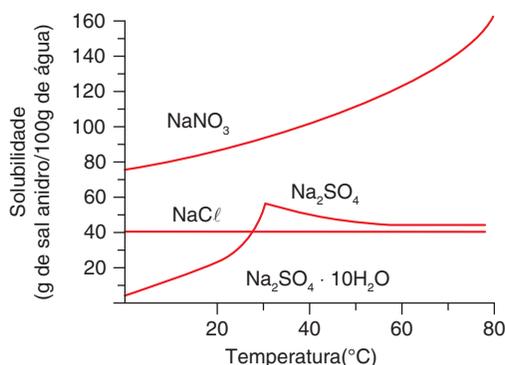
- 12 UEG 2015 Uma solução foi preparada a 30°C pela dissolução de 80 g de um sal inorgânico hipotético em 180 g de água. A solubilidade dessa substância se modifica com a variação da temperatura conforme a tabela a seguir.

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Solubilidade (g/100 g de água)
20	32
30	46

Se a solução for resfriada para 20°C , a massa, em gramas, do sal que irá precipitar será igual a

- A 48,0
- B 28,0
- C 22,4
- D 13,8

- 13 ITA As notações $\Delta H_{\text{dis}, i}$ e $\Delta H_{\text{hid}, i}$ serão utilizadas, respectivamente, para representar as variações de entalpia molar de dissolução e de hidratação de espécie i em água.



Em relação à dissolução de um mol de sal em água, a 25°C , é errado afirmar que:

- A hidratação de íons ocorre com liberação de calor.
- B $|\Delta H_{\text{hid}, \text{Na}_2\text{SO}_4}| > |\Delta H_{\text{hid}, \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}|$
- C $\Delta H_{\text{dis}, \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} > \text{zero}$ enquanto $\Delta H_{\text{dis}, \text{Na}_2\text{SO}_4} < \text{zero}$
- D $|\Delta H_{\text{dis}, \text{Na}_2\text{SO}_4}| > |\Delta H_{\text{dis}, \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}|$
- E $|\Delta H_{\text{dis}, \text{Na}_2\text{SO}_4}| > |\Delta H_{\text{dis}, \text{NaCl}}|$

- 14 UFRJ As regiões mais favoráveis para a obtenção de cloreto de sódio a partir da água do mar são as que apresentam grande intensidade de insolação e ventos permanentes. Por esse motivo, a Região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro é uma grande produtora de sal de cozinha.

► Dados: Na = 23 u; Cl = 35,5 u; O = 16 u; H = 1 u.

- a) Considerando que a concentração de NaCl na água do mar é 0,5 M, determine quantos quilogramas de NaCl , no máximo, podem ser obtidos a partir de 6000 L de água do mar.
- b) Além de sua utilização como sal de cozinha, o cloreto de sódio é também empregado como matéria-prima para a produção, por eletrólise, de hidróxido de sódio e gás cloro, segundo a reação:



Determine, em quilogramas, a massa de gás cloro produzida a partir de 11,7 kg de cloreto de sódio.

- 15 Unesp 2020 Um estudante coletou informações sobre a concentração total de sais dissolvidos, expressa em diferentes unidades de medida, de quatro amostras de águas naturais de diferentes regiões. Com os dados obtidos, preparou a seguinte tabela:

Amostra de água	Origem	Concentração de sais dissolvidos
1	Oceano Atlântico (litoral nordestino brasileiro)	3,6% (m/V)
2	Mar Morto (Israel/Jordânia)	1,2 g/L
3	Água mineral de Campos do Jordão (interior do estado de São Paulo)	120 mg/L
4	Lago Titicaca (Bolívia/Peru)	30% (m/V)

Ao rever essa tabela, o estudante notou que dois dos valores de concentração foram digitados em linhas trocadas. Esses valores são os correspondentes às amostras

- A 2 e 4.
- B 1 e 3.
- C 1 e 2.
- D 3 e 4.
- E 2 e 3.

16 UEG 2016 Considere 5 L de uma solução aquosa contendo 146 g de cloreto de sódio que será utilizada como solução de partida para outras de mais baixa concentração. Uma quantidade de 2 mL dessa solução contém uma massa de soluto, em miligramas, de aproximadamente

- A 3
- B 29
- C 58
- D 73
- E 292

17 Uerj 2018 Em análises metalúrgicas, emprega-se uma solução denominada nital, obtida pela solubilização do ácido nítrico em etanol.

Um laboratório de análises metalúrgicas dispõe de uma solução aquosa de ácido nítrico com concentração de 60% m/m e densidade de 1,4 kg/L. O volume de 2,0 mL dessa solução é solubilizado em quantidade de etanol suficiente para obter 100,0 mL de solução nital.

Com base nas informações, a concentração de ácido nítrico, em g·L⁻¹, na solução nital é igual a:

- A 10,5
- B 14,0
- C 16,8
- D 21,6

18 Unicamp 2017 É muito comum o uso de expressões no diminutivo para tentar “diminuir” a quantidade de algo prejudicial à saúde. Se uma pessoa diz que ingeriu 10 latinhas de cerveja (330 mL cada) e se compara a outra que ingeriu 6 doses de cachacinha (50 mL cada), pode-se afirmar corretamente que, apesar de em ambas as situações haver danos à saúde, a pessoa que apresenta maior quantidade de álcool no organismo foi a que ingeriu

- A as latinhas de cerveja, porque o volume ingerido é maior neste caso.
- B as cachacinhas, porque a relação entre o teor alcoólico e o volume ingerido é maior neste caso.
- C as latinhas de cerveja, porque o produto entre o teor alcoólico e o volume ingerido é maior neste caso.
- D as cachacinhas, porque o teor alcoólico é maior neste caso.

► **Dados:** teor alcoólico na cerveja = 5% v/v; teor alcoólico na cachaça = 45% v/v

19 UFMS 2020 Para a realização de um experimento, preparou-se uma solução contendo 35 g de sulfato de alumínio dissolvidos em 10 litros de água. Qual a concentração molar dessa solução?

► **Dados:** Al = 27; S = 32,1; O = 16

- A 0,001 M.
- B 0,05 M.
- C 0,005 M.
- D 0,1 M.
- E 0,01 M.

20 Vunesp O limite máximo de concentração de íon Hg²⁺ admitido para seres humanos é de 6 miligramas por litro de sangue. O limite máximo, expresso em mols de Hg²⁺ por litro de sangue, é igual a:

► **Dados:** Massa molar de Hg = 200 g/mol.

- A $3 \cdot 10^{-5}$
- B $6 \cdot 10^{-3}$
- C $3 \cdot 10^{-2}$
- D 6
- E 200

21 UnB O rótulo de uma garrafa de água mineral indica a seguinte composição química provável, em mg/L:

bicarbonato de bário	0,04
bicarbonato de estrôncio	0,01
bicarbonato de cálcio	4,04
bicarbonato de magnésio	2,16
bicarbonato de potássio	13,88
óxido de alumínio	0,13
óxido de silício	30,00

Considerando a massa molar do óxido de silício igual a 60 g/mol, julgue os itens abaixo.

1. A concentração do óxido de silício na água mineral é igual a 0,5 mol/L.
2. Em cada litro da água mineral existem 30 mg de silício.
3. Cinco das substâncias indicadas no rótulo podem ser obtidas por neutralização parcial do ácido carbônico.

22 Faap Uma das maneiras de recuperar um soluto não volátil de uma solução aquosa consiste no aquecimento da solução com o objetivo de evaporar mais rapidamente a água nela contida. Numa indústria, um recipiente contém 500 litros de uma solução aquosa de NaCl de concentração 25,0 g/L. O volume dessa solução, expresso em litros, que deve sofrer aquecimento para propiciar a obtenção de 500 g de NaCl(s), é:

- A 50,0
- B 25,0
- C 20,0
- D 200
- E 500

- 23 Fatec** Fenol, C_6H_5OH , conhecido como ácido fênico é usado como desinfetante e na manufatura de plásticos. Dissolvendo-se 0,752 g desse composto em água suficiente para 500 mL, obtém-se solução cuja concentração expressa em mol/L é:

▶ **Dados:** H = 1 g/mol, C = 12 g/mol, O = 16 g/mol.

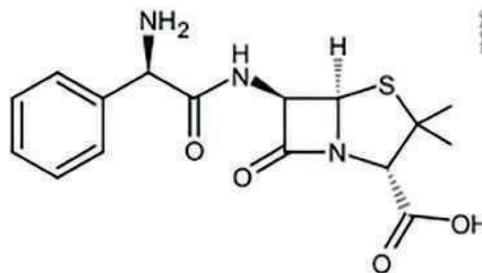
- A 0,008
B 1,504
C 0,016
D 1,6
E 3,2
- 24 ITA** Considere uma solução aquosa com 10,0% (m/m) de ácido sulfúrico, cuja massa específica a 20 °C é $1,07 \text{ g/cm}^3$. Existem muitas maneiras de exprimir a concentração de ácido sulfúrico nessa solução. Em relação a essas diferentes maneiras de expressar a concentração do ácido, qual das alternativas a seguir está errada?
- A $(0,100 \cdot 1,07 \cdot 10^3) \text{ g de H}_2\text{SO}_4 / \text{litro de solução}$
B $[(0,100 \cdot 1,07 \cdot 10^3) / 98] \text{ molar em H}_2\text{SO}_4$
C $[(0,100 \cdot 1,07 \cdot 10^3) / (0,90 \cdot 98)] \text{ molal em H}_2\text{SO}_4$
D $[(2 \cdot 0,100 \cdot 1,07 \cdot 10^3) / 98] \text{ normal em H}_2\text{SO}_4$
E $\{(0,100/98) / [(0,100/98) + (0,90/18,0)]\} \text{ mol de H}_2\text{SO}_4/\text{mol total}$

▶ **Dica para questão 24:** A grandeza normalidade (N) pode ser calculada por $N = M \cdot v_1$, em que $v_1 \equiv$ valência do soluto. Não se preocupe com esta unidade, pois está em desuso.

- 25 Mackenzie** A concentração em g/L da solução obtida ao se dissolverem 4 g de cloreto de sódio em 50 cm^3 de água é:
- A 200 g/L
B 20 g/L
C 0,08 g/L
D 12,5 g/L
E 80 g/L
- 26 Mackenzie** Preparou-se uma solução 0,2 mol/litro, dissolvendo-se 16,56 g de $X(ClO_3)_2$ em água suficiente para que fossem obtidos 400 mL de solução. O cátion X é o:
- A Be
B Mg
C Ca
D Sr
E Ba

▶ **Dados:** Be = 9; Mg = 24; Ca = 40; Sr = 88; Ba = 137; Cl = 35,5; O = 16.

- 27 FMP 2020** A ampicilina é um antibiótico indicado para infecções do trato urinário, respiratório, digestivo e biliar e apresenta massa molar 349 g/mol, com a seguinte fórmula estrutural:



A reconstituição de um fármaco consiste em retornar o medicamento da forma de pó para sua forma original líquida. No caso da ampicilina, segundo a Secretaria de Atenção à Saúde do Ministério da Saúde, essa reconstituição é feita através da dissolução de 500 mg do medicamento em 2 mL de água estéril. Após sua reconstituição, esse antibiótico apresentará concentração em quantidade de matéria, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, aproximadamente, igual a

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

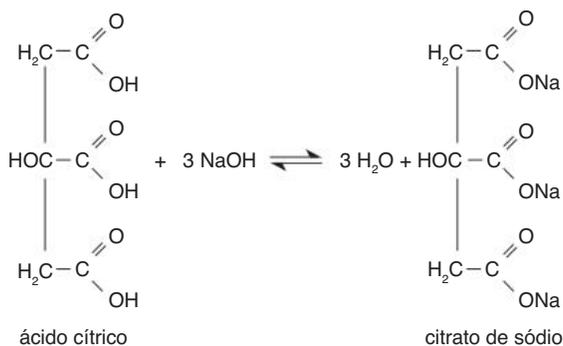
- 28 PUC-Rio 2015** Um químico dissolveu 0,040 g de NaOH em água formando 1000 mL de solução, cuja densidade é $1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. A informação que o químico não poderia colocar no rótulo dessa solução é:
- A Solução de NaOH $0,040 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$.
B Solução de NaOH $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ g de NaOH por } 100 \text{ mL}$.
C Solução com 40 partes por milhão de NaOH.
D Solução 0,0040%, em massa, de NaOH.
E Solução de NaOH $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- 29 Famema 2017** Considere duas soluções aquosas: uma de soro fisiológico (cloreto de sódio a 0,9% m/V) e outra de soro glicosado (glicose a 5% m/V).
- a) Qual dessas soluções é melhor condutora elétrica? Justifique sua resposta.
b) Determine a quantidade, em mol, de moléculas de glicose, $C_6H_{12}O_6$, presentes em 100 mL de soro glicosado e a quantidade total, em mol, de íons Na^+ e Cl^- presentes em 100 mL de soro fisiológico.

- 30 UEL** Uma solução aquosa de hidróxido de sódio tem densidade igual a $1,25 \text{ g/mL}$ e 40% em massa de soluto. A massa, em gramas, de 100 mililitros de solução é:
- A 4,00
B 40,0
C 125
D 250
E 375

31 ITA Uma solução de um sulfato contém uma concentração 1,0 mol/L de íons sulfato (SO_4^{2-}). Podemos afirmar que essa solução pode conter:

- A íons alumínio (Al^{3+}) numa concentração $\frac{2}{3}$ mol/L
- B íons férrico (Fe^{3+}) numa concentração 1,0 mol/L
- C íons cloreto (Cl^-) numa concentração 2,0 mol/L
- D íons nitrato (NO_3^-) numa concentração $\frac{2}{3}$ mol/L
- E íons bário (Ba^{3+}) numa concentração $\frac{4}{3}$ mol/L

32 Fatec Ácido cítrico reage com hidróxido de sódio segundo a equação:



Considere que a acidez de um certo suco de laranja provenha apenas do ácido cítrico. Uma alíquota de 5,0 mL desse suco foi titulada com NaOH 0,1 mol/L, consumindo-se 6,0 mL da solução básica para completa neutralização da amostra analisada.

Levando em conta essas informações e a equação química apresentada, é correto afirmar que a concentração de ácido cítrico no referido suco, em mol/L, é:

- A $2,0 \cdot 10^{-4}$
- B $6,0 \cdot 10^{-4}$
- C $1,0 \cdot 10^{-2}$
- D $1,2 \cdot 10^{-2}$
- E $4,0 \cdot 10^{-2}$

33 Unita A razão entre o número de mols do soluto e a massa do solvente é chamada de:

- A molaridade.
- B molalidade.
- C título percentual.
- D molaridade ou molalidade, dependendo do soluto usado.
- E fração molar.

34 Uece 2018 Um estudante encontrou, no laboratório, um frasco que continha uma solução 3,0 M de certo hidróxido cujo nome não constava no rótulo, que apresentava poucas indicações do conteúdo. Usando 200 mL dessa solução e evaporando todo o líquido, ele obteve 33,6 g de hidróxido de

Dados: O = 16; H = 1; K = 39; Na = 23; Ca = 40; Mg = 24.

- A potássio.
- B sódio.
- C cálcio.
- D magnésio.

35 Cesgranrio A concentração do cloreto de sódio na água do mar é, em média, de 2,95 g/L. Assim sendo, a concentração molar deste sal na água do mar é aproximadamente de:

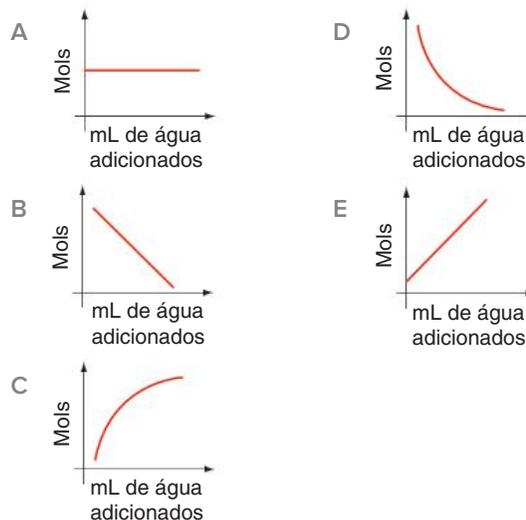
Dados: Na = 23; Cl = 35,5.

- A 0,050
- B 0,295
- C 2,950
- D 5,000
- E 5,850

36 Cesgranrio A análise da amostra de um determinado vinagre indicou uma concentração de 6,0 g de ácido acético em 100 mL de solução. A molaridade desse vinagre é de:

- A 0,1 M
- B 0,5 M
- C 1,0 M
- D 3,0 M
- E 6,0 M

37 UFU Qual dos gráficos a seguir representa corretamente a variação do número de mols de etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), quando ao mesmo é adicionada, gradualmente, água?



38 Ufes Considere o NaOH sólido e puro. Considere a densidade da solução igual à da água ($d = 1,0 \text{ g/cm}^3$).

Dado: NaOH = 40 g/mol.

Calcule:

- a) a massa de NaOH que deverá ser pesada para se preparar 500,0 mL de solução 0,1 mol/L.
- b) a concentração molar da solução quando 25,0 mL da solução do item a são transferidos para um balão volumétrico de 200,0 mL e o volume é completado com água.
- c) a percentagem em massa de NaOH na solução preparada no item a.

39 Unicamp Um dos grandes problemas das navegações do século XVI referia-se à limitação de água potável que era possível transportar numa embarcação. Imagine uma situação de emergência em que restaram apenas 300 litros (L) de água potável (considere-a completamente isenta de eletrólitos). A água do mar não é apropriada para o consumo devido à grande concentração de NaCl (25 g/L), porém o soro fisiológico (10 g NaCl/L) é. Se os navegantes tivessem conhecimento da composição do soro fisiológico, poderiam usar água potável para diluir água do mar de modo a obter o soro e assim teriam um volume maior de líquido para beber.

- Que volume total de soro seria obtido com a diluição se todos os 300 litros de água potável fossem usados para este fim?
- Considerando-se a presença de 50 pessoas na embarcação e admitindo-se uma distribuição equitativa do soro, quantos gramas de NaCl teriam sido ingeridos por cada pessoa?
- Uma maneira que os navegadores usavam para obter água potável adicional era recolher água de chuva. Considerando-se que a água da chuva é originária, em grande parte, da água do mar, como se explica que ela possa ser usada como água potável?

▶ **Dica para questão 39:** Trata-se de um problema de diluição, em que a água do mar é a solução concentrada, que será diluída com a água da embarcação para fazer o soro, que é a solução diluída.

40 UnB A partir de uma solução de hidróxido de sódio na concentração de 25 g/L, deseja-se obter 125 mL dessa solução na concentração de 10 g/L. Calcule, em mililitros, o volume da solução inicial necessário para esse processo. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

41 Enem PPL 2019 Nos municípios onde foi detectada a resistência do *Aedes aegypti*, o larvicida tradicional será substituído por outro com concentração de 10% (v/v) de um novo princípio ativo. A vantagem desse segundo larvicida é que uma pequena quantidade da emulsão apresenta alta capacidade de atuação, o que permitirá a condução de baixo volume de larvicida pelo agente de combate às endemias. Para evitar erros de manipulação, esse novo larvicida será fornecido em frascos plásticos e, para uso em campo, todo o seu conteúdo deve ser diluído em água até o volume final de um litro. O objetivo é obter uma concentração final de 2% em volume do princípio ativo. Que volume de larvicida deve conter o frasco plástico?

- A 10 mL C 100 mL E 500 mL
B 50 mL D 200 mL

42 UEG 2016 Uma solução estoque de hidróxido de sódio foi preparada pela dissolução de 4 g do soluto em água, obtendo-se ao final 100 mL e, posteriormente, determinado volume foi diluído para 250 mL obtendo-se uma nova solução de concentração igual a $0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

O volume diluído, em mL da solução estoque, é aproximadamente

- A 26 B 37 C 50 D 75

43 Unioeste Que volume de HCl concentrado (16 mol/L) é necessário para preparar 2,0 L de HCl 0,20 mol/L?

44 Fuvest O rótulo de uma solução de alvejante doméstico, à base de cloro, traz a seguinte informação: teor de cloro ativo = 2,0 a 2,5% em peso.

Para se determinar o teor, faz-se reagir um volume conhecido de alvejante com KI(aq) em excesso, ocorrendo a formação de I_2 , conforme a equação:



A quantidade de iodo formada é determinada por titulação com solução de tiosulfato de sódio. Em uma determinação, 10 mL do alvejante foram diluídos a 100 mL com água destilada. Uma amostra de 25 mL dessa solução diluída reagiu com KI(aq) em excesso e a titulação indicou a formação de $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de I_2 .

- Verifique se a especificação do rótulo é válida, calculando o teor de cloro ativo desse alvejante.
- Dentre os seguintes materiais de vidro: bureta, pipeta, balão volumétrico, proveta, béquer e erlenmeyer, cite dois e sua respectiva utilização nessa determinação.

▶ **Dados:** Densidade do alvejante: 1,0 g/mL; massa molar do Cl: 35 g/mol.

▶ **Dica para questão 44:** Apesar de o componente ativo do alvejante ser o hipoclorito (OCl^-), a especificação se refere à porcentagem em massa de cloro (Cl) no alvejante.

45 Cesgranrio Para preparar 1,2 litros de solução 0,4 M de HCl, a partir do ácido concentrado (16 M), o volume de água, em litros, a ser utilizado será de:

- A 0,03 D 1,03
B 0,47 E 1,17
C 0,74

46 UFRRJ Antigamente, o açúcar era um produto de preço elevado e utilizado quase exclusivamente como medicamento calmante. No século XVIII, com a expansão das lavouras de cana-de-açúcar, esse cenário mudou. Hoje, a sacarose é acessível à maior parte da população, sendo utilizada no preparo de alimentos e bebidas. Um suco de fruta concentrado de determinada marca foi adoçado com 3,42 g de açúcar (sacarose: $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) em 200 mL de solução. Com esse suco, foi preparado um refresco, adicionando-se mais 800 mL de água. A concentração em mol/L de sacarose no suco e a concentração em g/L de sacarose no refresco são, respectivamente:

- A 0,05 mol/L e 34,2 g/L
B 0,05 mol/L e 3,42 g/L
C 0,5 mol/L e 3,42 g/L
D 0,5 mol/L e 34,2 g/L
E 0,05 mol/L e 342 g/L

47 ITA Para preparar 80 L de uma solução aquosa 12% (massa/massa) de KOH (massa específica da solução = $1,10 \text{ g/cm}^3$), foram adicionados x litros de uma solução aquosa 44% (massa/massa) de KOH (massa específica da solução = $1,50 \text{ g/cm}^3$) e y litros de água deionizada (massa específica = $1,00 \text{ g/cm}^3$). Os valores de x e de y são, respectivamente:

- A 12 L e 68 L D 36 L e 44 L
B 16 L e 64 L E 44 L e 36 L
C 30 L e 50 L

48 PUC-Minas 50 mL de uma amostra contendo ácido acético (CH_3COOH) foram diluídos com água e o volume completado para 250 mL. Uma alíquota de 25 mL dessa solução consumiu 25 mL de uma solução 0,1 mol/L de NaOH para neutralizar o ácido. O teor de ácido acético da amostra é:

- A 1,0% C 3,0% E 10,0%
B 0,2% D 5,0%

49 Uerj Diluição é uma operação muito empregada no nosso dia a dia, quando, por exemplo, preparamos um refresco a partir de um suco concentrado.

Considere 100 mL de determinado suco em que a concentração do soluto seja de $0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

O volume de água, em mL, que deverá ser acrescentado para que a concentração do soluto caia para $0,04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ será de:

- A 1000 B 900 C 500 D 400

50 UEPG 2016 A titulação de uma amostra de calcário (carbonato de cálcio impuro), de massa 20 g, consome 100 mL de solução 72 g/L de ácido clorídrico. Sobre o assunto, assinale o que for correto.

▶ **Dados:** H = 1 g/mol; Ca = 40 g/mol; C = 12 g/mol;
O = 16 g/mol; Cl = 35 g/mol

- 01 A fórmula do carbonato de cálcio é CaCO_3 .
02 A concentração do ácido clorídrico em mol/L é 2.
04 A porcentagem de pureza do calcário é 50%.
08 O ácido clorídrico é um oxi-ácido considerado forte em meio aquoso.

Soma:

51 UFF O ácido nítrico é um importante produto industrial. Um dos processos para a obtenção do ácido nítrico é fazer passar amônia e ar, sob pressão, por um catalisador acerca de $850 \text{ }^\circ\text{C}$, ocorrendo a formação de monóxido de nitrogênio e água. O monóxido de nitrogênio, em presença do oxigênio do ar, se transforma no dióxido que reagindo com a água forma o ácido nítrico e o monóxido de nitrogênio.

- a) Escreva as equações balanceadas que representam as diferentes etapas de produção do ácido nítrico através do processo mencionado.
b) Uma solução de ácido nítrico concentrado, de densidade $1,40 \text{ g/cm}^3$, contém 63,0 % em peso de ácido nítrico. Informe por meio de cálculos:

- I. a molaridade da solução;
II. o volume dessa solução que é necessário para preparar 250,0 mL de solução 0,5 M.

52 UFRGS Uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4), para ser utilizada em baterias de chumbo de veículos automotivos, deve apresentar concentração igual a 4 mol/L.

O volume total de uma solução adequada para se utilizar nestas baterias, que pode ser obtido a partir de 500 mL de solução de H_2SO_4 de concentração 18 mol/L, é igual a:

- A 0,50 L D 4,50 L
B 2,00 L E 9,00 L
C 2,25 L

53 UFMS A soda cáustica (NaOH) é uma das bases mais usadas pela indústria química na preparação de compostos orgânicos, na purificação de óleos vegetais e derivados de petróleo etc. Suponha-se que, para ser usada em um determinado processo industrial, há necessidade de 10 L de soda a 7,5%. Partindo-se de uma solução a 25% dessa substância (sol A), o volume da solução e o volume de água que deveriam ser misturados, para obter a solução com a concentração desejada, são, em litros:

- A sol A – 7,0; água – 3,0
B sol A – 3,0; água – 7,0
C sol A – 0,3; água – 9,7
D sol A – 9,7; água – 0,3
E sol A – 7,5; água – 2,5

54 Unirio 50 mL de uma solução “y” mol/L de KOH são preparados a partir de 10 mL de uma solução estoque de KOH “x” mol/L. A solução diluída é colocada para reagir com H_2SO_4 0,5 mol/L, consumindo 40 mL do ácido. Os valores, em mol/L, de x e y são, respectivamente, iguais a:

- A x = 0,8; y = 1 D x = 4; y = 0,8
B x = 1; y = 8 E x = 8; y = 2
C x = 2; y = 0,4

55 Unitau Deseja-se diluir um litro da solução de H_2SO_4 a 80% e de densidade $2,21 \text{ g/cm}^3$ até o volume de cinco litros. As concentrações molares do H_2SO_4 , antes e depois da diluição, são, respectivamente, em mols/litro:

- A 10,1 e 5,2 D 18,0 e 3,6
B 12,0 e 4,0 E 22,5 e 10,5
C 4,0 e 11,3

56 Vunesp Na preparação de 500 mL de uma solução aquosa de H_2SO_4 de concentração 3 mol/L, a partir de uma solução de concentração 15 mol/L do ácido, deve-se diluir o seguinte volume da solução concentrada:

- A 10 mL D 300 mL
B 100 mL E 450 mL
C 150 mL

Algum dia o mar já foi de água doce?

A resposta é afirmativa. Nos primórdios do planeta, enquanto os oceanos se formavam, a água era praticamente desprovida de sal. Foi a dinâmica do ciclo da água que tornou os oceanos salgados ao longo dos milhões e milhões de anos. Primeiro, analisemos o ciclo através do desenho a seguir.

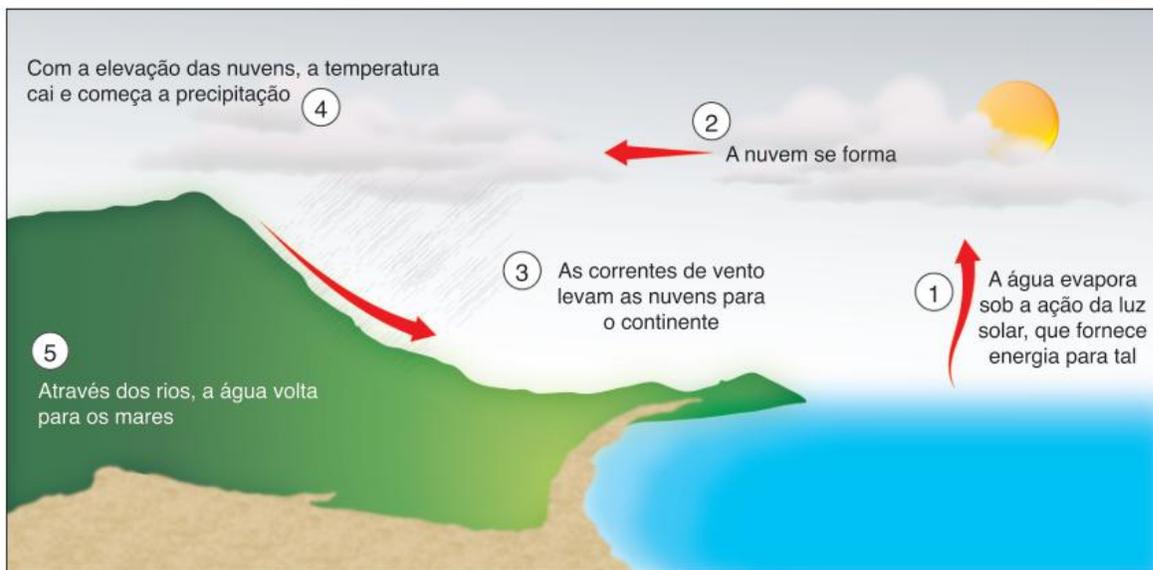


Fig. 13 Ciclo básico da água na natureza.

Entretanto, toda essa dinâmica produz consequências importantes. A água é chamada de solvente universal, já que é capaz de dissolver uma série de nutrientes e também de sais minerais, que estão no fundo dos rios e em suas encostas. Portanto, a água é como um trem, que segue sempre o mesmo caminho. Quando drena um continente, leva consigo esses sais que desembocarão na água do mar. Mas a quantidade de sal levada do continente para os oceanos pelos rios não é suficiente para salgá-lo. O que torna o oceano tão salgado é que, quando a água evapora novamente para formar uma nova nuvem, ela evapora só, sem o sal. E essa mesma água trará uma nova quantidade de sal a cada ciclo completo mostrado anteriormente. Com isso, o continente vai sendo lavado e ficando cada vez mais desprovido de sal. Em compensação, os mares e oceanos vão ficando cada vez mais salgados. Com isso, as espécies marinhas, em todo o seu processo evolutivo, devem criar mecanismos biológicos para suportar um ambiente cada vez mais salgado e inóspito. Ainda pela quantidade de todos os sais que existem no oceano, é possível fazer a datação dos mesmos, já que, a cada ano, ele fica ligeiramente mais salgado. Como a teoria mais aceita da Origem da Vida afirma que ela começou nos oceanos, dá para concluir, a partir da quantidade de sal, há quanto tempo existe vida na Terra.

Resumindo

Este capítulo servirá como alicerce para o estudo de toda a Físico-Química. Os problemas de cinética química e equilíbrios químicos, por exemplo, utilizarão definições importantes desse assunto. Para entender soluções, é preciso aprender a utilizar definições operacionais, como concentração comum, concentração molar e título, entre outras.

Inicialmente, classificam-se as soluções de acordo com a quantidade de soluto contida em uma quantidade fixa de solvente. De um caso especial, vai surgir o conceito de coeficiente de solubilidade e sua dependência com a temperatura. As curvas de solubilidade encerram o estudo desse primeiro trecho.

Posteriormente, analisamos os tipos de concentrações de soluções, a saber:

Concentração Comum (C);

- Concentração Molar (M);
 - Título (τ);
 - Frações Molares (X);
 - Molalidade (W).
- Além disso, visualizamos no estudo que há relações muito importantes entre essas unidades de medida de concentração, devidamente deduzidas e apresentadas.

Por fim, foram estudados três tipos de problemas:

- Diluição de soluções;
- Misturas de soluções;
- Titulometria.



Sites

- Soluções

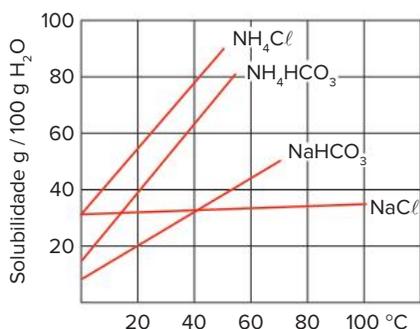
Disponível em: <www.infoescola.com/quimica/solucoes/>.

- Preparando soluções químicas (em inglês)

Disponível em: <www.sciencecompany.com/lab/test_solns.htm>.

Exercícios complementares

1 Fatec O processo Solvay de obtenção do Na_2CO_3 , matéria-prima importante na fabricação do vidro, envolve os reagentes CO_2 , NH_3 e solução saturada de NaCl . Na solução final encontram-se os íons $\text{NH}_4^+(\text{aq})$, $\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{Cl}^-(\text{aq})$ e $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$.



Analisando, no gráfico apresentado, as curvas de solubilidade em função da temperatura, é correto afirmar que, na temperatura de 20 °C, o sólido que deverá precipitar primeiro é o:

- A NH_4Cl C NH_4HCO_3 E Na_2CO_3
 B NaHCO_3 D NaCl

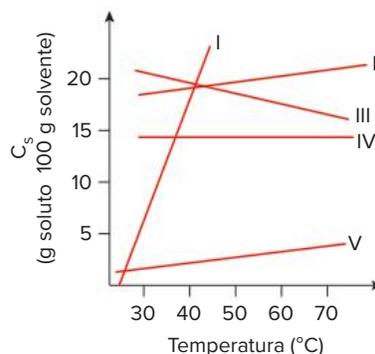
2 UFRGS 2014 Um estudante analisou três soluções aquosas de cloreto de sódio, adicionando 0,5 g deste mesmo sal em cada uma delas. Após deixar as soluções em repouso em recipientes fechados, ele observou a eventual presença de precipitado e filtrou as soluções, obtendo as massas de precipitado mostradas no quadro abaixo.

Solução	Precipitado
1	Nenhum
2	0,5 g
3	0,8 g

O estudante concluiu que as soluções originais 1, 2 e 3 eram, respectivamente,

- A não saturada, não saturada e saturada.
 B não saturada, saturada e supersaturada.
 C saturada, não saturada e saturada.
 D saturada, saturada e supersaturada.
 E supersaturada, supersaturada e saturada.

3 FGV Na figura, são apresentadas as curvas de solubilidade de um determinado composto em cinco diferentes solventes.

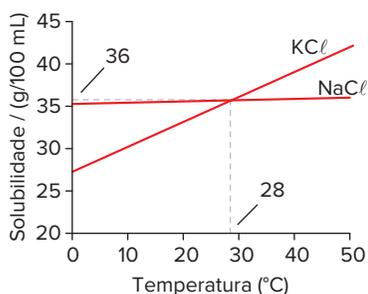


Na purificação desse composto por recristalização, o solvente mais indicado para se obter o maior rendimento no processo é o:

- A I.
 B II.
 C III.
 D IV.
 E V.

4 Fuvest NaCl e KCl são sólidos brancos cujas solubilidades em água, a diferentes temperaturas, são dadas pelo gráfico a seguir. Para distinguir os sais, os três procedimentos foram sugeridos:

- Colocar num recipiente 2,5 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 2,5 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 10 °C.
- Colocar num recipiente, 3,6 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 3,6 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 28 °C.
- Colocar num recipiente 3,8 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 3,8 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 45 °C.



Pode-se distinguir esses dois sais somente por meio:

- A do procedimento I.
- B do procedimento II.
- C do procedimento III.
- D dos procedimentos I e II.
- E dos procedimentos I e III.

► **Dica para questão 4:** A diferenciação ocorre quando em uma das soluções houver corpo de fundo e em outra, não.

5 FEI A tabela a seguir fornece as solubilidades do KCl e do Li_2CO_3 a várias temperaturas.

Temperatura (°C)	Solubilidade g/100 g H ₂ O	
	KCl	Li ₂ CO ₃
0	27,6	0,154
10	31,0	0,143
20	34,0	0,133
30	37,0	0,125
40	40,0	0,117
50	42,6	0,108

Assinale a alternativa falsa.

- A A dissolução do KCl em água é endotérmica.
- B O aquecimento diminui a solubilidade do Li_2CO_3 em água.
- C A massa de KCl capaz de saturar 50g de água, a 40°C, é 20 g.
- D Ao resfriar, de 50 °C até 20 °C, uma solução que contém inicialmente 108 mg de Li_2CO_3 em 100 g de água, haverá precipitação de 25 mg de Li_2CO_3 .
- E A 10 °C, a solubilidade do KCl é maior do que a do Li_2CO_3 .

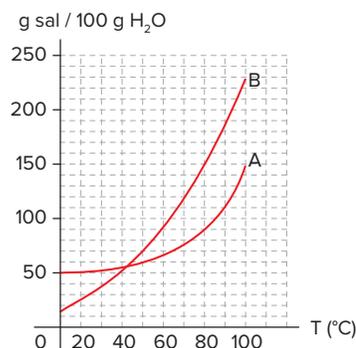
6 FEI Tem-se 500 g de uma solução aquosa de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), saturada a 50 °C. Qual a massa de cristais que se separam da solução, quando ela é resfriada até 30 °C?

► **Dados:** Coeficiente de solubilidade (C_s) da sacarose em água: C_s à 30 °C = 220 g/100 g de água; C_s à 50 °C = 260 g/100 g de água.

► **Dica:** É bom lembrar que 500 g é a massa de soluto mais a massa de solvente.

- A 40,0 g
- C 84,25 g
- E 62,5 g
- B 28,8 g
- D 55,5 g

7 Mackenzie A partir do diagrama a seguir, que relaciona a solubilidade de dois sais A e B com a temperatura são feitas as afirmações:

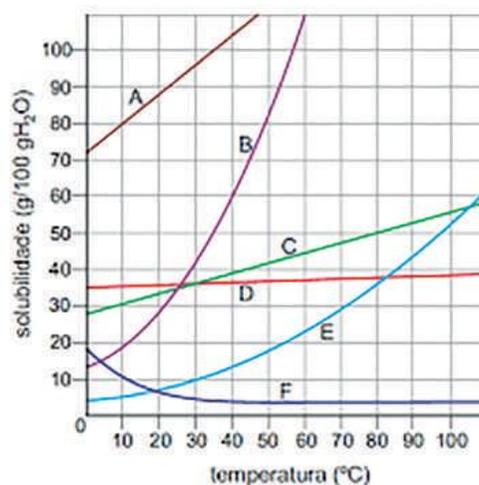


- I. existe uma única temperatura na qual a solubilidade de A é igual à de B.
- II. a 20 °C, a solubilidade de A é menor que a de B.
- III. a 100 °C, a solubilidade de B é maior que a de A.
- IV. a solubilidade de B mantém-se constante com o aumento da temperatura.
- V. a quantidade de B que satura a solução à temperatura de 80 °C é igual a 150 g, para 100 g de H₂O.

Somente são corretas:

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

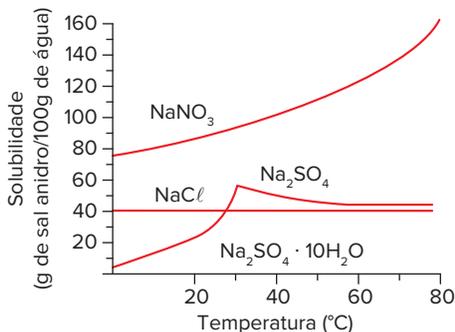
8 Unicid 2017 O gráfico apresenta as solubilidades dos sais A, B, C, D, E e F em função da temperatura.



(www.preuniversitycourses.com. Adaptado.)

- a) Indique o sal cuja solubilidade em água é menos afetada pelo aumento de temperatura.
- b) Considere uma solução preparada com 33 g do sal B em 50 g de água, a 40 °C. A mistura resultante apresenta corpo de fundo? Justifique sua resposta.

- 9 **ITA** As notações ΔH_{dis} , i e ΔH_{hid} , i serão utilizadas, respectivamente, para representar as variações de entalpia molar de dissolução e de hidratação de espécie i em água.

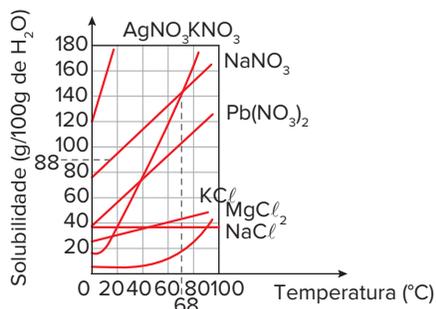


Considerando sistemas termodinamicamente estáveis, é errado afirmar que:

- A a 25 °C, a solubilidade em água do NaNO_3 é maior que a do $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
 B a 25 °C, uma mistura de 120 g de NaNO_3 com 100 g de H_2O é bifásica, sendo uma das fases o $\text{NaNO}_3(\text{s})$ e a outra a $\text{H}_2\text{O}(\ell)$.
 C a 0 °C, uma mistura de 20 g de NaCl com 100g de gelo é monofásica, sendo esta fase uma solução aquosa não saturada em NaCl .
 D a 25 °C, a concentração de íons de sódio existentes na fase líquida de uma mistura preparada pela adição de 6 g de NaCl à 100 g de H_2O é 1 mol/L.
 E a 25 °C, a quantidade (mol) de íons de sódio presentes em uma solução preparada pela dissolução de 1,0 g de Na_2SO_4 em 10 g de H_2O é maior do que a existente em outra solução preparada pela dissolução de 1,0 g de $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ na mesma quantidade de água.

► **Dica para questão 9:** Toda solução com corpo de fundo que é termodinamicamente estável é saturada com relação ao soluto precipitado.

- 10 **PUC-Minas** O gráfico a seguir representa as curvas de solubilidade de várias substâncias.



Com relação ao gráfico anterior, assinale a afirmativa incorreta.

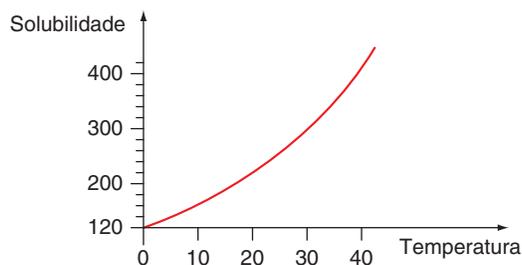
- A KNO_3 é mais solúvel do que o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ em água, a qualquer temperatura.
 B A temperatura pouco afeta a solubilidade do NaCl .
 C A substância que apresenta maior aumento de solubilidade com o aumento de temperatura é o AgNO_3 .

- D À temperatura ambiente, a substância menos solúvel é o MgCl_2 .
 E A 40 °C, a solubilidade do KCl e a do NaCl são iguais.

- 11 **Ufes** Ao se adicionar cloreto de amônio a uma certa quantidade de água a 25 °C, observa-se um resfriamento na solução. Com base nessa informação, pode-se afirmar:

- A O processo é exotérmico e a solubilidade do NH_4Cl aumenta com o aumento da temperatura.
 B O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl aumenta com o aumento da temperatura.
 C O processo é exotérmico e a solubilidade do NH_4Cl diminui com o aumento da temperatura.
 D O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl diminui com o aumento da temperatura.
 E O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl independe da temperatura.

- 12 **UEL** O gráfico a seguir refere-se à solubilidade (em g/100 g de água) de determinado sal em diferentes temperaturas (em °C).



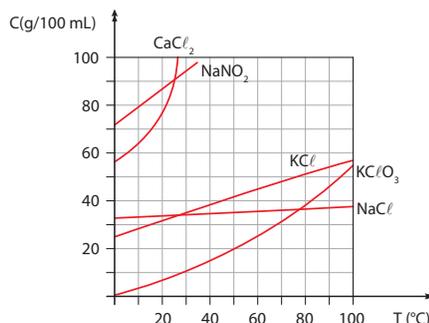
Se a 40 °C forem acrescentados 20,0 g do sal em 200 g de água, e deixada a mistura em repouso sob temperatura constante, obter-se-á:

- I. solução saturada
 II. corpo de fundo
 III. solução diluída

Dessas afirmações:

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

- 13 **PUC-Minas** O diagrama representa curvas de solubilidade de alguns sais em água.



Com relação ao diagrama anterior, é correto afirmar que:

- A o NaCl é insolúvel em água.
- B o KClO_3 é mais solúvel do que o NaCl à temperatura ambiente.
- C a substância mais solúvel em água, a uma temperatura de 10°C , é CaCl_2 .
- D o KCl e o NaCl apresentam sempre a mesma solubilidade.
- E a 25°C , a solubilidade do CaCl_2 e a do NaNO_2 são praticamente iguais.

14 ITA Uma mistura sólida é composta de carbonato de sódio e bicarbonato de sódio. A dissolução completa de 2,0 g dessa mistura requer 60,0 mL de uma solução aquosa $0,5\text{ mol L}^{-1}$ de HCl . Assinale a opção que apresenta a massa de cada um dos componentes dessa mistura sólida.

- A $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,4\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 1,6\text{ g}$
- B $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,7\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 1,3\text{ g}$
- C $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,9\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 1,1\text{ g}$
- D $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1,1\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 0,9\text{ g}$
- E $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1,3\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 0,7\text{ g}$

15 Fatec Para obter-se meio litro de uma solução aquosa de cloreto de sódio 0,9% (soro fisiológico), são necessários x gramas do sal. O valor numérico de x é de aproximadamente:

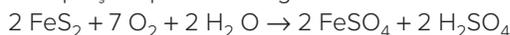
- A 0,45
- B 0,9
- C 4,5
- D 9,0
- E 45

► **Dica para questão 15:** Quando não se menciona a densidade da solução e a mesma é bem diluída, com título baixo, deve-se tomar a densidade da solução como sendo de 1 g/cm^3 .

16 Unifesp Em intervenções cirúrgicas, é comum aplicar uma tintura de iodo na região do corpo onde será feita a incisão. A utilização desse produto deve-se à sua ação antisséptica e bactericida. Para 5 litros de etanol, densidade $0,8\text{ g/mL}$, a massa de iodo sólido, em gramas, que deverá ser utilizada para obter uma solução que contém $0,50\text{ mol}$ de I_2 para cada quilograma de álcool, será de:

- A 635
- B 508
- C 381
- D 254
- E 127

17 Famerp 2019 Em águas naturais, a acidez mineral pode ser formada através da oxidação de sulfetos, como indica a equação química a seguir:



Em uma amostra de água retirada de um rio, foi encontrada uma concentração de FeSO_4 igual a $0,02\text{ mol/L}$. Nesse rio, a massa de FeS_2 dissolvida por litro de água era igual a

- A 0,48 g.
- B 0,24 g.
- C 0,12 g.
- D 2,4 g.
- E 1,2 g.

► **Dica para questão 17:** Quando não se menciona a densidade da solução e a mesma é bem diluída, com título baixo, deve-se tomar a densidade da solução como sendo de 1 g/cm^3 .

18 CPS 2020 O soro fisiológico é uma solução utilizada para diversos fins, dentre os quais: limpar olhos e nariz, lavar queimaduras e feridas, hidratações e nebulizações. É uma solução de cloreto de sódio de concentração 0,9% (massa/volume). Essa concentração corresponde à razão entre a massa de cloreto de sódio, em gramas, e o volume de 100 mL da solução. Um paciente desidratado, em que é administrado 500 mL de soro na veia, receberá uma massa de sal correspondente a

- A 0,45 g.
- B 4,50 g.
- C 45,00 g.
- D 9,00 g.
- E 0,90 g.

19 Unesp 2019 Considere a fórmula estrutural do ácido ascórbico (vitamina C).



Um comprimido efervescente contendo 1 g de vitamina C foi dissolvido em água, de modo a obter-se 200 mL de solução. A concentração de ácido ascórbico na solução obtida é, aproximadamente,

- A 0,01 mol/L.
- B 0,05 mol/L.
- C 0,1 mol/L.
- D 0,2 mol/L.
- E 0,03 mol/L.

20 Famerp 2020 Um resíduo de 200 mL de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), de concentração $0,1\text{ mol/L}$, precisava ser neutralizado antes do descarte. Para tanto, foi utilizado bicarbonato de sódio (NaHCO_3), conforme a equação a seguir:



A massa de bicarbonato de sódio necessária para a neutralização completa do ácido sulfúrico contido nessa solução é igual a

- A 1,68 g.
- B 16,8 g.
- C 8,4 g.
- D 33,6 g.
- E 3,36 g.

21 Fuvest A concentração de íons fluoreto em uma água de uso doméstico é de $5,0 \cdot 10^{-5}\text{ mol/litro}$. Se uma pessoa tomar 3,0 litros dessa água por dia, ao fim de um dia, a massa de fluoreto, em miligramas, que essa pessoa ingeriu é igual a:

► **Dado:** Massa molar de fluoreto: $19,0\text{ g/mol}$.

- A 0,9
- B 1,3
- C 2,8
- D 5,7
- E 15

- 22 ITA** Considere as seguintes soluções:
- 10 g de NaCl em 100 g de água
 - 10 g de NaCl em 100 ml de água
 - 20 g de NaCl em 180 g de água
 - 10 mol de NaCl em 90 mol de água

Dessas soluções, tem concentração 10% em massa de cloreto de sódio:

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

- 23 ITA** O volume, em litros, de uma solução 0,30 molar de sulfato de alumínio que contém 3,0 mol de cátion alumínio é:

- A 2,5 D 9,0
B 3,3 E 10
C 5,0

- 24 Mackenzie** Por seu papel nos batimentos cardíacos, na contração muscular etc., o potássio é imprescindível ao funcionamento do nosso organismo. Além da banana “nanica”, uma fonte de potássio é a uva-passa. 100 g de uva passa são processados adequadamente até se obterem 280 mL de solução que contém 0,975 mg de um sal de potássio, K₂A, 100% dissociado. A molaridade dos íons potássio, em mols por litro, é:

- A $2 \cdot 10^{-3}$ mol/litro D $4 \cdot 10^{-5}$ mol/litro
B $2 \cdot 10^{-5}$ mol/litro E $6 \cdot 10^{-5}$ mol/litro
C $6 \cdot 10^{-1}$ mol/litro

▶ **Dado:** Massa molar K₂A = 174 g/mol.

Dica: A concentração do K⁺ não é a mesma do K₂A.

- 25 PUC-Campinas** “Num balão volumétrico de 250 mililitros, após adição de 1,00 g de hidróxido de sódio sólido, o volume é completado com água destilada. A solução assim obtida tem concentração de ... X ... g/L sendo mais ... Y ... do que outra solução de concentração 0,25 mol/L, da mesma base”.

Para completar corretamente o texto acima, deve-se substituir X e Y, respectivamente, por:

- A 1,00 e diluída D 3,00 e concentrada
B 2,00 e concentrada E 4,00 e diluída
C 2,50 e diluída

- 26 UFRGS 2018** O soro fisiológico é uma solução aquosa 0,9% em massa de NaCl. Um laboratorista preparou uma solução contendo 3,6 g de NaCl em 20 mL de água.

Qual volume aproximado de água será necessário adicionar para que a concentração corresponda à do soro fisiológico?

- A 20 mL. D 400 mL.
B 180 mL. E 1000 mL.
C 380 mL.

- 27 PUC-Minas** De acordo com o laboratório, citrovita – o suco de laranja Danone – apresenta em 200 mL do suco, em média, 80 mg de vitamina C, cuja massa molar é igual a 176 g/mol. No suco de laranja, a concentração de vitamina C, em mol/L, equivale em média a aproximadamente:

- A $2,2 \cdot 10^{-6}$
B $4,5 \cdot 10^{-4}$
C $2,3 \cdot 10^{-3}$
D $4,5 \cdot 10^{-1}$
E $2,2 \cdot 10^{-1}$

- 28 Mackenzie** Recentemente, o governo canadense proibiu a comercialização de mamadeiras e chupetas produzidas com um tipo de plástico considerado tóxico, por conter uma substância chamada Bisfenol A (BPA). Toxicologistas alertam que o produto químico contamina os alimentos quando esses forem armazenados ainda quentes em um recipiente fabricado com BPA. O limite de segurança aceito para ingestão do Bisfenol, segundo a Agência Ambiental Americana (EPA), é de 50 ppb/dia (partes por bilhão, por dia).

UOL Ciência e Saúde 2008 (Adapt.).

Admita que uma criança que se alimente exclusivamente com o conteúdo de cinco mamadeiras de 0,250 L de leite quente ingira 1/4 do limite diário aceitável de BPA. Assim, a quantidade de BPA presente em cada mililitro de leite ingerido será de:

- A $1,0 \cdot 10^{-2}$ ppb
B $1,0 \cdot 10^{-3}$ ppb
C $12,5 \cdot 10^{-3}$ ppb
D $1,0 \cdot 10^1$ ppb
E $4,0 \cdot 10^2$ ppb

- 29 PUC-Minas** Uma solução de ácido bórico (H₃BO₃) apresenta uma concentração igual a 12,4%. A concentração em mol/L dessa solução é igual a:

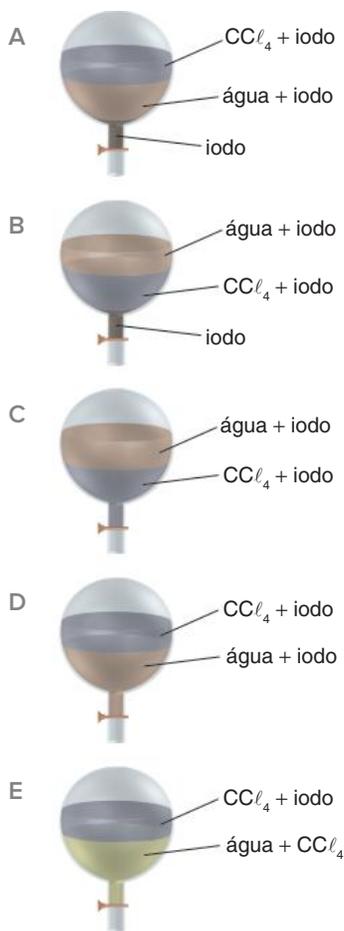
- A 0,20 C 0,50 E 4,00
B 0,40 D 2,00

- 30 Uece** Observe o quadro a seguir. Os valores de I, II e III, são, respectivamente:

	H ₂ SO ₄	KNO ₃	NaOH
Massa molar	98 g/mol	101 g/mol	40 g/mol
Massa de soluto	I	303 g	200 g
Volume da solução	2,0 L	II	2,5 L
Mols/Litro	0,5	1	III

- A 98 g; 2,0 L; 3,0 mol/L
B 49 g; 3,0 L; 2,0 mol/L
C 98 g; 3,0 L; 1,0 mol/L
D 98 g; 3,0 L; 2,0 mol/L

A 25 °C, 3,00 g de iodo, 70 cm³ de água e 50 cm³ de CCl₄ são colocados em um funil de separação. Após agitação e repouso, qual dos esquemas a seguir deve representar a situação final?



► **Dica para questão 38:** Há mais de um aspecto para que se resolva a questão. Porém, o mais importante é saber se sobrar ou não iodo sólido, depois de parte dele ter se dissolvido em ambos os solventes.

39 Enem Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotossíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Devido à sua baixa solubilidade em água (9,0 mg/L a 20 °C), a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado “Demanda Bioquímica de Oxigênio” (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico. A DBO corresponde à massa de O₂ em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

C. Baird. *Química Ambiental*. Bookman, 2005. (Adapt.).

► **Dados:** Massas molares em g/mol: C = 12; H = 1; O = 16.

Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH₂O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um litro de água, em quanto a DBO será aumentada?

- A 0,4 mg de O₂/litro D 9,4 mg de O₂/litro
 B 1,7 mg de O₂/litro E 10,7 mg de O₂/litro
 C 2,7 mg de O₂/litro

40 Enem Ao colocar um pouco de açúcar na água e mexer até a obtenção de uma só fase, prepara-se uma solução. O mesmo acontece ao se adicionar um pouquinho de sal à água e misturar bem. Uma substância capaz de dissolver o soluto é denominada solvente; por exemplo, a água é um solvente para o açúcar, para o sal e para várias outras substâncias. A figura a seguir ilustra essa citação.



Fonte: <www.sobiologia.com.br>. Acesso em: 27 abr. 2010.

Suponha que uma pessoa, para adoçar seu cafezinho, tenha utilizado 3,42 g de sacarose (massa molar igual a 342 g/mol) para uma xícara de 50 mL do líquido. Qual é a concentração final, em mol/L, de sacarose nesse cafezinho?

- A 0,02 D 200
 B 0,2 E 2000
 C 2

► **Dica para questão 40:** Considere que cada um dos copos apresenta volume V.

41 Enem Para testar o uso do algicida sulfato de cobre em tanques para criação de camarões, estudou-se, em aquário, a resistência desses organismos a diferentes concentrações de íons cobre (representados por Cu²⁺). Os gráficos a seguir relacionam a mortalidade de camarões com a concentração de Cu²⁺ e com o tempo de exposição a esses íons.

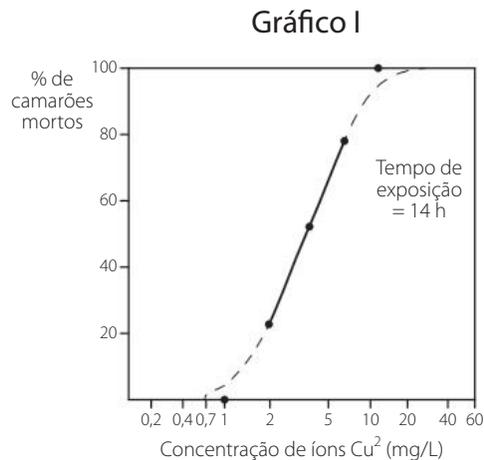
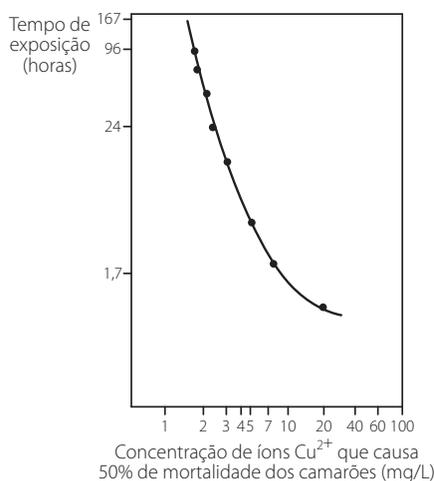


Gráfico II



P. D. Vowles; D. W. Conell. *Experiments in environmental chemistry: a laboratory manual.* Oxford: Pergamon Press, 1980. (Adapt.).

Se os camarões utilizados na experiência fossem introduzidos em um tanque de criação contendo 20 000 L de água tratada com sulfato de cobre, em quantidade suficiente para fornecer 50 g de íons cobre, estariam vivos, após 24 horas, cerca de:

- A $\frac{1}{5}$
- B $\frac{1}{4}$
- C $\frac{1}{2}$
- D $\frac{2}{3}$
- E $\frac{3}{4}$

- 42 **Enem** Determinada estação trata cerca de 30 000 litros de água por segundo. Para evitar riscos de fluorese, a concentração máxima de fluoretos nessa água não deve exceder a cerca de 1,5 miligrama por litro de água. A quantidade máxima dessa espécie química que pode ser utilizada com segurança, no volume de água tratada em uma hora, nessa estação, é:
- A 1,5 kg
 - B 4,5 kg
 - C 96 kg
 - D 124 kg
 - E 162 kg

- 43 **UFTM 2012** Carbonato de cálcio (CaCO₃) é uma das matérias utilizadas na indústria de cimento e cerâmicas. Por ter caráter básico, pode ser utilizado para neutralizar soluções ácidas no tratamento de efluentes gerados nos laboratórios químicos. Para neutralizar completamente 1 litro de solução de HNO₃ 0,50 mol/L, é necessária uma quantidade mínima de CaCO₃, em gramas, igual a:
- A 100
 - B 75
 - C 50
 - D 25
 - E 10

- 44 **UEM 2012** A aplicação de fertilizantes líquidos em lavouras depende fundamentalmente da formulação do fertilizante e do tipo de lavoura. A tabela a seguir

apresenta as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) que devem estar presentes no fertilizante de uma determinada lavoura. Sabendo-se que um agricultor possui três formulações aquosas estoque de fertilizante: a primeira (1) contendo 0 g/L de nitrogênio, 60 g/L de fósforo e 40 g/L de potássio; a segunda (2) contendo 50 g/L de nitrogênio, 50 g/L de fósforo e 0 g/L de potássio; e a terceira (3) contendo 40 g/L de nitrogênio, 0 g/L de fósforo e 60 g/L de potássio. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) a respeito das formulações de fertilizante ótimas para cada lavoura.

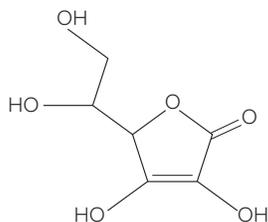
Lavoura	Concentração de fertilizante (g/L)		
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
A	0,40	0,60	1,00
B	1,00	2,20	0,80
C	0,45	0,25	0,3

- 01 Para a lavoura A, deve ser feita uma solução contendo 50 mL da formulação (1) e 50 mL da formulação (3), diluindo-se em seguida para um volume final de 5 litros.
- 02 As formulações estoque podem ser preparadas a partir dos sais nitrato de amônia, fosfato monoácido de cálcio e cloreto de potássio.
- 04 Para se preparar a primeira solução estoque (1), em relação ao K, pode-se usar, aproximadamente, 1,025 mol de KCl dissolvido em 1 litro de água.
- 08 Além de NPK, fertilizantes podem conter outros compostos em menor proporção, fontes de micronutrientes, como Fe, Zn, Mn e Cu.
- 16 Para a lavoura C, deve ser feita uma solução contendo 150 mL da formulação (2) e 150 mL da formulação (3), diluindo-se em seguida a um volume final de 15 litros.

Soma:

- 45 **Unigranrio 2017** O estudo da concentração de soluções aquosas faz-se necessário em muitos ramos da indústria química onde há necessidade de quantidades exatas de componentes químicos reacionais. Entre os ramos da indústria química que utilizam conhecimentos de concentrações podem ser citados o de tratamento de água e efluentes e a indústria cosmética. Um volume de 50,00 mL de uma solução de MgCl₂ a 2,0 mol/L é diluído até 1 litro de volume final. Sabendo que soluções diluídas de MgCl₂ são totalmente solúveis e dissociáveis ($\alpha = 1$) podemos afirmar que a concentração, em mol/L, de íons cloreto na nova solução após a diluição será de:
- A 0,1
 - B 1,0
 - C 2,0
 - D 4,0
 - E 0,2

- 46 Uerj 2011** Observe, a seguir, a fórmula estrutural do ácido ascórbico, também conhecido como vitamina C.



Para uma dieta saudável, recomenda-se a ingestão diária de $2,5 \cdot 10^{-4}$ mol dessa vitamina, preferencialmente obtida de fontes naturais, como as frutas.

Considere as seguintes concentrações de vitamina C:

- polpa de morango: $704 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;
- polpa de laranja: $528 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Um suco foi preparado com 100 mL de polpa de morango, 200 mL de polpa de laranja e 700 mL de água. A quantidade desse suco, em mililitros, que fornece a dose diária recomendada de vitamina C é:

- A 250 B 300 C 500 D 700

- 47 Vunesp** Foi preparada em laboratório uma solução de ácido clorídrico, dissolvendo-se 0,73 g de cloreto de hidrogênio em água; o volume foi completado até 250 mL. Um volume de 15,0 mL da solução desse ácido foi completamente neutralizado por 25,0 mL de hidróxido de cálcio.

- a) Calcule a concentração de base, em mol/L.
- b) Escreva a equação química da reação de neutralização e calcule o número de mols da base que foi neutralizado.

► Dados: $H = 1$; $Cl = 35,5$.

- 48 Unicamp** “O jogo das soluções”

O quadro a seguir representa uma estante onde há béqueres que contêm o mesmo volume V de solução de HCl ou de $NaOH$ (solução diferenciada pela tonalidade cinza, no desenho). As concentrações, em mol/L, são as mesmas numa mesma linha e estão indicadas ao lado do quadro.

	1	2	3	4	5	
A						0,1 mol/L
B						0,2 mol/L
C						0,3 mol/L
D						0,4 mol/L
E						0,5 mol/L

Usando um béquer de volume suficientemente grande, pode-se nele misturar os conteúdos de vários béqueres do quadro.

- a) Misturando-se todas as soluções que estão no caminho indicado pela linha tracejada, indo da posição A1 até a D5 inclusive, a solução final será ácida ou básica? Explique.
- b) Qual será a concentração do ácido ou da base na solução final do item a?
- c) Misturando-se todas as soluções que estão na sequência indicada pela linha contínua, indo da A1 até a D5 inclusive, qual será o pH da solução final?

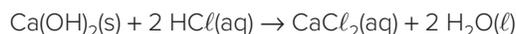
- 49 Vunesp** O vinagre comercial contém ácido acético (ácido etanoico). Na titulação de 5,0 mL de vinagre comercial com densidade $1,01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, gastou-se 8,4 mL de uma solução 0,40 M de hidróxido de sódio.

► Massas atômicas: $C = 12$; $H = 1$; $O = 16$; $Na = 23$.

- a) Desenhar esquematicamente a montagem do material de vidro essencial para fazer a titulação ácido-base. Dar o nome de cada componente do sistema.
- b) Escrever a equação da reação que ocorreu. Calcular a percentagem do ácido acético no vinagre.

- 50 Mackenzie 2014** Na neutralização de 30 mL de uma solução de soda cáustica (hidróxido de sódio comercial), foram gastos 20 mL de uma solução 0,5 mol/L de ácido sulfúrico, até a mudança de coloração de um indicador ácido-base adequado para a faixa de pH do ponto de viragem desse processo. Desse modo, é correto afirmar que as concentrações molares da amostra de soda cáustica e do sal formado nessa reação de neutralização são, respectivamente,
- A 0,01 mol/L e 0,20 mol/L.
 B 0,01 mol/L e 0,02 mol/L.
 C 0,02 mol/L e 0,02 mol/L.
 D 0,66 mol/L e 0,20 mol/L.
 E 0,66 mol/L e 0,02 mol/L.

- 51 PUC-Rio** Considere a reação de neutralização de hidróxido de cálcio com ácido clorídrico, representada pela equação a seguir:



Faça o que se pede:

- a) Calcule a quantidade máxima de cloreto de cálcio, em mol, que pode ser obtido quando 0,74 g de hidróxido de cálcio é misturado a 100 mL de solução aquosa de HCl $1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, onde, na reação, o HCl está em excesso.
- b) Defina o que é uma base segundo o conceito de Arrhenius.

► Dado: $Ca = 40$; $O = 16$; $H = 1$.

52 PUC-SP Adicionou-se 100 mL de solução de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ de concentração 0,40 mol/L a 100 mL de solução de Na_2S de concentração 0,20 mol/L. Sabendo-se que a reação ocorre com formação de um sal totalmente solúvel (NaNO_3) e um sal praticamente insolúvel (HgS), as concentrações, em mol/L, dos íons Na^+ e Hg^{2+} presentes na solução final, são respectivamente:

- A 0,1 mol/L e 0,2 mol/L
- B 0,2 mol/L e 0,1 mol/L
- C 0,4 mol/L e 0,2 mol/L
- D 0,4 mol/L e 0,1 mol/L
- E 0,2 mol/L e 0,4 mol/L

53 FEI Para neutralizar uma alíquota de 25 mL de uma solução de H_2SO_4 foram consumidos 30 mL de solução 0,1 molar de NaOH . A massa de H_2SO_4 contida em 250 mL de solução é:

▶ **Dados:** H = 1; S = 32; O = 16; Na = 23.

- A 0,49 g
- B 0,98 g
- C 1,47 g
- D 1,96 g
- E 2,94 g

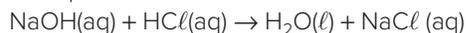
54 Fuvest Vinagre é uma solução aquosa contendo cerca de 6% em massa de ácido acético. Para se determinar a concentração efetiva desse ácido em um dado vinagre, pode-se fazer uma titulação com solução padrão de hidróxido de sódio. Suponha que para tal se usem 10,0 mililitros do vinagre e se disponha de uma bureta de 50 mililitros. Para se fazer essa determinação com menor erro possível, a solução de NaOH , de concentração (em mol/litro) mais apropriada é:

- A 0,100
- B 0,150
- C 0,400
- D 4,00
- E 10,0

▶ **Dados:** $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$; massa molar: CH_3COOH : 60 g/mol; densidade do vinagre = 1,0 g/mL.

▶ **Dica:** O menor erro possível em uma titulação se dá quando utilizamos o volume de líquido na bureta na sua totalidade.

55 PUC-Rio 2014 Neutraliza-se 50 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ com 50 mL de solução aquosa de ácido clorídrico $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Nessa reação, há formação de água. As espécies Na^+ e Cl^- são íons espectadores.



Admitindo como desprezível a expansão de volume como resultado dessa reação, a concentração de Cl^- em quantidade de matéria ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) na solução resultante é aproximadamente igual a:

- A 0,05
- B 0,10
- C 0,14
- D 0,18
- E 0,20

56 Fuvest O rótulo de um produto de limpeza diz que a concentração de amônia (NH_3) é de 9,5 g/L. Com o intuito de verificar se a concentração de amônia corresponde à indicada no rótulo, 5,00 mL desse produto foram titulados com ácido clorídrico de concentração 0,100 mol/L. Para consumir toda a amônia dessa amostra, foram gastos 25,00 mL do ácido.

▶ **Dados:** H = 1, N = 14 e Cl = 35,5.

Com base nas informações fornecidas:

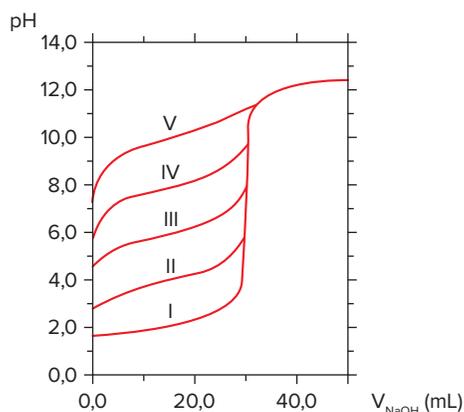
	Qual a concentração da solução, calculada com os dados da titulação?	A concentração indicada no rótulo é correta?
A	0,12 mol/L	sim
B	0,25 mol/L	não
C	0,25 mol/L	sim
D	0,50 mol/L	não
E	0,50 mol/L	sim

57 PUC-SP Os sais contendo o ânion nitrato (NO_3^-) são muito solúveis em água, independentemente do cátion presente no sistema. Já o ânion cloreto (Cl^-), apesar de bastante solúvel com a maioria dos cátions, forma substâncias insolúveis na presença dos cátions Ag^+ , Pb^{2+} e Hg^{2+} . Em um béquer foram adicionados 20,0 mL de uma solução aquosa de cloreto de cálcio (CaCl_2) de concentração 0,10 mol/L a 20,0 mL de uma solução aquosa de nitrato de prata (AgNO_3) de concentração 0,20 mol/L. Após efetuada a mistura, pode-se afirmar que a concentração de cada espécie na solução será:

	$[\text{Ag}^+]$ (mol/L)	$[\text{Ca}^{2+}]$ (mol/L)	$[\text{Cl}^-]$ (mol/L)	$[\text{NO}_3^-]$ (mol/L)
A	≈ 0	0,05	≈ 0	0,10
B	0,20	0,10	0,20	0,20
C	0,10	0,05	0,10	0,10
D	0,10	0,05	≈ 0	0,10
E	≈ 0	0,10	≈ 0	0,20

58 UFV A 100 mL de uma solução 0,6 mol/L de cloreto de bário (BaCl_2) adicionaram-se 100 mL de uma solução 0,4 mol/L de nitrato de bário ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$). A concentração dos íons $[\text{Ba}^{2+}]$, $[\text{Cl}^-]$ e $[\text{NO}_3^-]$ presentes na solução final, em mol/L, é:

- 59 UFRRJ** Foram misturados 50 mL de solução aquosa 0,4 molar de ácido clorídrico, com 50 mL de solução de hidróxido de cálcio, de mesma concentração.
- Ao final da reação, o meio ficará ácido ou básico? Justifique sua resposta com cálculos.
 - Calcule a concentração molar do reagente remanescente na mistura.
- 60 UEL** Misturam-se 200 mililitros de solução de hidróxido de potássio de concentração 5,0 g/L com 300 mililitros de solução da mesma base com concentração 4,0 g/L. A concentração em g/L da solução final vale:
- A 0,50 C 2,2 E 4,4
 B 1,1 D 3,3
- 61 UFV** Misturando-se 20 mL de solução de NaCl, de concentração 6,0 mol/L, com 80 mL de solução de NaCl, de concentração 2,0 mol/L, são obtidos 100 mL de solução de NaCl, de concentração, em mol/L, igual a:
- A 1,4 C 4,2 E 4,0
 B 2,8 D 5,6
- 62 ITA** São fornecidas as seguintes informações a respeito de titulação ácido-base: A figura mostra as curvas de titulação de 30,0 mL de diferentes ácidos (I, II, III, IV e V), todos a $0,10 \text{ mol L}^{-1}$, com uma solução aquosa $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ em NaOH. O indicador fenolftaleína apresenta o intervalo de mudança de cor entre pH 8,0 a 10,0, e o indicador vermelho de metila, entre pH 4,0 a 6,0.



Considerando estas informações, é correto afirmar que:

- o indicador vermelho de metila é mais adequado que a fenolftaleína para ser utilizado na titulação do ácido IV.
 - o indicador vermelho de metila é mais adequado que a fenolftaleína para ser utilizado na titulação do ácido V.
 - o ácido III é mais forte que o ácido II.
 - os dois indicadores (fenolftaleína e vermelho de metila) são adequados para a titulação do ácido I.
 - os dois indicadores (fenolftaleína e vermelho de metila) são adequados para a titulação do ácido III.
- 63 Fuvest** Determinou-se o número de moléculas de água de hidratação (x) por molécula de ácido oxálico hidratado ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), que é um ácido dicarboxílico. Para isso, foram preparados 250 mL de uma solução aquosa, contendo 5,04 g de ácido oxálico hidratado. Em seguida, 25,0 mL dessa solução foram neutralizados com 16,0 mL de uma solução de hidróxido de sódio, de concentração 0,500 mol/L.
- Calcule a concentração, em mol/L, da solução aquosa de ácido oxálico.
 - Calcule o valor de x.

Massas molares (g/mol)	
H	1
C	12
O	16

FRENTE 3

CAPÍTULO

4

Cinética Química

As explosões são reações químicas extremamente rápidas, exotérmicas e provocam grande expansão dos gases. Neste capítulo, estudaremos a velocidade das reações químicas e os fatores que são capazes de alterá-la.

Introdução

Comumente observamos diversos tipos de reação química, que podem ocorrer de forma muito rápida ou muito lenta. As reações de neutralização entre ácidos e bases, a combustão de metano gasoso e o deslocamento de equilíbrio de um indicador na presença de um ácido ou de uma base são exemplos de fenômenos químicos praticamente instantâneos. Já o escurecimento de uma banana descascada em contato com o ar, o escurecimento de uma lente de óculos fotossensível e a reação entre bissulfito e iodato são exemplos de reações que duram alguns segundos. Também existem reações que podem durar horas ou dias, como a formação de ferrugem em palha de aço. E há ainda as que duram anos ou mesmo séculos, como o processo de formação do petróleo.

Para que se compreenda o mecanismo que define se uma reação será rápida ou lenta, muitos cientistas, como Svante Arrhenius, Cato Guldberg e Peter Waage, dedicaram anos de seus trabalhos. E foi por meio do estudo e das descobertas desses cientistas que surgiu um novo ramo da Química: a **Cinética Química**. Veja a definição:

Cinética Química é a parte da Química que estuda as velocidades das reações e os fatores que alteram essas velocidades.

O estudo de Cinética será dividido em:

- Velocidade média e velocidade instantânea
- Mecanismos de reação
- Fatores que alteram a velocidade das reações
- Lei da ação das massas (lei de Guldberg-Waage)

Velocidade de uma reação

Para melhor compreensão do conceito de velocidade de uma reação, vamos analisar primeiramente a velocidade de um móvel, que é definida como a rapidez com que ele muda de posição em relação a determinado referencial. A expressão do cálculo da velocidade é dada por:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{equação I})$$

Comparando a definição com a expressão, temos:

$$\underbrace{v}_{\text{Velocidade}} = \frac{\overbrace{\Delta S}^{\text{Muda}}}{\underbrace{\Delta t}_{\text{Rapidez}}} \quad \text{Posição}$$

Seguindo a mesma lógica, define-se aceleração como a rapidez com que um móvel muda de velocidade em relação a determinado referencial. Assim, a expressão do cálculo da aceleração é dada por:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{equação II})$$

Comparando a definição com a expressão, temos:

$$\underbrace{a}_{\text{Aceleração}} = \frac{\overbrace{\Delta v}^{\text{Muda}}}{\underbrace{\Delta t}_{\text{Rapidez}}} \quad \text{Velocidade}$$

Mas, afinal, o que é a velocidade de uma reação? Primeiramente, uma reação química é um fenômeno que modifica substâncias, ou seja, que converte reagentes em produtos. Portanto, a velocidade de uma reação é a rapidez com que reagentes são convertidos em produtos, em relação a determinado referencial (que, nesse caso, é uma das substâncias que estão envolvidas na reação). Assim:

$$v = \frac{\text{Reagentes} \rightarrow \text{Produtos}}{\Delta t} \quad (\text{equação III})$$

De modo mais específico, podemos definir a velocidade de uma reação como a rapidez com que os reagentes são consumidos ou a rapidez com que os produtos são produzidos. Portanto:

$$v_x = \frac{|\Delta Q_x|}{\Delta t} \quad (\text{equação IV})$$

Nesse caso, X é uma substância que pode ser reagente ou produto da reação. É o referencial no qual a velocidade da reação foi medida. Q é a quantidade de X, que, em princípio, pode ser medida em gramas, mols, litros ou mol/L.

$$\Delta Q = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}} \quad (\text{equação V})$$

Como a variação da quantidade de uma substância ao longo da reação pode ser positiva (os produtos são gerados) ou negativa (os reagentes são consumidos), e como a velocidade de uma reação deve ser um número positivo, deve-se tomar o módulo da variação da quantidade de X para o cálculo da velocidade da reação.

A quantidade Q, como já foi dito, pode ser medida em várias unidades diferentes. Entretanto, essa diversidade de possibilidades pode não ser adequada.

Suponha um balão volumétrico de 1 L, contendo um meio reacional em solução aquosa, com a reação já em curso. Se transferirmos uma alíquota de 50 mL dessa solução para um béquer menor, teremos a mesma reação ocorrendo em dois ambientes distintos. Mas em qual deles a reação se completará primeiro? Em qual dos dois ambientes a reação é mais veloz? Como se trata do mesmo fenômeno, é comum pensar que a reação terminará ao mesmo tempo em ambos, o que significa dizer que a velocidade é a mesma nos dois casos. E se a velocidade for medida em gramas por segundo? De fato, o número de gramas que reagem por segundo no balão volumétrico é maior do que o número de gramas que reagem por segundo no béquer. Assim, a mesma reação, em dois ambientes, teria valores de velocidade distintos, o que mostra uma contradição no conceito. Não seria diferente se a quantidade fosse medida em mols ou em litros, já que a velocidade não seria uma característica da reação, mas do tamanho da amostra.

Também podemos pensar na seguinte questão: uma reação com velocidade de 5 g/s é rápida ou lenta? Nesse caso, o valor da velocidade nessa unidade de medida não tem sustentação para que possamos concluir se a reação é rápida ou lenta. Se o fenômeno em questão estiver sendo realizado em um tanque, então é uma reação lenta. Mas, se estiver sendo realizado em um tubo de ensaio, então é uma reação rápida. Portanto, um valor de velocidade em que Q é medido em gramas, mols ou litros não tem respaldo para indicar se a reação é rápida ou lenta.

Qual seria então a melhor unidade de medida para Q? Deve ser uma medida que atribua o mesmo valor de velocidade para um dado fenômeno, independentemente do tamanho da amostra. De fato, no balão volumétrico ou no béquer, há uma grandeza que coincide para os dois ambientes: a concentração dos reagentes em mol/L. Em ambos os casos, o número de mols não é o mesmo, o volume não é o mesmo, mas a razão entre as duas grandezas é a mesma. Logo, se a velocidade for medida em mol/L, o valor será o mesmo se a reação estiver sendo realizada nas dimensões de um tanque, de um balão volumétrico, de um béquer ou de um tubo de ensaio.

A concentração em mol/L é a razão entre o número de mols do soluto e o volume da solução. A essa concentração damos o nome de **concentração molar**, ou **molaridade** (\mathfrak{M}). Assim:

$$\mathfrak{M} = \frac{n_1}{V_{(L)}} \quad (\text{mol/L}) \quad (\text{equação VI})$$

Como $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$, temos:

$$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 \cdot V_{(L)}} \quad (\text{mol/L}) \quad (\text{equação VII})$$

A concentração molar de uma substância X pode ser representada por \mathfrak{M}_X , ou $[X]$.

Sendo assim, para uma reação genérica de equação:



em que A e B são reagentes, C e D são produtos e a, b, c e d são coeficientes estequiométricos da equação, temos:

$$v_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \quad v_B = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} \quad v_C = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} \quad v_D = \frac{\Delta[D]}{\Delta t} \quad (\text{equações VIII})$$

Note que, para as velocidades em relação a A e a B, poderíamos ter escrito $|\Delta[X]|$. Mas, como as variações das concentrações dos reagentes são negativas, podemos substituir o módulo pelo sinal (-) na frente da fração. O sinal negativo é desnecessário para o cálculo da velocidade dos produtos, pois a variação das suas concentrações ao longo da reação é positiva.

As principais unidades de medida de velocidade das reações são, portanto, mol/L·s ou mol/L·min.

Como as velocidades são proporcionais aos números de mols que reagem, e estes, por sua vez, são proporcionais aos coeficientes estequiométricos, então as velocidades, com relação às substâncias, são proporcionais aos seus respectivos coeficientes estequiométricos. Portanto:

$$\frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d} \quad (\text{equação IX})$$

Como a razão entre a velocidade em relação à substância X e o seu respectivo coeficiente estequiométrico é sempre a mesma, podemos definir, para uma reação química, uma velocidade sem referencial, chamada de **velocidade global da reação**, ou simplesmente **velocidade da reação** (v_G), que pode ser calculada como:

$$v_G = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d} \quad (\text{equação X})$$

As velocidades calculadas até aqui são todas velocidades médias. Para calcular a velocidade instantânea de uma reação em um instante t, devemos calcular a velocidade média dessa reação entre os instantes t e t + Δt e posteriormente calcular o limite dessa velocidade média quando Δt tende a zero. Desse modo, representando o reagente por R, temos:

$$v_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} -\frac{([R]_{t+\Delta t} - [R]_t)}{\Delta t} = -\frac{d[R]}{dt} \quad (\text{equação XI})$$

A interpretação gráfica da velocidade instantânea e sua relação com a derivada é mostrada a seguir:

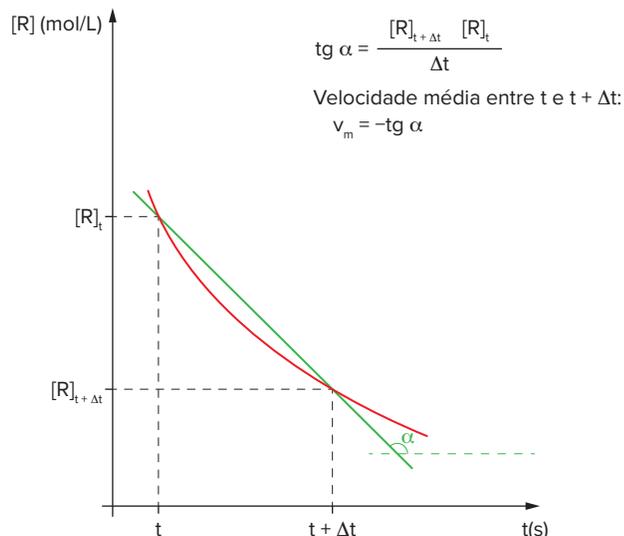


Fig. 1 Análise gráfica da velocidade média entre os instantes t e t + Δt.

Quando Δt tende a zero, a reta secante se torna a reta tangente à curva no instante t. Nesse caso, a tangente do ângulo representado por α' é a velocidade instantânea em t, como mostrado a seguir:

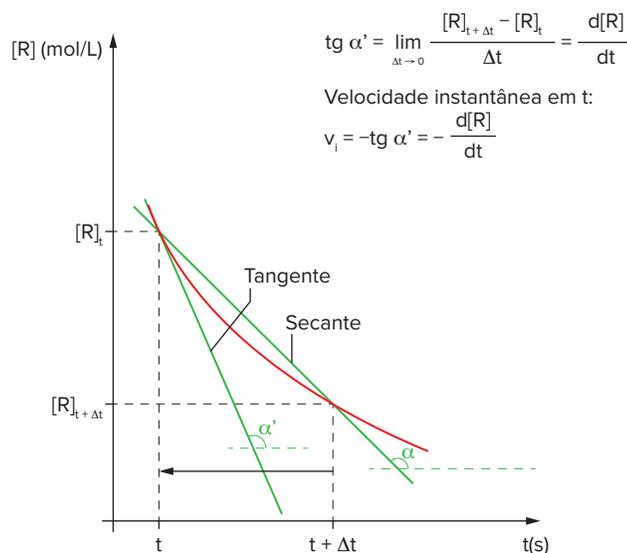
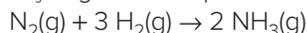


Fig. 2 Análise gráfica da velocidade instantânea no instante t.

Para fixação desse assunto, é importante o estudo de alguns exercícios.

Exercício resolvido

- 1 Seja uma reação genérica equacionada por:



Uma tabela com as concentrações de N_2 em função do tempo é fornecida a seguir:

$[\text{N}_2]$ (10^{-3} mol/L)	t(s)
3	0
1,8	1
1,2	2
0,9	3

Responda:

- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 1 s?
- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 2 s?
- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 3 s?
- Qual é a velocidade média em relação ao consumo de H_2 entre os instantes 0 e 1 s?
- Qual é a velocidade média em relação à formação de NH_3 entre os instantes 0 e 2 s?
- Qual é a velocidade global da reação entre os instantes 0 e 3 s?

Resolução:

- a) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 1 s:

$$v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} - 3,0 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- b) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 2 s:

$$v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} - 3,0 \cdot 10^{-3}}{2} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{2} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- c) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de N_2 entre os instantes 0 e 3 s:

$$v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3} - 3,0 \cdot 10^{-3}}{3} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{3} \therefore v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

Note que, com o decorrer da reação, a velocidade média a partir do instante inicial vai diminuindo. Isso significa que a velocidade instantânea ao longo da reação também diminui. Essa não é uma característica específica desse problema, mas algo que ocorre na maioria das reações.

A velocidade dos fenômenos químicos depende de choques efetivos entre as partículas dos reagentes. No início, a concentração dos reagentes é máxima, o que resulta em velocidade máxima do processo. Entretanto, ao longo da ocorrência da reação, a conversão de reagentes em produtos vai diminuindo a concentração dos reagentes e, conseqüentemente, diminuindo também a frequência de choques efetivos entre as partículas. Durante a reação, portanto, a tendência natural é que sua velocidade vá diminuindo gradativamente. Se a reação for irreversível, ou seja, se ocorrer com rendimento de 100%, a velocidade final da reação será nula.

- d) Cálculo da velocidade média em relação ao consumo de H_2 entre os instantes 0 e 1 s, levando-se em conta a equação X:

$$\frac{v_{\text{H}_2(0 \rightarrow 1)}}{3} = \frac{v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 1)}}{1} \therefore \frac{v_{\text{H}_2(0 \rightarrow 1)}}{3} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore v_{\text{H}_2(0 \rightarrow 1)} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- e) Cálculo da velocidade média em relação à formação de NH_3 entre os instantes 0 e 2 s, levando-se em conta a equação X:

$$\frac{v_{\text{NH}_3(0 \rightarrow 2)}}{2} = \frac{v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 2)}}{1} \therefore \frac{v_{\text{NH}_3(0 \rightarrow 2)}}{2} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore v_{\text{NH}_3(0 \rightarrow 2)} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- f) Cálculo da velocidade global da reação entre os instantes 0 e 3 s, levando-se em conta a equação X:

$$v_{\text{G}(0 \rightarrow 3)} = \frac{v_{\text{N}_2(0 \rightarrow 3)}}{1} \therefore v_{\text{G}(0 \rightarrow 3)} = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{1} \therefore v_{\text{G}(0 \rightarrow 3)} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

! Atenção

Não é possível dizer que a velocidade da reação diminui sempre com o passar do tempo, porque alguns fatores podem influenciar a variação de velocidade de maneira contrária:

- Para reações muito exotérmicas, ocorre forte aumento de temperatura durante a ocorrência do processo. Esse aquecimento do meio reacional pode compensar a perda da concentração do reagente por algum tempo e fazer a velocidade da reação aumentar ao longo do tempo.
- Existem determinadas reações que produzem o próprio catalisador. Esses fenômenos são conhecidos como mecanismos de autocatálise. Assim, a produção de catalisador durante a reação pode compensar o efeito da diminuição da concentração do reagente na variação da velocidade da reação. Com isso, pode haver aumento de velocidade da reação ao longo de um intervalo de tempo.

Teoria das colisões

Para compreender uma reação química e os fatores que determinam a sua velocidade, precisamos conhecer o que ocorre, passo a passo, desde o momento em que se tem reagentes até o momento em que eles se convertem em produtos.

As moléculas não reagem por ação de campo, ou seja, não reagem a distância ou por indução. Elas precisam se chocar umas com as outras, precisam do contato físico, portanto **moléculas reagem por contato**. Esse processo deve obedecer a dois requisitos para que resulte em uma transformação química. O primeiro deles está relacionado à geometria da colisão. Existe uma geometria específica com que as partículas devem se chocar para que haja a possibilidade de uma reação. Quando essa condição é satisfeita, ele deve ser chamado de **choque de geometria favorável**, ou **choque frontal**. A segunda condição se refere à energia com que as partículas se chocam entre si. Deve haver um mínimo de energia para que a reação ocorra. Choques que têm energia igual ou superior à mínima são chamados de **choques energéticos**. Quando um choque é frontal e energético simultaneamente, é então chamado de **choque eficaz**, ou **efetivo**.

É a frequência de choques efetivos entre as partículas de reagentes que determina a velocidade de uma reação.

Vamos analisar o exemplo da reação entre hidrogênio e iodo em fase exclusivamente gasosa.



As moléculas de gás hidrogênio e gás iodo só reagem caso o choque entre elas seja frontal e energético ao mesmo tempo.

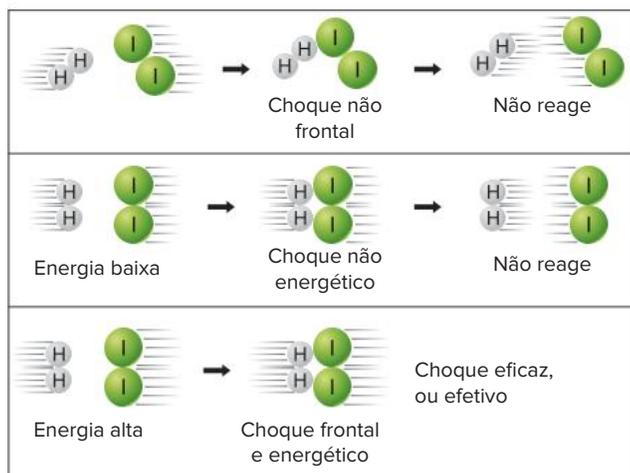


Fig. 3 Esquema comparativo entre choques frontais e não frontais e entre energéticos e não energéticos.

Uma vez que tenha ocorrido o choque efetivo entre as moléculas dos reagentes, forma-se um intermediário, muito instável, chamado **complexo ativado**. Essa estrutura contém todas as ligações químicas dos reagentes e todas as ligações dos produtos dessa etapa do processo. Como há ligações em excesso, esse intermediário tende a armazenar bastante energia. Assim, a entalpia do complexo ativado é maior do que a entalpia dos reagentes e dos produtos.

O complexo ativado, por sua instabilidade, quebra-se logo depois de formado. Nesse caso, há duas opções: ou ocorre a restauração dos reagentes (a reação, portanto, não se conclui) ou formam-se os produtos. No caso do exemplo

que estamos trabalhando, podemos representar o que foi explicado por meio do seguinte esquema:

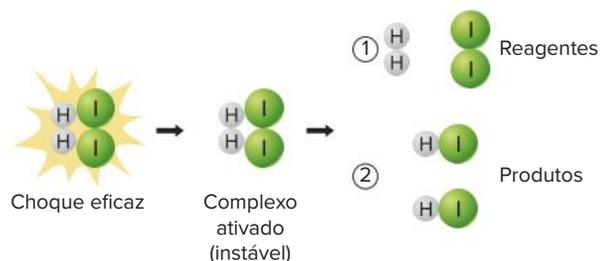


Fig. 4 Esquema ilustrado mostrando a sequência de eventos entre o choque frontal e a formação dos produtos, passando pelo complexo ativado.

Assim, deve-se incluir os estados intermediários no gráfico de entalpia ao longo do caminho da reação. A reação que tomamos como exemplo é exotérmica. Além disso, o complexo ativado é a estrutura mais entálpica do processo. Com isso, o gráfico tem a seguinte configuração:

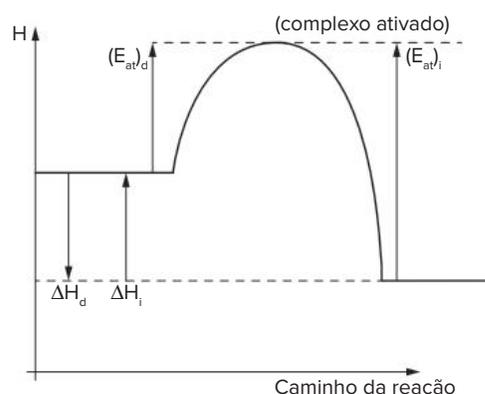


Fig. 5 Gráfico de entalpia das espécies ao longo do caminho da reação, passando pelo complexo ativado.

Por mais exotérmica que uma reação seja, ela deve absorver uma energia inicial para que possa começar e formar o complexo ativado. Sem a formação desse intermediário, não pode haver a geração do produto. A energia inicial que os reagentes devem absorver para possibilitar o choque energético entre os reagentes é chamada de **energia de ativação**.

Essa energia pode ser de diversas formas, como: atrito (no caso dos palitos de fósforo), faísca (no caso da queima da gasolina dentro da câmara de combustão do motor de um carro), impacto (no caso da detonação de explosivos de alto desempenho, como nitroglicerina), calor (no caso da queima de uma folha de papel), entre outras. Isso varia de reação para reação.

Note como a energia de ativação da reação direta não é a mesma da reação inversa. Podemos dizer também que as reações químicas “sobem morros energéticos” para que possam ocorrer, e quanto maior for o obstáculo, ou seja, quanto maior for a energia de ativação de uma reação, menor será a sua velocidade.

Assim, podemos concluir que:

- $|\Delta H|_{\text{direta}} = |\Delta H|_{\text{inversa}}$
- $(E_{\text{at}})_{\text{direta}} \neq (E_{\text{at}})_{\text{inversa}}$
- Quanto maior for a (E_{at}) , menor será a velocidade da reação.

Fatores que alteram a velocidade de uma reação

Existem, fundamentalmente, cinco fatores capazes de alterar a velocidade de uma reação. São eles:

- Temperatura
- Superfície de contato
- Catalisador
- Concentração dos reagentes
- Pressão parcial dos reagentes

Vamos analisar cada uma das influências de forma independente, já que a análise conjunta dos fatores constitui um problema quantitativo.

Temperatura

A elevação da temperatura amplia a energia cinética média das moléculas. Com isso, aumenta a frequência de choques energéticos entre as partículas dos reagentes e a frequência de choques efetivos entre elas, o que acarreta um aumento da velocidade da reação. Portanto, podemos concluir que:

Um aumento da temperatura de uma reação aumenta a sua velocidade.

Historicamente, o primeiro cientista a expressar uma relação entre aumento de temperatura de um meio, reação e velocidade da reação foi o holandês Jacobus van't Hoff, no final do século XIX, quando propôs que um aumento de 10 °C na temperatura de uma reação dobra a sua velocidade. Essa conclusão, baseada em resultados experimentais, é conhecida como **regra de Van't Hoff**. Atualmente, sabemos que, para que se possa aplicar essa regra de maneira que seja verdadeira, a reação deve ter uma energia de ativação muito específica em determinada faixa de temperatura. Assim, essa regra não vale sempre, mas pode ser usada como uma estimativa simples de como a velocidade de determinada reação pode variar com a temperatura.

A verdadeira influência da temperatura pode ser quantitativamente analisada por meio da equação de Arrhenius, abordada no texto complementar deste capítulo.

Do ponto de vista estatístico, há um estudo bem interessante que podemos fazer da influência da temperatura na velocidade de uma reação. As curvas de Maxwell-Boltzmann mostram a distribuição de energias das partículas em um sistema, como se pode perceber no gráfico a seguir:

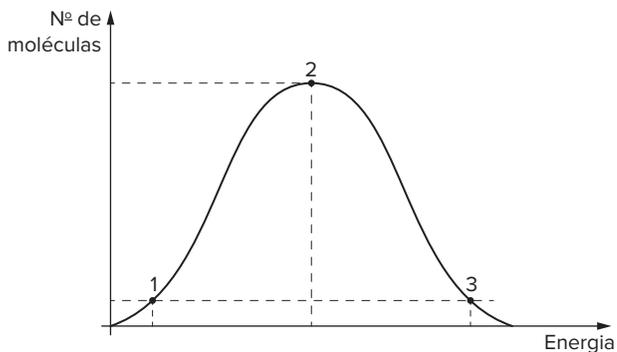


Fig. 6 Análise gráfica da distribuição de energias de Maxwell-Boltzmann.

No eixo das ordenadas, temos o número de moléculas que possui cada uma das energias, expressas no eixo das abscissas. No ponto 1, podemos perceber que são poucas as moléculas que apresentam uma energia muito abaixo da média. No ponto 3, podemos perceber que são poucas as moléculas que apresentam energia muito acima da média. No ponto 2, percebemos que é próximo da energia média que se pode encontrar a maior incidência das moléculas.

Entretanto, é importante lembrar que, para que uma reação ocorra, é preciso que ela tenha uma energia mínima para realizar choques suficientemente energéticos. Portanto, somente moléculas com energias maiores têm condições de reagir em caso de choques de geometria favorável, ou choques frontais. Assim, podemos dividir as moléculas em dois grupos: aquelas com energia superior à energia de ativação (marcadas pela região hachurada do gráfico a seguir) e aquelas com energia inferior à energia de ativação. De fato:

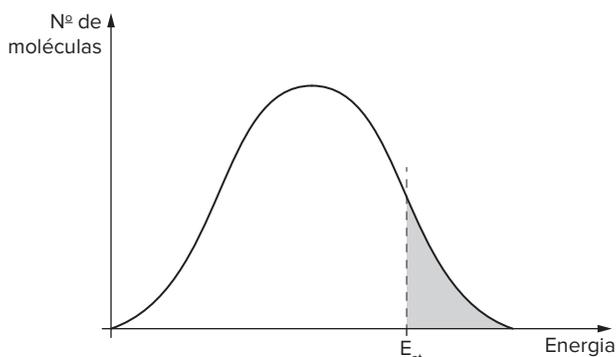


Fig. 7 Análise gráfica da distribuição de energias de Maxwell-Boltzmann em comparação com a energia de ativação de uma reação.

Na figura 7, a região hachurada mostra as moléculas com energia suficiente para que se convertam em produtos. As que estão à esquerda da energia de ativação – ou seja, as que não apresentam energia suficiente para formar o complexo ativado – não podem reagir.

Contudo, quando se realiza um aquecimento em um meio reacional, o aumento da temperatura sempre se reflete em um aumento da energia cinética média das moléculas. Assim, haverá um maior número de moléculas com energia superior à energia de ativação e, conseqüentemente, um aumento da frequência de choques efetivos, o que certamente resulta em um aumento da velocidade de uma reação.

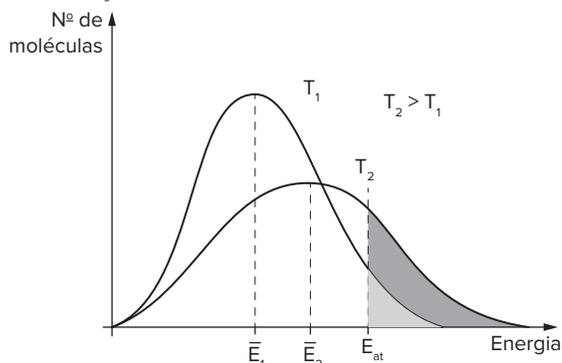


Fig. 8 Análise gráfica da comparação do número de moléculas com energia maior do que a energia de ativação em duas temperaturas diferentes.

Superfície de contato

Quando se fragmenta um reagente, aumenta-se a superfície de contato desse reagente com outro. Isso eleva a frequência de choques entre eles e, conseqüentemente, a frequência de choques efetivos, acarretando o aumento da velocidade de uma reação.

São muitas situações práticas que mostram como o aumento da superfície de contato dos reagentes aumenta a velocidade de uma reação. Por exemplo, um pedaço de palha de aço enferruja mais depressa do que uma barra de ferro, serragem pega fogo bem mais depressa do que uma tora de madeira, e um comprimido de antiácido tem efervescência muito mais lenta do que uma mesma quantidade do medicamento na forma pulverizada.



Fig. 9 O medicamento pulverizado apresenta efervescência mais rápida que o medicamento em forma de pastilha.



Fig. 10 Maisena (amido de milho) pulverizada pode ser utilizada por profissionais circenses em apresentações, pois pegam fogo com grande velocidade.



Saiba mais

A farinha de trigo é um combustível com grande superfície de contato com o ar atmosférico. Portanto, pode pegar fogo com extrema facilidade quando em suspensão no ar.

Catalisador

Há substâncias que têm a capacidade de aumentar a velocidade das reações sem causar nenhuma interferência extra. Elas não são consumidas durante o processo reacional. Entretanto, encontrar um composto que aumente a velocidade de uma reação desejável pode não ser uma tarefa tão simples. Muitas das vezes em que se encontrou

uma substância com essa característica para alguma reação química de interesse industrial ou em larga escala, o pesquisador responsável foi agraciado com prêmios como o Nobel de Química ou com patentes que renderam grandes somas em dinheiro. Esses compostos são chamados de **catalisadores**.

Catalisadores são substâncias que não participam da reação global, mas diminuem a sua energia de ativação.

Quando é preciso um catalisador para aumentar a velocidade de uma reação, há alguns indícios de que determinada substância possa ter eventual êxito nessa função, mas a confirmação é apenas experimental. Portanto, encontrar um catalisador para uma reação é um trabalho de paciência, baseado fundamentalmente em tentativa e erro.

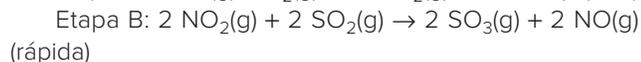
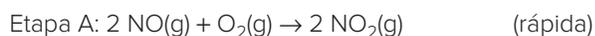
Para a compreensão do mecanismo pelo qual se dá a catálise, vamos analisar os casos a seguir.

Catálise homogênea

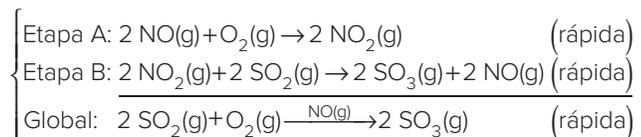
Os mecanismos de catálise que serão vistos a seguir se caracterizam pelo fato de reagentes e catalisador constituírem uma única fase. Isso ocorre porque, em ambos os casos, reagentes e catalisador são gasosos, e qualquer mistura de gases é homogênea. Quando isso ocorre, a catálise é chamada de catálise homogênea.

Exemplo I

A reação dada pela equação $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$ é extremamente lenta por causa da incompatibilidade geométrica entre as espécies reagentes. Em outros termos, existe uma dificuldade natural para que o dióxido de enxofre e o oxigênio tenham entre si choques frontais, o que desfavorece bastante a ocorrência de choques efetivos. Entretanto, na presença de óxido nítrico (NO), essa mesma reação ocorre com maior velocidade, sem prejuízo das demais propriedades. Isso ocorre porque a etapa direta se subdivide em duas etapas, conforme as equações a seguir:



O NO adicionado ao meio reacional tem boa compatibilidade geométrica com o gás oxigênio (etapa A). Com isso, é bastante favorável à formação de $\text{NO}_2(\text{g})$, reação que ocorre com boa velocidade. O $\text{NO}_2(\text{g})$ formado na primeira etapa é imediatamente consumido na segunda etapa, também rápida, dada à boa compatibilidade geométrica com o $\text{SO}_2(\text{g})$ (etapa B). A substância que aparece em uma etapa e é consumida em outra posterior é chamada de **intermediário da reação**. A soma de todas as etapas, que resulta na reação global, revela melhor o comportamento do processo. Como podemos observar:



O $\text{NO}(\text{g})$, que entra na primeira etapa promovendo a compatibilidade geométrica entre as espécies que reagem, é integralmente devolvido na etapa seguinte, não sendo consumido na reação global. Sendo assim, o $\text{NO}(\text{g})$ é o catalisador dessa reação. Aqui, vale observar também que, se, em vez de termos adicionado NO ao meio reacional, tivéssemos adicionado o NO_2 , as etapas se inverteriam, e o NO_2 passaria a ser o catalisador, com o NO sendo o intermediário. Para o caso original proposto (NO como catalisador), o histórico da entalpia é dado pelo gráfico a seguir:

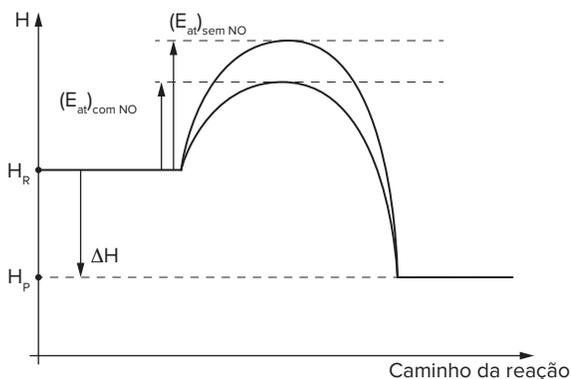


Fig. 11 Gráfico de entalpia ao longo da reação, comparando o caminho de reação com catalisador e sem catalisador.

Analisando esse gráfico, podemos concluir:

- Quando uma substância catalisa a reação direta, ela também é catalisadora da reação inversa.
- A adição de um catalisador não altera o ΔH de uma reação.

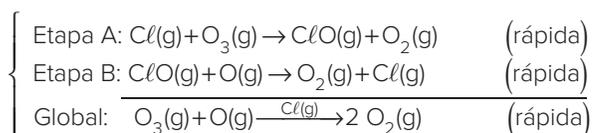
Exemplo II

A reação dada pela equação $\text{O}_3(\text{g}) + \text{O}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{O}_2(\text{g})$ é bastante lenta e representa a destruição natural do ozônio nas camadas mais altas da atmosfera. Esse fenômeno não representa um problema ambiental, pois a velocidade de destruição natural do ozônio sempre foi compensada pela restituição natural, que ocorre, por exemplo, através de relâmpagos.

Porém, desde que se começou a fabricar e utilizar o CFC em larga escala, houve uma descompensação entre os dois fenômenos. Os CFCs são moléculas orgânicas que possuem carbono, flúor e cloro. Apresentam grande estabilidade, portanto não são inflamáveis, corrosivas ou tóxicas. Devido a essas e outras características, foram largamente utilizadas em refrigeradores e como propelentes em aerossóis. Entretanto, quando as moléculas de CFC lançadas na atmosfera ultrapassam a camada de ozônio, que filtra os raios UV, elas são atingidas por esses raios altamente energéticos, liberando o cloro atômico na forma de radical livre. Uma das possíveis equações que representam essa reação é dada a seguir:



O $\text{Cl}(\text{g})$ é altamente instável e reativo. Por isso, nas camadas mais altas da atmosfera, ataca o ozônio da seguinte forma:



Portanto, para o fenômeno de depleção do ozônio, o $\text{Cl}(\text{g})$ é o catalisador do processo, enquanto o $\text{ClO}(\text{g})$ é o intermediário. Como a reação de destruição do ozônio passou a ser catalisada pelo cloro, nesse novo cenário a natureza não conseguiu repor o ozônio perdido na mesma velocidade, e, com isso, passou a haver um déficit dele, principalmente na região polar, o que constitui grave problema ambiental. Depois que os países se propuseram a reduzir as emissões de CFCs, por meio do Protocolo de Montreal, em 1988, os resultados começaram a ser favoráveis, como mostra a imagem a seguir.

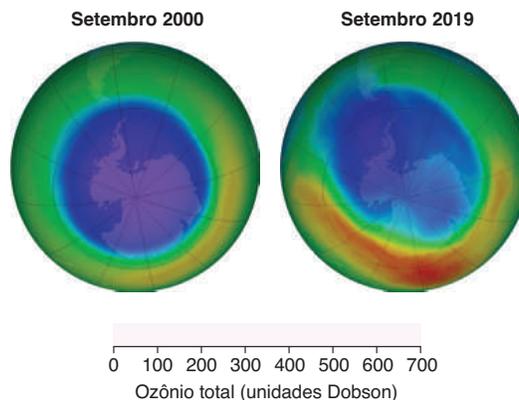


Fig. 12 Imagens comparando a concentração de ozônio na região da Antártida e mostrando a reconstituição da camada de ozônio.

Graficamente, a destruição do ozônio é dada por:

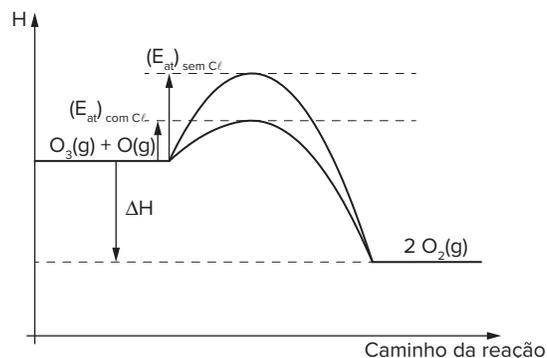


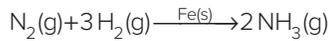
Fig. 13 Gráfico de entalpia ao longo da reação, comparando o caminho de reação com catalisador e sem catalisador para a destruição do CFC pelo cloro.

Portanto, não é o CFC que atua destruindo a camada de ozônio, sendo essa substância apenas o veículo que leva o verdadeiro agente destruidor para as camadas mais altas da atmosfera, que é o cloro. Vale ressaltar que o cloro diminui a energia de ativação da reação sem ser consumido de modo efetivo. Entretanto, ao longo do tempo, através de reações secundárias, o cloro vai gradativamente sendo desativado por consumo lento. Mas, em média, cada átomo de cloro destrói aproximadamente 100 mil moléculas de ozônio até ser desativado.

Catálise heterogênea

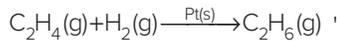
Há a possibilidade de que reagentes e catalisador estejam em fases distintas, o que caracteriza uma **catálise heterogênea**. Alguns exemplos mais comuns de catálise heterogênea são:

- Síntese de Haber-Bosch, dada pela equação:



Nesse caso, os reagentes são gasosos, e o catalisador é sólido. Como catalisador e reagentes estão em fases diferentes, então a catálise é heterogênea.

- Hidrogenação catalítica de alcenos, dada pela equação:



Nesse caso, a catálise também é heterogênea, já que reagentes e catalisador estão em fases diferentes.

Entretanto, o caso mais relevante de catálise heterogênea é o catalisador veicular. Esse é o mecanismo de catálise heterogênea mais conhecido popularmente, sendo também um dos equipamentos mais significativos no propósito de minimizar a agressão ao meio ambiente.

O catalisador de automóveis consiste em um equipamento com uma carcaça metálica, localizada no final do cano de escape dos carros. Dentro dessa carcaça, há um material cerâmico (pode ser metálico em alguns casos) que serve de suporte para o material ativo (o catalisador propriamente dito) e tem como importante finalidade proporcionar uma grande superfície de contato entre o catalisador e os reagentes, de forma a proporcionar uma reação satisfatória entre os gases de escape.

Depositam-se sobre o material cerâmico os componentes ativos do catalisador, como óxido de alumínio, paládio, ródio e platina. Os componentes metálicos são metais de preço bastante elevado, o que torna o catalisador uma peça mais cara. Essa superfície apresenta irregularidades naturais, que se caracterizam por regiões mais pontiagudas, nas quais o campo elétrico se apresenta mais intenso e, conseqüentemente, com mais capacidade de atrair moléculas, principalmente as paramagnéticas (com elétrons desemparelhados), mais suscetíveis à ação dessas pontas. Quando a superfície ativa do catalisador atrai essas moléculas por adsorção, posiciona-as de tal forma a facilitar a interação e a reação entre elas. Com isso, a energia necessária para que a reação ocorra diminui, característica típica de um catalisador.

Veja no esquema a seguir a seqüência de uma das reações nas quais age o catalisador veicular:

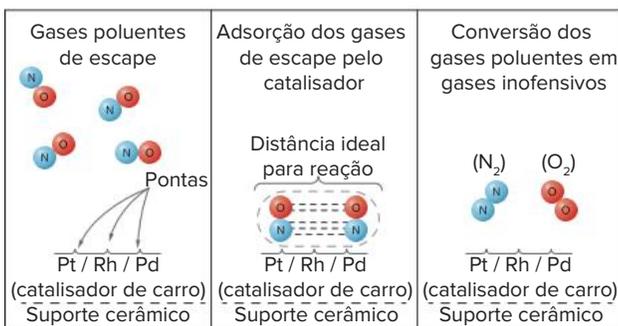
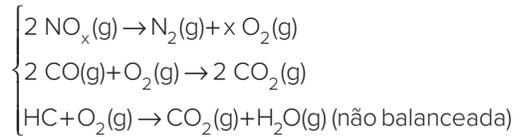


Fig. 14 Esquema que mostra a seqüência de ação de um catalisador em catálise heterogênea, para o caso específico de catalisador veicular.

Assim, podemos verificar que, na catálise heterogênea, o catalisador não age da mesma forma que em uma homogênea. Percebe-se que ele não cria um novo mecanismo

para o processo, mas oferece uma **superfície ativa** na qual a reação ocorre mais rapidamente.

Contudo, é importante dizer que o catalisador não age apenas na ocorrência da reação mostrada no esquema anterior. O catalisador automotivo promove as seguintes transformações nos gases de escape do motor:



Os gases NO_x, CO e HC são altamente poluentes. A representação NO_x indica os óxidos de nitrogênio que são formados no motor (NO e NO₂), geradores de chuva ácida e causadores de problemas respiratórios. O CO é o monóxido de carbono, gás altamente tóxico, que pode provocar asfixia. A representação HC designa os hidrocarbonetos que não foram totalmente queimados dentro da câmara de combustão do motor. São estruturas bastante poluentes e também tóxicas. Como podemos observar nas equações, as substâncias nocivas são convertidas em moléculas inócuas. Assim, os catalisadores automotivos desempenham papel fundamental na conservação do meio ambiente.

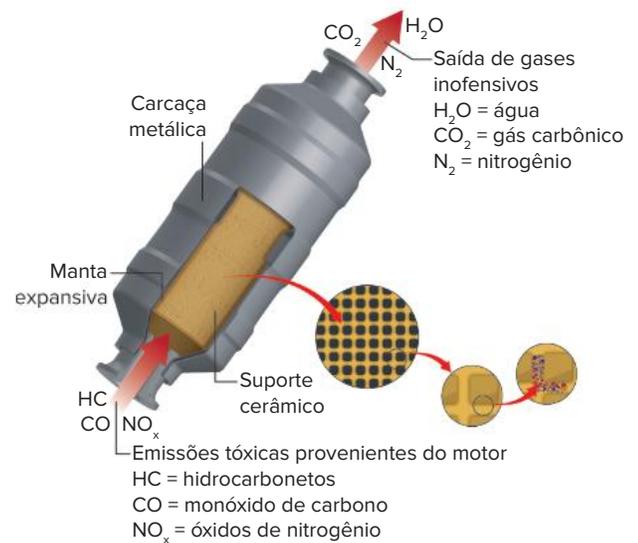
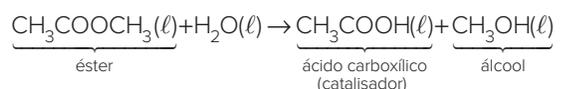


Fig. 15 Esquema de um catalisador veicular mostrando sua ação na conversão de gases poluentes em inofensivos.

Autocatálise

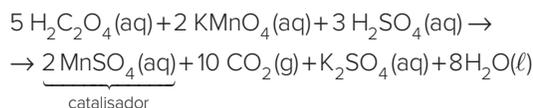
Outro aspecto importante no estudo dos catalisadores é o **mecanismo de autocatálise**, que ocorre quando uma reação química tem como um de seus produtos seu próprio catalisador. Por exemplo, na hidrólise de ésteres, o ácido carboxílico produzido libera o H⁺ devido ao processo de ionização, sendo esse íon produto e catalisador da reação. Esse processo é mostrado na equação a seguir:



Uma das maneiras de verificarmos se o produto de uma reação também é o seu próprio catalisador é analisar

o decréscimo esperado da velocidade com a diminuição da concentração dos reagentes. Se a velocidade da reação diminuir menos que o esperado ou, até mesmo, aumentar ao longo de certo intervalo de tempo, é possível que seja um mecanismo de autocatálise.

Para exemplificar, vamos analisar a reação que ocorre entre o ácido oxálico e o permanganato de potássio em solução aquosa de ácido sulfúrico. Misturando-se essas três substâncias, nada se observa. Entretanto, basta a adição de um único cristal de sulfato de manganês (MnSO_4) para que a reação ocorra até o fim. Verificando-se a equação dessa reação, pode-se compreender porque isso acontece:



Uma vez que os produtos começam a ser formados, a própria reação vai formando cada vez mais MnSO_4 para que a reação continue a ocorrer em locais mais afastados do cristal adicionado, até se completar.

Enzimas

Enzimas são catalisadores biológicos que catalisam reações metabólicas. Assim como existe uma especificidade entre catalisador e reação, também existe uma especificidade entre enzima e substrato. As enzimas são moléculas pertencentes ao grupo das proteínas, que, por sua vez, são moléculas de alta complexidade, formadas pela união de vários aminoácidos por meio de ligações peptídicas. Em Química, isso é estudado de forma mais detalhada na Frente 1.

Entretanto, algumas observações relacionadas à cinética são mais oportunamente abordadas agora.

A velocidade de uma reação metabólica enzimática varia com a temperatura segundo o gráfico a seguir:

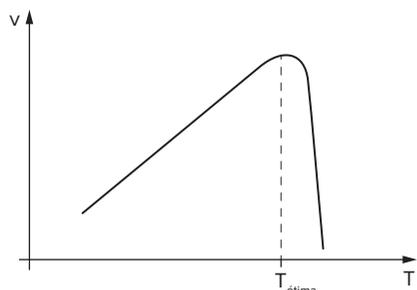


Fig. 16 Gráfico da variação da velocidade de uma reação enzimática com a temperatura.

O aumento da velocidade da reação com a temperatura é esperado, já que a elevação da temperatura de qualquer reação provoca o aumento da frequência de choques efetivos. Então, por que após a temperatura ótima ocorre perda brusca de velocidade? A explicação reside na desnaturação da proteína. A partir de determinada temperatura, a proteína (enzima) sofre um processo de perda de estrutura secundária/terciária/quaternária, que constitui um processo de descaracterização da molécula, mas principalmente

de sua função enzimática. Portanto, com a desnaturação da proteína, a velocidade da reação enzimática despenca. Assim, a melhor temperatura de funcionamento de uma enzima é aquela imediatamente anterior ao seu processo de desnaturação, chamada de temperatura ótima.

A velocidade de uma reação metabólica enzimática varia com a concentração de substrato segundo o gráfico a seguir:

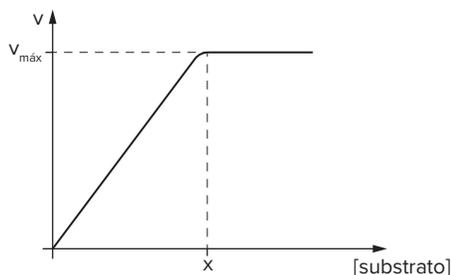


Fig. 17 Gráfico da variação da velocidade de uma reação enzimática com a concentração de substrato.

É esperado que o aumento da concentração do reagente aumente a velocidade de uma reação. Isso explica o trecho inicial desse gráfico. Porém, a partir de certa concentração de substrato, designada na figura 17 por x , não há mais enzimas com sítios ativos para desdobraimento de substratos. A partir dessa concentração x , há uma saturação de enzimas. Sendo assim, um aumento da concentração de substratos não acarretará aumento da velocidade da reação por falta de enzimas.

Saiba mais

Existem ainda algumas substâncias que interferem de outras formas na velocidade de uma reação:

- Inibidor: substância que diminui a velocidade de uma reação.
- Promotor: substância que, associada ao catalisador, melhora a sua eficiência.
- Veneno: substância que, associada ao catalisador, diminui a sua eficiência.

Note que o promotor e o veneno não agem na reação, mas no catalisador.

Concentração ou pressão parcial dos reagentes

O aumento da concentração dos reagentes resulta em moléculas mais próximas. Com isso, aumenta-se a frequência de choques entre eles, o que gera aumento da frequência de choques efetivos e, conseqüentemente, da velocidade da reação. Isso também vale para a pressão parcial dos reagentes, já que existe analogia entre o comportamento de gases ideais e solutos em soluções aquosas diluídas. Em ambos os casos, as partículas se movimentam aleatoriamente, chocam-se entre si e contra as paredes do recipiente, exercendo pressão. A pressão exercida segue a equação de Clapeyron:

$$P_x V = n_x RT \therefore P_x = \frac{n_x}{V} RT \therefore P_x = [x] RT$$

Portanto, a toda concentração está associada uma pressão, e a toda pressão está associada uma concentração. Dessa forma, o que vale para o aumento da concentração dos reagentes vale também para o aumento da pressão parcial dos gases.

Exercício resolvido

- 2 Seja uma reação dada pela equação $2 A(s) + B(aq) \rightarrow 2 C(aq)$. A tabela a seguir apresenta dados de diversos experimentos para essa reação:

Experimento	A(s)	[B] (mol/L)	Temperatura (°C)
1	Pó	1	20
2	Pó	2	20
3	Pedacinho maciço	1	20
4	Pó	1	40
5	Pó	2	40
6	Pedacinho maciço	2	40

Sabendo que B é o reagente limitante, responda:

- Qual experimento é o mais rápido?
- Qual experimento é o mais lento?

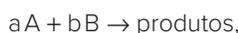
Resolução:

- A reação será mais rápida para a seguinte combinação de fatores: maior superfície de contato, maior concentração do reagente em solução e maior temperatura. Assim, o experimento que reúne essas condições é o experimento 5.
- A reação será mais lenta para a seguinte combinação de fatores: menor superfície de contato, menor concentração do reagente em solução e menor temperatura. Dessa forma, o experimento com a reação mais lenta é o experimento 3.

Lei da ação das massas (lei de Guldberg-Waage)

A lei da ação das massas é uma derivação do estudo de equilíbrios químicos que mostra a relação quantitativa entre a concentração dos reagentes e a velocidade das reações. Essa relação foi estudada entre os anos de 1864 e 1879 por dois cientistas noruegueses, Cato Maximilian Guldberg e Peter Waage, e comprovada experimentalmente em 1870 por Van't Hoff.

A lei da ação das massas diz que, para uma reação genérica dada pela equação



a velocidade da reação é dada por:

$$v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta \text{ ou } v = k \cdot (P_A)^\alpha \cdot (P_B)^\beta$$

em que:

v é a velocidade da reação;

k é a constante de velocidade (ou constante cinética); α e β são as ordens da reação.

A soma de todas as ordens da reação é chamada de ordem global da reação. Para entender o significado de cada um desses termos, estudaremos os exercícios resolvidos a seguir.

Exercícios resolvidos

- 3 Seja uma reação genérica equacionada por $3 A(g) + 4 B(g) \rightarrow 2 C(g)$. Suponha a tabela com as velocidades da reação em função das concentrações dos reagentes fornecida a seguir.

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	V (mol/L · s)
1	1	0,2
2	1	0,8
3	1	1,8
1	2	1,6
1	3	5,4

Sobre esses dados, são feitas as seguintes perguntas:

- Quais são as ordens da reação?
- Qual é a ordem global da reação?
- Qual é a constante de velocidade da reação?
- Qual é a velocidade da reação quando $[A] = [B] = 4 \text{ mol/L}$?
- Qual poderia ser um possível mecanismo para essa reação com uma etapa rápida e uma etapa lenta?
- A reação é elementar?

Resolução:

- Muito se fala sobre o fato de as ordens da reação serem os próprios coeficientes estequiométricos das respectivas substâncias reagentes. Entretanto, é importante dizer que, quando se fornece uma tabela como a do enunciado, a maneira correta de encontrarmos as ordens da reação é por meio da comparação dos dados da tabela fornecida. Essa comparação deve ser feita da seguinte forma:

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	v (mol/L · s)
1	1	0,2
2	1	0,8
3	1	1,8
1	2	1,6
1	3	5,4

Note que, da primeira para a segunda linha, enquanto a concentração de A ([A]) dobrou, a velocidade foi multiplicada por 4, com a concentração de B ([B]) constante. Como $v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$, temos:

$$v = k \cdot \underbrace{[A]^{\alpha}}_{\times 4} \cdot \underbrace{[B]^{\beta}}_{\times 2}$$

Com isso, deduzimos que $\alpha = 2$.

Da primeira para a terceira linha, enquanto a concentração de A ([A]) triplicou, a velocidade foi multiplicada por 9, com a concentração de B ([B]) constante. Dessa forma, temos:

$$v = k \cdot \underbrace{[A]^{\alpha}}_{\times 9} \cdot \underbrace{[B]^{\beta}}_{\times 3}$$

Com isso, deduzimos que $\alpha = 2$, o que apenas confirma o resultado que já havíamos encontrado anteriormente.

Analisando os valores de B, temos:

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	V (mol/L · s)
1	1	0,2
2	1	0,8
3	1	1,8
1	2	1,6
1	3	5,4

Comparando a primeira com a quarta linha, percebemos que a concentração de B ([B]) dobrou, enquanto a velocidade foi multiplicada por 8, com a concentração de A ([A]) constante. Portanto, temos:

$$v = k \cdot \underbrace{[A]^{\alpha}}_{\times 8} \cdot \underbrace{[B]^{\beta}}_{\times 2}$$

Com isso, deduzimos que $\beta = 3$.

Da primeira para a quinta e última linha, enquanto a concentração de B ([B]) triplicou, a velocidade foi multiplicada por 27, com a concentração de A ([A]) constante. Dessa forma, temos:

$$v = k \cdot \underbrace{[A]^{\alpha}}_{\times 27} \cdot \underbrace{[B]^{\beta}}_{\times 3}$$

Com isso, deduzimos novamente que $\beta = 3$, o que apenas confirma o resultado que já havíamos encontrado anteriormente.

Portanto, as ordens da reação medem o tamanho da influência de determinado reagente na velocidade de uma reação. Assim, quanto maior for a ordem de um reagente, mais a sua concentração tem capacidade de alterar a velocidade de uma reação.

- b) A ordem global de uma reação é a soma de todas as suas ordens. Nesse caso, a ordem global é dada pela soma $\alpha + \beta = 5$.

Logo, essa é uma reação de ordem global 5, ou de quinta ordem. Na prática, a maioria das reações é de ordem global 0, 1 ou 2. Raramente, as reações podem ser de ordem global 3. A partir de 4 ou mais, o resultado é meramente matemático. Isso ocorre porque uma reação de ordem 2, por exemplo, resulta de um choque bimolecular, que já tem a

exigência de ser ao mesmo tempo frontal e energético. A reação de ordem global 3 depende de um choque trimolecular, que é muito mais difícil de ocorrer. Entretanto, um choque entre 4 ou mais moléculas e que seja frontal e energético simultaneamente é quase impossível de acontecer. Caso ocorra, não resultaria em uma reação de ocorrência significativa. Quando todas as ordens da reação estão bem determinadas, podemos escrever a sua lei de velocidade, que nada mais é do que a lei da ação das massas escrita com as ordens de cada reagente. Nesse caso, a lei de velocidade é:

$$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]^3$$

- c) Para determinar a constante de velocidade da reação, devemos substituir, na sua lei de velocidade, qualquer um dos resultados numéricos dos experimentos cujos dados foram fornecidos na tabela. Por conveniência matemática, vamos substituir os dados da primeira linha:

$$0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \text{s} = k \cdot \left(1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2 \cdot \left(1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^3 \therefore$$

$$k = 0,2 \text{ L}^4/\text{mol}^4 \cdot \text{s}$$

É importante salientar que a unidade da constante de velocidade de uma reação varia com a sua ordem global e deve ser determinada pela análise dimensional da lei da ação das massas.

- d) Com todos os dados já obtidos, podemos calcular a velocidade da reação quando $[A] = [B] = 4 \text{ mol/L}$. De fato:

$$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]^3 \therefore v = 0,2 \cdot (4)^2 \cdot (4)^3$$

$$\therefore v = 204,8 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- e) Antes de responder a esse item, vamos analisar a diferença entre etapa rápida e etapa lenta de um processo. Para tanto, suponha um móvel que tenha de percorrer duas metades de um trajeto. A primeira metade o móvel percorre com velocidade de 1000 km/h, e a segunda metade, a 2 km/h. Qual seria a velocidade média no percurso total?

A velocidade média é dada por $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$. Como cada metade do percurso será designada por x , temos $\Delta S = 2x$. O tempo total é a soma do tempo para se percorrer a primeira metade com o tempo para se percorrer a segunda metade. Como, $\Delta t = \frac{\Delta S}{v}$, então:

$$\Delta t = t_1 + t_2 \therefore \Delta t = \frac{x}{1000} + \frac{x}{2} \therefore \Delta t = \frac{501 \cdot x}{1000}$$

Assim:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \therefore v = \frac{2 \cdot x}{\frac{501 \cdot x}{1000}} \therefore v = \frac{2000}{501} \therefore v \cong 4 \text{ km/h}$$

Esse resultado pode parecer estranho, mas é verdadeiro. Ao dobrarmos a velocidade da etapa rápida para 2000 km/h, observe o que ocorre com

a velocidade média:

$$\Delta t = t_1 + t_2 \therefore \Delta t = \frac{x}{2000} + \frac{x}{2} \therefore \Delta t = \frac{1001 \cdot x}{2000}$$

Assim, como:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \therefore v = \frac{2 \cdot x}{\frac{1001 \cdot x}{2000}} \therefore v = \frac{4000}{1001} \therefore v \cong 4 \text{ km/h}$$

Perceba que, ao se dobrar a velocidade de uma etapa, praticamente não se altera a velocidade média do móvel. Para entender como isso ocorre, suponha que tenhamos duas tarefas a cumprir: uma dura 2 s e a outra dura 4 horas. Ao dobrarmos a velocidade da tarefa mais rápida, ela passa a durar 1 s, o que praticamente não altera o tempo total de realização das tarefas. Mas, se no caso do móvel, dobrarmos a velocidade da etapa mais lenta, de 2 para 4 km/h, qual será a velocidade média do móvel?

$$\Delta t = t_1 + t_2 \therefore \Delta t = \frac{x}{1000} + \frac{x}{4} \therefore \Delta t = \frac{251 \cdot x}{1000}$$

Assim, como:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \therefore v = \frac{2 \cdot x}{\frac{251 \cdot x}{1000}} \therefore v = \frac{2000}{251} \therefore v \cong 8 \text{ km/h}$$

Ao dobrarmos a velocidade da etapa lenta do processo, mesmo sem alterar a velocidade da etapa rápida, a velocidade média também dobrou de valor. Assim, fica bastante evidente que a etapa que determina a velocidade de um processo é a lenta. O que ocorre para automóveis em um problema de mecânica também ocorre para etapas de uma reação química. Portanto:

É a etapa lenta que determina a velocidade de uma reação.

Voltando à resolução do item e, pela lei de velocidade da reação, que é $v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]^3$, percebemos que o choque que determina a velocidade dessa reação ocorreu entre 2 moléculas de A e 3 moléculas de B. Portanto, a etapa lenta dessa reação tem como reagentes 2A + 3B. Logo, um possível mecanismo para essa reação pode ser com a primeira etapa lenta, e a segunda etapa rápida. De fato:



Nesse mecanismo proposto, há duas importantes considerações:

1. O composto D representa o intermediário dessa reação.
2. Se a reação global é de $3A + 4B \rightarrow 2C$, a alteração de [A] interfere em apenas 2 das 3 moléculas que reagem. Isso ocorre porque, dos 3A que reagem, 2A participam da etapa lenta, que é a etapa que determina a velocidade da reação, e 1A é reagente da etapa

rápida. Isso significa que, mesmo alterando a sua concentração, não há alteração de maneira significativa na velocidade da reação para a molécula que participa da etapa rápida. Da mesma forma, a alteração de [B] interfere em apenas 3 das 4 moléculas que reagem. Isso ocorre porque, dos 4B que reagem, 3B participam da etapa lenta, que é a etapa que determina a velocidade da reação, e 1B é reagente da etapa rápida. Isso significa que, mesmo alterando a sua concentração, essa mudança no reagente da etapa rápida não altera de maneira significativa a velocidade da reação.

Portanto, podemos discutir com mais clareza o seguinte questionamento: as ordens da reação são coeficientes estequiométricos? A resposta é não. As ordens da reação não são os coeficientes estequiométricos da reação global, mas são os coeficientes estequiométricos da reação que efetivamente determina a velocidade da reação, que é a etapa lenta.

- f) Uma reação é chamada de elementar quando ocorre em uma única etapa. Como essa reação ocorreu pelo menos em duas etapas (uma lenta e uma rápida), então essa reação é não elementar. Quando uma reação é elementar (e, portanto, tem uma única etapa), então essa etapa é necessariamente a lenta. Isso porque uma etapa lenta não é necessariamente vagarosa, mas sim aquela que toma todo ou praticamente todo o tempo da reação. Por exemplo, uma etapa de 1 s pode ser lenta ou rápida. Se ela ocorrer em uma reação de 1 s, será uma etapa lenta, já que tomou todo o tempo da reação. Mas, se essa mesma etapa de 1 s ocorrer em uma reação de 4 horas, então será uma etapa rápida, uma vez que tomará um tempo desprezível da reação.

Assim, toda reação elementar é composta de uma única etapa lenta. Sabendo que as ordens da reação são os coeficientes estequiométricos da etapa lenta e que, nesse caso, a etapa lenta é a própria reação global, então, **para uma reação elementar, as ordens da reação são os coeficientes estequiométricos da reação global**. Nesse caso, não há necessidade de o enunciado fornecer a tabela de velocidades e concentrações, porque a equação da reação já contém os dados para determinação das ordens.

Contudo, para reações não elementares, a etapa lenta não é a reação global. Nesse caso, as ordens da reação (que são os coeficientes estequiométricos da etapa lenta) não são os coeficientes estequiométricos da reação global. Assim, para reações não elementares, as ordens da reação são determinadas pela tabela de velocidade da reação em diferentes concentrações dos reagentes.

4 Seja uma reação dada pelas etapas a seguir:

- 1) $A(g) + 2 B(g) \rightarrow C(s) + D(g)$ (rápida)
- 2) $A(g) + C(s) \rightarrow E(g) + D(g)$ (lenta)
- 3) $G(g) + E(g) \rightarrow 2 B(g) + F(g)$ (rápida)

Sobre esse mecanismo, responda:

- a) Quem são os intermediários?
- b) Quem é o catalisador?
- c) Qual é a reação global?
- d) Qual é a lei de velocidade dessa reação?
- e) Qual é a molecularidade de cada uma das etapas?
- f) De que depende a constante de velocidade dessa reação?
- g) Qual é a ordem global dessa reação?

Resolução:

- a) São chamados de intermediários as espécies que são produzidas e consumidas durante a reação. Portanto, não existem antes de a reação começar nem quando a reação termina. Nesse caso, percebe-se, através do mecanismo fornecido, que $C(s)$ é produzido na primeira etapa e consumido na segunda, e que $E(g)$ é produzido na segunda etapa e consumido na terceira. Assim, os intermediários são $C(s)$ e $E(g)$.
- b) O catalisador é uma substância que não participa da reação global, mas diminui a sua energia de ativação. Ele deve ser reagente de uma etapa para ser integralmente restituído em uma etapa posterior. A única substância que se encaixa nesse caso é $B(g)$.
- c) A reação global vem da soma das etapas:

$$\begin{array}{l} A(g) + 2 B(g) \rightarrow C(s) + D(g) \quad (\text{rápida}) \\ A(g) + C(s) \rightarrow E(g) + D(g) \quad (\text{lenta}) \\ \hline G(g) + E(g) \rightarrow 2 B(g) + F(g) \quad (\text{rápida}) \\ \hline 2 A(g) + G(g) \rightarrow F(g) + 2 D(g) \quad (\text{global}) \end{array}$$
- d) A lei de velocidade deve ser escrita a partir dos reagentes da etapa lenta. Assim, deveria ser: $v = k \cdot [A] \cdot [C]$. Mas atenção! A concentração de um sólido não

varia com o decorrer de uma reação, já que a perda do número de mols é proporcional à perda de volume. Assim, quando se consome metade do sólido, perde-se, por exemplo, metade do número inicial de mols e metade do volume. No início, teríamos:

$$[C(s)]_0 = \frac{n_{C(s)}}{V_{C(s)}}$$

Consumindo a metade do sólido, passaríamos a ter:

$$[C(s)]_f = \frac{\frac{n_{C(s)}}{2}}{\frac{V_{C(s)}}{2}} = \frac{n_{C(s)}}{V_{C(s)}} = [C(s)]_0$$

Como a concentração de um sólido não varia com o decorrer da reação, ele não tem a capacidade de provocar alteração na velocidade da reação. Assim, sólidos ou qualquer espécie cuja concentração não varia não devem entrar na lei da ação das massas. Logo, a lei de velocidade para essa reação é dada por:

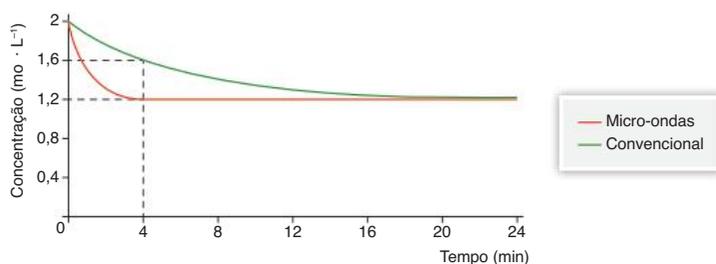
$$v = k \cdot [A]$$

- e) Define-se como molecularidade de cada etapa o número de moléculas que devem se chocar para que a etapa ocorra. Para entendimento mais simples, é o número de moléculas de reagente em cada uma das etapas. Assim, a molecularidade da primeira etapa é 3 e a das etapas 2 e 3 vale 2.
- f) Sabemos que a velocidade de uma reação depende de quatro fatores: temperatura, superfície de contato, catalisador e concentração dos reagentes. Sabemos também que é a etapa lenta que determina a velocidade de uma reação. Como $v = k \cdot [A]$, então k depende da temperatura, da superfície de contato de $C(s)$ e da presença do catalisador, já que a influência da concentração do reagente em solução está no fator $[A]$ que multiplica o k .
- g) Pela lei de velocidade dessa reação, a reação é de primeira ordem.

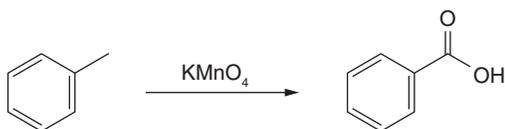
Revisando

1 **Uerj 2011** A irradiação de micro-ondas vem sendo utilizada como fonte de energia para determinadas reações químicas, em substituição à chama de gás convencional.

Em um laboratório, foram realizados dois experimentos envolvendo a reação de oxidação do metilbenzeno com $KMnO_4$ em excesso. A fonte de energia de cada um, no entanto, era distinta: irradiação de micro-ondas e chama de gás convencional. Observe, no gráfico a seguir, a variação da concentração de metilbenzeno ao longo do tempo para os experimentos:



Observe, agora, a equação química que representa esses experimentos:

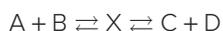


Para o experimento que proporcionou a maior taxa de reação química, determine a velocidade média de formação de produto, nos quatro minutos iniciais, em $\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Em seguida, calcule o rendimento da reação.

- 2 Udesc 2011** Na reação $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, a velocidade média dessa reação num certo intervalo de tempo é 8 mol/s em relação à água oxigenada. Qual a velocidade em relação ao oxigênio no mesmo intervalo de tempo?

- 3 Ufal** Para a reação química representada por

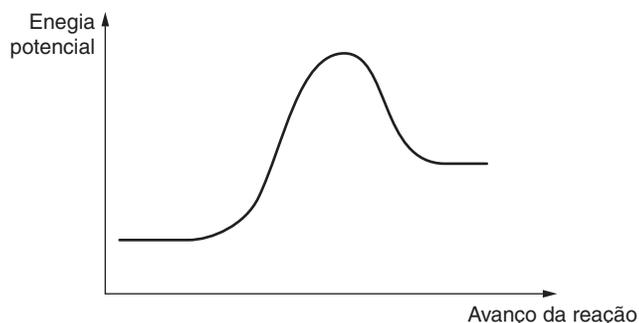


X = complexo ativado

foi obtida a curva da energia potencial em função do caminho da reação (coordenada da reação ou avanço)

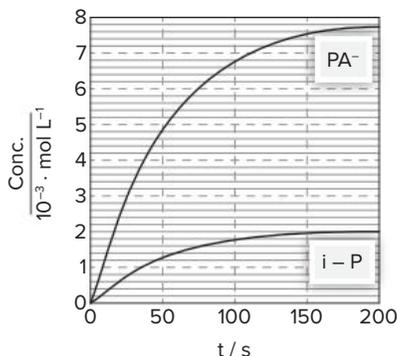
Complete este diagrama parcial indicando:

- posição de reagentes, produtos e complexo ativado;
- energia de ativação, E_a ;
- energia liberada ou absorvida na reação, ΔE .



- 4 IME 2011** Um combustível de fórmula molecular média $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ é alimentado em um queimador à taxa de $0,6 \text{ mol/min}$, com 40% de ar em excesso, de modo a garantir a combustão completa. Admitindo-se que a composição percentual molar do ar seja de 80% de nitrogênio e 20% de oxigênio, calcule a taxa total, em mol/min , de saída dos gases do queimador.

- 5 **Fuvest** Pilocarpina (P) é usada no tratamento do glaucoma. Em meio alcalino, sofre duas reações simultâneas: isomerização, formando iso-pilocarpina (i – P), e hidrólise, com formação de pilocarpato (PA⁻). Em cada uma dessas reações, a proporção estequiométrica entre o reagente e o produto é de 1 para 1. Num experimento, a 25 °C, com certa concentração inicial de pilocarpina e excesso de hidróxido de sódio, foram obtidas as curvas de concentração de i – P e PA⁻ em função do tempo, registradas no gráfico.



Considere que, decorridos 200 s, a reação se completou, com consumo total do reagente pilocarpina.

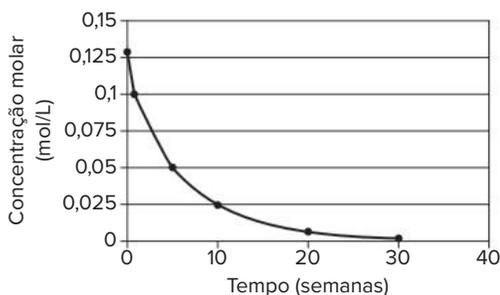
- a) Para os tempos indicados na tabela, complete-a com as concentrações de i – P e PA⁻.

Tempos/s	0	100	200
$\frac{[i-P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$			
$\frac{[PA^-]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$			
$\frac{[P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$			

- b) Complete a tabela acima com as concentrações do reagente P.
 c) Analisando as curvas do gráfico, qual das duas reações, a de isomerização ou a de hidrólise, ocorre com maior velocidade? Explique.

- 6 **PUC-RS** A penicilina, antibiótico natural derivado de um fungo e descoberto por Alexander Fleming, está disponível como fármaco desde a década de 40, quando foi desenvolvida técnica de congelamento e preparação industrial. Este antibiótico sofre uma deterioração com o tempo, conforme o gráfico apresentado a seguir:

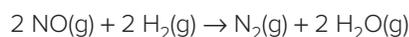
Velocidade de deterioração da penicilina ao ser estocada



Com base nas informações apresentadas, conclui-se que a velocidade de deterioração da penicilina nas primeiras dez semanas é, em mol · L⁻¹/semana, aproximadamente:

- A 0,0025 B 0,01 C 0,025 D 0,125 E 0,166

7 UFPR A reação entre NO e H₂, a uma dada temperatura, é descrita pela equação:



Como ocorre redução da pressão no decorrer da reação, a variação $\Delta P(\text{N}_2)/\Delta t$ pode ser medida pela diminuição da pressão total.

Expressão que descreve a lei de velocidade para essa reação:

$$\frac{\Delta P(\text{N}_2)}{\Delta t} = k \cdot P(\text{H}_2)^a \cdot P(\text{NO})^b$$

	$P_0(\text{H}_2)/(\text{torr})$	$P_0(\text{NO})/(\text{torr})$	$\Delta P(\text{N}_2)/\Delta t$ (torr·s ⁻¹) (velocidades iniciais)
1	289	400	1,60
2	147	400	0,77
3	400	300	1,03
4	400	152	0,25

Com base nessas informações, determine:

- Os valores inteiros que melhor descrevam as ordens de reação a e b.
- A unidade da constante de velocidade, k .

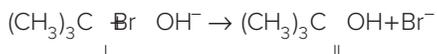
8 UFC A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos para o estudo cinético de uma reação química elementar genérica na forma $a \text{A} + b \text{B} + c \text{C} \rightarrow \text{D} + \text{E}$.

Experimento	[A]	[B]	[C]	velocidade da reação/mol L ⁻¹ s ⁻¹
1	0,10	0,10	0,10	$8,0 \cdot 10^{-4}$
2	0,20	0,10	0,10	$1,6 \cdot 10^{-3}$
3	0,10	0,20	0,10	$1,6 \cdot 10^{-3}$
4	0,10	0,10	0,20	$3,2 \cdot 10^{-3}$

A partir destes resultados, determine:

- a lei de velocidade da reação.
- o valor da velocidade da reação quando $[\text{A}] = [\text{B}] = [\text{C}] = 0,20 \text{ mol L}^{-1}$.

- 9 UFMG Um grupo de estudantes foi encarregado de investigar a reação do brometo de ter-butila (composto I) com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, que resulta na formação de álcool ter-butílico (composto II) como representado nesta equação:



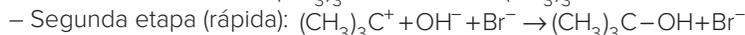
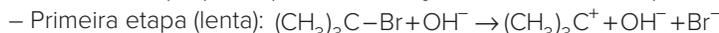
Para isso, eles realizaram cinco experimentos, nas condições indicadas neste quadro:

Experimento	Concentração/(mol/L)		Velocidade/mol/(L · s)
	$(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br}$	OH^-	
1	0,10	0,10	$1 \cdot 10^{-3}$
2	0,20	0,10	$2 \cdot 10^{-3}$
3	0,30	0,10	$3 \cdot 10^{-3}$
4	0,10	0,20	$1 \cdot 10^{-3}$
5	0,10	0,30	$1 \cdot 10^{-3}$

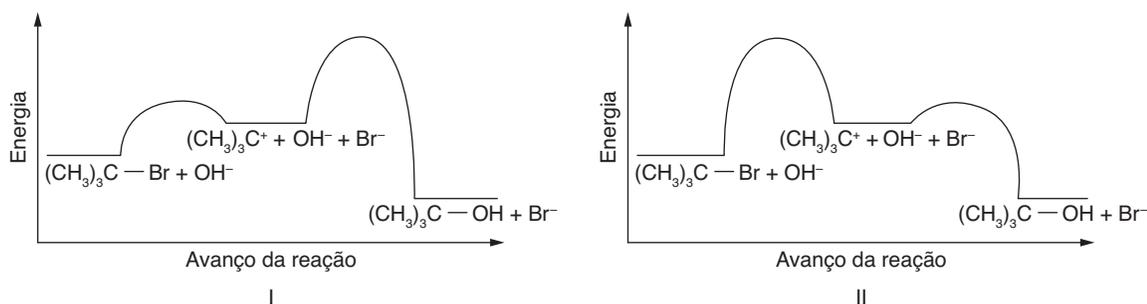
- a) Assinalando com um X a fórmula correspondente, INDIQUE se a velocidade da reação depende apenas da concentração do brometo de ter-butila, apenas da concentração do íon hidróxido ou de ambas as concentrações. A velocidade da reação depende da concentração de

- $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br}$
 OH^-
 $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br}$ e OH^-

- b) O mecanismo proposto para essa reação envolve duas etapas – a primeira mais lenta que a segunda:



Analise os diagramas, em que se apresenta a energia do sistema inicial, $[(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br} + \text{OH}^-]$, do sistema intermediário, $[(\text{CH}_3)_3\text{C}^+ + \text{OH}^- + \text{Br}^-]$, e do sistema final, $[(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH} + \text{Br}^-]$.



Considere a velocidade relativa das duas etapas dessa reação.

- 1) Assinalando com um X o número correspondente, INDIQUE qual dos diagramas – I ou II – representa corretamente a energia de ativação das duas etapas.

O diagrama correto é o:

- I
 II

- 2) INDIQUE, por meio de setas, diretamente no diagrama que você indicou como o correto, a energia de ativação das duas etapas.

JUSTIFIQUE sua resposta.

Exercícios propostos

- 1 Unisc 2016** Considerando que em uma reação hipotética $A \rightarrow B + C$ observou-se a seguinte variação na concentração de A em função do tempo:

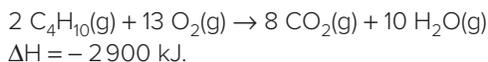
A (mol L⁻¹)	0,240	0,200	0,180	0,162	0,153
Tempo (s)	0	180	300	540	840

A velocidade média (v_m) da reação no intervalo de 180 a 300 segundos é

- A $1,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ D $0,83 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 B $3,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ E $0,83 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 C $1,66 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

- 2 UFPR** Considere que um botijão de gás de cozinha, contendo gás butano (C_4H_{10}), foi usado durante 1 hora e 40 minutos e apresentou uma perda de massa de 580,0 g.

Responda as questões a seguir com base na seguinte reação de combustão do butano:

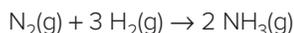


Massas atômicas: C = 12; H = 1; O = 16.

- a) Qual foi a quantidade de calor produzida devido à combustão do butano?
- b) Usando seus conhecimentos sobre gases ideais, qual é o volume de butano consumido a 25 °C e 1,0 bar? (Considere o volume molar de um gás ideal a 25 °C e 1,0 bar como 25,0 L).
- c) Qual foi a velocidade com que o CO_2 foi produzido em mol/min?
- 3 Udesc 2013** Um fogão de cozinha consome 134,4 L de metano por hora, medidos nas CNTP. Nas mesmas condições, a velocidade de formação do dióxido de carbono, resultante da combustão completa do metano, é:

- A 6,0 moléculas/h D 22,4 L/h
 B $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas/h E 6,0 mol/h
 C 8,4 mol/h

- 4 UFRGS 2013** Considere a reação a seguir.



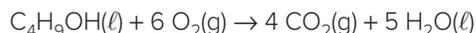
Para determinar a velocidade da reação, monitorou-se a concentração de hidrogênio ao longo do tempo, obtendo-se os dados contidos no quadro que segue.

Tempo (s)	Concentração (mol L ⁻¹)
0	1,00
120	0,40

Com base nos dados apresentados, é correto afirmar que a velocidade média de formação da amônia será

- A $0,10 \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ D $0,40 \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
 B $0,20 \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ E $0,60 \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
 C $0,30 \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

- 5 Uespi 2012** A combustão completa do butanol é representada pela equação:



Sabendo que em 1 hora de reação foram produzidos 15,84 kg de gás carbônico, é correto afirmar que a velocidade da reação acima, expressa em mols de butanol consumido por minuto, é:

Dados: Massas molares (em g·mol⁻¹): H = 1,0; C = 12; O = 16.

- A 1,5
 B 3,0
 C 4,5
 D 6,0
 E 7,0

- 6 Unesp 2015** A indústria de doces utiliza grande quantidade de açúcar invertido para a produção de biscoitos, bolos, bombons, dentre outros produtos. O açúcar invertido consiste em um xarope transparente, isento de odores, com poder edulcorante maior que o da sacarose e é obtido a partir da reação de hidrólise ácida ou enzimática, de acordo com a equação:



Em uma reação de hidrólise enzimática, inicialmente, a concentração de sacarose era de $0,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Após 10 h de reação, a concentração caiu para $0,06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e, após 20 h de reação, a concentração caiu para $0,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Determine a meia-vida da reação e a velocidade média de consumo da sacarose, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ no intervalo entre 600 e 1200 min.

- 7 Unesp 2015** Em um laboratório, nas condições ambientes, uma determinada massa de carbonato de cálcio (CaCO_3) foi colocada para reagir com excesso de ácido nítrico diluído. Os valores do volume de gás liberado pela reação com o transcorrer do tempo estão apresentados na tabela.

tempo (min)	volume de gás (cm ³)
1	150
2	240
3	300

Escreva a equação balanceada da reação e calcule a velocidade média da reação, em $\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$ no intervalo entre 1 minuto e 3 minutos.

Dado: Volume molar do CO_2 nas condições ambientes = $25,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

- 8 UEPG 2016** O peróxido de hidrogênio, quando não armazenado de maneira adequada, decompõe-se facilmente com o tempo produzindo H_2O e O_2 . A tabela a seguir mostra os dados de variação de massa de H_2O_2 coletados com o tempo. Sobre a cinética da reação de decomposição do H_2O_2 , assinale o que for correto.

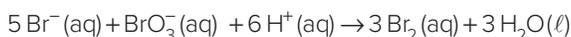
Dados: $\text{H} = 1,00 \text{ g/mol}$; $\text{O} = 16,0 \text{ g/mol}$.

Tempo (min)	Massa de H_2O_2 (g)
0	400
2	300
4	220
6	160

- 01 A velocidade média de decomposição de H_2O_2 , no intervalo de 0 a 2 min, expressa em g de H_2O_2 por minuto, é de 50 g min^{-1} .
- 02 O número de mols de H_2O_2 presentes na solução no tempo de 4 min é de 6,47 mols.
- 04 A velocidade média de decomposição de H_2O_2 no intervalo de 0 a 6 min, expressa em mols de H_2O_2 por minuto, é de $1,17 \text{ mol min}^{-1}$.
- 08 A reação balanceada de decomposição do peróxido de hidrogênio é a seguinte:
 $\text{H}_2\text{O}_2(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{O}_2(\text{g})$.
- 16 A velocidade média de formação de O_2 na reação, expressa em mols de O_2 por min no intervalo de 0 a 6 min, é de $0,588 \text{ mol min}^{-1}$.

Soma:

- 9 ITA 2013** A reação entre os íons brometo e bromato, em meio aquoso e ácido, pode ser representada pela seguinte equação química balanceada:



Sabendo que a velocidade de desaparecimento do íon bromato é igual a $5,63 \cdot 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, assinale a alternativa que apresenta o valor correto para a velocidade de aparecimento do bromo, Br_2 expressa em $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$.

- A $1,69 \cdot 10^{-5}$
 B $5,63 \cdot 10^{-6}$
 C $1,90 \cdot 10^{-6}$
 D $1,13 \cdot 10^{-6}$
 E $1,80 \cdot 10^{-6}$

- 10 PUC-Minas 2016** Considere que a energia de ativação de uma reação é 80 kJ e que a energia de ativação da sua reação inversa é 120 kJ. É correto afirmar que a variação de entalpia dessa reação é em kJ:

- A +40
 B +200
 C -40
 D -200

- 11 UFG 2013** O diagnóstico de doenças tropicais pode ser realizado por meio do uso de biossensores. Esses

dispositivos monitoram a reação entre antígenos e anticorpos, que normalmente resultam na formação de um complexo colorido. A tabela a seguir apresenta as concentrações do complexo AB formado em função do tempo em uma reação entre um antígeno A e um anticorpo B na proporção estequiométrica de 1:1.

Tempo (s)	0	5	10	15	20
$[\text{AB}]$ ($\times 10^{-6} \text{ mol/L}$)	0	40	65	80	87

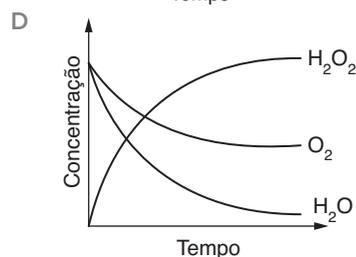
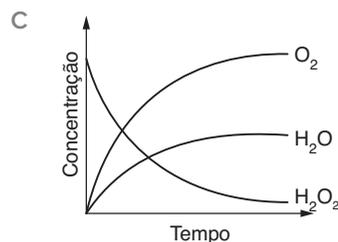
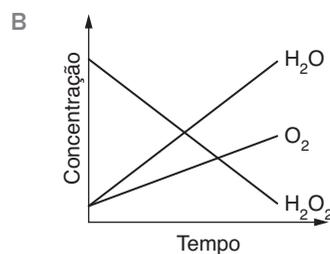
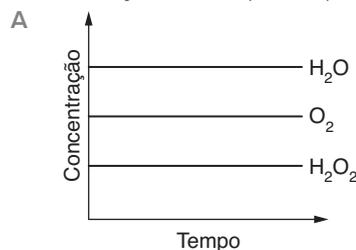
A partir dos dados apresentados,

- a) esboce o gráfico que represente a cinética de formação do complexo AB colorido;
 b) calcule a velocidade média da reação.

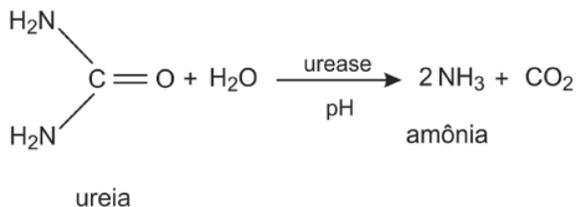
- 12 UFG 2012** A água oxigenada comercial é uma solução de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que pode ser encontrada nas concentrações de 3, 6 ou 9% (m/v). Essas concentrações correspondem a 10, 20 e 30 volumes de oxigênio liberado por litro de H_2O_2 decomposto. Considere a reação de decomposição do H_2O_2 apresentada a seguir:



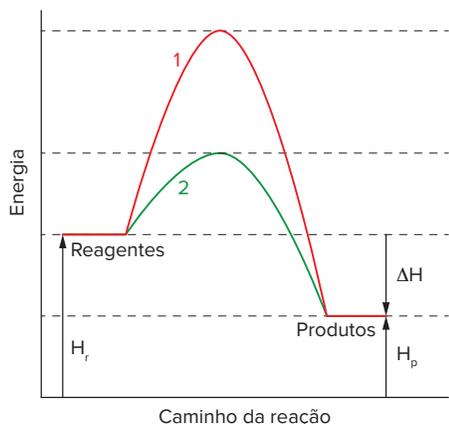
Qual gráfico representa a cinética de distribuição das concentrações das espécies presentes nessa reação?



- 17 Fasm** A urease é uma enzima que, em meio aquoso, catalisa a hidrólise da ureia em amônia e dióxido de carbono e ocorre em algumas sementes, tais como soja, melão, melancia, entre outras. A reação descrita está representada na equação:



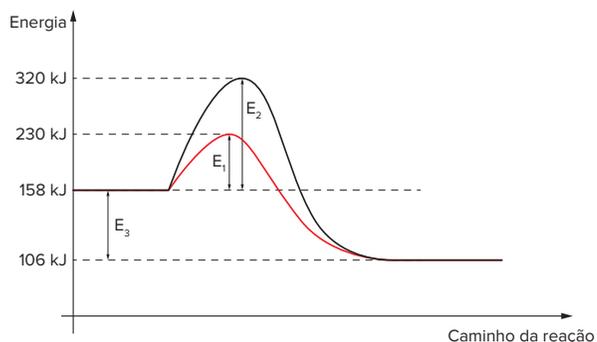
O gráfico representa uma reação química que ocorre na presença e na ausência de um catalisador.



Química Nova na Escola, n. 28, 2008. (Adapt.).

- Apresente a estrutura de Lewis da molécula de amônia e classifique-a quanto à sua polaridade.
- Qual dos caminhos da reação (1 ou 2), indicados na figura, ocorre na presença de um catalisador? Justifique sua resposta.

- 18 UPE/SSA 2016** Em uma seleção realizada por uma indústria, para chegarem à etapa final, os candidatos deveriam elaborar quatro afirmativas sobre o gráfico apresentado a seguir e acertar, pelo menos, três delas.



Um dos candidatos construiu as seguintes afirmações:

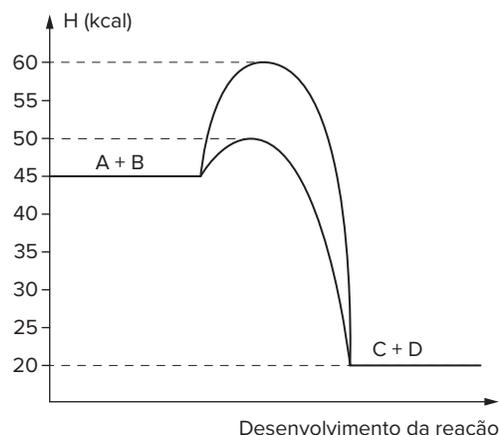
- A reação pode ser catalisada, com formação do complexo ativado, quando se atinge a energia de 320 kJ.
- O valor da quantidade de energia E_3 determina a variação de entalpia (ΔH) da reação, que é de -52 kJ.
- A reação é endotérmica, pois ocorre mediante aumento de energia no sistema.

- A energia denominada no gráfico de E_2 é chamada de energia de ativação que, para essa reação, é de 82 kJ.

Quanto à passagem para a etapa final da seleção, esse candidato foi

- aprovado, pois acertou as afirmações I, II e IV.
- aprovado, pois acertou as afirmações II, III e IV.
- reprovado, pois acertou, apenas, a afirmação II.
- reprovado, pois acertou, apenas, as afirmações I e III.
- reprovado, pois acertou, apenas, as afirmações II e IV.

- 19 UEPG 2016** Considere a seguinte reação genérica: $A + B \rightarrow C + D$. A seguir é representado o gráfico de variação da entalpia da reação genérica acima, na ausência e presença do catalisador.



Sobre o gráfico, assinale o que for correto.

- A energia de ativação na ausência do catalisador é 40 kcal.
- A energia de ativação na presença do catalisador é 30 kcal.
- A variação entre a energia de ativação na ausência e presença do catalisador é de 10 kcal.
- A reação é exotérmica.
- A variação de entalpia da reação é de -25 kcal.

Soma:

- 20 EsPCEX 2014** “Uma amostra de açúcar exposta ao oxigênio do ar pode demorar muito tempo para reagir. Entretanto, em nosso organismo, o açúcar é consumido em poucos segundos quando entra em contato com o oxigênio. Tal fato se deve à presença de enzimas que agem sobre as moléculas do açúcar, criando estruturas que reagem mais facilmente com o oxigênio...”

Usberco; Salvador. *Química*. São Paulo: FTD, 2009. v. 2. p. 377. (Adapt.).

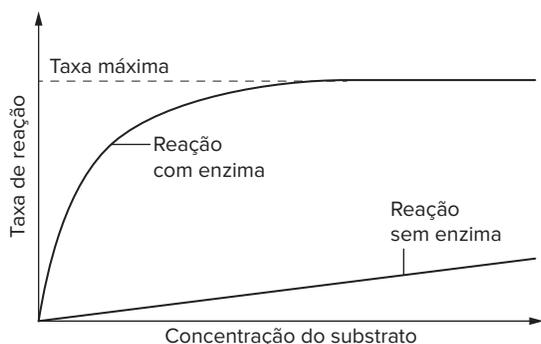
Baseado no texto, a alternativa que justifica corretamente a ação química dessas enzimas é:

- As enzimas atuam como inibidoras da reação, por ocasionarem a diminuição da energia de ativação do processo e, conseqüentemente, acelerarem a reação entre o açúcar e o oxigênio.
- As enzimas atuam como inibidoras da reação, por ocasionarem o aumento da energia de ativação do processo e, conseqüentemente, acelerarem a reação entre o açúcar e o oxigênio.

- C As enzimas atuam como catalisadores da reação, por ocasionarem o aumento da energia de ativação do processo, fornecendo mais energia para a realização da reação entre o açúcar e o oxigênio.
- D As enzimas atuam como catalisadores da reação, por ocasionarem a diminuição da energia de ativação do processo, provendo rotas alternativas de reação menos energéticas, acelerando a reação entre o açúcar e o oxigênio.
- E As enzimas atuam como catalisadores da reação, por ocasionarem a diminuição da energia de ativação do processo ao inibirem a ação oxidante do oxigênio, desacelerando a reação entre o açúcar e o oxigênio.

- 21 Imed 2015** Assinale a alternativa que contém apenas fatores que afetam a velocidade de uma reação química.
- A Temperatura, superfície de contato e catalisador.
 - B Concentração dos produtos, catalisador e temperatura.
 - C Tempo, temperatura e superfície de contato.
 - D Rendimento, superfície de contato e concentração dos produtos.
 - E Rendimento, superfície de contato e temperatura.

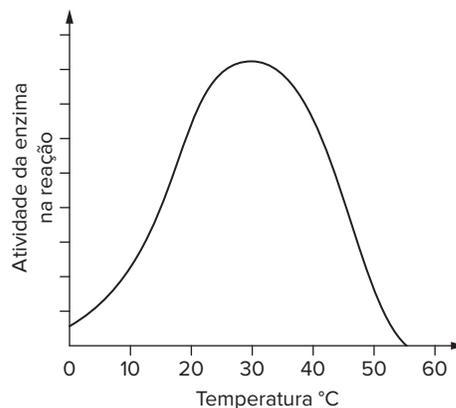
- 22 FMP 2016** O gráfico a seguir mostra como a concentração do substrato afeta a taxa de reação química.



O modo de ação das enzimas e a análise do gráfico permitem concluir que

- A todas as moléculas de enzimas estão unidas às moléculas de substrato quando a reação catalisada atinge a taxa máxima.
- B com uma mesma concentração de substrato, a taxa de reação com enzima é menor que a taxa de reação sem enzima.
- C a reação sem enzima possui energia de ativação menor do que a reação com enzima.
- D o aumento da taxa de reação com enzima é inversamente proporcional ao aumento da concentração do substrato.
- E a concentração do substrato não interfere na taxa de reação com enzimas porque estas são inespecíficas.

- 23 UFU 2015** Considere o gráfico da atividade catalítica de uma enzima (proteínas) e o aumento progressivo da temperatura da reação.



Sobre esta reação, faça o que se pede:

- a) Indique a função da enzima nas reações bioquímicas.
- b) Analise o gráfico e explique o que ocorre com a atividade catalítica da enzima e com a velocidade da reação à medida que se aumenta a temperatura.
- c) Explique o que ocorre com a enzima quando a reação é aquecida continuamente.

- 24 UFSM 2015** Os sais estão presentes nos *shows* pirotécnicos. Os fogos de artifício utilizam sais pulverizados de diferentes íons metálicos como, por exemplo, o sódio (cor amarela) e o potássio (cor violeta), misturados com material explosivo, como a pólvora. Quando a pólvora queima, elétrons dos metais presentes sofrem excitação eletrônica, liberando a energia na forma de luz.

Sobre a cinética da reação, é correto afirmar:

- A Quanto maior a superfície de contato entre os reagentes, mais rápida é a reação; assim, quanto mais dividido o reagente sólido, mais a reação será acelerada.
- B A queima dos fogos de artifício é facilitada pelo uso de sais pulverizados, pois estes diminuem a energia de ativação da reação.
- C A temperatura gerada na queima de fogos de artifício reduz a frequência dos choques entre as partículas de reagentes, tornando a reação mais rápida.
- D A reação é mais rápida, pois, ao se utilizar o sal pulverizado, a frequência das colisões é menor, favorecendo, assim, a reação.
- E A pólvora age como um catalisador, diminuindo a energia de ativação total da reação química.

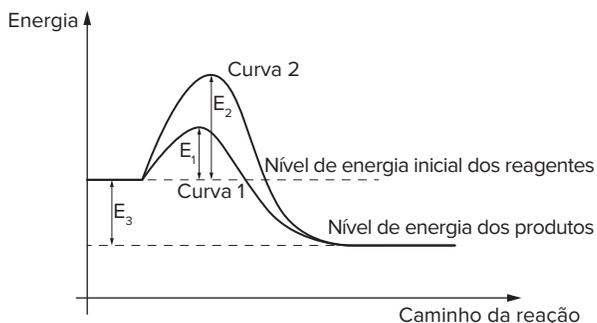
- 25 EsPCEX 2012** A água oxigenada ou solução aquosa de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é uma espécie bastante utilizada no dia a dia na desinfecção de lentes de contato e ferimentos. A sua decomposição produz oxigênio gasoso e pode ser acelerada por alguns fatores como o incremento da temperatura e a adição de catalisadores. Um estudo experimental da cinética da reação de decomposição da água oxigenada foi realizado alterando-se fatores como a temperatura e o emprego de catalisadores, seguindo as condições experimentais listadas na tabela a seguir:

Condição experimental	Tempo de duração da reação no experimento (t)	Temperatura (°C)	Catalisador
1	t_1	60	ausente
2	t_2	75	ausente
3	t_3	90	presente
4	t_4	90	ausente

Analisando os dados fornecidos, assinale a alternativa correta que indica a ordem crescente dos tempos de duração dos experimentos.

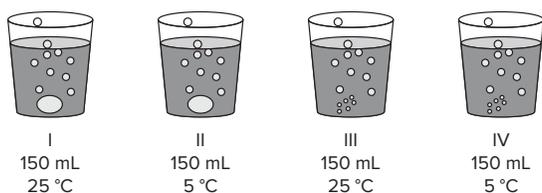
- A $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$
 B $t_3 < t_4 < t_2 < t_1$
 C $t_3 < t_2 < t_1 < t_4$
 D $t_4 < t_2 < t_3 < t_1$
 E $t_1 < t_3 < t_4 < t_2$

- 26 IME 2013** O gráfico seguinte ilustra as variações de energia devido a uma reação química conduzida nas mesmas condições iniciais de temperatura, pressão, volume de reator e quantidades de reagentes em dois sistemas diferentes. Estes sistemas diferem apenas pela presença de catalisador. Com base no gráfico, é possível afirmar que:



- A A curva 1 representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
 B A curva 2 representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
 C A curva 1 representa a reação catalisada com energia de ativação dada por $E_1 + E_3$.
 D A curva 2 representa a reação não catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por $E_2 + E_3$.
 E A curva 1 representa a reação catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por E_1 .

- 27 UEMG 2013** Um professor, utilizando comprimidos de antiácido efervescente à base de NaHCO_3 , realizou quatro procedimentos, ilustrados a seguir:



Procedimento I – Comprimido inteiro e água a 25 °C
 Procedimento II – Comprimido inteiro e água a 5 °C
 Procedimento III – Comprimido pulverizado e água a 25 °C
 Procedimento IV – Comprimido pulverizado e água a 5 °C

A reação ocorreu mais rapidamente no procedimento
 A I.
 B II.
 C III.
 D IV.

- 28 Mackenzie 2013** Um aluno, querendo verificar os conceitos de cinética-química discutidos na escola, dirigiu-se a uma drogaria e comprou alguns comprimidos efervescentes, os quais continham, de acordo com o rótulo do produto, massas iguais de bicarbonato de sódio. Ao chegar a sua casa realizou a mistura desses comprimidos com água usando diferentes métodos. Após a observação do fenômeno de liberação gasosa, até que toda a massa de cada comprimido tivesse sido dissolvida em água, o aluno elaborou a seguinte tabela:

Método	Estado do comprimido	Temperatura da água	Tempo da reação
1	Inteiro	10 °C	50 s
2	Triturado	60 °C	15 s
3	Inteiro	60 °C	25 s
4	Triturado	10 °C	30 s

De acordo com os resultados obtidos e mostrados na tabela acima, o aluno fez as seguintes afirmações:

- I. Ao comparar somente os métodos **1** e **2** fica impossível determinar qual dos dois fatores variáveis (estado do comprimido e temperatura da água), aumentou mais a velocidade da reação.
 II. A mudança da condição da água, de fria para quente, faz com que, qualquer que seja o estado do comprimido, a velocidade da reação caia pela metade.
 III. A influência da temperatura da água é maior do que a influência do estado do comprimido, no aumento da velocidade da reação.

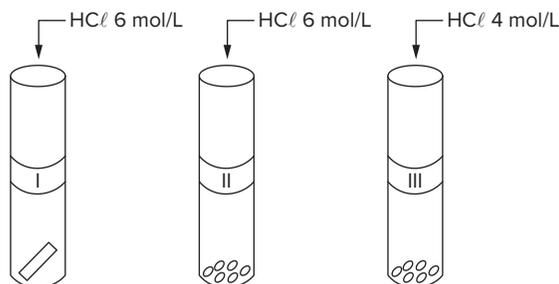
Das afirmações acima, é correto dizer que o aluno errou

- A apenas na afirmação I.
 B apenas na afirmação II.
 C apenas na afirmação III.
 D apenas nas afirmações II e III.
 E em todas as afirmações.

- 29 Fuvest 2013** Quando certos metais são colocados em contato com soluções ácidas, pode haver formação de gás hidrogênio. Segue uma tabela elaborada por uma estudante de Química, contendo resultados de experimentos que ela realizou em diferentes condições.

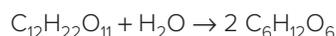
33 Unifesp Em uma aula de laboratório de química, foram realizados três experimentos para o estudo da reação entre zinco e ácido clorídrico.

Em três tubos de ensaio rotulados como I, II e III, foram colocados em cada um $5 \cdot 10^{-3}$ mol (0,327 g) de zinco e 4,0 mL de solução de ácido clorídrico, nas concentrações indicadas na figura. Foi anotado o tempo de reação até ocorrer o desaparecimento completo do metal. A figura mostra o esquema dos experimentos, antes da adição do ácido no metal.



- a) Qual experimento deve ter ocorrido com menor tempo de reação? Justifique.
 b) Determine o volume da solução inicial de HCl que está em excesso no experimento III. Apresente os cálculos efetuados.

34 Uerj A equação química a seguir representa a hidrólise de alguns dissacarídeos presentes em importantes fontes alimentares:



A tabela a seguir relaciona os resultados da velocidade inicial de reação dessa hidrólise, em função da concentração e da temperatura, obtidos em quatro experimentos, sob as seguintes condições:

- soluções de um desses dissacarídeos foram incubadas com quantidades iguais ora de suco gástrico, ora de suco intestinal rico em enterócitos;
- o tempo de reação e outros possíveis fatores interferentes foram mantidos constantes.

nº do experimento	valor da concentração do dissacarídeo	temperatura da reação (°C)	velocidade de reação (unidades arbitrárias)
I	X	0	0
	X	20	9,5
	X	40	25
	X	80	1
II	X	80	10
	2X	80	20
	3X	80	30
	4X	80	41
III	X	0	0
	X	20	0
	X	40	1
	X	80	10
IV	X	40	25
	2X	40	45
	3X	40	50
	4X	40	52

Os experimentos que podem corresponder à hidrólise enzimática ocorrida quando o dissacarídeo foi incubado com suco intestinal são os de números:

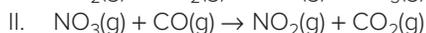
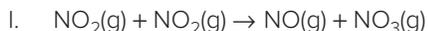
A I e II

B I e IV

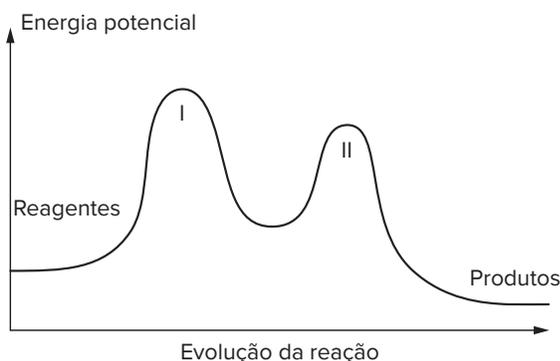
C II e III

D III e IV

35 Unifesp Estudos cinéticos da reação entre os gases NO_2 e CO na formação dos gases NO e CO_2 revelaram que o processo ocorre em duas etapas:



O diagrama de energia da reação está esquematizado a seguir.



- Apresente a equação global da reação e a equação da velocidade da reação que ocorre experimentalmente.
- Verifique e justifique se cada afirmação a seguir é verdadeira:
 - a reação em estudo absorve calor;
 - a adição de um catalisador, quando o equilíbrio é atingido, aumenta a quantidade de gás carbônico.

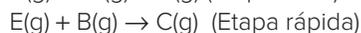
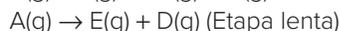
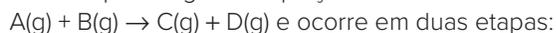
36 Uepa 2015 De um modo geral, a ordem de uma reação é importante para prever a dependência de sua velocidade em relação aos seus reagentes, o que pode influenciar ou até mesmo inviabilizar a obtenção de um determinado composto. Sendo assim, os dados da tabela seguinte mostram uma situação hipotética da obtenção do composto "C", a partir dos reagentes "A" e "B".

Experimento	[A] mol · L ⁻¹	[B] mol · L ⁻¹	Velocidade inicial (mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)
01	0,1	0,1	4,0 · 10 ⁻⁵
02	0,1	0,2	4,0 · 10 ⁻⁵
03	0,2	0,1	16,0 · 10 ⁻⁵

A partir dos dados da tabela, é correto afirmar que a reação: $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$, é de:

- 2ª ordem em relação a "A" e de ordem zero em relação a "B"
- 1ª ordem em relação a "A" e de ordem zero em relação a "B"
- 2ª ordem em relação a "B" e de ordem zero em relação a "A"
- 1ª ordem em relação a "B" e de ordem zero em relação a "A"
- 1ª ordem em relação a "A" e de 1ª ordem em relação a "B"

37 UEMG 2017 Uma reação química hipotética é representada pela seguinte equação:



A lei da velocidade da reação pode ser dada por

A $v = k \cdot [\text{A}]$

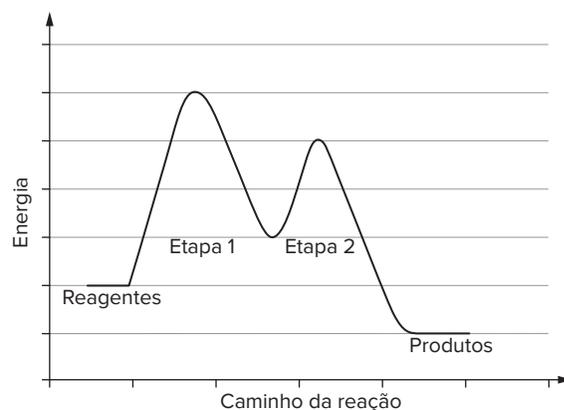
B $v = k \cdot [\text{A}][\text{B}]$

C $v = k \cdot [\text{C}][\text{D}]$

D $v = k \cdot [\text{E}][\text{B}]$

38 UFRGS 2015 Para a obtenção de um determinado produto, realiza-se uma reação em 2 etapas.

O caminho dessa reação é representado no diagrama a seguir.



Considere as afirmações a seguir, sobre essa reação.

- A etapa determinante da velocidade da reação é a etapa 2.
- A reação é exotérmica.
- A energia de ativação da etapa 1 é maior que a energia de ativação da etapa 2.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

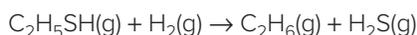
39 FGV 2014 Para otimizar as condições de um processo industrial que depende de uma reação de soluções aquosas de três diferentes reagentes para a formação de um produto, um engenheiro químico realizou um experimento que consistiu em uma série de reações nas mesmas condições de temperatura e agitação. Os resultados são apresentados na tabela:

Experimento	Reagente A mol·L ⁻¹	Reagente B mol·L ⁻¹	Reagente C mol·L ⁻¹	Velocidade da reação mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹
I	x	y	z	v
II	2x	y	z	2v
III	x	2y	z	4v
IV	x	y	2z	v

Após a realização dos experimentos, o engenheiro pode concluir corretamente que a ordem global da reação estudada é igual a

- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.
- E 5.

- 40 UEL 2014** O processo de remoção de enxofre em refinarias de petróleo é uma prática que vem sendo cada vez mais realizada com o intuito de diminuir as emissões de dióxido de enxofre de veículos automotivos e o grau de envenenamento de catalisadores utilizados. A dessulfurização é um processo catalítico amplamente empregado para a remoção de compostos de enxofre, o qual consiste basicamente na inserção de hidrogênio. A reação química do composto etanotiol é mostrada a seguir.



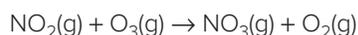
- a) Suponha que a reação de dessulfurização seja realizada em laboratório, na presença de concentrações diferentes de etanotiol e hidrogênio, conforme quadro a seguir.

Experiências	[Etanotiol] (mol/L)	[Hidrogênio] (mol/L)	Velocidade inicial (mol/min)
1	2	1	4
2	2	2	8
3	3	6	8
4	6	6	16

Com base nos dados apresentados nessa tabela, determine a lei da velocidade e a ordem da reação.

- b) Considerando que a velocidade média da reação de dessulfurização, em certo intervalo de tempo, é de 10 mol/s em relação ao etanotiol, determine a velocidade da reação em relação ao gás sulfídrico dada em g/s, no mesmo intervalo de tempo.

- 41 UEPG 2013** No ar poluído pode ocorrer a reação representada a seguir entre o dióxido de nitrogênio (NO_2) e o ozônio (O_3):



Para essa reação, os seguintes dados foram obtidos a 25 °C:

Experimento	Concentração inicial de NO_2 (mol/L)	Concentração inicial de O_3 (mol/L)	Velocidade inicial (mol/L·s)
1	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
2	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$
3	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$

De acordo com os dados da tabela, assinale o que for correto.

- 01 A ordem global da reação é 2.
- 02 A expressão da lei cinética da reação é $v = k[\text{NO}_2][\text{O}_3]$.
- 04 A ordem da reação em relação ao O_3 é 2, pois duplicando a sua concentração a velocidade também é duplicada.
- 08 Utilizando os dados do experimento 1, o valor da constante de velocidade para essa reação é de $4,4 \cdot 10^8$ mol/L·s.
- 16 A velocidade da reação independe da concentração de NO_2 .

Soma:

- 42 UPF 2016** Os dados da tabela a seguir foram obtidos experimentalmente, a certa temperatura e pressão constante, para a reação química genérica:



[A] (mol L ⁻¹)	[B] (mol L ⁻¹)	Velocidade (mol L ⁻¹ min ⁻¹)
0,100	0,150	$1,8 \cdot 10^{-5}$
0,100	0,300	$7,2 \cdot 10^{-5}$
0,050	0,300	$3,6 \cdot 10^{-5}$

Considerando-se os dados apresentados e a reação dada, analise as seguintes afirmações:

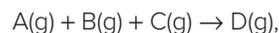
- I. A equação de velocidade da reação é $v = k[\text{A}][\text{B}]^2$.
- II. O valor da constante de velocidade, k, é $8,0 \cdot 10^{-3}$ mol L⁻¹·min⁻¹.
- III. A ordem global da reação é 3.
- IV. A constante de velocidade, k, depende exclusivamente da concentração dos reagentes da reação.
- V. A velocidade da reação quando $[\text{A}] = 0,010$ mol L⁻¹ e quando $[\text{B}] = 0,010$ mol L⁻¹ é:

$$v = 8,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

Está **correto** apenas o que se afirma em:

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

- 43 Mackenzie 2014** No estudo cinético do processo químico equacionado por



foram realizados experimentos a uma dada temperatura T por meio dos quais foram obtidos os dados que se encontram na seguinte tabela:

Experimento	[A] (mol L ⁻¹)	[B] (mol L ⁻¹)	[C] (mol L ⁻¹)	v (mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹)
I	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-5}$
II	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-5}$
III	$1 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-5}$
IV	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-5}$

A partir desses dados, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. Trata-se de um processo de ordem global igual a 3.
- II. A expressão da velocidade cinética do processo é dada por $v = k \cdot [A] \cdot [B] \cdot [C]$.
- III. O valor da constante de proporcionalidade k , na temperatura T , é de 0,01.

É correto dizer que

- A apenas I e III são verdadeiras.
- B apenas I e II são verdadeiras.
- C apenas I é verdadeira.
- D apenas II é verdadeira.
- E apenas III é verdadeira.

- 44 UFPA 2012** Os resultados de três experimentos, feitos para encontrar a lei de velocidade para a reação $2 \text{NO(g)} + 2 \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{N}_2\text{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O(g)}$, encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 1 – Velocidade inicial de consumo de NO(g)

Experimento	[NO] inicial (mol L ⁻¹)	[H ₂] inicial (mol L ⁻¹)	Velocidade de consumo inicial de NO (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
1	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
2	$8,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$4,8 \cdot 10^{-5}$
3	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$

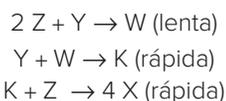
De acordo com esses resultados, é correto concluir que a equação de velocidade é

- A $v = k [\text{NO}] [\text{H}_2]^2$
- B $v = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]^2$
- C $v = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$
- D $v = k [\text{NO}]^4 [\text{H}_2]^2$
- E $v = k [\text{NO}]^{1/2} [\text{H}_2]$

- 45 UEPG 2015** Considerando a seguinte reação genérica:



As etapas do mecanismo dessa reação estão representadas a seguir:



- 01 Se duplicar a concentração de Z, a velocidade quadruplica.
- 02 Se duplicar a concentração de Y, a velocidade dobra.
- 04 A ordem da reação é 3.
- 08 Se triplicar simultaneamente as concentrações de Z e Y, a velocidade da reação ficará 27 vezes maior.
- 16 A expressão da lei da velocidade da reação é a seguinte: $v = k[\text{Z}] \cdot [\text{Y}]$.

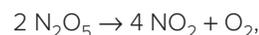
Soma:

- 46 UEM 2012** Dado que a lei de velocidade, determinada experimentalmente a partir de uma reação elementar, é igual a $v = k [\text{A}_2] [\text{X}_2]^2$, é correto afirmar que

- 01 essa lei de velocidade corresponde à reação elementar $\text{A}_2 + 2 \text{X}_2 \rightarrow 2 \text{AX}_2$.
- 02 ao dobrarmos a concentração dos dois reagentes envolvidos na lei de velocidade, aquele que proporciona maior influência sobre a velocidade da reação é o X_2 .
- 04 essa lei de velocidade indica que a molecularidade da reação é indubitavelmente igual a 3.
- 08 trata-se de uma reação de ordem global igual a 3.
- 16 por ser uma reação elementar, a mesma ocorre por meio de duas ou mais etapas.

Soma:

- 47 ITA 2017** Considere que a decomposição do N_2O_5 , representada pela equação química global



apresente lei de velocidade de primeira ordem. No instante inicial da reação, a concentração de N_2O_5 é de $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e a velocidade de consumo desta espécie é de $0,022 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Assinale a opção que apresenta o valor da constante de velocidade da reação global, em min^{-1} .

- A 0,0022
- B 0,011
- C 0,022
- D 0,11
- E 0,22

- 48 Mackenzie 2012** A tabela mostra a variação da velocidade inicial da reação hipotética representada pela equação $\text{A}_2\text{(g)} + 2 \text{B(g)} \rightarrow \text{C(g)}$, em função das concentrações iniciais dos reagentes utilizados no processo.

Experimento	[A] _{inicial} (mol/L)	[B] _{inicial} (mol/L)	Velocidade _{inicial} (mol/L · min)	Temperatura (K)
1	1,0	1,0	0,4	338
2	2,0	1,0	0,2	298
3	1,0	1,0	0,1	298
4	2,0	2,0	0,4	298

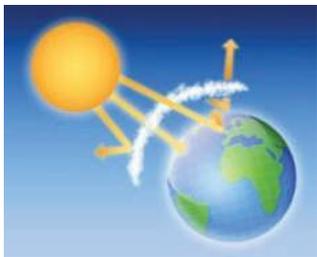
Interpretando-se a tabela, considere as afirmações I, II, III e IV.

- I. O valor da constante de proporcionalidade k é igual para todos os experimentos.
- II. A lei cinética da velocidade pode ser expressa pela equação $v = k \cdot [\text{A}] \cdot [\text{B}]$.
- III. Trata-se de uma reação cuja ordem global é 2.
- IV. As ordens para os reagentes A e B são, respectivamente, zero e 2.

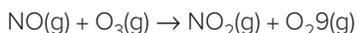
São verdadeiras, apenas as afirmações

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

49 Fepar 2017



Um dos grandes problemas ambientais nas últimas décadas tem sido a redução da camada de ozônio. Uma das reações que contribui para a destruição dessa camada é expressa pela seguinte equação:



Os dados a seguir foram coletados em laboratório, a 25 °C.

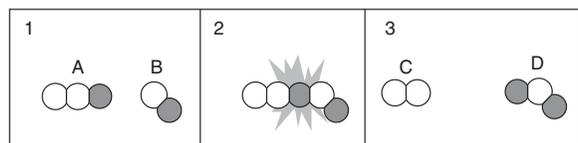
Experiência	[NO]/mol·L ⁻¹	[O ₃]/mol·L ⁻¹	Velocidade/mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹
1	1 · 10 ⁻⁶	3 · 10 ⁻⁶	0,66 · 10 ⁻⁴
2	1 · 10 ⁻⁶	6 · 10 ⁻⁶	1,32 · 10 ⁻⁴
3	1 · 10 ⁻⁶	9 · 10 ⁻⁶	1,98 · 10 ⁻⁴
4	2 · 10 ⁻⁶	9 · 10 ⁻⁶	3,96 · 10 ⁻⁴
5	3 · 10 ⁻⁶	9 · 10 ⁻⁶	5,94 · 10 ⁻⁴

Considere os dados e avalie as afirmativas.

- A expressão da lei da velocidade é $v = k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{O}_3]^2$.
- A reação é de segunda ordem.
- O valor da constante da velocidade é $7,3 \cdot 10^{14}$.
- A velocidade fica inalterada se variarmos igualmente as concentrações de NO e O₃.
- Se o uso de um catalisador provocasse o aumento de velocidade da reação, isso seria consequência da diminuição da energia de ativação do sistema.

50 UEPG 2011 Considere o esquema (em nível microscópico) a seguir, referente a uma determinada reação elementar entre as moléculas A e B.

De acordo com esse esquema, assinale o que for correto.



- 01 Se as concentrações de ambos os reagentes no item 1 forem duplicadas a uma temperatura constante, a velocidade da reação também será duplicada.
- 02 O esquema representa uma colisão eficaz, pois as moléculas mostradas no item 3 são diferentes das do item 1.
- 04 A equação da velocidade para essa reação depende da concentração de apenas um dos reagentes.
- 08 No item 2 é mostrado o complexo ativado da reação.

Soma:

51 UEM 2013 As tabelas a seguir se referem às velocidades de reações de decomposição de duas substâncias hipotéticas XZ₂ e A₂D₃, em meio aquoso à temperatura constante.

Concentração inicial XZ ₂ em mol/L	Velocidade da reação em mol/(L · h)
0,1	0,05
0,2	0,15

Concentração inicial de A ₂ D ₃ em mol/L	Velocidade da reação em mol/(L · h)
0,1	0,1
0,2	0,4

Sabendo que a velocidade de reação de uma substância J é dada por $v = k[J]^m$, onde os números k e m são determinados experimentalmente, e supondo que somente k dependa da temperatura em que a reação ocorre, e levando em conta os seus conhecimentos, assinale o que for correto.

- 01 A constante m para a reação de decomposição da substância XZ₂ é $\log_2 6$.
- 02 O gráfico da velocidade da reação de decomposição de A₂D₃ (em mol/(L·h)), vista como função da concentração (em mol/L) de A₂D₃, é um arco de parábola.
- 04 Se a regra de Van't Hoff é válida para a decomposição de XZ₂, o valor de k dobra, se considerarmos a equação de velocidade da reação a uma temperatura 10 °C maior.
- 08 Se um catalisador for adicionado à reação, ele acelerará a reação até ser inteiramente consumido.
- 16 O valor de m para a decomposição de XZ₂ é maior do que para a decomposição de A₂D₃.

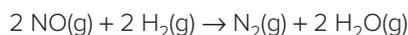
Soma:

52 UEPG 2011 Considerando que, experimentalmente, foi determinado que para as reações entre os gases hidrogênio e monóxido de nitrogênio, a lei de velocidade é velocidade = $k [\text{H}_2][\text{NO}]^2$. No que se refere a essa lei, assinale o que for correto.

- 01 Se for duplicada a concentração molar de H₂ a velocidade da reação será duplicada.
- 02 A ordem da reação com relação ao H₂ é 1 e com relação ao NO esta é 2, cujos valores são determinados experimentalmente.
- 04 A ordem da reação global é 3.
- 08 Se forem duplicadas ambas as concentrações molares de H₂ e NO, a velocidade da reação será quadruplicada.
- 16 O valor de k constitui a constante de velocidade e é característico da reação e da temperatura.

Soma:

53 Ufop O óxido nítrico é um poluente atmosférico que pode ser reduzido na presença de hidrogênio, conforme a seguinte equação:



A velocidade inicial de formação de N_2 foi medida para várias concentrações iniciais diferentes de NO e H_2 , e os resultados são os seguintes:

Experimento N°	[NO] (mol/L)	[H ₂] (mol/L)	Velocidade inicial (mol L ⁻¹ · s ⁻¹)
1	0,20	0,10	$4,92 \cdot 10^{-3}$
2	0,10	0,10	$1,23 \cdot 10^{-3}$
3	0,10	0,20	$2,46 \cdot 10^{-3}$
4	0,05	0,40	$1,23 \cdot 10^{-3}$

Fazendo uso desses dados, determine:

- a equação de velocidade para a reação;
- o valor da constante de velocidade da reação;
- a velocidade inicial da reação quando $[\text{NO}] = 0,5 \text{ mol/L}$ e $[\text{H}_2] = 1,0 \text{ mol/L}$.

Texto complementar

Entendendo melhor a constante de velocidade

Em 1889, o cientista sueco Svante Arrhenius publicou um trabalho no qual estabelecia que a velocidade de uma reação depende da temperatura. A relação de dependência é dada pela seguinte equação, que ficou conhecida como equação de Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Vamos ao significado de cada termo:

k = constante de velocidade

A = fator pré-exponencial

E_a = energia de ativação

R = constante dos gases

T = temperatura em Kelvin

Aplicando \ln aos dois membros da equação, temos:

$$\begin{aligned} \ln(k) &= \ln\left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}\right) \therefore \ln(k) = \ln(A) + \ln\left(e^{\frac{-E_a}{RT}}\right) \therefore \\ \ln(k) &= \ln(A) + \frac{-E_a}{RT} \end{aligned}$$

Rearranjando a equação obtida, temos:

$$\underbrace{\ln k}_y = \underbrace{\ln A}_b - \underbrace{\frac{E_a}{R}}_a \cdot \underbrace{\frac{1}{T}}_x$$

Como se vê, essa é a equação de uma reta, cujo gráfico é apresentado a seguir:

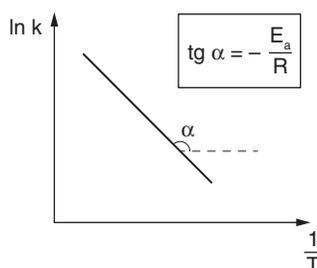


Fig. 18 Gráfico que mostra a dependência da constante de velocidade com a temperatura. Através dele, também se pode calcular a energia de ativação da reação.

Portanto, a energia de ativação de uma reação pode ser calculada a partir do coeficiente angular dessa reta.

Algebricamente, isso pode ser feito da seguinte forma: tomamos dois valores de k em duas temperaturas distintas para a mesma reação. Sabendo que a variação da energia de ativação e do fator pré-exponencial são desprezíveis com variações de temperatura não muito acentuadas, temos:

$$k_1 = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_1}} \quad \text{e} \quad k_2 = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_2}}$$

Dividindo a primeira pela segunda, obtemos:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{e^{\frac{-E_a}{RT_1}}}{e^{\frac{-E_a}{RT_2}}} \therefore \frac{k_1}{k_2} = e^{\left(\frac{-E_a}{R}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}$$

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = \left(\frac{-E_a}{R}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = \left(\frac{-E_a}{R}\right) \cdot \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 \cdot T_2}\right)$$

$$E_a = \left(\frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1}\right) \cdot \ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)$$

Um outro aspecto que deve ser analisado é o significado químico dos termos. Vamos enumerá-los:

- O fator catalisador está presente na equação de Arrhenius através do valor da energia de ativação da reação. Quando se adiciona um catalisador à reação, diminui-se o valor da energia de ativação da reação e, conseqüentemente, aumenta-se a sua velocidade.
- O fator exponencial da equação, dado por $e^{\frac{-E_a}{RT}}$, refere-se à taxa de choques que são energéticos, ou seja, à alíquota de choques que têm energia igual ou superior à energia de ativação da reação.
- O fator pré-exponencial A pode ser decomposto em dois fatores, por meio da expressão:

$$A = z \cdot p$$

O fator z é chamado de fator de frequência e está relacionado à taxa de frequência de todos os choques entre as moléculas dos reagentes. O fator p está relacionado à geometria do choque, ou seja, refere-se à taxa de choques que são frontais. Por isso, também é chamado de fator esteérico. Assim, o fator pré-exponencial está associado à taxa

de frequência de choques de geometria favorável. Como $k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$, então o produto do fator pré-exponencial pelo fator exponencial está associado à taxa de frequência de choques efetivos. Mas, pela lei da ação das massas, como $v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$, então o produto da constante de velocidade pelas concentrações dos reagentes está associado à frequência de choques efetivos, que, por sua vez, está ligada de maneira direta à velocidade da reação.

Exercício resolvido

5 Para uma reação genérica, são fornecidas as seguintes constantes de velocidade em diferentes temperaturas:

k ($L^2/mol^2 \cdot s$)	T (K)
10^{-7}	300
10^{-6}	400
10^{-5}	x

- Qual é a ordem global dessa reação?
- Qual é o valor de x ?
- Qual é a energia de ativação dessa reação?

Resolução:

a) A ordem global pode ser determinada a partir da unidade da constante de velocidade, que é $L^2/mol^2 \cdot s$. Como $v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta$, e a unidade de v é $mol/L \cdot s$ e a unidade de concentração é mol/L , por análise dimensional temos:

$$\frac{mol}{L \cdot s} = (L^2/mol^2 \cdot s) \cdot \left(\frac{mol}{L}\right)^\alpha \cdot \left(\frac{mol}{L}\right)^\beta \therefore \alpha + \beta = 3$$

b) Chamando 300 K de T_1 , 400 K de T_2 e x de T_3 , temos:

$$(k_2)^2 = (k_1) \cdot (k_3)$$

Mas, pela equação de Arrhenius, como $k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$, obtemos:

$$\left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_2}}\right)^2 = \left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_1}}\right) \cdot \left(A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT_3}}\right) \therefore e^{\frac{-2E_a}{RT_2}} = \left(e^{\frac{-E_a}{RT_1}}\right) \cdot \left(e^{\frac{-E_a}{RT_3}}\right) \therefore \frac{2}{T_2} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_3}$$

$$\frac{2}{400} = \frac{1}{300} + \frac{1}{T_3} \therefore T_3 = 600 \text{ K}$$

c) Para o cálculo da energia de ativação dessa reação, aplicaremos a expressão já deduzida $E_a = \left(\frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1}\right) \cdot \ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)$

Substituindo valores, temos:

$$E_a = \left(\frac{8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 400}{400 - 300}\right) \cdot \ln\left(\frac{10^{-6}}{10^{-7}}\right) \therefore E_a = 8,31 \cdot 1,2 \cdot \ln 10 \therefore E_a \cong 23 \text{ kJ}$$

- A Cinética Química é a área da Química que estuda as velocidades das reações e os fatores que alteram essas velocidades.

- Cálculo da velocidade média de uma reação:**

- Velocidade em relação a uma substância:

Para uma reação genérica de equação



em que A e B são reagentes, C e D são produtos e a , b , c e d são coeficientes estequiométricos da equação, temos:

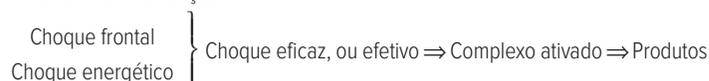
$$v_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \quad v_B = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} \quad v_C = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} \quad v_D = \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

- Cálculo da velocidade média global de uma reação:

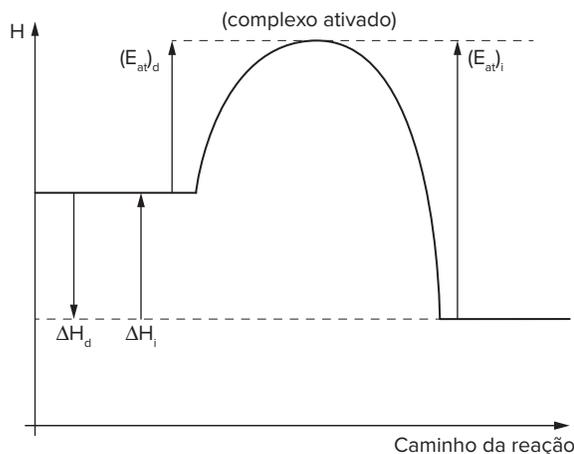
$$v_G = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d}$$

- Teoria das colisões:**

- Sequência de eventos para ocorrência de uma reação:



- Energia de ativação é a energia necessária para que uma reação comece, ou seja, para formar o complexo ativado.
- O gráfico de entalpia *versus* caminho da reação é:



$$\begin{aligned} |\Delta H|_{\text{direta}} &= |\Delta H|_{\text{inversa}} \\ (E_{at})_{\text{direta}} &\neq (E_{at})_{\text{inversa}} \end{aligned}$$

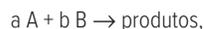
Quanto maior for a (E_{at}) , menor será a velocidade da reação.

- Fatores que aumentam a velocidade de uma reação:

- Aumento da temperatura
- Aumento da superfície de contato dos reagentes
- Presença de catalisador (substância que não participa da reação global, mas que diminui a sua energia de ativação)
- Aumento da concentração ou da pressão parcial dos reagentes

- Lei da ação das massas (lei de Guldberg-Waage):**

Para uma reação genérica dada pela equação



a velocidade da reação é dada por:

$$v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta \text{ ou } v = k \cdot [P_A]^\alpha \cdot [P_B]^\beta$$

em que:

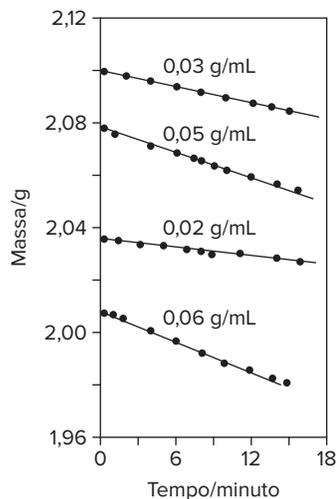
v é a velocidade da reação;

k é a constante de velocidade (ou constante cinética);

α e β são as ordens da reação.

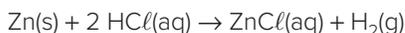
A soma de todas as ordens da reação é chamada de ordem global da reação.

- Reação elementar é aquela que ocorre em 1 etapa.
- Reação não elementar é aquela que ocorre em duas ou mais etapas.
- A etapa lenta é que determina a velocidade de uma reação.



- a) A partir da análise desse gráfico, indique, entre as quatro concentrações iniciais de iodo – 0,02 g/mL; 0,03 g/mL; 0,05 g/mL ou 0,06 g/mL – aquela que resulta na reação mais lenta e a que resulta na reação mais rápida. Justifique suas indicações, comparando a variação de massa que ocorre nos experimentos.
- b) Considerando os resultados para o experimento em que se usou a solução de I_2 de concentração 0,05 g/mL, calcule a velocidade da reação com as unidades gramas de estanho que reagem por minuto. Use dados referentes ao intervalo de tempo entre 0 e 12 minutos.
- c) Indique o tipo de interação intermolecular mais forte entre o benzeno e o iodo nele dissolvido. Justifique sua indicação.

- 6 Uesp 2013** Uma forma de obter hidrogênio no laboratório é mergulhar zinco metálico em uma solução de ácido clorídrico, conforme a reação descrita pela equação apresentada a seguir.



Considere que uma tira de zinco metálico foi colocada em um recipiente contendo HCl em solução aquosa na concentração de 1 mol/L. Em 20 segundos a temperatura do recipiente elevou-se em 0,05 °C e 25 mL de hidrogênio foram produzidos.

Considerando que essa reação ocorreu a 27 °C e 1 atm, determine a velocidade da reação em mL H_2 /s e em mol H_2 /s.

► Use: $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

- 7 Uece 2015** Manchete do jornal *O Estado de São Paulo* em 23.04.2014: “Gás metano produzido por vacas é usado para abastecer veículos”. Cientistas argentinos desenvolveram tecnologia para aproveitar o gás metano gerado pelos bovinos, que tem efeito estufa na atmosfera do planeta.

Pesquisando o gás metano, um grupo de estudantes da UECE realizou, em laboratório, uma combustão e coletou os dados da tabela a seguir:

Tempo (min)	$[CH_4]$ (mol/L)	$[CO_2]$ (mol/L)
0	0,050	0
10	0,030	0,020
20	0,020	?

Com os dados da tabela, a velocidade média da reação entre 0 e 20 minutos foi determinada com o valor

A $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
 B $0,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
 C $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
 D $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

- 8 FMJ 2016** O álcool isopropílico desempenha papel fundamental como antisséptico e desinfetante devido ao seu custo reduzido, baixa toxicidade e facilidade de aquisição e aplicação.

Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. (Adapt.).

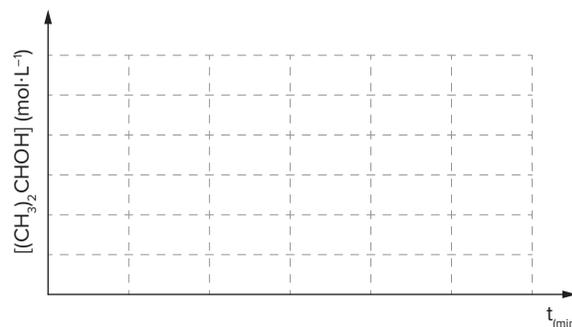
O álcool isopropílico pode ser convertido em acetona pelo processo descrito pela equação, com rendimento de 90%.



A tabela apresenta diferentes concentrações de álcool isopropílico em função do tempo de reação, em minutos.

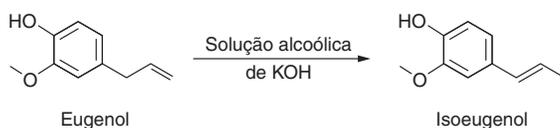
Experimentos	1	2	3	4	5	6
Tempo (min)	0	30	60	90	120	150
$[(CH_3)_2CHOH]$ (mol · L ⁻¹)	$5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$

- a) Desenhe a curva representativa dos dados da tabela no gráfico a seguir e explique por que os valores da velocidade de consumo do álcool, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, são diferentes nos intervalos de 0 a 30 minutos e de 30 a 60 minutos.

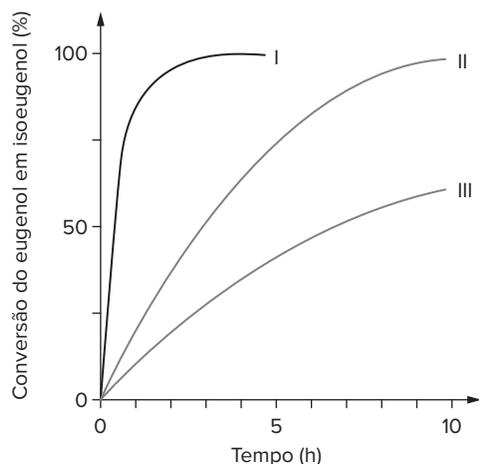


- b) Considere que as massas molares do álcool isopropílico e da acetona são, respectivamente, $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e $58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. A partir de 180 g de álcool isopropílico com 100% de pureza, calcule a massa, em gramas, de acetona obtida no processo descrito pela equação.

- 9 **Fuvest 2015** O eugenol, extraído de plantas, pode ser transformado em seu isômero isoeugenol, muito utilizado na indústria de perfumes. A transformação pode ser feita em solução alcoólica de KOH.



Foram feitos três experimentos de isomerização, à mesma temperatura, empregando-se massas iguais de eugenol e volumes iguais de soluções alcoólicas de KOH de diferentes concentrações. O gráfico a seguir mostra a porcentagem de conversão do eugenol em isoeugenol em função do tempo, para cada experimento.



Experimento	Concentração de KOH (mol/L)
I	6,7
II	4,4
III	2,3

Analisando-se o gráfico, pode-se concluir corretamente que

- A a isomerização de eugenol em isoeugenol é exotérmica.
 B o aumento da concentração de KOH provoca o aumento da velocidade da reação de isomerização.
 C o aumento da concentração de KOH provoca a decomposição do isoeugenol.
 D a massa de isoeugenol na solução, duas horas após o início da reação, era maior do que a de eugenol em dois dos experimentos realizados.
 E a conversão de eugenol em isoeugenol, três horas após o início da reação, era superior a 50% nos três experimentos.
- 10 **Unesp 2013** Em um laboratório de química, dois estudantes realizam um experimento com o objetivo de determinar a velocidade da reação apresentada a seguir.
- $$\text{MgCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{CO}_2(\text{g})$$

Sabendo que a reação ocorre em um sistema aberto, o parâmetro do meio reacional que deverá ser considerado para a determinação da velocidade dessa reação é

- A a diminuição da concentração de íons Mg^{2+} .
 B o teor de umidade no interior do sistema.
 C a diminuição da massa total do sistema.
 D a variação da concentração de íons Cl^- .
 E a elevação da pressão do sistema.

- 11 **UFSC 2012 (Adapt.)** [...] Percorridos alguns quilômetros, Carlos precisou frear bruscamente o veículo, devido a um acidente ocorrido na rodovia. Passado o susto, Eduardo pergunta com ironia:

- Seu carro tem *airbag*?
 — É óbvio que não, responde Carlos.
 — Você saberia me dizer como funciona um *airbag*?
 — Não tenho ideia. O que você acha de consultarmos aquele livro de Química?
 — Legal!

Então, Eduardo estica a mão e pega, no banco de trás, um livro no qual se lê:

O *airbag* é formado por um dispositivo que contém a mistura química de NaN_3 (azida de sódio), KNO_3 e SiO_2 que é responsável pela liberação do gás. Esse dispositivo está acoplado a um balão que fica no painel do automóvel e quando ocorre uma colisão (ou desaceleração), os sensores localizados no para-choque do automóvel transmitem um impulso elétrico (faísca) que causa a detonação da reação. Em aproximadamente 25 milésimos de segundo, o *airbag* está completamente inflado.

Veja as equações do processo:

- I. $2 \text{NaN}_3 \rightarrow 2 \text{Na} + 3 \text{N}_2$
 II. $10 \text{Na} + 2 \text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + 5 \text{Na}_2\text{O} + \text{N}_2$
 III. $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{silicato alcalino}$

Disponível em: <www.brasilescola.com/quimica/air-bag_reacao-decomposicao.htm>. Acesso em: 12 set. 2011. (Adapt.).

► **Dado:** um *airbag* contém aproximadamente 130 g de azida.

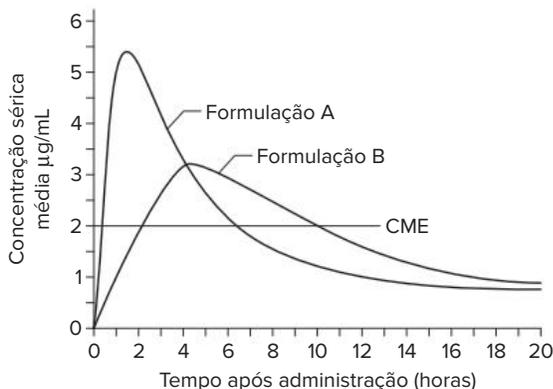
Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Considerando apenas a equação I, seriam necessários 650 mg de azida de sódio para gerar 336 mL de N_2 nas CNTP.
 02 Na reação representada pela equação I, o sódio se oxida e o nitrogênio se reduz.
 04 Na reação global, 10 mol de azida geram 16 mol de nitrogênio gasoso.
 08 Considerando apenas a equação I, a massa de azida necessária para a formação de 67,2 L de N_2 nas CNTP seria 130 g.
 16 Em contato com a água, o sódio metálico reage gerando um forte aquecimento, fenômeno típico de uma reação endotérmica.
 32 Considerando apenas a equação I, a velocidade de formação do N_2 é igual a 3 mol/s.

Soma:

12 ITA 2011 A velocidade de uma reação química é dada pela seguinte equação: $v = \frac{\beta \cdot C}{1 + \alpha \cdot C}$ em que β e α são constantes e C , a concentração do reagente. Calcule o valor do produto αC quando a velocidade da reação atinge 90% do seu valor limite, o que ocorre quando $\alpha C \gg 1$.

13 Unicamp A eficiência na administração oral de um medicamento leva em conta vários parâmetros, dentre os quais: o tempo para se atingir a concentração máxima na corrente sanguínea; a concentração mínima efetiva (CME), que é a concentração mínima necessária para que o paciente apresente resposta adequada ao medicamento; a quantidade total de medicamento no sangue após a sua administração. O diagrama seguinte mostra a variação da concentração no sangue (microgramas por mililitro – $\mu\text{g/mL}$), em função do tempo, para a mesma quantidade de um mesmo medicamento em duas formulações diferentes.



Aspectos cinéticos do uso do medicamento:

- Que formulação é absorvida mais rapidamente?
- Que formulação apresenta maior tempo de manutenção da concentração mínima efetiva? E qual é esse tempo?
- Se o paciente iniciar o tratamento com a formulação A, e em seguida passar para a formulação B, depois de quantas horas da ingestão da formulação A ele deve iniciar a ingestão da formulação B? Explique.

14 Enem Alguns fatores podem alterar a rapidez das reações químicas. A seguir, destacam-se três exemplos no contexto da preparação e da conservação de alimentos:

- A maioria dos produtos alimentícios se conserva por muito mais tempo quando submetidos à refrigeração. Esse procedimento diminui a rapidez das reações que contribuem para a degradação de certos alimentos.
- Um procedimento muito comum utilizado em práticas de culinária é o corte dos alimentos para acelerar o seu cozimento, caso não se tenha uma panela de pressão.

3. Na preparação de iogurtes, adicionam-se ao leite bactérias produtoras de enzimas que aceleram as reações envolvendo açúcares e proteínas lácteas.

Com base no texto, quais são os fatores que influenciam a rapidez das transformações químicas relacionadas aos exemplos 1, 2 e 3, respectivamente?

- Temperatura, superfície de contato e concentração.
- Concentração, superfície de contato e catalisadores.
- Temperatura, superfície de contato e catalisadores.
- Superfície de contato, temperatura e concentração.
- Temperatura, concentração e catalisadores.

15 PUC-Campinas 2017 Para mostrar a diferença da rapidez da reação entre ferro e ácido clorídrico, foi utilizado o ferro em limalha e em barra. Pingando dez gotas de ácido clorídrico $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada material de ferro, espera-se que a reação seja

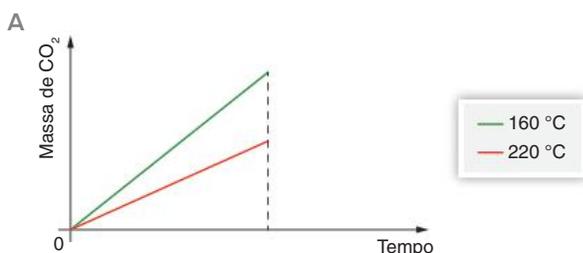
- mais rápida no ferro em barra porque a superfície de contato é menor.
- mais rápida no ferro em limalha porque a superfície de contato é maior.
- igual, pois a concentração e a quantidade do ácido foram iguais.
- mais lenta no ferro em limalha porque a superfície de contato é menor.
- mais lenta no ferro em barra porque a superfície de contato é maior.

16 Uerj 2016 No preparo de pães e bolos, é comum o emprego de fermentos químicos, que agem liberando gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa. Um dos principais compostos desses fermentos é o bicarbonato de sódio, que se decompõe sob a ação do calor, de acordo com a seguinte equação química:

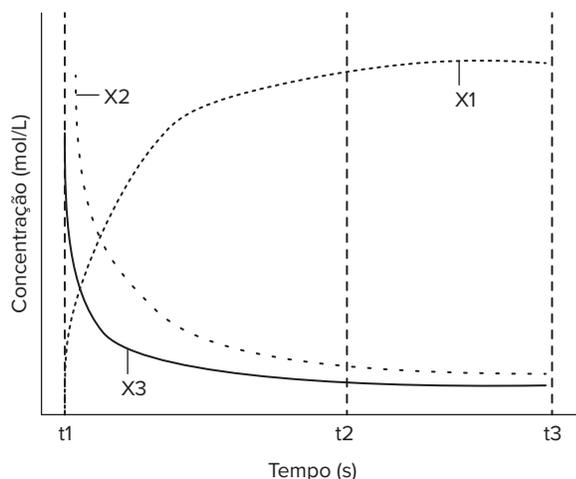


Considere o preparo de dois bolos com as mesmas quantidades de ingredientes e sob as mesmas condições, diferindo apenas na temperatura do forno: um foi cozido a 160°C e o outro a 220°C . Em ambos, todo o fermento foi consumido.

O gráfico que relaciona a massa de CO_2 formada em função do tempo de cozimento, em cada uma dessas temperaturas de preparo, está apresentado em:



- 20 UFSC 2016** Considere uma reação química na qual estão envolvidas três substâncias distintas, identificadas como X1, X2 e X3. A reação tem início no instante t1 e é dada por completa quando o tempo t3 é atingido. O diagrama que representa a variação nas concentrações das substâncias envolvidas na reação é mostrado a seguir:

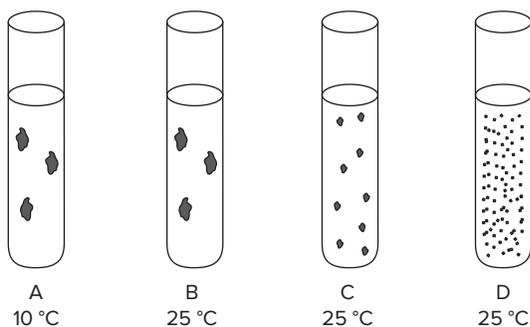


Com base nesses dados, é correto afirmar que:

- 01 X1 e X2 são reagentes, ao passo que X3 é o produto da reação.
- 02 X3 é um catalisador para a reação.
- 04 X1 é produto da reação.
- 08 se fosse utilizado um catalisador para a reação, a concentração de X1 diminuiria com o tempo.
- 16 a reação em questão apresenta molecularidade um.
- 32 o uso de um catalisador reduziria a energia de ativação da reação entre X2 e X3, promovendo a formação mais rápida de X1.

Soma:

- 21 UEPG 2016** Nos tubos de ensaio A, B, C e D foram adicionados 2,0 g de zinco e 10 mL de ácido clorídrico 1,0 mol/L. A diferença entre os tubos é a granulometria do zinco e a temperatura. Observou-se o desprendimento de gás nos 4 tubos. A partir do esquema a seguir, que representa o início do processo, assinale o que for correto.



- 01 A velocidade da reação é maior no tubo B do que no tubo A.
- 02 O tubo que apresenta a maior velocidade de reação é o D.
- 04 A reação que ocorre é $Zn(s) + 2 HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$.
- 08 O tubo C apresenta uma velocidade de reação maior que no tubo B porque a superfície de contato do zinco é maior no tubo C.
- 16 A velocidade de reação do Zn nos tubos obedece a seguinte ordem: $A < B < C < D$.

Soma:

- 22 Uerj 2012** As curvas que descrevem as velocidades de reação de muitas enzimas em função das variações das concentrações de seus substratos seguem a equação de Michaelis. Tal equação é representada por uma hipérbolo retangular cuja fórmula é:

$$v = \frac{V_{\text{máx}} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$

v = velocidade de reação

$V_{\text{máx}}$ = velocidade máxima de reação

K_m = constante de Michaelis

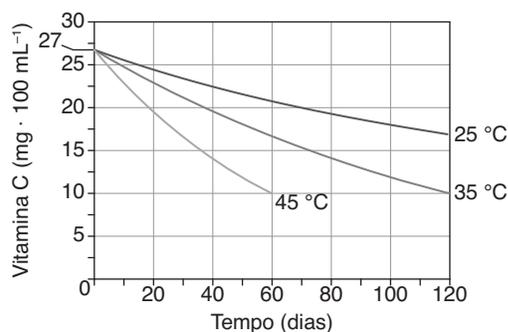
[S] = concentração de substrato

A constante de Michaelis corresponde à concentração de substrato na qual $v = \frac{V_{\text{máx}}}{2}$.

Considere um experimento em que uma enzima, cuja constante de Michaelis é igual a $9 \cdot 10^{-3}$ milimol/L, foi incubada em condições ideais, com concentração de substrato igual a 10^{-3} milimol/L. A velocidade de reação medida correspondeu a 10 unidades. Em seguida, a concentração de substrato foi bastante elevada de modo a manter essa enzima completamente saturada. Neste caso, a velocidade de reação medida será, nas mesmas unidades, equivalente a:

- A 1
- B 10
- C 100
- D 1000

- 23 USCS 2016** Um estudo para verificar o efeito da cinética de degradação e o tempo de prateleira de um suco de manga analisou a velocidade de decomposição da vitamina C em três temperaturas diferentes: 25 °C, 35 °C e 45 °C. O gráfico mostra o resultado da análise.



(www.redalyc.org)

O estudo considerou o tempo de prateleira como sendo o tempo de meia-vida da concentração de vitamina C.

- Determine, utilizando o gráfico anterior, o tempo de prateleira aproximado para um suco de manga armazenado a uma temperatura de 35 °C.
- Para o experimento cuja velocidade de degradação foi maior, calcule a velocidade média de degradação da vitamina C, em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ nos primeiros 60 dias.

24 Fac. Albert Einstein 2016 Um comprimido efervescente, de 4,0 g de massa, contém bicarbonato de sódio, carbonato de sódio, ácido cítrico e ácido acetilsalicílico, todos sólidos brancos solúveis em água. Ao adicionar o comprimido à água, o ácido cítrico reage com o carbonato e o bicarbonato de sódio, gerando gás carbônico. Foram realizados 4 experimentos para estudar a cinética da reação envolvendo os reagentes presentes no comprimido efervescente, sendo que a condição de cada experimento encontra-se descrita a seguir.

Experimento 1. O comprimido inteiro foi dissolvido em 200 mL de água a 25 °C.

Experimento 2. Dois comprimidos inteiros foram dissolvidos em 200 mL de água a 25 °C.

Experimento 3. O comprimido triturado (4,0 g) foi dissolvido em 200 mL de água a 25 °C.

Experimento 4. O comprimido inteiro foi dissolvido em 200 mL de água a 50 °C.

Em cada experimento recolheu-se gás carbônico produzido nas mesmas condições de temperatura e pressão, até se obter 100 mL de gás, registrando-se o tempo decorrido (t).

A alternativa que apresenta adequadamente a comparação entre esses tempos é

A	$t_1 < t_2$	$t_1 = t_3$	$t_1 > t_4$
B	$t_1 = t_2$	$t_1 > t_3$	$t_1 < t_4$
C	$t_1 > t_2$	$t_1 > t_3$	$t_1 > t_4$
D	$t_1 > t_2$	$t_1 < t_3$	$t_1 = t_4$

25 UEM 2012 Sabe-se que mudanças de temperatura podem afetar diretamente a velocidade de reações químicas e a atividade de enzimas. A esse respeito e considerando o conhecimento sobre o assunto, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- Dentro de certos limites, a velocidade de uma reação enzimática aumenta com a elevação da temperatura. A partir de determinado ponto, porém, o aumento de temperatura faz com que a velocidade da reação diminua bruscamente e cesse.
- O aquecimento excessivo de uma enzima provoca modificações em sua estrutura e essas modificações são reversíveis. Esse processo é conhecido como desnaturação.
- Em uma reação química a elevação da temperatura aumenta o número de colisões efetivas entre os reagentes, aumentando a velocidade da reação.

- Reações químicas endotérmicas aumentam de velocidade com o aumento da temperatura da reação.
- Reações químicas exotérmicas diminuem de velocidade com o aumento da temperatura da reação.

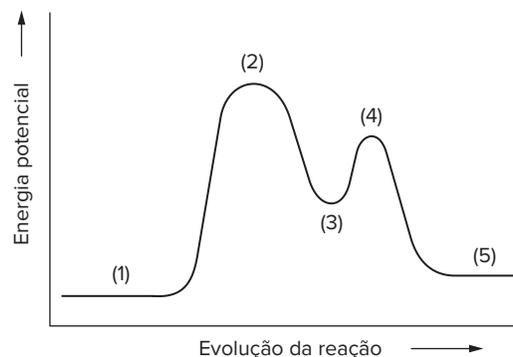
Soma:

26 IME 2014 Considere a reação catalisada descrita pelo mecanismo a seguir.

Primeira etapa: $A + BC \rightarrow AC + B$

Segunda etapa: $AC + D \rightarrow A + CD$

O perfil energético dessa reação segue a representação do gráfico a seguir.



Diante das informações apresentadas, é correto afirmar que

- os intermediários de reação são representados por (2) e (3) e equivalem, respectivamente, aos compostos BC e AC.
- os reagentes, representados por (1), são os compostos A e D.
- o complexo ativado representado por (4) tem estrutura $A - C - D$.
- o produto, representado por (5), é único e equivale ao composto CD.
- a presença do catalisadora A torna a reação exotérmica.

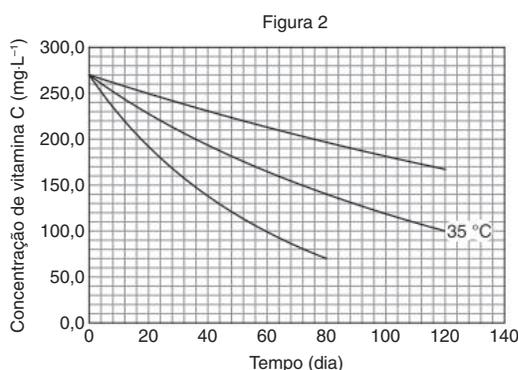
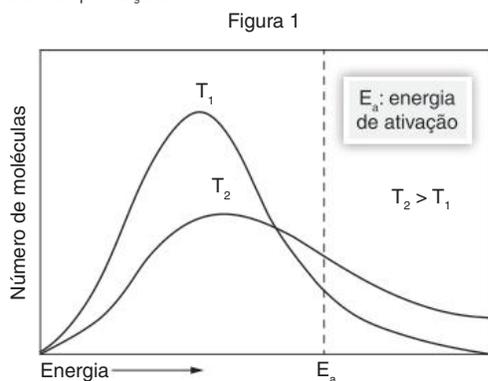
27 Fuvest 2016 A vitamina C, presente em sucos de frutas como a manga, pode sofrer processos de degradação em certas condições. Um pesquisador fez um estudo sobre a degradação da vitamina C contida em sucos de manga comerciais, determinando a variação da concentração dessa vitamina com o tempo, em diferentes temperaturas.

O gráfico da figura 2 representa os dados de degradação da vitamina C em três diferentes temperaturas, 25 °C, 35 °C e 45 °C, estando identificada a curva referente ao experimento realizado a 35 °C.

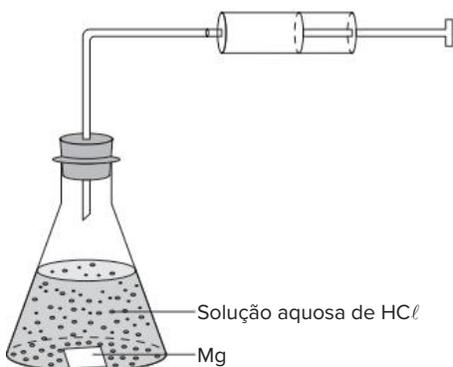
- No estudo a 35 °C a velocidade média de degradação da vitamina C é a mesma nos intervalos de tempo correspondentes aos 30 primeiros dias e aos 30 últimos dias do estudo? Explique, apresentando cálculos das velocidades (em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), para esses dois intervalos de tempo.
O número de moléculas com uma determinada energia cinética varia com a temperatura, conforme está

ilustrado na figura a seguir. Suponha que a figura se refira à energia das moléculas de vitamina C presentes no suco, cujo processo de degradação está sendo estudado nas temperaturas de 35 °C e de 45 °C. Na figura 1, está representada, também, a energia de ativação desse processo de degradação.

- b) Identifique, no gráfico da figura 2, qual das curvas representa os dados da variação da concentração de vitamina C com o tempo, a 45 °C. Justifique sua escolha, utilizando a figura 1 para fundamentar sua explicação.



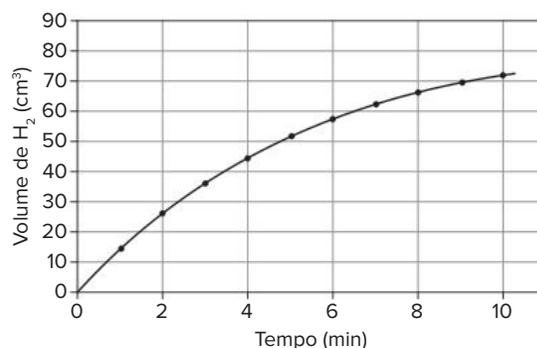
- 28 Fuvest 2014** Investigou-se a velocidade de formação de gás hidrogênio proveniente da reação de Mg metálico com solução aquosa de HCl. Uma solução aquosa de HCl foi adicionada em grande excesso, e de uma só vez, sobre uma pequena chapa de magnésio metálico, colocada no fundo de um erlenmeyer. Imediatamente após a adição, uma seringa, com êmbolo móvel, livre de atrito, foi adaptada ao sistema para medir o volume de gás hidrogênio produzido, conforme mostra o esquema a seguir.



Os dados obtidos, sob temperatura e pressão constantes, estão representados na tabela e no gráfico seguintes.

Tempo (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volume de H ₂ acumulado (cm ³)	0	15	27	36	44	51	57	62	66	69	71

- a) Analisando os dados da tabela, um estudante de Química afirmou que a velocidade de formação do gás H₂ varia durante o experimento. Explique como ele chegou a essa conclusão. Em um novo experimento, a chapa de Mg foi substituída por raspas do mesmo metal, mantendo-se iguais a massa da substância metálica e todas as demais condições experimentais.
- b) No gráfico a seguir, esboce a curva que seria obtida no experimento em que se utilizou raspas de Mg.



- 29 UFPB 2011** O aumento da frota de carros no Brasil tem, como consequência direta, o aumento da emissão de poluentes na atmosfera. A fim de minimizar essa problemática, os carros novos trazem um conversor catalítico, que é colocado no tubo de escapamento. O catalisador usado nesse conversor é formado de superfícies hexagonais com grande área, tipo colmeias, impregnadas com metais Pd, Rh e Mo, onde ocorrem as reações de conversão dos gases de escapamento, conforme ilustrado a seguir.



FELTRE, R. L. *Físico-Química*. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004. v. 3. p. 176. (Adapt.).

A respeito do catalisador automotivo, identifique as afirmativas corretas:

- Aumenta a velocidade da reação de conversão dos reagentes gasosos.
- Aumenta a variação da entalpia de conversão dos reagentes gasosos.
- Apresenta alta eficiência, quando aumenta a emissão de óxido nítrico.
- Diminui a energia de ativação da reação de conversão dos reagentes gasosos.
- Apresenta alta superfície de contato, promovendo maior interação entre os reagentes.

30 Fuvest Um estudante desejava estudar, experimentalmente, o efeito da temperatura sobre a velocidade de uma transformação química. Essa transformação pode ser representada por:



Após uma série de quatro experimentos, o estudante representou os dados obtidos em uma tabela:

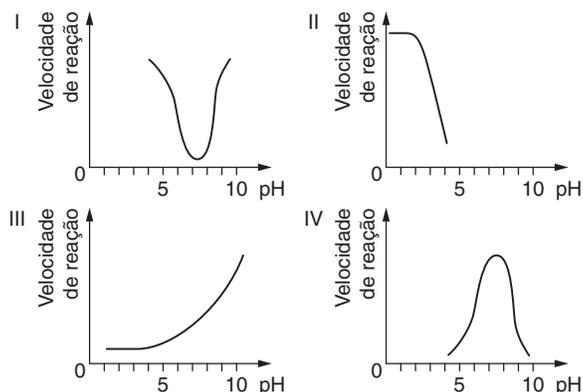
	Número do experimento			
	1	2	3	4
temperatura (°C)	15	20	30	10
massa de catalisador (mg)	1	2	3	4
concentração inicial de A (mol/L)	0,1	0,1	0,1	0,1
concentração inicial de B (mol/L)	0,2	0,2	0,2	0,2
tempo decorrido até que a transformação se completasse (em segundos)	47	15	4	18

Que modificação deveria ser feita no procedimento para obter resultados experimentais mais adequados ao objetivo proposto?

- A Manter as amostras à mesma temperatura em todos os experimentos.
- B Manter iguais os tempos necessários para completar as transformações.
- C Usar a mesma massa de catalisador em todos os experimentos.
- D Aumentar a concentração dos reagentes A e B.
- E Diminuir a concentração do reagente B.

31 Uerj A sacarose é uma importante fonte de glicídios alimentares. Durante o processo digestivo, sua hidrólise é catalisada pela enzima sacarase ou invertase. Em um laboratório, essa hidrólise foi feita por aquecimento, em presença de HCl.

As variações da velocidade de reação da hidrólise da sacarose em função do pH do meio estão mostradas em dois dos gráficos a seguir.



Aqueles que representam a hidrólise catalisada pela enzima e pelo HCl são, respectivamente, os de números:

- A I e II
- B I e III
- C IV e II
- D IV e III

32 Fuvest Em solução aquosa, iodeto de potássio reage com persulfato de potássio ($K_2S_2O_8$). Há formação de iodo e de sulfato de potássio. No estudo cinético desta reação, foram realizadas quatro experiências. Em cada uma delas, foram misturados volumes adequados de soluções-estoque dos dois reagentes, ambas de concentração $4,0 \cdot 10^{-1}$ mol/L e, a seguir, foi adicionada água, até que o volume final da solução fosse igual a 1,00 L. Na tabela 1, estão indicadas as concentrações iniciais dos reagentes, logo após a mistura e adição de água (tempo igual a zero).

Experiência	Concentrações iniciais em mol/L		Temperatura (°C)
	I^-	$S_2O_8^{2-}$	
1	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	25
2	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	25
3	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	25
4	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	35

Tabela 1.

A seguir, está o gráfico correspondente ao estudo cinético citado e, também, a tabela 2 a ser preenchida com os volumes das soluções-estoque e os de água, necessários para preparar as soluções das experiências de 1 a 4.

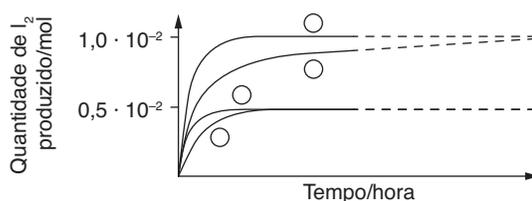
- a) Escreva a equação química balanceada que representa a reação de oxirredução citada.
- b) Preencha a tabela a seguir.
- c) No gráfico, preencha cada um dos círculos com o número correspondente à experiência realizada. Justifique sua escolha com base em argumentos cinéticos e na quantidade de iodo formado em cada experiência.

► **Dados:** velocidade da reação = $\frac{\text{mols de } I_2 \text{ produzido}}{\text{tempo}} = k \cdot C(I^-) \cdot C(S_2O_8^{2-}) =$ concentrações das respectivas espécies químicas, em mol/L

k = constante de velocidade, dependente da temperatura

Experiência	Volume (mL) de		
	Solução-estoque de iodeto de potássio	Solução-estoque de persulfato de potássio	Água
1			
2			
3			
4			

Tabela 2.



- 33 UFRGS 2014** O tempo de meia-vida é definido como o tempo necessário para que a concentração inicial de reagente seja reduzida à metade. Uma reação química do tipo $A \rightarrow B$ tem a concentração do reagente A e a velocidade instantânea de decomposição monitoradas ao longo do tempo, resultando na tabela a seguir.

t (min)	[A] (mol L ⁻¹)	v (mol L ⁻¹ min ⁻¹)
0	1,20	0,0832
5	0,85	0,0590
10	0,60	0,0416
15	0,42	0,0294
20	0,30	0,0208

A ordem dessa reação e o tempo de meia-vida do reagente A são, respectivamente,

- A ordem zero, 5 minutos.
 B primeira ordem, 5 minutos.
 C primeira ordem, 10 minutos.
 D segunda ordem, 5 minutos.
 E segunda ordem, 10 minutos.
- 34 PUC-PR 2015** Analisando as reações a seguir, as quais produzirão gás nitrogênio e água líquida, assinale a alternativa correta.
- Etapa 1) $H_2(g) + NO(g) \rightarrow N_2O(g) + H_2O(l)$ (lenta)
 Etapa 2) $H_2(g) + N_2O(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l)$ (rápida)
- A A reação global é dada pela seguinte reação balanceada: $2 H_2(g) + 2 NO(g) \rightarrow 3 N_2(g) + 2 H_2O(l) + N_2O(g)$.
 B Se mantivermos a concentração do $H_2(g)$ em quantidade de matéria e duplicarmos a concentração em quantidade de matéria do $NO(g)$, a velocidade da reação duplicará.
 C Colocando-se na reação um catalisador, este aumentará a velocidade da reação e será consumido durante a reação.
 D A lei da velocidade é dada por: $V = k \cdot [H_2(g)] \cdot [NO(g)]$
 E Se triplicarmos a concentração em quantidade de matéria do $H_2(g)$ e duplicarmos a concentração do $NO(g)$, a velocidade da reação ficará 12 vezes maior.

35 UFRGS 2017 Uma reação genérica em fase aquosa apresenta a cinética descrita a seguir.



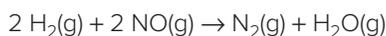
A velocidade dessa reação foi determinada em dependência das concentrações dos reagentes, conforme os dados relacionados a seguir.

[A] (mol L ⁻¹)	[B] (mol L ⁻¹)	v (mol L ⁻¹ min ⁻¹)
0,01	0,01	$3,0 \cdot 10^{-5}$
0,02	0,01	x
0,01	0,02	$6,0 \cdot 10^{-5}$
0,02	0,02	y

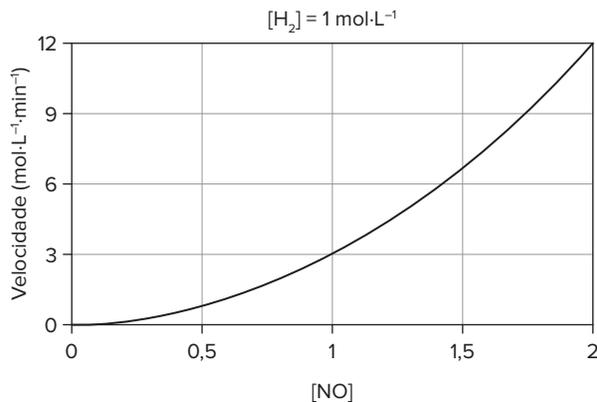
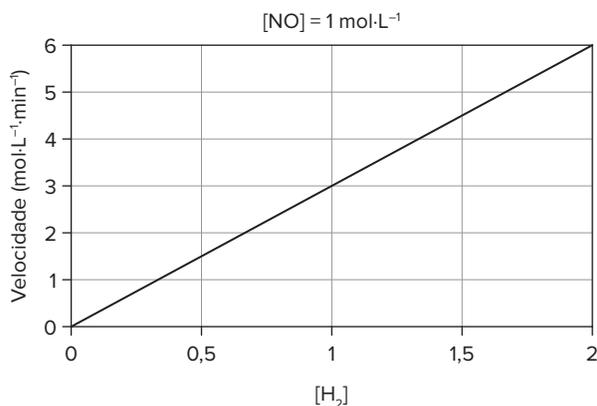
Assinale, respectivamente, os valores de x e y que completam a tabela de modo adequado.

- A $6,0 \cdot 10^{-5}$ e $9,0 \cdot 10^{-5}$
- B $6,0 \cdot 10^{-5}$ e $12,0 \cdot 10^{-5}$
- C $12,0 \cdot 10^{-5}$ e $12,0 \cdot 10^{-5}$
- D $12,0 \cdot 10^{-5}$ e $24,0 \cdot 10^{-5}$
- E $18,0 \cdot 10^{-5}$ e $24,0 \cdot 10^{-5}$

36 Uerj 2014 A reação química entre o gás hidrogênio e o monóxido de nitrogênio, representada a seguir, foi analisada em duas séries de experimentos.

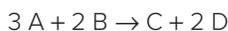


Na primeira série, a velocidade de reação foi medida em função da concentração de hidrogênio, mantendo-se a concentração de monóxido de nitrogênio constante em $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Na segunda série, determinou-se a velocidade em função da concentração de monóxido de nitrogênio, mantendo-se a concentração de hidrogênio constante em $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Os resultados dos experimentos estão apresentados nos gráficos.



Determine a ordem de reação de cada um dos reagentes e calcule o valor da constante cinética.

37 EsPCEX 2012 Os dados da tabela a seguir, obtidos experimentalmente em idênticas condições, referem-se à reação:



Experiência	Concentração de A [A] em mol · L ⁻¹	Concentração de B [B] em mol · L ⁻¹	Velocidade v em mol · L ⁻¹ · min ⁻¹
1	2,5	5,0	5,0
2	5,0	5,0	20,0
3	5,0	10,0	20,0

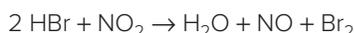
Baseando-se na tabela, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A reação é elementar.
- II. A expressão da velocidade da reação é $v = K \cdot [A]^3 \cdot [B]^2$.
- III. A expressão da velocidade da reação é $v = K \cdot [A]^2 \cdot [B]^0$.
- IV. Dobrando-se a concentração de B, o valor da velocidade da reação não se altera.
- V. A ordem da reação em relação a B é 1 (1ª ordem).

Das afirmações feitas, utilizando os dados apresentados, estão corretas apenas:

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

38 Uerj 2016 Considere a equação química global entre os compostos HBr e NO₂:



Para desenvolver um estudo cinético, foram propostos os mecanismos de reação I e II, descritos na tabela, ambos contendo duas etapas.

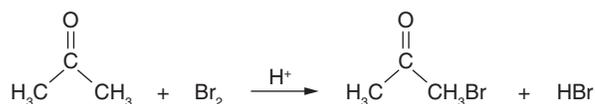
Etapa	Mecanismo	
	I	II
lenta	$\text{HBr} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{HBrO} + \text{NO}$	$2 \text{HBr} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Br}_2$
rápida	$\text{HBr} + \text{HBrO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2$	$\text{H}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$

Realizou-se, então, um experimento no qual foi medida a velocidade da reação em função da concentração inicial dos reagentes, mantendo-se constante a temperatura. Observe os resultados obtidos:

Concentração inicial (mol·L ⁻¹)		Velocidade (mol·L ⁻¹ ·min ⁻¹)
HBr	NO ₂	
0,01	0,01	0,05
0,02	0,01	0,10
0,01	0,02	0,10

Determine a ordem global da reação. Em seguida, indique qual dos dois mecanismos propostos representa essa reação global, justificando sua resposta.

39 Fuvest 2012 Ao misturar acetona com bromo, na presença de ácido, ocorre a transformação representada pela equação química



Dentre as substâncias presentes nessa mistura, apenas o bromo possui cor e, quando este reagente for totalmente consumido, a solução ficará incolor. Assim sendo, a velocidade da reação pode ser determinada medindo-se o tempo decorrido até o desaparecimento da cor, após misturar volumes definidos de soluções aquosas de acetona, ácido e bromo, de concentrações iniciais conhecidas. Os resultados de alguns desses experimentos estão na tabela apresentada a seguir.

- 43 ITA 2014** Velocidades iniciais (v_i) de decomposição de peróxido de hidrogênio foram determinadas em três experimentos (A, B e C), conduzidos na presença de $I^-(aq)$ sob as mesmas condições, mas com diferentes concentrações iniciais de peróxido ($[H_2O_2]_i$), de acordo com os dados a seguir:

Experimento	$[H_2O_2]_i$ (mol · L ⁻¹)	v_i (10 ⁻³ mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)
A	0,750	2,745
B	0,500	1,830
C	0,250	0,915

Com base nestes dados, para a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio:

- escreva a equação estequiométrica que representa a reação.
- indique a ordem desta reação.
- escreva a lei de velocidade da reação.
- determine o valor numérico da constante de velocidade, k .
- indique a função do $I^-(aq)$ na reação.

- 44 UEPG 2012** Uma maneira de se detectar a presença de iodetos em águas salinas é a partir da reação com o peróxido de hidrogênio, conforme equação a seguir:



Utilizando-se essa reação foram realizados experimentos medindo-se o tempo decorrido para a formação de uma mesma concentração de I_2 , variando-se as concentrações iniciais de reagentes, conforme o quadro a seguir:

Experimento	Concentrações iniciais (mol/L)			Tempo da reação (s)
	H_2O_2	I^-	H^+	
I	0,50	0,50	0,50	112
II	0,34	0,50	0,50	174
III	0,50	0,50	0,34	112
IV	0,50	0,34	0,50	170

Com relação aos dados e no que se refere à velocidade da reação, assinale o que for correto.

- 01 É independente da concentração dos íons H^+ .
- 02 Depende apenas da concentração dos íons H^+ .
- 04 Independe da concentração dos reagentes.
- 08 Depende apenas da concentração de H_2O_2 .
- 16 Depende das concentrações de H_2O_2 e de I^- .

Soma:

- 45 UFRGS 2012** A reação

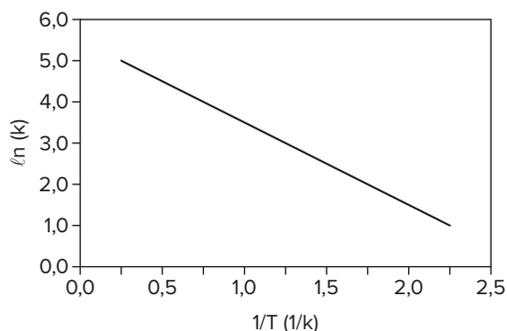


é um processo que segue uma cinética de primeira ordem, e sua constante de velocidade, a 25 °C, é de $1,0 \cdot 10^{-3} s^{-1}$. Partindo-se de uma concentração inicial de $2,00 mol \cdot L^{-1}$ de N_2O_4 , a taxa inicial de formação de NO_2 será

- $1,0 \cdot 10^{-3} mol L^{-1} s^{-1}$.
- $2,0 \cdot 10^{-3} mol L^{-1} s^{-1}$.
- $4,0 \cdot 10^{-3} mol L^{-1} s^{-1}$.
- $8,0 \cdot 10^{-3} mol L^{-1} s^{-1}$.
- $16,0 \cdot 10^{-3} mol L^{-1} s^{-1}$.

51 ITA Qual foi a contribuição de Arrhenius para o entendimento da cinética das reações químicas?

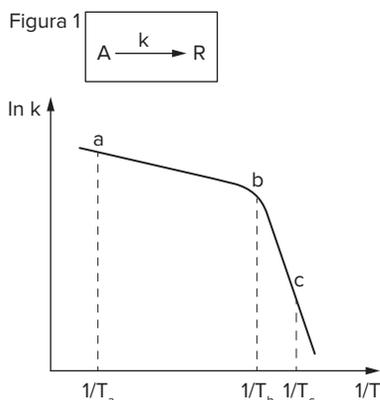
52 ITA A equação de Arrhenius $k = Ae^x$, sendo o expoente $x = -E_a/RT$, mostra a relação de dependência da constante de velocidade (k) de uma reação química com a temperatura (T), em Kelvin (K), a constante universal dos gases (R), o fator pré-exponencial (A) e a energia de ativação (E_a). A curva a seguir mostra a variação da constante de velocidade com o inverso da temperatura absoluta, para uma dada reação química que obedece à equação anterior. A partir da análise deste gráfico, assinale a opção que apresenta o valor da razão E_a/R para essa reação.



- A 0,42
- B 0,50
- C 2,0
- D 2,4
- E 5,5

53 ITA A figura adiante mostra como o valor do logaritmo da constante de velocidade (k) da reação representada pela equação química na figura 1 varia com o recíproco da temperatura.

Considere que, em relação às informações mostradas na figura, sejam feitas as afirmações seguintes:



- I. O trecho a – b da curva mostra a variação de $\ln k$ da reação direta ($A \rightarrow R$) com o recíproco da temperatura, enquanto o trecho b – c mostra como varia $\ln k$ da reação inversa ($R \rightarrow A$) com o recíproco da temperatura.
- II. Para temperaturas menores que T_b , o mecanismo controlador da reação em questão é diferente daquele para temperaturas maiores que T_b .

- III. A energia de ativação da reação no trecho a – b é menor que a no trecho b – c.
- IV. A energia de ativação da reação direta ($A \rightarrow R$) é menor que a da reação inversa ($R \rightarrow A$).

Das afirmações acima, está(ão) correta(s)

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

54 IME 2016 A reação de Sabatier-Sanderens consiste na hidrogenação catalítica de alcenos ou de alcinos com níquel, para a obtenção de alcanos. Considerando a reação de hidrogenação do acetileno, um engenheiro químico obteve os seguintes resultados:

Tempo (min)	[Acetileno], mol/L	[Hidrogênio], mol/L	[Etano], mol/L
0	50	60	0
4	38	36	12
6	35	30	15
10	30	20	20

A partir dessas informações, determine:

- a) a velocidade média da reação no período de 4 (quatro) a 6 (seis) minutos;
- b) a relação entre a velocidade média de consumo do acetileno e a velocidade média de consumo do hidrogênio;
- c) o efeito do aumento da temperatura de reação na constante de velocidade, considerando a equação de Arrhenius.

55 ITA 2016 A respeito de reações químicas descritas pela equação de Arrhenius, são feitas as seguintes proposições:

- I. Para reações bimoleculares, o fator pré-exponencial na equação de Arrhenius é proporcional à frequência de colisões, efetivas ou não, entre as moléculas dos reagentes.
- II. O fator exponencial na equação de Arrhenius é proporcional ao número de moléculas cuja energia cinética relativa é maior ou igual à energia de ativação da reação.
- III. Multiplicando-se o negativo da constante dos gases ($-R$) pelo coeficiente angular da reta $\ln k$ versus $1/T$ obtém-se o valor da energia de ativação da reação.
- IV. O fator pré-exponencial da equação de Arrhenius é determinado pela intersecção da reta $\ln k$ versus $1/T$ com o eixo das abscissas.

Das proposições acima, está(ão) ERRADA(S)

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

- 56 ITA 2017** A reação química genérica $X \rightarrow Y$ tem lei de velocidade de primeira ordem em relação ao reagente X. À medida que a reação ocorre a uma temperatura constante, é ERRADO afirmar que
- A a constante de velocidade da reação não se altera.
 - B o tempo de meia-vida do reagente X permanece constante.
 - C a energia de ativação da reação não se altera.
 - D a velocidade da reação permanece constante.
 - E a ordem de reação não se altera.

- 57 IME 2017** Um primeiro estudo da cinética da reação $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ foi feito a 250 K, fornecendo os dados da tabela a seguir:

$[\text{SO}_2]$, mol/L	$[\text{O}_3]$, mol/L	Taxa, mol/(L·s)
0,25	0,40	0,118
0,25	0,20	0,118
0,75	0,20	1,062

Um segundo estudo foi então realizado a 400 K, fornecendo:

$[\text{SO}_2]$, mol/L	$[\text{O}_3]$, mol/L	Taxa, mol/(L·s)
0,50	0,30	1,425

Com base nesses dados, estime a energia de ativação da referida reação.



FRENTE 3

CAPÍTULO

5

Equilíbrios químicos I

Nos equilíbrios químicos, os fenômenos direto e inverso se equivalem, mas não param de ocorrer, apenas acontecem com as mesmas velocidades.

Reações reversíveis

Os fenômenos químicos podem ser reversíveis. Assim como existe a possibilidade de choques efetivos entre as partículas dos reagentes, nada impede que ocorram choques efetivos entre as partículas dos produtos. A consequência disso é a ocorrência simultânea dos fenômenos direto e inverso. Não que eles aconteçam com as mesmas energias de ativação nem com as mesmas velocidades, mas a tendência natural é que as velocidades desses dois fenômenos se igualem a partir de certo momento. Em alguns casos, o caminho pelo qual os produtos se transformam em reagentes não é necessariamente o mesmo da reação direta. Como exemplo, podemos citar a queima e a formação da glicose, uma vez que a queima da glicose não ocorre pelo mesmo caminho de seu fenômeno inverso, que é a fotossíntese. Em situações como essa, os fenômenos direto e inverso não ocorrem sequer no mesmo meio reacional, o que impossibilita o sistema de entrar em equilíbrio.

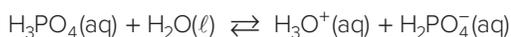
Trataremos, neste capítulo, de sistemas reacionais em que os fenômenos direto e inverso ocorrem no mesmo meio reacional. Para tanto, esse meio deve ser um sistema fechado, ou seja, que não troca matéria com as suas vizinhanças. A condição de sistema fechado deve ser satisfeita para que as substâncias não escapem para o meio externo, o que impossibilitaria a ocorrência dos choques efetivos que permitiriam a ocorrência do fenômeno inverso. Veja o exemplo a seguir:



Caso o fenômeno representado pela equação anterior ocorra em recipiente aberto, o CO_2 produzido, por ser gasoso, escapa para o meio externo, não havendo mais a possibilidade de choque de suas moléculas com o composto CaO , fato que impede a ocorrência da reação inversa. Entretanto, se o mesmo fenômeno ocorre em recipiente fechado, o CO_2 produzido continua no meio reacional e, assim, existe a possibilidade de ocorrência de choques efetivos com o CaO e, conseqüentemente, a do fenômeno inverso.

Para que um fenômeno químico seja reversível, é preciso que o sistema seja fechado, isto é, não troque matéria com o meio externo.

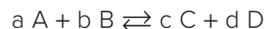
É preciso que não se confunda recipiente fechado com sistema fechado. É perfeitamente possível que um sistema fechado esteja em um recipiente aberto. Por exemplo, ácido fosfórico adicionado à água em um copo de béquer é um sistema fechado em um recipiente aberto. Nesse caso, ocorrem os fenômenos direto e inverso mostrados na equação a seguir:



Apesar de o copo de béquer ser um recipiente aberto, as espécies H_3PO_4 , H_3O^+ e H_2PO_4^- não saem do meio aquoso. Dessa forma, se o sistema é o meio aquoso,

não há troca de matéria com o meio externo. Portanto, o sistema é fechado.

Feitas essas considerações iniciais, vamos supor uma reação genérica, em sistema fechado, dada pela equação:



Como vemos, o símbolo (\rightarrow ou \leftarrow) indica que o fenômeno ocorre nos dois sentidos e é, portanto, reversível. As letras minúsculas a , b , c e d representam os coeficientes estequiométricos, enquanto as letras A , B , C e D representam as substâncias químicas que participam do fenômeno. O fenômeno representado por (\rightarrow) é chamado de reação direta, que será indicada pelo índice 1, enquanto o fenômeno representado por (\leftarrow) é chamado de reação inversa, que será indicada pelo índice 2.

Portanto, supondo que as reações direta e inversa sejam elementares, teremos, pela lei da ação das massas:

$$v_1 = k_1 \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b$$

$$v_2 = k_2 \cdot [\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d$$

No início do fenômeno, a não ser que se diga explicitamente o contrário, temos apenas os reagentes representados por A e B . Assim, no instante inicial, $[\text{A}]$ e $[\text{B}]$ são máximas, enquanto $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ são nulas. Com isso, segundo as equações apresentadas, v_1 é máxima, e v_2 é nula.

Com o passar do tempo, as substâncias A e B vão se transformando, gradativamente, em C e D . Assim, $[\text{A}]$ e $[\text{B}]$ vão diminuindo devido ao consumo dos reagentes, enquanto $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ vão aumentando devido à formação dos produtos. Pela lei da ação das massas, v_1 vai gradativamente diminuindo, e v_2 aumentando. Mas enquanto v_1 for maior do que v_2 , a velocidade resultante ocorre no sentido direto, consumindo mais A e B e produzindo mais C e D . Conseqüentemente, enquanto v_1 for maior do que v_2 , a velocidade v_1 só diminuirá, enquanto v_2 só aumentará. Inevitavelmente, haverá um momento em que v_1 e v_2 serão iguais e, neste, a velocidade resultante do processo será nula. Na mesma velocidade em que as substâncias são consumidas e produzidas pelo processo 1, elas serão, respectivamente, produzidas e consumidas pelo processo 2, com as mesmas velocidades. Assim, $[\text{A}]$, $[\text{B}]$, $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ permanecerão constantes e, segundo a lei de Guldberg-Waage, v_1 e v_2 também não serão mais alteradas. Nesse instante, temos a impressão macroscópica de que o fenômeno parou de ocorrer. A partir de então, o sistema está em **equilíbrio químico**, e passa a ser descrito na equação química por (\rightleftharpoons).

Ao contrário do que nossos sentidos acusam, o equilíbrio químico não é estático, mas, sim, dinâmico, porque os fenômenos direto e inverso não param de acontecer, apenas passam a ocorrer com as mesmas velocidades. Se aos nossos olhos a reação parou de acontecer, microscopicamente seria possível observar os fenômenos direto e inverso ocorrendo simultaneamente, anulando-se. Veja o que ocorre nos gráficos a seguir:

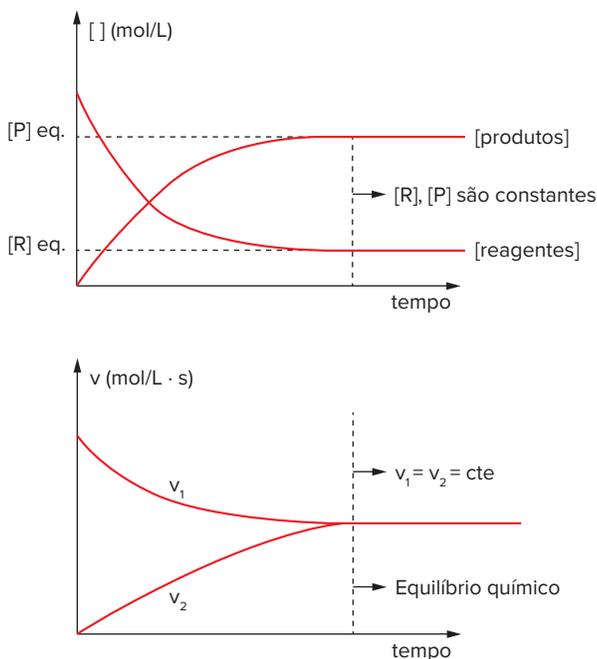
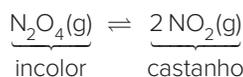


Fig. 1 Gráficos de concentração e velocidade no tempo.

O ponto final de equilíbrio não se altera, desde que a temperatura não se altere e as condições iniciais sejam estequiometricamente equivalentes. Observe o exemplo:



A coloração de um sistema contendo os gases N_2O_4 e NO_2 depende da concentração de $\text{NO}_2(\text{g})$. Quando se parte de um sistema com concentração molar inicial de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ de 0,1 mol/L a 25 °C, obtém-se um sistema com a mesma coloração de outro sistema em que se parte de $\text{NO}_2(\text{g})$ de 0,2 mol/L a 25 °C. Isso ocorre porque a temperatura é a mesma e as concentrações iniciais são estequiometricamente equivalentes. Nesse caso, se observássemos ambos os sistemas depois que atingiram a situação de equilíbrio, seria impossível identificar a condição de partida de cada um deles.

Grau de equilíbrio (α)

Para que um sistema reacional entre em equilíbrio, é necessário que uma determinada porcentagem de reagente se converta em produto. Essa porcentagem varia segundo a reação, sua condição inicial e a temperatura em que a reação ocorre.

Grau de equilíbrio (α) é a porcentagem de reagente limitante que efetivamente se converte em produto para que o sistema entre em equilíbrio.

Com essa definição, é possível elaborarmos uma importantíssima tabela, em que podemos observar a condição inicial, o que reage e a condição final de equilíbrio.

Para tanto, observe os exercícios a seguir.

Exercícios resolvidos

1 Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(\text{g}) +$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2		
Reagiu			
Equilíbrio			

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(\text{g}) +$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2	0	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 40% de 0,2 mol/L de $\text{PCl}_5(\text{g})$, o que equivale a perder 0,08 mol/L de $\text{PCl}_5(\text{g})$. Na linha da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos, lembrando que os reagentes são consumidos e os produtos são formados. Logo:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(\text{g}) +$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2	0	0
Reagiu	-0,08	+0,08	+0,08
Equilíbrio			

A linha do equilíbrio é obtida a partir da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(\text{g}) +$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2	0	0
Reagiu	-0,08	+0,08	+0,08
Equilíbrio	0,12	0,08	0,08

2 Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 60\%$)	$\text{N}_2(\text{g}) +$	$\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons$	$2\text{NO}(\text{g})$
Início	0,3	0,2	
Reagiu			
Equilíbrio			

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g) +$	$O_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NO(g)$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 60% de 0,2 mol/L de $O_2(g)$, o que equivale a perder 0,12 mol/L desse reagente. A porcentagem deve ser aplicada ao reagente limitante que, nesse caso, é o gás oxigênio, já que ele seria totalmente consumido se a reação tivesse rendimento de 100%. Na linha da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos. Logo:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g) +$	$O_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NO(g)$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu	-0,12	-0,12	+0,24
Equilíbrio			

A linha do equilíbrio é obtida a partir da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g) +$	$O_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NO(g)$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu	-0,12	-0,12	+0,24
Equilíbrio	0,18	0,08	0,24

3 Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g) +$	$3 H_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NH_3(g)$
Início	0,3	0,6	
Reagiu			
Equilíbrio			

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g) +$	$3 H_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NH_3(g)$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 50% de 0,6 mol/L de $H_2(g)$, o que equivale a perder 0,3 mol/L de $H_2(g)$. A porcentagem deve ser aplicada ao reagente limitante que, nesse caso, é o gás hidrogênio, já que ele seria totalmente consumido se a reação tivesse rendimento de 100%. Na linha

da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos. Logo:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g) +$	$3 H_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NH_3(g)$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu	-0,10	-0,30	+0,20
Equilíbrio			

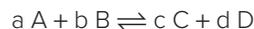
A linha do equilíbrio é obtida a partir da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g) +$	$3 H_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NH_3(g)$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu	-0,10	-0,30	+0,20
Equilíbrio	0,20	0,30	0,20

Constantes de equilíbrio

Constante de equilíbrio em termos de concentrações: (K_C)

Quando o equilíbrio químico é atingido, sabemos que a velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa. Portanto, para o fenômeno genérico descrito pela equação:



Pela lei da ação das massas, como foi visto anteriormente, no equilíbrio teremos:

$$v_1 = v_2 \therefore k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d \therefore \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Como k_1 e k_2 são valores constantes, a razão $\frac{k_1}{k_2}$

também é um valor constante, chamado de **constante de equilíbrio**. Nesse caso, como a expressão está em função das concentrações das substâncias, ela é chamada de constante de equilíbrio em termos de concentrações e representada por K_C . De fato:

$$K_C = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Constante de equilíbrio em termos de pressões parciais: (K_P)

Assim como a lei da ação das massas pode expressar a velocidade em termos das concentrações dos reagentes, ela também pode ser expressa pela pressão parcial dos reagentes, já que entre concentração molar e pressão parcial existe uma relação que pode ser deduzida a partir da equação de Clapeyron:

$$P_X \cdot V = n_X \cdot R \cdot T \therefore P_X = \frac{n_X}{V} \cdot R \cdot T \therefore P_X = [X] \cdot R \cdot T$$

A constante de equilíbrio em termos de pressões parciais é dada por:

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b}$$

Entre as constantes K_C e K_p , existe uma relação que pode ser deduzida como mostrado a seguir:

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b} \therefore K_p = \frac{([C] \cdot R \cdot T)^c \cdot ([D] \cdot R \cdot T)^d}{([A] \cdot R \cdot T)^a \cdot ([B] \cdot R \cdot T)^b} \therefore K_p = \left(\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \right) (RT)^{(c+d)-(a+b)} \therefore K_p = K_C (RT)^{\Delta n}$$

Para o caso particular em que $\Delta n = 0$, temos $K_p = K_C$.

Generalidades das constantes de equilíbrio

Apesar de termos estudado apenas duas constantes de equilíbrio até aqui, existem, na realidade, oito constantes de equilíbrio a saber: K_C , K_p , K_a , K_b , K_i , K_w , K_h e K_{ps} . Todas elas apresentam características comuns, gerais a todas essas constantes. Essas propriedades são:

- **Para a constante K_p , as pressões devem ser dadas em atm (condição padrão antiga) ou bar (condição padrão atual).** Para substâncias gasosas, as atividades químicas são aproximadamente as pressões parciais dessas substâncias, desde que dadas em atm/bar. Entretanto, algumas questões de vestibular explicitam, erroneamente, que o valor de K_p dado é para pressões em mmHg. Se não houver nenhuma informação sobre a unidade de pressão, é porque ela é atm/bar.
- **As constantes de equilíbrio são adimensionais.** Observando as expressões das constantes de equilíbrio, podemos ter a impressão de que as constantes têm dimensões $(\text{mol/L})^{\Delta n}$, $(\text{atm})^{\Delta n}$ ou ainda $(\text{bar})^{\Delta n}$. Entretanto, é importante dizer que as constantes de equilíbrio dependem das atividades químicas das substâncias, que são números adimensionais. Essas atividades químicas são aproximadamente as concentrações molares das substâncias em solução ou as pressões parciais das substâncias se estiverem na fase gasosa. Infelizmente, algumas questões, erroneamente, expressam constantes de equilíbrio com dimensão.
- **A concentração molar ou pressão parcial de substâncias sólidas não entram na expressão das constantes de equilíbrio.** As substâncias sólidas têm variações de quantidade na medida em que a reação ocorre, mas as concentrações desses sólidos se mantêm constantes. Suponha que uma substância, no estado sólido, tenha um número de mols n em um volume V , conforme vemos na figura a seguir:

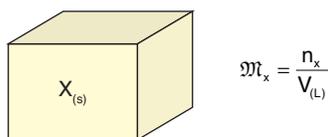


Fig. 2 Amostra de substância sólida e cálculo de sua concentração molar.

Se, em um determinado instante, metade do sólido foi consumida, então teremos uma sobra de $\frac{n}{2}$ mols em um volume $\frac{V}{2}$, conforme mostrado na figura a seguir:

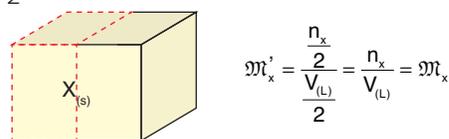
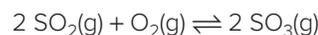


Fig. 3 Amostra de substância sólida e cálculo de sua concentração molar.

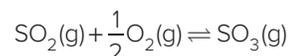
Percebemos, portanto, que a concentração molar de uma substância sólida não se altera com o decorrer da reação, porque a variação de sua quantidade é proporcional à variação de seu volume. Em virtude disso, a concentração molar de sólidos não faz parte da lei da ação das massas, nem tampouco da expressão que calcula a constante de equilíbrio.

Da mesma forma, se uma substância contida em um meio reacional reversível for o único líquido em meio a outras substâncias gasosas, então sua concentração molar também não varia com o decorrer da reação. Portanto, não entra no cálculo da constante de equilíbrio. Entretanto, se o meio reacional for composto de uma mistura de líquidos miscíveis entre si, todos eles têm suas concentrações variáveis com o decorrer da reação. Portanto, as concentrações de todas as substâncias devem entrar no cálculo da constante de equilíbrio. É o que ocorre em reações de esterificação.

- **As constantes de equilíbrio medem a espontaneidade da reação direta a partir das condições termodinamicamente padrão.** Se dois meios reacionais distintos tiverem reagentes e produtos em solução com concentração molar de 1 mol/L ou forem gasosos com pressão parcial de 1 atm/bar, então será mais espontânea a reação direta com maior constante de equilíbrio.
- **Para uma determinada equação química, a constante de equilíbrio só varia com a temperatura.** Nesse caso, é importante dizer que reação química é diferente de equação química. Uma reação química pode ser representada por diferentes equações químicas. Como exemplo, a oxidação do dióxido de enxofre pode ser representada por:



bem como por:



A reação representada pelas equações anteriores é a mesma, mas a constante K_C para a primeira equação é dada por:

$$K_{C,I} = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

Enquanto, para a segunda equação, é dada por:

$$K_{C,II} = \frac{[\text{SO}_3]}{[\text{SO}_2] \cdot [\text{O}_2]^{1/2}}$$

Para uma mesma reação, quando se multiplica uma equação por δ , a constante de equilíbrio deve ser elevada a δ .

Portanto, uma reação química pode ter diferentes constantes de equilíbrio a uma temperatura, porque pode ser representada por equações com diferentes balanceamentos. Entretanto, para uma **equação química**, a constante de equilíbrio só varia com a temperatura. Quando não se fornece a equação química da reação, devemos considerar as substâncias mencionadas com os menores coeficientes inteiros possíveis.

- **A presença de um catalisador não altera a constante de equilíbrio.** Como um catalisador diminui da mesma forma a energia de ativação da reação direta e da reação inversa, a condição final de equilíbrio não é alterada. Mas devemos salientar que o aumento das velocidades das reações direta e inversa, pela presença do catalisador, faz com que se atinja a mesma situação de equilíbrio em um tempo menor. Observe nos gráficos a seguir:

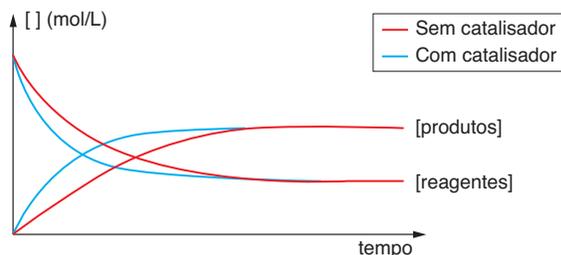


Fig. 4 Gráfico de concentração versus tempo na ausência e na presença de um catalisador.

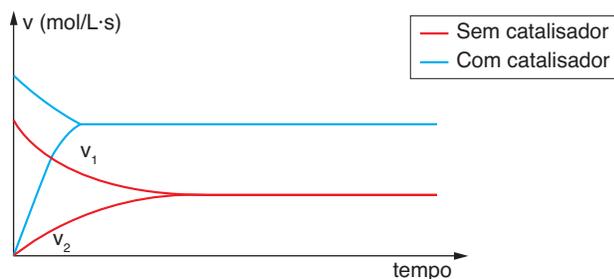


Fig. 5 Gráfico de velocidade versus tempo na ausência e na presença de um catalisador.

- **Tudo o que foi deduzido em equilíbrios químicos para reações elementares vale para reações não elementares.** A expressão da constante de equilíbrio é sempre uma razão entre produtos e reagentes da reação global, independentemente dos fenômenos direto e inverso serem ou não elementares. Isso ocorre porque a constante de equilíbrio é função apenas dos estados inicial e final, independentemente do caminho que se percorre entre eles.

Exercícios resolvidos

- 4 Calcule as constantes de equilíbrio em termos de concentrações e de pressões parciais para:
- exercício resolvido 1;
 - exercício resolvido 2;
 - exercício resolvido 3.

Resolução:

a) A tabela final obtida para o exercício 1 foi:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(\text{g}) +$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Início	0,2	0	0
Reagiu	-0,08	+0,08	+0,08
Equilíbrio	0,12	0,08	0,08

A constante K_C é dada por:

$$K_C = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} \therefore K_C = \frac{0,08 \cdot 0,08}{0,12} \therefore K_C = 5,33 \cdot 10^{-2}$$

A constante K_p , a uma temperatura T, é dada por:

$$K_p = 5,33 \cdot 10^{-2} (\text{RT})^{(2-1)} \therefore K_p = 5,33 \cdot 10^{-2} (\text{RT})$$

b) A tabela final obtida para o exercício 2 foi:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g) +$	$O_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NO(g)$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu	-0,12	-0,12	+0,24
Equilíbrio	0,18	0,08	0,24

A constante K_C é dada por:

$$K_C = \frac{[NO]^2}{[N_2] \cdot [O_2]} \therefore K_C = \frac{0,24^2}{0,18 \cdot 0,08} \therefore K_C = 4$$

A constante K_p , a uma temperatura T, é dada por:

$$K_p = 4(RT)^{(2-2)} \therefore K_p = 4$$

c) A tabela final obtida para o exercício 3 foi:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g) +$	$3 H_2(g) \rightleftharpoons$	$2 NH_3(g)$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu	-0,10	-0,30	+0,20
Equilíbrio	0,20	0,30	0,20

A constante K_C é dada por:

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} \therefore K_C = \frac{0,2^2}{0,2 \cdot 0,3^3} \therefore K_C = 7,41$$

A constante K_p , a uma temperatura T, é dada por:

$$K_p = 7,41(RT)^{(2-4)} \therefore K_p = \frac{7,41}{(RT)^2}$$

5 Para cada uma das equações a seguir, escreva a expressão de K_C :

- $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$
- $CH_3COOH(l) + CH_3OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOCH_3(l) + H_2O(l)$
- $Fe_2O_3(s) + 3 CO(g) \rightleftharpoons 2 Fe(s) + 3 CO_2(g)$
- $X(l) \rightleftharpoons 2 Y(g) + Z(g)$

Resolução:

Sólidos não entram nas expressões das constantes de equilíbrio. Substâncias líquidas, quando representam a única heterogeneidade do sistema, não variam suas concentrações molares com o tempo e, portanto, também não entram na constante de equilíbrio.

- $K_C = [CO_2]$
- $K_C = \frac{[CH_3COOCH_3] \cdot [H_2O]}{[CH_3COOH] \cdot [CH_3OH]}$
- $K_C = \frac{[CO_2]^3}{[CO]^3}$
- $K_C = [Y]^2 \cdot [Z]$

6 Para a reação de equação $2 NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2 NO_2(g)$, a constante de equilíbrio K_C é igual a $1,8 \cdot 10^{-6}$, a 25 °C. Para cada uma das situações propostas, diga se o sistema está ou não em equilíbrio. Em caso negativo, diga para qual sentido a reação deve ocorrer efetivamente para que o sistema entre em equilíbrio.

- $[NO] = 0,1 \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,05 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 3 \cdot 10^{-5} \frac{mol}{L}$
- $[NO] = 2 \cdot 10^{-2} \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,1 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 8 \cdot 10^{-4} \frac{mol}{L}$
- $[NO] = 0,24 \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,03 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 2 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{L}$
- $[NO] = 0,01 \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,2 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 6 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{L}$

Resolução:

Primeiro, definiremos Q_C como quociente das concentrações. Q_C e K_C têm as mesmas expressões, com a diferença de que as concentrações em Q_C podem ser quaisquer umas, enquanto as concentrações em K_C só podem ser as da situação de equilíbrio.

$$\text{se } Q_C \begin{cases} > K_C \Rightarrow \text{O sistema passou do ponto de equilíbrio} \\ = K_C \Rightarrow \text{O sistema está em equilíbrio} \\ < K_C \Rightarrow \text{O sistema ainda não atingiu o ponto de equilíbrio} \end{cases}$$

Se o sistema já passou do ponto de equilíbrio, a reação deve caminhar no sentido inverso para que se atinja a situação de equilíbrio. Se o sistema ainda não atingiu o ponto de equilíbrio, a reação deve caminhar no sentido direto para que se atinja a situação de equilíbrio.

$$\text{a) } Q_C = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_C = \frac{(3 \cdot 10^{-5})^2}{(0,1)^2 \cdot (0,05)} \therefore Q_C = 1,8 \cdot 10^{-6} = K_C$$

O sistema está em equilíbrio.

$$\text{b) } Q_C = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_C = \frac{(8 \cdot 10^{-4})^2}{(2 \cdot 10^{-2})^2 \cdot (0,1)} \therefore Q_C = 1,6 \cdot 10^{-2} > K_C$$

O sistema não está em equilíbrio e, para atingi-lo, a reação deve caminhar no sentido inverso.

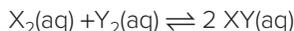
$$\text{c) } Q_C = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_C = \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2}{(0,24)^2 \cdot (0,03)} \therefore Q_C = 2,31 \cdot 10^{-9} < K_C$$

O sistema não está em equilíbrio e, para atingi-lo, a reação deve caminhar no sentido direto.

$$\text{d) } Q_C = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} \therefore Q_C = \frac{(6 \cdot 10^{-6})^2}{(0,01)^2 \cdot (0,2)} \therefore Q_C = 1,8 \cdot 10^{-6} = K_C$$

O sistema está em equilíbrio.

7 Seja uma reação em equilíbrio de equação:



No instante inicial, tem-se uma mistura equimolar dos reagentes, com 2 mol de cada um em um volume de solução de 10 L, que se mantém inalterado até o fim do processo. A constante de equilíbrio em termos de concentrações na temperatura em que o fenômeno ocorre vale 49. Qual a composição molar do sistema no equilíbrio?

Resolução:

Esse é um problema bastante comum e de altíssima incidência nos vestibulares. Para resolvê-lo, devemos montar a tabela que aprendemos nos exercícios anteriores, com os dados do problema em mols:

	$\text{X}_2(\text{aq}) +$	$\text{Y}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons$	$2 \text{XY}(\text{aq})$
Início	2	2	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Como não sabemos a quantidade de reagentes que efetivamente irão se converter em produtos, vamos supor que x mols de $\text{X}_2(\text{aq})$ devem reagir para que o sistema atinja o equilíbrio. Além disso, não devemos nos esquecer de que a linha da reação deve obedecer à proporção dos coeficientes estequiométricos. Para obtermos a linha do equilíbrio, basta somarmos a linha de início e a linha da reação. Portanto:

	$\text{X}_2(\text{aq}) +$	$\text{Y}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons$	$2 \text{XY}(\text{aq})$
Início	2	2	0
Reagiu	$-x$	$-x$	$+2x$
Equilíbrio	$(2 - x)$	$(2 - x)$	$2x$

Substituindo na expressão de K_C , temos:

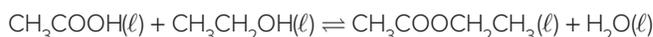
$$K_C = \frac{[XY]^2}{[X_2] \cdot [Y_2]} \therefore 49 = \frac{\left(\frac{2x}{10}\right)^2}{\left(\frac{2-x}{10}\right) \cdot \left(\frac{2-x}{10}\right)} \therefore 7^2 = \left(\frac{2x}{2-x}\right)^2 \therefore$$

$$\therefore 14 - 7x = 2x \therefore x = \frac{14}{9}$$

Portanto, no equilíbrio, a composição molar é dada por:

$$n_{X_2} = n_{Y_2} = \frac{4}{9} \text{ mol e } n_{XY} = \frac{28}{9} \text{ mol}$$

8 Considere a reação de esterificação dada pela equação:



Partindo-se de 1 mol/L de cada um dos reagentes, obtém-se um grau de equilíbrio, na temperatura ambiente, de 60%. Depois de estabelecido o equilíbrio, acrescenta-se álcool etílico, até produzir um aumento de 0,4 mol/L na sua concentração. A temperatura não se alterou. Quais as concentrações de todas as substâncias no momento do equilíbrio?

Resolução:

Primeiro, devemos construir a tabela para podermos calcular a constante K_C na temperatura do problema.

($\alpha = 60\%$)	$\text{CH}_3\text{COOH}(\ell) +$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell) \rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\ell)$	$+\text{H}_2\text{O}(\ell)$
Início	1	1	0	0
Reagiu	-0,6	-0,6	+0,6	+0,6
Equilíbrio	0,4	0,4	0,6	0,6

Calculando-se o K_C , temos:

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]} \therefore K_C = \frac{(0,6) \cdot (0,6)}{(0,4) \cdot (0,4)} \therefore$$

$$\therefore K_C = 2,25$$

Agora que o sistema já atingiu o equilíbrio, produz-se um aumento de 0,4 mol/L na concentração de álcool. Com isso, temos:

($\alpha = 60\%$)	$\text{CH}_3\text{COOH}(\ell) +$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell) \rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\ell)$	$+\text{H}_2\text{O}(\ell)$
Início	0,4	0,8	0,6	0,6
Reagiu	-y	-y	+y	+y
Equilíbrio	0,4 - y	0,8 - y	0,6 + y	0,6 + y

Como a temperatura não se alterou, a constante de equilíbrio se mantém. Assim:

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]} \therefore$$

$$\therefore 2,25 = \frac{(0,6 + y) \cdot (0,6 + y)}{(0,4 - y) \cdot (0,8 - y)} \therefore$$

$$\therefore 2,25(0,32 - 1,2y + y^2) = 0,36 + 1,2y + y^2 \therefore$$

$$\therefore 1,25y^2 - 3,9y + 0,36 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y' = 3,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (não convém)} \\ y'' = 0,095 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (convém)} \end{array} \right.$$

Logo, no equilíbrio final, temos:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,305 \text{ mol/L}, [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = 0,705 \text{ mol/L}, [\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,695 \text{ mol/L}$$

Há, ainda, outra maneira de se terminar o problema. Para a situação final de equilíbrio, não faz diferença adicionar 0,4 mol/L após o estabelecimento do primeiro equilíbrio ou logo no início do processo. Portanto:

	$\text{CH}_3\text{COOH}(\ell) +$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell) \rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\ell)$	$+ \text{H}_2\text{O}(\ell)$
Início	1	1,4	0	0
Reagiu	-z	-z	+z	+z
Equilíbrio	1 - z	1,4 - z	z	z

Pela expressão do K_C , temos:

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]} \therefore$$

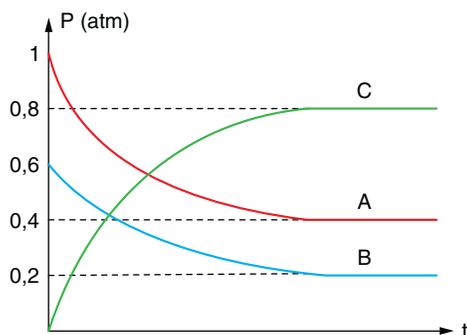
$$\therefore 2,25 = \frac{(z) \cdot (z)}{(1-z) \cdot (1,4-z)} \therefore 3,15 - 5,4z + 2,25z^2 = z^2$$

$$\therefore 1,25z^2 - 5,4z + 3,15 = 0 \therefore$$

$$\left\{ \begin{array}{l} z' = 3,625 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (não convém)} \\ z'' = 0,695 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (convém)} \end{array} \right.$$

Esse resultado nos conduz às mesmas concentrações finais que já foram calculadas anteriormente.

- 9 O gráfico a seguir mostra as variações das pressões parciais (em atm) de três substâncias A, B e C, todas gasosas, com o tempo.



Qual o valor da constante em termos de concentração (K_C), a uma temperatura T?

Resolução:

Essa é uma questão que exige bastante atenção! Existe uma tentação muito forte de se olhar apenas para a situação de equilíbrio, o que conduz a erros graves. O correto, nesse caso, é analisarmos o gráfico desde a situação inicial até o equilíbrio. Primeiro, como não foi dada a equação da reação, devemos considerar que A e B são reagentes, pois, com o decorrer da reação, estão sendo consumidos. Analogamente, C é produto, pois sua concentração está aumentando com o tempo. Construindo a tabela a partir do gráfico, temos:

	$\text{A}(\text{g}) +$	$\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{C}(\text{g})$
Início	1	0,6	0
Reagiu			
Equilíbrio	0,4	0,2	0,8

A linha de início somada à linha da reação tem como resultado a linha de equilíbrio.

	$\text{A}(\text{g}) +$	$\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{C}(\text{g})$
Início	1	0,6	0
Reagiu	-0,6	-0,4	+0,8
Equilíbrio	0,4	0,2	0,8

A linha da reação tem a mesma proporção dos coeficientes estequiométricos. Portanto, a equação da reação é dada por:



Calculando o K_p , temos:

$$K_p = \frac{(P_C)^4}{(P_A)^3 \cdot (P_B)^2} \therefore K_p = \frac{(0,8)^4}{(0,4)^3 \cdot (0,2)^2} \therefore K_p = 160$$

$$\text{Mas } K_p = K_C (\text{RT})^{\Delta n} \therefore 160 = K_C (\text{RT})^{-1} \therefore K_C = 160(\text{RT})$$

10 Qual o valor de K_C para o equilíbrio dado por



em que α é o grau de equilíbrio, P é a pressão total do sistema no equilíbrio, R é a constante dos gases e T é a temperatura em Kelvin?

Resolução:

No início, temos uma pressão inicial desconhecida de amônia, que chamaremos de P_0 . Construindo a tabela, temos:

α	$2 \text{ NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons$	$\text{N}_2(\text{g})$	$+ 3 \text{ H}_2(\text{g})$
Início	P_0	0	0
Reagiu	$-\alpha P_0$	$+\frac{\alpha P_0}{2}$	$+\frac{3\alpha P_0}{2}$
Equilíbrio	$P_0 - \alpha P_0$	$+\frac{\alpha P_0}{2}$	$+\frac{3\alpha P_0}{2}$

Calculando o K_p , temos:

$$K_p = \frac{(P_{\text{N}_2}) \cdot (P_{\text{H}_2})^3}{(P_{\text{NH}_3})^2} \therefore K_p = \frac{\left(\frac{\alpha P_0}{2}\right) \cdot \left(\frac{3\alpha P_0}{2}\right)^3}{(P_0 - \alpha P_0)^2} \therefore$$

$$\therefore K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P_0^2}{(1 - \alpha)^2} \quad (\text{I})$$

A pressão total é a soma das pressões parciais. Assim:

$$P = (P_0 - \alpha P_0) + \left(\frac{\alpha P_0}{2}\right) + \left(\frac{3\alpha P_0}{2}\right) \therefore P = P_0(1 + \alpha)$$

$$\therefore P_0 = \frac{P}{(1 + \alpha)} \quad (\text{II})$$

Substituindo (II) em (I), temos:

$$K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot \left(\frac{P}{(1 + \alpha)}\right)^2}{(1 - \alpha)^2} \therefore K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha^2)^2}$$

Mas $K_p = K_C (\text{RT})^{\Delta n}$

$$\therefore \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha^2)^2} = K_C (\text{RT})^2 \therefore K_C = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha^2)^2 \cdot (\text{RT})^2}$$

Princípio de Le Chatelier

Henri Louis Le Chatelier foi um químico francês que viveu entre 1850 e 1936. Dedicou a sua vida ao estudo das ciências, mais particularmente ao estudo da Química Aplicada.

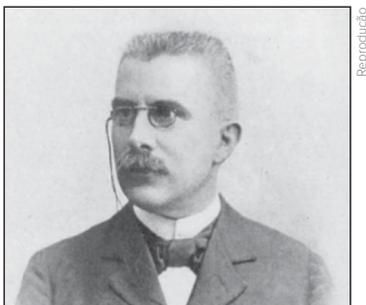


Fig. 6 Henri Louis Le Chatelier.

Foi um famoso químico industrial e engenheiro de minas. Trabalhou com metalurgia e cerâmica e foi professor universitário, tendo lecionado na famosa universidade de Sorbonne. Em 1888, deu uma enorme contribuição para a ciência ao formular a lei dos equilíbrios. Contribuiu no estudo de obtenção de amônia, entretanto seu trabalho mais reconhecido é a previsão do que ocorre quando se perturba um sistema em equilíbrio, o chamado **princípio de Le Chatelier**. Na época, não passava de uma regra prática que previa o deslocamento do equilíbrio, sem comprovações teóricas, ou seja, era puramente empírico, baseado apenas em resultados experimentais. Hoje, contudo, é possível verificar toda a consistência teórica dos estudos de Le Chatelier, dos pontos de vista cinético e termodinâmico. As fontes divergem quanto à data, mas sabe-se que esse estudo foi feito entre 1884 e 1888.

Diz o princípio de Le Chatelier:

Quando se perturba um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de minimizá-la ou anulá-la.

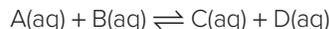
Costuma-se aplicar esse enunciado apenas a situações químicas (para as quais o princípio foi inicialmente observado), mas é inegável sua aplicabilidade a algumas situações físicas, como:

- quando se impulsiona um bloco que estava inicialmente em repouso, apoiado sobre o chão, passa a agir uma força contrária ao movimento, chamada de força de atrito, que minimiza os efeitos da perturbação imposta ao sistema em equilíbrio, até que uma nova situação de equilíbrio se estabeleça;
- quando uma pessoa se apoia a uma parede, a natureza anula a perturbação imposta, já que a parede age em sentido contrário, na mesma direção e com a mesma intensidade. Logo, a ação e a sua reação podem ser entendidas como uma situação para a qual se aplica o princípio de Le Chatelier.

Na Química, um sistema em equilíbrio pode ser perturbado quando se altera a **concentração das substâncias**, a **temperatura** e a **pressão**. Nesses casos, a natureza agirá contrariamente à perturbação imposta, sendo o deslocamento de equilíbrio a consequência direta dessa modificação de motivação externa. Analisaremos, portanto, cada uma dessas perturbações impostas aos sistemas em equilíbrio.

Concentrações

Seja uma reação genérica reversível representada pela seguinte equação química:



Suponha que esse seja um sistema em equilíbrio. Entretanto, perturba-se esse sistema aumentando-se a concentração de A(aq). Pelo princípio de Le Chatelier, a natureza agirá em sentido contrário ao da perturbação imposta, ou seja, diminuirá a concentração de A(aq). Para tanto, deslocará o equilíbrio no sentido direto, diminuindo a concentração dos reagentes e aumentando a dos produtos.

Se a perturbação desse sistema em equilíbrio é o aumento da concentração de C(aq), então a natureza age contrariamente à perturbação imposta, ou seja, no sentido de diminuir a concentração de C(aq). Portanto, com essa perturbação, o equilíbrio será deslocado no sentido inverso, aumentando a concentração dos reagentes e diminuindo a concentração dos produtos.

Caso a perturbação imposta ao sistema em equilíbrio seja a diminuição da concentração de B(aq), a natureza age no sentido de aumentar essa concentração. Para tanto, o equilíbrio será deslocado no sentido inverso. Analogamente, quando a perturbação imposta ao sistema em equilíbrio é a diminuição da concentração de D(aq), a natureza age no sentido de aumentar essa concentração. Para tanto, o equilíbrio será deslocado no sentido direto.

Portanto, podemos generalizar as perturbações e os deslocamentos da seguinte forma:

\uparrow [Reagentes] e/ou \downarrow [Produtos] \Rightarrow desloca no sentido DIRETO
 \downarrow [Reagentes] e/ou \uparrow [Produtos] \Rightarrow desloca no sentido INVERSO

Apesar de o princípio de Le Chatelier ser de natureza qualitativa, é possível comprová-lo quantitativamente pela lei dos equilíbrios.

Sabemos que o quociente das concentrações é dado por:

$$Q_c = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

Quando as concentrações são as do equilíbrio, temos:

$$K_c = \left(\frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]} \right)_{eq}$$

Se a perturbação que se impõe a um sistema em equilíbrio for a alteração de uma ou mais concentrações, altera-se com isso o valor de Q_c . Contudo, K_c permanece constante, já que a temperatura não é alterada. Assim, o deslocamento deve ocorrer no sentido de fazer com que Q_c volte a ter o valor de K_c , para que o sistema seja reconduzido a uma nova situação de equilíbrio.

Se a perturbação for o aumento da concentração do(s) reagente(s), isso provoca redução no Q_c . Para que o quociente de concentrações volte a ter o valor de K_c (que não foi alterado), Q_c deve aumentar. Para tanto, a concentração de reagentes deve diminuir e a de produtos aumentar, resultando em deslocamento de equilíbrio no sentido direto.

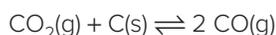
Caso a perturbação seja o aumento da concentração do(s) produto(s), isso provoca aumento do Q_C . Para que o quociente de concentrações volte a ter o valor de K_C , Q_C deve diminuir. Para tanto, a concentração de reagentes deve aumentar, e a de produtos diminuir, resultando em deslocamento de equilíbrio no sentido inverso. Essa análise de cunho quantitativo, que confirma o resultado qualitativo exposto pelo enunciado do princípio de Le Chatelier, permite que se preveja o sentido do deslocamento de equilíbrio em casos de perturbações com alterações de concentração de mais de uma substância.

Assim, podemos resumir essas observações da seguinte maneira: caso as alterações de concentração resultem em redução no Q_C , o equilíbrio é deslocado no sentido direto para que Q_C volte a ter o valor de K_C , mas, se as alterações de concentração resultarem em aumento do Q_C , o equilíbrio será deslocado no sentido inverso.

Nesse momento, é importantíssimo salientar que não devemos aplicar o princípio de Le Chatelier para sistemas que não estejam em equilíbrio. E isso deve ser levado em consideração, já que é perfeitamente possível que em um sistema não equilibrado com $Q_C < K_C$ perturbe-se o sistema aumentando-se a concentração de um produto e, assim mesmo, o sistema continue deslocando-se no sentido direto, ou seja, no sentido de igualar Q_C e K_C . Pode parecer uma contradição em relação ao que foi estudado até agora, mas isso constitui apenas uma aplicação indevida do princípio de Le Chatelier, já que ele só é válido para perturbações em sistemas em equilíbrio.

Exercício resolvido

- 11 Seja o sistema em equilíbrio, em recipiente fechado e indeformável, dado pela equação:



Em que sentido o equilíbrio será deslocado se o perturbarmos:

- acrescentando $\text{CO}_2(\text{g})$ ao sistema?
- acrescentando $\text{C}(\text{s})$ ao sistema?
- acrescentando $\text{CO}(\text{g})$ ao sistema?

Resolução:

- A natureza agirá no sentido de diminuir a concentração de $\text{CO}_2(\text{g})$, deslocando o equilíbrio no sentido direto.
- O acréscimo de um sólido pode até aumentar a quantidade desse sólido no sistema, mas não altera a sua concentração (conforme explicado anteriormente). Portanto, não haverá deslocamento de equilíbrio, já que o acréscimo de sólido sequer perturba o sistema em equilíbrio (Q_C não sofre alteração).

- A natureza agirá no sentido de diminuir a concentração de $\text{CO}(\text{g})$, deslocando o equilíbrio no sentido inverso.

É importante salientar que todo deslocamento de equilíbrio ocorre no sentido de manter a constante de equilíbrio fixa, caso a temperatura não seja alterada.

Temperatura

No capítulo de Termoquímica (estudado anteriormente nessa mesma frente), foram estudadas as trocas de calor que ocorrem em reações químicas. As reações que liberam calor são chamadas de exotérmicas. Essas reações têm $\Delta H < 0$ e aquecem o meio reacional. As reações que absorvem calor são chamadas de endotérmicas, têm $\Delta H > 0$ e resfriam o meio reacional. Esquemáticamente:

Reação exo \Rightarrow libera calor $\Rightarrow \Delta H < 0 \Rightarrow$ meio mais quente

Reação endo \Rightarrow absorve calor $\Rightarrow \Delta H > 0 \Rightarrow$ meio mais frio

Quando se altera a temperatura de um sistema reacional em equilíbrio, perturba-se esse sistema e, conseqüentemente, o equilíbrio é deslocado segundo o princípio de Le Chatelier. Aplicando-se o princípio, quando se aumenta a temperatura de um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, resfriando o sistema. Mas, para que o sistema seja resfriado, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido endotérmico. Seguindo a mesma linha de raciocínio, quando se diminui a temperatura de um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, aquecendo o sistema. Mas, para que o sistema seja aquecido, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido exotérmico. Diferentemente do que ocorre quando a perturbação se dá por modificação de concentrações, a perturbação por mudança de temperatura altera o valor da constante de equilíbrio. Se no caso da mudança de concentrações o deslocamento ocorria no sentido de manter fixo o K_C , no caso da mudança de temperatura o deslocamento ocorre no sentido de alterar o K_C .

Portanto:

\uparrow Temperatura \Rightarrow desloca no sentido ENDO
 \downarrow Temperatura \Rightarrow desloca no sentido EXO

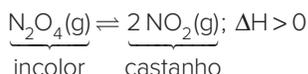
É importante estudarmos também de que maneira a variação de temperatura influi na constante de equilíbrio. Por exemplo:

- Para a reação de equação:
 $\text{reagentes} \rightarrow \text{produtos}; \Delta H > 0$ (endo)
- Se o sistema em equilíbrio for aquecido, o deslocamento será no sentido endotérmico, que, nesse caso, é o sentido direto. Portanto, o aquecimento aumenta K_C .

2. Se o sistema em equilíbrio for resfriado, o deslocamento será no sentido exotérmico, que, nesse caso, é o sentido inverso. Portanto, o resfriamento diminui K_C .
- Para a reação de equação:
reagentes \rightarrow produtos; $\Delta H < 0$ (exo)
 - Se o sistema em equilíbrio for aquecido, o deslocamento será no sentido endotérmico, que, nesse caso, é o sentido inverso. Portanto, o aquecimento diminui K_C .
 - Se o sistema em equilíbrio for resfriado, o deslocamento será no sentido exotérmico, que, nesse caso, é o sentido direto. Portanto, o resfriamento aumenta K_C .

Exercício resolvido

- 12 Seja o sistema em equilíbrio, em recipiente fechado e indeformável, dado pela equação:



As cores dos gases participantes no equilíbrio estão indicadas na equação. Em que sentido se desloca o equilíbrio, o que ocorre com a constante de equilíbrio K_C e qual o aspecto (cor) predominante do sistema se:

- o sistema for aquecido?
- o sistema for resfriado?

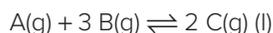
Resolução:

- Pelo princípio de Le Chatelier, se o sistema em equilíbrio for aquecido, o equilíbrio será deslocado no sentido endotérmico, que é o sentido direto. Nesse caso, há aumento da constante de equilíbrio K_C e a cor predominante será o castanho intenso.
- Pelo princípio de Le Chatelier, se o sistema em equilíbrio for resfriado, o equilíbrio será deslocado no sentido exotérmico, que é o sentido inverso. Nesse caso, há redução no valor da constante de equilíbrio K_C e a cor predominante será o castanho claro tendendo a incolor.

Devemos tomar muito cuidado com esse exemplo que acabamos de analisar, pois ele tem altíssima incidência nos principais vestibulares.

Pressão

Quando a perturbação imposta a um sistema em equilíbrio ocorre por mudança de pressão, devemos prestar muita atenção à razão que motivou essa mudança. Observe o caso a seguir:



A pressão total, segundo a lei de Dalton (já estudada nessa mesma frente no capítulo de gases), é a soma das pressões parciais:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Logo, é possível aumentar a pressão total de cinco diferentes maneiras: aumentando a pressão parcial de A,

aumentando a pressão parcial de B, aumentando a pressão parcial de C, diminuindo o volume do recipiente em que os gases se encontram e introduzindo um gás inerte.

Para os três primeiros casos, em que se varia a pressão total alterando-se apenas uma das pressões parciais, o deslocamento é rigorosamente similar ao da variação de concentrações, estudada anteriormente. Mas se a variação de pressão se dá por variação de volume, a alteração da pressão total é equivalente à alteração de todas as pressões parciais. Por exemplo: se o volume do recipiente é reduzido pela metade, a pressão total dobra, bem como dobram todas as pressões parciais.

Para o caso de variação de pressão por variação de volume, aplicando o enunciado do princípio de Le Chatelier, quando a pressão é aumentada, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, reduzindo a pressão. Para tanto, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido em que há a menor quantidade (número de mols) de gás. Para o caso contrário, o raciocínio é similar: quando a pressão é reduzida por variação de volume, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, aumentando a pressão. Para tanto, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido em que há a maior quantidade (número de mols) de gás. Portanto, quando se tem variação de volume:

\uparrow Pressão \Rightarrow desloca no sentido $\downarrow n(\text{g})$
 \downarrow Pressão \Rightarrow desloca no sentido $\uparrow n(\text{g})$

Nesse caso, devemos lembrar que os deslocamentos ocorrem no sentido de manter a constante de equilíbrio fixa, já que a temperatura não é alterada.

Exercício resolvido

- 13 Seja o sistema em equilíbrio, em um recipiente fechado e deformável, dado pela equação:



Em que sentido se desloca o equilíbrio se:

- a pressão total for aumentada devido à variação de volume?
- a pressão total for reduzida devido à variação de volume?

Resolução:

- Pelo princípio de Le Chatelier, se a pressão foi aumentada, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de diminuí-la. Para tanto, o deslocamento deve ocorrer no sentido da menor quantidade de gás. Como $n(\text{g})_{\text{reagentes}} = 1$ mol e $n(\text{g})_{\text{produtos}} = 2,5$ mol, o equilíbrio se desloca no sentido inverso.
- Diminuindo-se a pressão, a natureza age no sentido de aumentá-la, deslocando o equilíbrio no sentido de maior quantidade de gás, que, nesse caso, é o sentido direto.

Essa é uma análise qualitativa, baseada apenas no princípio de Le Chatelier. Entretanto, podemos também fazer uma análise quantitativa para comprovar a validade do princípio. Nesse caso, para a equação (I), dobrando-se a pressão total do sistema por redução do volume, teríamos uma alteração de Q_p , dada por:

$$(Q_p)_0 = \frac{(P_C)^2}{(P_A) \cdot (P_B)^3} \quad \text{(quociente de pressões antes da perturbação)}$$

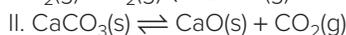
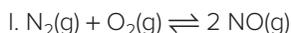
$$(Q_p) = \frac{(2P_C)^2}{(2P_A) \cdot (2P_B)^3} \therefore (Q_p) = \frac{4(P_C)^2}{2(P_A) \cdot 8(P_B)^3}$$

Logo, teremos que $(Q_p) = \frac{1}{4} \cdot (Q_p)_0$ (quociente de pressões após a perturbação).

Como o quociente das pressões foi diminuído, a natureza age no sentido de aumentá-lo para que volte a ter o valor de K_p , já que a temperatura não foi alterada (constante de equilíbrio não se altera). Nesse caso, o deslocamento ocorre no sentido direto. Entretanto, se a soma dos coeficientes dos reagentes fosse menor do que a soma dos coeficientes dos produtos, note que Q_p teria aumentado. Nesse caso, o deslocamento do equilíbrio se daria no sentido inverso.

Exercício resolvido

14 Sejam os sistemas em equilíbrio, em recipientes fechados e deformáveis, dados pelas equações:



Em que sentido deslocam-se os equilíbrios se aumentarmos a pressão total por redução de volume?

Resolução:

No equilíbrio I, como o número de mols de gases nos reagentes (2 mol) é o mesmo número de mols de gases nos produtos (2 mol), a variação de pressão não implica em deslocamento de equilíbrio.

No equilíbrio II, o número de mols de sólidos não deve interferir quando a perturbação do equilíbrio se dá por variação de pressão. Portanto, não há reagente gasoso, mas há 1 mol de produto gasoso. Como o aumento de pressão acarreta deslocamento para o lado de menor número de mols de gás, nesse caso o equilíbrio é deslocado no sentido inverso.

Ainda há uma última possibilidade de aumento da pressão total: por introdução de gás inerte. Se for injetado um gás inerte a um meio reacional em equilíbrio contido em um recipiente fechado e indeformável, não há deslocamento de equilíbrio. Isso ocorre porque a introdução de gás inerte não provoca nenhuma alteração nas pressões parciais dos outros gases e, portanto, Q_p não é alterado. Nesse caso, o equilíbrio sequer foi perturbado, não havendo, portanto, deslocamento.

É importante salientar que catalisadores não deslocam equilíbrios, pois agem na reação direta e na inversa, não alterando a situação de equilíbrio. Os catalisadores apenas fazem com que se atinja o equilíbrio mais rapidamente, sem alterar a situação final que seria obtida em sua ausência.

Síntese de Haber-Bosch

Fritz Haber e Carl Bosch foram dois químicos que viveram na Alemanha e se tornaram célebres por otimizarem a síntese da amônia, NH_3 . O que pode parecer algo pouco importante em uma primeira análise ganha grande destaque sob o ponto de vista das consequências dessa descoberta para toda a humanidade.

Em 1909, o processo de síntese em larga escala foi desenvolvido e foi patenteado em 1910. A primeira grande aplicação foi durante a Primeira Grande Guerra, para se produzir explosivos e munições, já que o salitre vindo do Chile, que era usado como matéria-prima, era insuficiente. Mas a grande aplicação da amônia atualmente se dá na produção de fertilizantes de alto desempenho, do tipo NPK (nitrogênio-fósforo-potássio). É difícil calcular a exata influência da síntese industrial da amônia na produção atual de alimentos, mas algumas estimativas chegam a dizer que 40% dos alimentos de origem agrícola produzidos atualmente se devem a isso. Não bastasse, há uma produção em larga escala de desinfetantes amoniacaais, que auxiliam nos processos de limpeza caseiros, industriais e, até mesmo, hospitalares. Certamente, o mundo seria bem diferente sem a síntese industrial da amônia. Foi um processo que provocou profundas mudanças no século XX. Por isso, é de importância extrema, sendo largamente avaliado nos exames vestibulares.

A reação de equação $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightarrow 2 NH_3(g)$ é reversível, e, sendo reversível, seu rendimento melhora segundo fatores externos que podem ser otimizados, garantindo produção de amônia em larga escala. Entretanto, é inegável que não somente o rendimento é importante, mas a velocidade de produção também é fundamental para o processo. A seguir, mostramos um gráfico que expressa o rendimento da síntese da amônia em função de condições de pressão e temperatura:

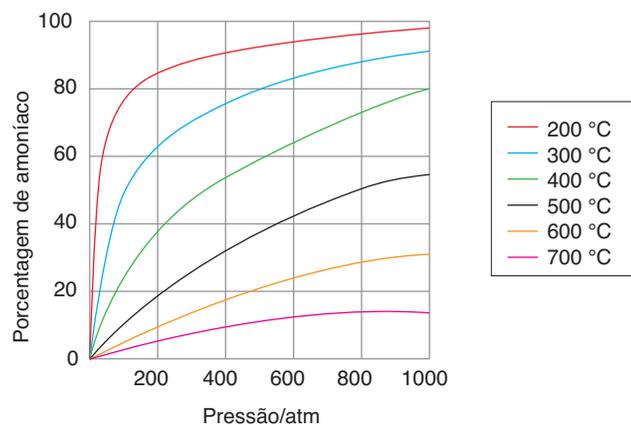
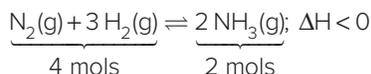


Fig. 7 Gráfico de rendimento da síntese de NH_3 em função de pressão e temperatura.

As condições ótimas podem ser analisadas pelo princípio de Le Chatelier. Observe, pelo gráfico, que o rendimento será melhor quanto menor for a temperatura e maior for a pressão. Analisando a equação da síntese, podemos entender essas influências:



Como a reação de síntese de amônia é exotérmica, ela é certamente favorecida a temperaturas mais baixas. Além disso, como o sentido direto diminui o número de mols de gases, ele é favorecido por pressões altas. Essas seriam, portanto, as condições para a otimização de rendimento. Entretanto, em baixas temperaturas, temos um problema de velocidade de produção, bem como altas pressões acarretam um problema de custo operacional elevado.

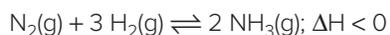
Dado que a temperatura baixa melhora o rendimento e a alta viabiliza a velocidade de produção em larga escala, o melhor compromisso entre esses fatores antagônicos se dá por volta de 450 °C.

Da mesma forma, altas pressões melhoram o rendimento do processo, mas pressões muito altas têm custos operacionais inviáveis. Portanto, o melhor compromisso entre esses fatores se dá por volta de 250 atm.

Além disso, utiliza-se ferro como catalisador heterogêneo do processo. O catalisador não altera a situação final de equilíbrio, mas acelera o tempo em que se chega a ele, aumentando a velocidade de produção da amônia.

Exercício resolvido

15 Para a síntese da amônia, que é dada pela equação:



Explique, baseado no princípio de Le Chatelier, todas as condições para as quais se aumenta o rendimento da reação. Além disso, quais são os fatores que aumentam a velocidade do processo?

Resolução:

O rendimento da reação é melhorado quando as condições favorecem o deslocamento do equilíbrio em seu sentido direto. Nesse caso, devemos aumentar as concentrações de $\text{N}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$ e reduzir a concentração de $\text{NH}_3(\text{g})$ no meio reacional. A temperatura deve ser baixa, o que favorece o sentido exotérmico. A pressão deve ser alta para favorecer o sentido de menor número de mols de gás.

Para aumentar a velocidade de produção de amônia a fim de torná-la industrial, devemos elevar a temperatura de forma a não comprometer demais o rendimento do processo, além da adição de catalisador (o mais empregado é o ferro).

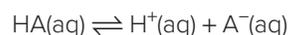
Equilíbrios iônicos

Os equilíbrios são iônicos quando existem íons envolvidos no processo. Nos itens anteriores, só estudamos equilíbrios moleculares, ou seja, equilíbrios em que não havia íons na equação representativa do processo. Para começarmos o estudo desse assunto, devemos fazer algumas importantes considerações:

- Para que um equilíbrio seja iônico, a substância envolvida deve ser um eletrólito (leia mais sobre eletrólitos na frente 2 desse mesmo volume, em teoria de Arrhenius), que deve estar dissolvido em um solvente que promova a sua ionização/dissociação. O solvente que reúne essas características é a água, um solvente líquido, polar (ideal para a ionização/dissociação de eletrólitos), abundante e solvente da grande maioria das soluções existentes. Vamos trabalhar com equilíbrios iônicos em solução aquosa.
- Quando o eletrólito é muito forte, a ionização/dissociação é total. Portanto, o rendimento é de 100%, e o sistema não entra em equilíbrio. Isso significa que o estudo de um equilíbrio iônico faz mais sentido quando feito para eletrólitos fracos, que atingem a situação final de equilíbrio com muito mais facilidade. Aqui, vamos priorizar o estudo de equilíbrios iônicos para eletrólitos fracos, como exigem os principais vestibulares.
- Nos equilíbrios moleculares, a água é uma substância ativa no processo, podendo ser reagente ou produto. Isso porque a sua concentração varia no decorrer da reação. Entretanto, em equilíbrios iônicos, a água não é substância ativa, mas apenas um meio dispersante. Não é reagente ou produto, apenas um solvente no qual a substância ativa ioniza/dissocia. Sua concentração não se altera de maneira significativa durante o processo. Nesse caso, as constantes de equilíbrio iônico não dependem da concentração da água, já que essa concentração é praticamente constante, como no caso dos sólidos, já estudados anteriormente.
- A ionização dos ácidos (principalmente os fracos), a ionização das bases, a autoionização da água e a hidrólise de íons derivados de ácidos e de bases fracas são os equilíbrios iônicos que estudaremos. Aqui, vale ressaltar que, para as bases, só faz sentido analisarmos os equilíbrios iônicos daquelas que ionizam. Isso porque as que dissociam e são solúveis são fortes e, portanto, não atingem o equilíbrio.
- A dissociação de compostos praticamente insolúveis, como alguns sais e algumas bases, que serão estudadas adiante, em equilíbrios iônicos heterogêneos.

Ionização dos ácidos: (K_a)

Os ácidos sofrem ionização segundo a equação:



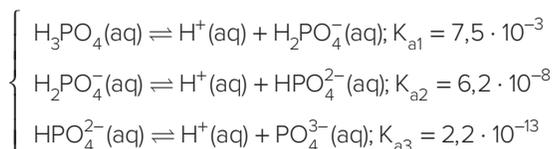
A água, como já vimos, age apenas como dispersante. Portanto, a constante de equilíbrio iônico é dada por:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+(\text{aq})] \cdot [\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{HA}(\text{aq})]}$$

Quando o ácido é forte, sua ionização tende a 100%, e a constante K_a tende a infinito. Como é possível notar, não há sentido químico na análise de equilíbrios de ácidos fortes. Quanto mais um ácido ioniza, mais íons e menos ácido não ionizado haverá no sistema, ou seja, maior será o valor de K_a . Portanto:

$$\uparrow \text{força de ácido} \Rightarrow \uparrow K_a$$

Se um ácido for poliprótico (com mais de um hidrogênio ionizável), para cada ionização parcial, haverá um K_a . Veja:



Portanto, as expressões de K_a devem ser escritas para eletrólitos monovalentes. Além disso, $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3} > K_{a4}$, já que, quanto mais um ácido ioniza, mais difícil será a ionização do hidrogênio seguinte. Isso ocorre porque, à medida que se retira um H^+ do eletrólito, a espécie remanescente fica mais negativamente carregada e, portanto, libera outra carga positiva com mais dificuldade, dada a maior atração eletrostática.

A seguir, temos uma tabela com valores de K_a para alguns ácidos:

Ácido	Base	K_a
$\text{HClO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}_4^-$		
$\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{I}^-$		
$\text{HBr} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Br}^-$		
$\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$		
$\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$		
$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$		
$\text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$		1,0
$\text{HIO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{IO}_3^-$		$1,7 \cdot 10^{-1}$
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_2\text{O}_4^-$		$5,9 \cdot 10^{-2}$
$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{SO}_3^-$		$1,5 \cdot 10^{-2}$
$\text{HSO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$		$1,2 \cdot 10^{-2}$
$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$		$7,5 \cdot 10^{-3}$

$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}^{2+}$		$6,0 \cdot 10^{-3}$
$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$		$7,1 \cdot 10^{-4}$
$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$		$4,6 \cdot 10^{-4}$
$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$		$3,5 \cdot 10^{-4}$
$\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$		$1,8 \cdot 10^{-4}$
$\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$		$1,5 \cdot 10^{-4}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$		$6,5 \cdot 10^{-5}$
$\text{HC}_2\text{O}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$		$6,4 \cdot 10^{-5}$
$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$		$1,8 \cdot 10^{-5}$
$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-}$		$1,7 \cdot 10^{-5}$
$\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$		$1,4 \cdot 10^{-6}$
$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$		$4,3 \cdot 10^{-7}$
$\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$		$4,1 \cdot 10^{-7}$
$\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$		$1,0 \cdot 10^{-7}$
$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$		$9,1 \cdot 10^{-8}$
$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$		$6,2 \cdot 10^{-8}$
$\text{H}_3\text{BO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{BO}_3^-$		$7,3 \cdot 10^{-10}$
$\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NH}_3$		$5,6 \cdot 10^{-10}$
$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$		$4,9 \cdot 10^{-10}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$		$1,3 \cdot 10^{-10}$
$\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$		$5,6 \cdot 10^{-11}$
$\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HO}_2^-$		$2,4 \cdot 10^{-12}$
$\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$		$2,2 \cdot 10^{-13}$
$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$		$1,0 \cdot 10^{-14}$

Tab. 1 Valores de K_a , a 25 °C.

Ionização das bases: (K_b)

A ionização das bases fracas pode ser representada pela seguinte equação:



Para esse caso, a constante de ionização é dada por:

$$K_b = \frac{[C^+(aq)] \cdot [OH^-(aq)]}{[C(OH)(aq)]}$$

Assim como no caso dos ácidos, não há sentido quando se aplica K_b para uma base forte, já que o valor tende para o infinito. Para bases fracas, quanto maior a ionização, mais íons e menos base não ionizada há em solução. Com isso, analogamente à K_a , K_b é tanto maior quanto mais forte for a base.

↑ força de ácido \Rightarrow ↑ K_b

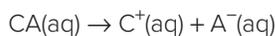
As bases fracas são principalmente as aminas e o NH_4OH . Essas bases são monovalentes. A seguir, temos uma tabela com valores de K_b :

Nome	Fórmula	K_b
Amônia	NH_3	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Metilamina	CH_3NH_2	$4,38 \cdot 10^{-4}$
Etilamina	$C_2H_5NH_2$	$5,6 \cdot 10^{-4}$
Dietilamina	$(C_2H_5)_2NH$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Anilina	$C_6H_5NH_2$	$3,8 \cdot 10^{-10}$
Piridina	C_5H_5N	$1,7 \cdot 10^{-9}$

Tab. 2 Valores de K_b , a 25 °C.

Constante de ionização: (K_i)

A constante de ionização (K_i) é uma generalização de todas as constantes de equilíbrio iônico homogêneo, incluindo aquelas que já foram estudadas, como K_a e K_b . Portanto, para um eletrólito genérico em que C é o cátion e A é o ânion, temos:



Para esse equilíbrio, a constante de ionização é dada por:

$$K_i = \frac{[C^+(aq)] \cdot [A^-(aq)]}{[CA(aq)]}$$

Se um determinado eletrólito CA for adicionado à água, de modo que sua concentração molar seja M , uma porcentagem α (chamada de **grau de ionização**) se converterá efetivamente em íons. Com isso, é possível montar a tabela que revela, a partir do início, o que ocorre até que se estabeleça a situação de equilíbrio:

α	CA(aq)	$C^+(aq)$	$A^-(aq)$
Início	M	0	0
Reagiu	$-M \cdot \alpha$	$+M \cdot \alpha$	$+M \cdot \alpha$
Equilíbrio	$M - M \cdot \alpha$	$M \cdot \alpha$	$M \cdot \alpha$

Substituindo as concentrações das espécies no momento do equilíbrio, temos:

$$K_i = \frac{[C^+(aq)] \cdot [A^-(aq)]}{[CA(aq)]} \therefore K_i = \frac{(M \cdot \alpha) \cdot (M \cdot \alpha)}{(M - M \cdot \alpha)} \therefore$$

$$\therefore K_i = \frac{M^2 \cdot \alpha^2}{M \cdot (1 - \alpha)} \therefore K_i = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

Essa relação matemática é muito importante. Com ela, ganhamos agilidade na resolução de muitas questões e na análise de problemas como diluição de eletrólitos fracos e condutividade de soluções eletrolíticas. Essa relação é conhecida como **lei de Ostwald**.

Para o cálculo da constante de ionização, devemos levar em conta o seguinte:

$$\begin{cases} \text{Se } \alpha > 10\% \Rightarrow K_i = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \\ \text{Se } \alpha < 10\% \Rightarrow (1 - \alpha) \cong 1 \Rightarrow K_i = M \cdot \alpha^2 \end{cases}$$

Para eletrólitos fracos, que são o foco do nosso estudo, $\alpha < 10\%$. Portanto, na maioria das vezes, utilizamos a aproximação $K_i = M \cdot \alpha^2$.

Outra observação importante pode ser retirada da tabela:

$$[C^+(aq)] = [A^-(aq)] = M \cdot \alpha$$

Observe os exemplos a seguir, em que é possível analisar as inúmeras aplicações da **lei de Ostwald**.

Exercícios resolvidos

- 16 O ácido acético tem, a 25 °C, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Em uma solução 2 mol/L desse ácido, na temperatura ambiente, qual o seu grau de ionização?

Resolução:

O ácido acético ioniza segundo a equação:



Quando a incógnita do problema é o grau de ionização (α), não sabemos se ele é maior ou menor do que 10%. Mas, como na maioria das vezes, lidamos com eletrólitos muito fracos, então a tendência natural é de que seja menor do que 10%, para a qual vale a aproximação $K_i = M \cdot \alpha^2$. Se, usando essa aproximação,

$\alpha > 10\%$, então refaça o problema usando $K_i = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$.

Substituindo valores, temos:

$$K_i = M \cdot \alpha^2 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 9 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$$

$$\alpha = 3 \cdot 10^{-3} \text{ ou } 0,3\%$$

Portanto, o grau de ionização encontrado é compatível com a aproximação utilizada de início.

- 17** Adiciona-se ácido acético à água até que a sua concentração inicial, ou seja, sem levar em conta a sua ionização, seja de $6,8 \cdot 10^{-4}$ mol/L. Sabendo-se que o ácido acético tem, a 25 °C, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$, responda:
- Na temperatura ambiente, qual o seu grau de ionização?
 - Qual será a concentração de íons $H^+(aq)$ no equilíbrio?

Resolução:

a) Pela lei de Ostwald, temos:

$$K_1 = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 2,65 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \alpha = 0,163 \text{ ou } 16,3\%$$

Nesse caso, o valor encontrado não é compatível com a aproximação utilizada. Portanto, devemos utilizar a lei de Ostwald sem aproximações:

$$K_1 = \frac{\mathfrak{M} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{6,8 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,02647 = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow \alpha^2 + 0,02647\alpha - 0,02647 = 0$$

Resolvendo-se a equação do 2º grau, temos:

$$\alpha = 0,15 \text{ ou } 15\%$$

A outra solução da equação do 2º grau obtida é negativa e, portanto, incompatível para um grau de equilíbrio.

b) A concentração de íons $H^+(aq)$ no equilíbrio será

$$[H^+(aq)] = \mathfrak{M} \cdot \alpha \Rightarrow [H^+(aq)] = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,15 \Rightarrow$$

$$[H^+(aq)] \cong 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

- 18** Uma solução aquosa de um ácido monoprótico fraco, de concentração 0,5 mol/L, tem o ácido 2% ionizado, nas condições do ambiente. Se essa solução for diluída até que a concentração seja reduzida a 0,1 mol/L, qual será o novo grau de ionização desse ácido, na mesma temperatura?

Resolução:

A análise qualitativa desse problema é muito simples: quanto mais diluído um ácido estiver, maior será a sua ionização. Entretanto, o problema quer uma análise quantitativa, que deve ser feita pela lei de Ostwald. Como a temperatura não muda durante a diluição, a constante de equilíbrio não se altera. Portanto:

$$K_1 = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \Rightarrow \left(\mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \right)_{\text{concentrada}} = \left(\mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \right)_{\text{diluída}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,5 \cdot \left(2 \cdot 10^{-2} \right)^2 = 0,1 \cdot \alpha_{\text{diluída}}^2 \Rightarrow \alpha_{\text{diluída}} = 4,47\%$$

Observe que, com a diluição, o grau de ionização, de fato, aumentou. O resultado já era qualitativamente esperado.

- 19** Uma solução aquosa de um ácido monoprótico fraco, de concentração 0,2 mol/L, foi diluída. Discuta, em termos qualitativos:

- O que ocorre com o número de íons durante a diluição?
- O que ocorre com a concentração de íons durante a diluição?
- O que ocorre com a condutividade eletrolítica da solução durante a diluição?

Resolução:

a) Segundo o exemplo anterior, durante uma diluição com temperatura constante, temos: $\left(\mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \right)_{\text{concentrada}} = \left(\mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \right)_{\text{diluída}}$. Portanto, se

$\mathfrak{M}_{\text{concentrada}} > \mathfrak{M}_{\text{diluída}}$, então $\alpha_{\text{concentrada}} < \alpha_{\text{diluída}}$. Com o aumento do grau de ionização, o número de íons em solução aumenta durante a diluição.

b) Pela lei de Ostwald, com temperatura constante e diluição, temos:

$K_1 = \downarrow \mathfrak{M} \cdot \uparrow \alpha^2$. Portanto, se a diluição provoca redução da concentração e conseqüente aumento do

grau de equilíbrio, então $K_1 = \downarrow \mathfrak{M} \cdot \uparrow \alpha^2 = \downarrow (\mathfrak{M} \cdot \alpha) \cdot \uparrow \alpha$.

Com isso, notamos que $\mathfrak{M} \cdot \alpha$, que é a concentração dos íons no equilíbrio, diminui.

c) Como a condutividade eletrolítica de uma solução depende da concentração dos íons em solução, então concluímos que, durante a diluição de uma solução de um ácido fraco, a solução passa a conduzir menos corrente.

- 20** Seja um diácido fraco, com constantes de equilíbrio $K_{a1} = 10^{-5}$ e $K_{a2} = 10^{-11}$, na temperatura de 25 °C. Para uma solução aquosa 0,1 mol/L desse ácido, calcule a concentração do ânion bivalente no equilíbrio.

Resolução:

A 1ª ionização do ácido é dada por:



Pela lei de Ostwald, temos:

$$K_{a1} = \mathfrak{M}_1 \cdot (\alpha_1)^2 \Rightarrow 10^{-5} = 0,1 \cdot (\alpha_1)^2 \Rightarrow \alpha_1 = 10^{-2} \text{ ou } 1\%$$

Portanto,

$$[H^+(aq)] = [HX^-(aq)] = \mathfrak{M} \cdot \alpha = 0,1 \cdot 10^{-2} = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Para a 2ª ionização, temos:



Nesse caso, como $K_{a2} < K_{a1}$, temos que a quantidade de hidrogênio ionizável produzido na 2ª ionização é desprezível em relação ao que foi produzido na 1ª. É bom lembrar que os dois equilíbrios estão ocorrendo no mesmo meio reacional e, portanto, não há dúvida de que a quantidade de hidrogênio ionizável disseminada no solvente é praticamente aquela que foi gerada na 1ª ionização. Com isso, para o equilíbrio da 2ª ionização, temos:

$$K_{a2} = \frac{[H^+(aq)] \cdot [X^{2-}(aq)]}{[HX^-(aq)]} \Rightarrow 10^{-11} = \frac{10^{-3} \cdot [X^{2-}(aq)]}{10^{-3}} \Rightarrow [X^{2-}(aq)] = 10^{-11} \text{ mol/L}$$

Se $[X^{2-}(aq)] = 10^{-11} \text{ mol/L}$, a concentração de $H^+(aq)$ gerada pela segunda ionização também vale 10^{-11} mol/L . Somado ao 10^{-3} mol/L que foi gerado na 1ª ionização, então $[H^+(aq)]_{eq} = 10^{-3} \text{ mol/L}$.

Aqui, há um resultado notável. O valor da concentração do ânion bivalente no equilíbrio, independentemente da concentração inicial do ácido, será a 2ª constante de ionização do ácido. Portanto:

$$[X^{2-}(aq)] = K_{a2}$$

Esse resultado não se estende para a concentração de outros ânions que não os bivalentes. Por exemplo,

$$[X^{3-}(aq)] \neq K_{a3}, [X^-(aq)] \neq K_{a1} \text{ etc.}$$

Com isso, é importante salientar que mesmo os ácidos polipróticos se comportam praticamente como monoácidos, já que a $[H^+(aq)]$ é determinada praticamente pela 1ª ionização. Para esse problema,

$$\frac{[H^+(aq)]_{2^a}}{[H^+(aq)]_{1^a}} = \frac{10^{-11}}{10^{-3}} = 10^{-8} \text{ ou } 0,000001\%, \text{ o que é desprezível.}$$

prezível.

O único ácido poliprótico para o qual a 2ª ionização não é desprezível frente à 1ª é o ácido sulfúrico, H_2SO_4 .

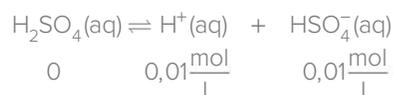
21 Para o ácido sulfúrico, H_2SO_4 , de constantes de ionização K_{a1} = muito grande e $K_{a2} = 0,012$, na temperatura de $25^\circ C$, calcule, em uma solução aquosa desse ácido de concentração $0,01 \text{ mol/L}$:

a) a concentração de $H^+(aq)$ no equilíbrio, na temperatura ambiente;

b) a razão entre o $H^+(aq)$ produzido na 2ª ionização e na 1ª ionização.

Resolução:

a) Para a 1ª ionização, não há equilíbrio, já que o ácido ioniza totalmente. Portanto:



Para a 2ª ionização, temos que montar a tabela dos equilíbrios:

	$HSO_4^-(aq)$	$H^+(aq)$	$SO_4^{2-}(aq)$
Início	0,01	0,01	0
Reagiu	-x	+x	+x
Equilíbrio	$0,01 - x$	$0,01 + x$	x

Portanto,

$$K_{a2} = \frac{[H^+(aq)] \cdot [SO_4^{2-}(aq)]}{[HSO_4^-(aq)]} \Rightarrow 0,012 = \frac{(0,01 + x) \cdot x}{(0,01 - x)} \Rightarrow x^2 + 0,022x - 12 \cdot 10^{-5} = 0$$

Para essa equação do 2º grau, o único resultado de x que é positivo e, portanto, compatível é $x = 4,524 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$.

$$\text{Assim, } [H^+(aq)] = 1,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

b) A razão pedida é dada por:

$$\frac{[H^+(aq)]_{2^a}}{[H^+(aq)]_{1^a}} = \frac{4,524 \cdot 10^{-3}}{0,01} = 0,4524 \text{ ou } 45,24\%$$

Com esse resultado, é fácil observar que, para o ácido sulfúrico, a 2ª ionização não pode ser desprezada em relação à 1ª.

Revisando

1 Unesp Leia a notícia publicada em janeiro de 2013.

China volta a registrar níveis alarmantes de poluição atmosférica

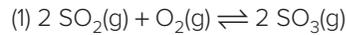
Névoa voltou a encobrir céu de cidades chinesas, como a capital Pequim.

Governo chinês emitiu alerta à população para os próximos dias.

(g1.globo.com)

O carvão mineral é a principal fonte de poluição do ar na China. Diariamente, o país queima milhões de toneladas de carvão para produzir energia elétrica, aquecer as casas e preparar alimentos. Além do carvão, o aumento do número de carros movidos a gasolina tem papel significativo no agravamento da poluição atmosférica.

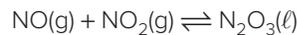
Entre as substâncias que poluem o ar da China estão o SO_2 e compostos relacionados. Considere as equações seguintes:



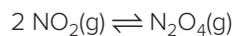
Escreva a equação química que expressa a constante de equilíbrio para a reação (1). Sabendo que uma usina de geração de energia elétrica movida a carvão liberou SO_2 suficiente para formar 1 kg de SO_3 e considerando a reação (2), calcule a massa de H_2SO_4 , em g, que se forma quando há vapor de água suficiente para reagir completamente com a quantidade de SO_3 liberada pela usina.

- 2 UnB (Adapt.)** Em um frasco de 1,0 L foram colocados, a determinada temperatura, 0,880 g de N_2O e 1,760 g de O_2 gasosos, para reagir. Após se estabelecer o equilíbrio químico, foi formado 1,012 g de gás NO_2 . Considerando essas condições, calcule a concentração molar de equilíbrio do O_2 e multiplique o resultado por 10^4 . Despreze, caso exista, a parte fracionária do resultado obtido, após ter efetuado todos os cálculos solicitados.

- 3 UFPR** O trióxido de dinitrogênio é um líquido de cor azul bastante intenso, formado pela associação de óxido nítrico e dióxido de nitrogênio, conforme a seguinte reação de equilíbrio:



A formação do trióxido de dinitrogênio é favorecida em temperaturas inferiores a -21°C . Num sistema fechado de volume constante, à pressão de 1 atm e à temperatura de 298 K, há uma mistura de NO e NO_2 , cujas frações molares são 0,4 e 0,6, respectivamente. O sistema foi resfriado com uma mistura de acetona e gelo seco até a temperatura de 196 K. Nessa condição, praticamente todo óxido nítrico reage com dióxido de nitrogênio presente. O dióxido de nitrogênio em excesso também reage, formando tetróxido de dinitrogênio, um gás incolor, conforme a reação abaixo. Pode-se considerar que esse equilíbrio é deslocado totalmente no sentido do produto na temperatura da mistura acetona/gelo seco empregada.



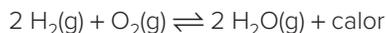
Nas condições descritas acima, calcule qual a pressão do sistema a 196 K. Admita que o volume de trióxido de dinitrogênio é desprezível em comparação com o volume do sistema. Dado: $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- 4 Unesp** A produção de grafita artificial vem crescendo significativamente, uma vez que grafita natural de boa qualidade para uso industrial é escassa. Em atmosferas ricas em dióxido de carbono, a 1000°C , a grafita reage segundo a reação:



A 1000°C , no estado de equilíbrio, as pressões parciais de CO e CO_2 são 1,50 atm e 1,25 atm, respectivamente. Calcule o valor da constante de equilíbrio (K_p) para a reação nessa temperatura.

- 5 Ufla** De acordo com o Princípio de Le Chatelier, quando um sistema em equilíbrio sofre alguma modificação em parâmetros, como pressão, temperatura ou concentração, as proporções de reagentes e produtos se ajustam, de maneira a minimizar o efeito da alteração. Considerando essa reação em equilíbrio, responda:



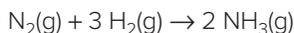
- Calcule a constante de equilíbrio para a reação quando a pressão parcial de H_2 for 1 atm, a pressão parcial de O_2 for 1 atm e a pressão parcial de H_2O for 0,5 atm.
- Se adicionarmos 0,15 mol de H_2 e 0,7 mol de O_2 ao recipiente de 0,50 L e deixarmos a mistura atingir o equilíbrio a 25 °C, observamos que 50% do H_2 foi consumido. Qual é a composição final dessa mistura em mol L^{-1} ?

- 6 Ufla** O NO (monóxido de nitrogênio) é um poluente atmosférico formado a temperaturas elevadas pela reação de N_2 e O_2 . A uma determinada temperatura, a constante de equilíbrio para a reação é igual a $5,0 \cdot 10^{-4}$. Nessa temperatura, as concentrações de equilíbrio são: $\text{NO} = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ e $\text{N}_2 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

Pergunta-se:

- Qual a concentração molar de O_2 nas condições de equilíbrio?
- Sabendo-se que a constante de velocidade para reação direta é igual a $2,0 \cdot 10^{-6}$, nas condições descritas anteriormente, calcule a constante de velocidade para a reação inversa.

- 7 UFV** Amônia pode ser preparada pela reação entre nitrogênio e hidrogênio gasosos, sob alta pressão, segundo a equação a seguir:



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	$[\text{N}_2]/\text{mol/L}$	$[\text{H}_2]/\text{mol/L}$	$[\text{NH}_3]/\text{mol/L}$
0	10	10	0
1	X	4	4
2	7	1	Y
3	7	1	Y

- Os valores de X e Y no quadro anterior são:
 $X = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 $Y = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- Escreva a expressão da constante de equilíbrio para esta reação, em termos das concentrações de cada componente.
 $K_C = \underline{\hspace{2cm}}$.
- O valor da constante de equilíbrio para esta reação, nas condições do experimento, é $\underline{\hspace{2cm}}$.

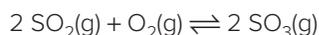
8 UEM 2015 Assinale o que for **correto**.

- 01 O valor da constante de equilíbrio para uma reação, em uma dada temperatura, não depende das concentrações iniciais de reagentes e de produtos.
- 02 Aquecendo-se 1 mol de trióxido de enxofre em um recipiente fechado com capacidade de 5 litros, observou-se que esta substância apresentava-se 60% dissociada após o sistema ter atingido o equilíbrio. Utilizando-se dessas informações, infere-se que o grau de equilíbrio é 0,6.
- 04 Considere a seguinte reação balanceada: $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$ a qual apresenta uma constante de equilíbrio igual a $9,9 \cdot 10^{25}$. A partir do valor da constante de equilíbrio é possível afirmar que na situação de equilíbrio químico há muito mais reagente do que produto.
- 08 A função de um catalisador é atuar diminuindo a energia de ativação de uma dada reação. A diminuição dessa energia de ativação significa que o equilíbrio da reação se desloca para a maior formação de produtos.
- 16 Para a reação abaixo é necessário trabalhar em temperaturas elevadas para que haja uma grande produção de alumina.



Soma:

9 UEPG 2015 Considerando a equação em equilíbrio, de síntese do SO_3



As constantes de equilíbrio, K_c , para essa reação em diferentes temperaturas são as seguintes:

K_c	Temperatura (K)
100	1000
2	1200

Com base nessa equação e os fatores que podem afetar o seu equilíbrio, assinale o que for correto.

- 01 Para melhorar o rendimento dessa reação pode-se diminuir a concentração de $\text{SO}_2(\text{g})$ ou de $\text{O}_2(\text{g})$.
- 02 Para que essa reação atinja o equilíbrio mais rapidamente, pode-se aumentar a concentração de $\text{SO}_2(\text{g})$ ou de $\text{O}_2(\text{g})$.
- 04 Para melhorar o rendimento dessa reação pode-se aumentar o volume do recipiente em que a reação ocorre e, desta forma, diminuir a pressão.
- 08 A síntese do SO_3 é uma reação exotérmica.
- 16 Para melhorar o rendimento dessa reação deve-se abaixar a temperatura.

Soma:

- 10 UFJF** A síntese da amônia foi desenvolvida por Haber-Bosh e teve papel importante durante a 1ª Guerra Mundial. A Alemanha não conseguia importar salitre para fabricação dos explosivos e, a partir da síntese de NH_3 , os alemães produziam o HNO_3 e deste chegavam aos explosivos de que necessitavam. A equação que representa sua formação é mostrada abaixo:

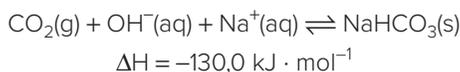
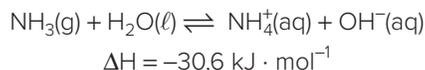


- a) A partir da equação química para a reação de formação da amônia, descrita acima, e sabendo que a reação apresenta $\Delta H < 0$ o que aconteceria com o equilíbrio, caso a temperatura do sistema aumentasse?
- b) Calcule a variação de entalpia da formação da amônia, a partir das energias de ligação mostradas na tabela a seguir, a 298 K:

Ligação	Energia de ligação ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
H–H	436
$\text{N} \equiv \text{N}$	944
H–N	390

- c) Suponha que a uma determinada temperatura T foram colocados, em um recipiente de 2,0 litros de capacidade, 2,0 mols de gás nitrogênio e 4,0 mols de gás hidrogênio. Calcule o valor da constante de equilíbrio, K_c , sabendo que havia se formado 2,0 mols de amônia ao se atingir o equilíbrio.
- d) Considere que a lei de velocidade para a reação de formação da amônia é $v = k \cdot [\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]$. Calcule quantas vezes a velocidade final aumenta, quando a concentração de nitrogênio é duplicada e a de hidrogênio é triplicada, mantendo-se a temperatura constante.

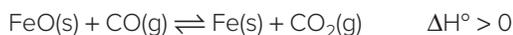
- 11 UFPR** O bicarbonato de sódio é um produto químico de grande importância. Ele possui diversas aplicações, sendo largamente utilizado como antiácido, para neutralizar a acidez estomacal, e como fermento químico, na produção de pães, bolos etc. Nos EUA, a produção industrial do bicarbonato de sódio utiliza o método de extração do mineral Trona. Já no Brasil e vários países da Europa, o bicarbonato de sódio é produzido industrialmente pelo Processo Solvay, um dos poucos processos industriais não catalíticos. Esse processo consiste em duas etapas. Na primeira, a salmoura é saturada com amônia. Na segunda, injeta-se gás carbônico na salmoura saturada, o que provoca a precipitação do bicarbonato de sódio. As duas etapas podem ser descritas pelas duas equações a seguir:



Sobre essas etapas, responda:

- a) Por que se adiciona amônia na primeira etapa do processo?
- b) Utilizando as informações fornecidas e os conceitos do Princípio de Le Châtelier, que condições experimentais de temperatura e pressão favorecerão maior eficiência do processo nas duas etapas?

- 12 UFTM** Uma forma de obter ferro metálico a partir do óxido de ferro(II) é a redução deste óxido com monóxido de carbono, reação representada na equação:



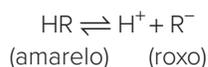
- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio (K_C) da reação apresentada. Como varia essa constante em função da temperatura? Justifique.
- b) De que forma a adição de FeO e o aumento de pressão interferem no equilíbrio representado? Justifique.

- 13 UFV** A tabela a seguir relaciona as constantes de ionização em solução aquosa de alguns ácidos, a 25 °C:

Nome	Fórmula	K_a
Ácido acético	CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Ácido fórmico	HCOOH	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Ácido fluorídrico	HF	$2,4 \cdot 10^{-4}$

- a) Dentre os compostos acima, o ácido mais fraco é _____.
- b) A equação de ionização do ácido fórmico em água é _____.
- c) A expressão da constante de equilíbrio (K_a) para a ionização representada pela equação do item (b) é _____.

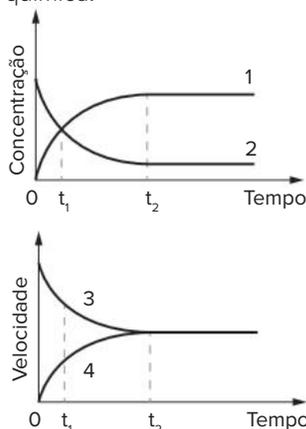
- 14 Unicamp** Do repolho roxo pode-se extrair, por fervura com água, uma substância que é responsável pela sua coloração característica. Esta substância é um ânion de um ácido fraco cuja dissociação pode ser escrita como:



Utilizando este equilíbrio, explique por que a adição de vinagre ou limão (ácidos) a este extrato faz com que ele mude de cor.

Exercícios propostos

- 1 **UFG** Os seguintes gráficos representam variáveis de uma reação química.



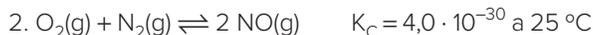
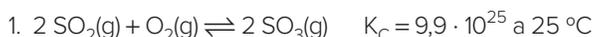
Os gráficos indicam que

- A no instante t_1 , a velocidade da reação direta é igual a da inversa.
 B após t_2 , não ocorre reação.
 C no instante t_1 , a reação atingiu o equilíbrio.
 D a curva 4 corresponde à velocidade da reação inversa.
 E no ponto de intersecção das curvas 3 e 4, a concentração de produtos é igual à de reagentes.

- 2 **PUC-Minas 2016** A constante de equilíbrio informa as concentrações dos produtos e reagentes presentes no equilíbrio de uma reação química. É **INCORRETO** afirmar que o valor da constante de equilíbrio:

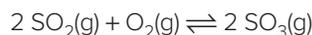
- A não depende da pressão.
 B depende da temperatura.
 C não pode ser negativo.
 D depende da concentração inicial dos reagentes.

- 3 **Unicid 2017** Considere os equilíbrios:

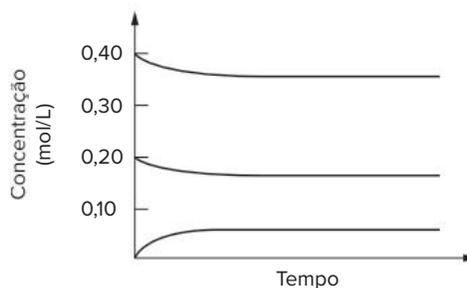


- a) Com base nos valores de K_C , informe a direção preferencial de cada um desses sistemas.
 b) A que fenômeno ambiental a equação 1 pode ser corretamente relacionada? Explique como ela participa da formação desse fenômeno.

- 4 **Fuvest** Em uma experiência, aqueceu-se, a uma determinada temperatura, uma mistura de 0,40 mol de dióxido de enxofre e 0,20 mol de oxigênio, contidos em um recipiente de 1 L e na presença de um catalisador. A equação química, representando a reação reversível que ocorre entre esses dois reagentes gasosos, é



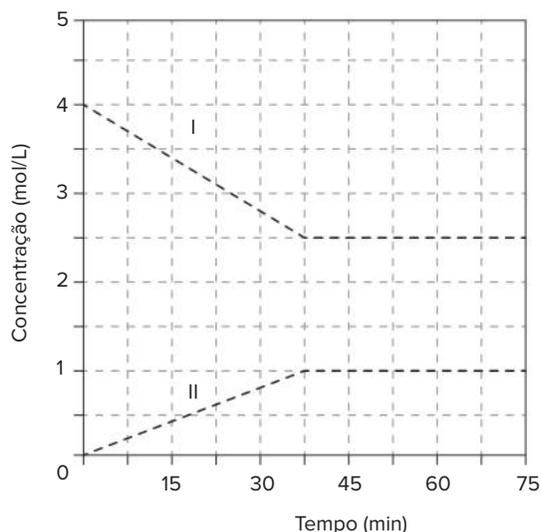
As concentrações dos reagentes e do produto foram determinadas em vários tempos, após o início da reação, obtendo-se o gráfico:



Em uma nova experiência, 0,40 mol de trióxido de enxofre, contido em um recipiente de 1 L, foi aquecido à mesma temperatura da experiência anterior e na presença do mesmo catalisador. Acompanhando-se a reação ao longo do tempo, deve-se ter, ao atingir o equilíbrio, uma concentração de SO_3 de aproximadamente

- A 0,05 mol/L
 B 0,18 mol/L
 C 0,20 mol/L
 D 0,35 mol/L
 E 0,40 mol/L

- 5 **Mackenzie** O gráfico mostra a variação da concentração molar, em função do tempo e a uma dada temperatura, para um determinado processo reversível representado pela equação genérica $3 \text{A}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{A}_3(\text{g})$.



Dessa forma, segundo o gráfico, é incorreto afirmar que

- A o sistema entrou em equilíbrio entre 30 e 45 minutos.
 B a curva I representa a variação da concentração molar da substância $\text{A}_2(\text{g})$.
 C esse processo tem valor de $K_C = 0,064$.
 D até atingir o equilíbrio, a velocidade média de consumo do reagente é de $0,04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
 E até atingir o equilíbrio, a velocidade média de formação do produto é de $0,08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

6 UEMG 2018 Para a produção de gás hidrogênio, em um recipiente fechado e à temperatura constante, introduziu-se monóxido de carbono e vapor de água, os quais apresentavam pressões parciais iguais, de 0,90 atm cada. Após um determinado tempo, o equilíbrio químico foi atingido, $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$, e medindo-se a pressão parcial do monóxido de carbono obteve-se 0,60 atm. Diante dessa afirmação, assinale a alternativa que apresenta o valor da constante de equilíbrio, K_p , para a reação exposta.

- A $\frac{1}{4}$ B $\frac{1}{9}$ C 0,44 D 4,0

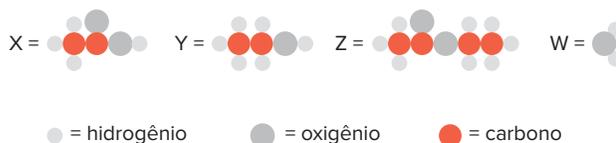
7 ITA Em cinco béqueres foram adicionados 50 mL de uma solução de referência, que consiste de uma solução aquosa saturada em cloreto de prata, contendo corpo de fundo, a 25 °C e 1 atm. A cada béquer, foram adicionados 50 mL de uma solução aquosa diluída diferente, dentre as seguintes:

- I. Solução de cloreto de sódio a 25 °C.
 II. Solução de glicose a 25 °C.
 III. Solução de iodeto de sódio a 25 °C.
 IV. Solução de nitrato de prata a 25 °C.
 V. Solução de sacarose a 50 °C.

Considere que o corpo de fundo permanece em contato com as soluções após rápida homogeneização das misturas aquosas e que não ocorre formação de óxido de prata sólido. Nestas condições, assinale a opção que indica a(s) solução(ões), dentre as acima relacionadas, que altera(m) a constante de equilíbrio da solução de referência.

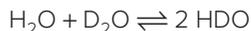
- A Apenas I, III e IV B Apenas I e IV C Apenas II e V D Apenas III E Apenas V

8 Fuvest A reação de esterificação do ácido etanoico com etanol apresenta constante de equilíbrio igual a 4, à temperatura ambiente. Adiante estão indicadas cinco situações, dentre as quais apenas uma é compatível com a reação, considerando-se que a composição final é a de equilíbrio. Qual alternativa representa, nessa temperatura, a reação de esterificação citada?

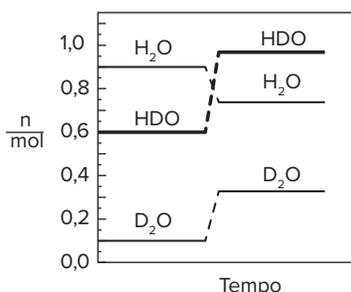


Composição inicial em mols					Composição final em mols			
	X	Y	Z	W	X	Y	Z	W
A	6	6	0	0	2	2	4	4
B	6	5	0	0	4	3	2	2
C	4	5	0	0	2	3	2	2
D	3	3	1	0	1	1	3	2
E	0	0	6	6	3	3	3	3

9 Fuvest Certas quantidades de água comum (H_2O) e de água deuterada (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)



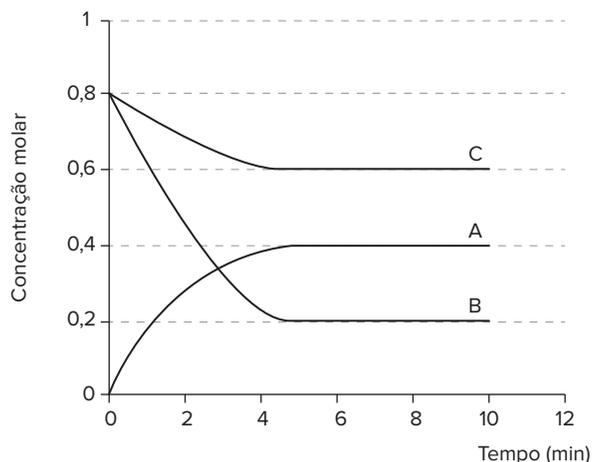
As quantidades, em mols, de cada composto no estado I estão indicadas pelos patamares, à esquerda, no diagrama. Depois de certo tempo, mantendo-se a temperatura constante, acrescentou-se mais água deuterada, de modo que a quantidade de D_2O no novo estado de equilíbrio (estado II), fosse o triplo daquela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



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

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

- 10 Cefet-MG 2015** O gráfico a seguir apresenta as variações das concentrações de três substâncias (A, B e C) durante uma reação química monitorada por 10 minutos.



A equação química que representa estequiometricamente essa reação, é

- A $2A + B \rightarrow 3C$
 B $2A \rightarrow 3C + B$
 C $2B \rightarrow 2C + A$
 D $3B + C \rightarrow 2A$
 E $6C + 4A \rightarrow 2B$
- 11 UFF** Em um recipiente de aço inox com capacidade de 1,0 L foram colocados 0,500 mol de H_2 e 0,500 mol de I_2 . A mistura alcança o equilíbrio quando a temperatura atinge 430 °C. Calcule as concentrações de H_2 , I_2 e HI na situação de equilíbrio, sabendo-se que K_C para a reação $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ é igual a 49,0 na temperatura dada.

- 12 Uece 2015** O tetróxido de dinitrogênio gasoso, utilizado como propelente de foguetes, dissocia-se em dióxido de nitrogênio, um gás irritante para os pulmões, que diminui a resistência às infecções respiratórias. Considerando que no equilíbrio a 60 °C a pressão parcial do tetróxido de dinitrogênio é 1,4 atm e a pressão parcial do dióxido de nitrogênio é 1,8 atm a constante de equilíbrio K_p será, em termos aproximados,
 A 1,09 atm.
 B 1,67 atm.
 C 2,09 atm.
 D 2,31 atm.

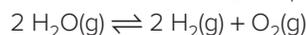
- 13 Udesc 2016** As reações químicas dependem de colisões eficazes que ocorrem entre as moléculas dos reagentes. Quando se pensa em sistema fechado, é de se esperar que as colisões ocorram entre as moléculas dos produtos em menor ou maior grau, até que se atinja o equilíbrio químico. À temperatura ambiente, o $NO_2(g)$, gás castanho-avermelhado, está sempre em equilíbrio com o seu dímero, o $N_2O_4(g)$, gás incolor. Em um experimento envolvendo a dissociação de $N_2O_4(g)$ em $NO_2(g)$ coletaram-se os seguintes dados: a amostra inicial de $N_2O_4(g)$ utilizada foi de 92 g, em

um dado momento a soma dos componentes $N_2O_4(g)$ e $NO_2(g)$ foi de 1,10 mol.

Com base nesses dados, pode-se dizer que a quantidade dissociada em mols de $N_2O_4(g)$ é:

- A 0,20
 B 0,10
 C 0,40
 D 0,60
 E 0,80

- 14 PUC-Rio** Considere a equação a seguir, $K_p = 1$ a 4300 K.



Com relação a essa equação, assinale a opção que apresenta a afirmativa correta.

- A O sistema está em equilíbrio quando as $p_{H_2O(g)} = p_{H_2(g)} = p_{O_2(g)} = 2$ a 4300 K.
 B O sistema está em equilíbrio quando as $p_{H_2O(g)} = p_{H_2(g)} = p_{O_2(g)} = 1$ a 4300 K.
 C Se a $p_{H_2O(g)}$ diminuir em decorrência do deslocamento do equilíbrio para a direita, o volume do sistema diminui.
 D A adição de $O_2(g)$ ocasiona a diminuição do p_{H_2O} .
 E Dobrando a $p_{H_2O(g)}$, $K_p = 2$ a 4300 K.

- 15 Uerj** Em um experimento que verificava o estado de equilíbrio nos processos reversíveis, o etanoato de etila foi sintetizado por meio da seguinte reação química:



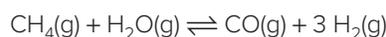
Admita que, nesse experimento, $T = 25^\circ\text{C}$; $P = 1\text{ atm}$ e $K_C = 4,00$.

Quatro amostras, retiradas aleatoriamente da mistura reacional, foram submetidas à análise para determinar a quantidade de matéria de cada uma das substâncias presentes. Os resultados em mol/L estão indicados na tabela a seguir:

Amostra	etanoico	etanol	etanoato de etila	água
W	0,04	0,01	0,08	0,02
X	0,01	0,05	0,06	0,01
Y	0,04	0,01	0,04	0,04
Z	0,01	0,02	0,04	0,02

A amostra que ainda não atingiu o estado de equilíbrio é:
 A W B X C Y D Z

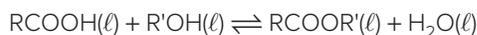
- 16 Unesp** O hidrogênio pode ser obtido do metano, de acordo com a equação química em equilíbrio:



A constante de equilíbrio dessa reação é igual a 0,20 a 900 K. Numa mistura dos gases em equilíbrio a 900 K, as pressões parciais de $CH_4(g)$ e de $H_2O(g)$ são ambas iguais a 0,40 atm e a pressão parcial de $H_2(g)$ é de 0,30 atm.

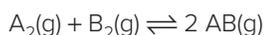
- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio.
 b) Calcule a pressão parcial de $CO(g)$ no equilíbrio.

- 17 UFRJ A reação entre um ácido carboxílico e um álcool é chamada de esterificação e pode ser genericamente representada pela equação a seguir:



- a) Explique por que a adição de um agente desidratante aumenta a formação de éster.
 b) Em um recipiente de 1 litro, foram adicionados 1 mol de ácido e 1 mol de álcool. Sabendo que nestas condições $K_C = 4$, calcule a concentração de éster no equilíbrio.
 c) Se R é o radical propil e R' é o radical isopropil, dê o nome do éster formado.

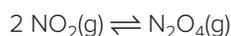
- 18 Mackenzie 2017 Em um balão de capacidade igual a 10 L, foram adicionados 1 mol da espécie $\text{A}_2(\text{g})$ e 2 mols da espécie $\text{B}_2(\text{g})$. Tais reagentes sofreram transformação de acordo com a equação a seguir:



Considerando-se que, no estado de equilíbrio químico, a concentração da espécie $\text{AB}(\text{g})$ seja de $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ a constante de equilíbrio (K_C), para esse processo, é aproximadamente igual a

- A 0,25
 B 1,33
 C 5,00
 D 6,66
 E 7,50

- 19 UEM 2018 1 mol de gás NO_2 é introduzido em um recipiente de 400 mL inicialmente evacuado, obtendo-se uma pressão inicial p_1 à temperatura constante de 300 K. Observa-se que a pressão do sistema diminui com o tempo até uma pressão de equilíbrio igual a $0,6 p_1$ devido à reação de dimerização do NO_2 :



Considere R igual a $0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 A pressão inicial (p_1) do sistema é igual a 120 atm.
 02 A pressão parcial de $\text{NO}_2(\text{g})$ no equilíbrio é igual a 12 atm.
 04 A fração molar de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ no equilíbrio é igual a 0,5.
 08 A constante de equilíbrio K_p para a reação de dimerização do $\text{NO}_2(\text{g})$ a 300 K é igual a 80.
 16 A relação entre K_C e K_p para a reação de dimerização de $\text{NO}_2(\text{g})$ é dada pela expressão $K_C = K_p \cdot (R \cdot T)$.

Soma:

- 20 Unifesp A reação



é utilizada tanto para a obtenção de ésteres como de ácidos carboxílicos. É uma reação de equilíbrio, cujo valor da constante apresenta valores baixos e próximos da unidade. Três experiências independentes, I, II e III,

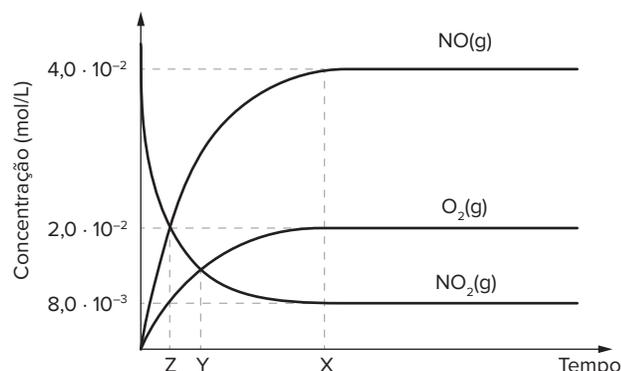
foram feitas, nas quais foram utilizadas as quantidades iniciais, em mol, mostradas na tabela.

Experiência	$n_{\text{éster}}$	$n_{\text{água}}$	$n_{\text{ácido}}$	$n_{\text{álcool}}$
I	1,0	1,0	–	–
II	–	–	1,0	1,0
III	2,0	1,0	–	–

Atingido o equilíbrio nas três experiências, qual das relações entre as quantidades de ácido é válida? (Não há necessidade de efetuar cálculos para encontrar alternativa correta.)

- A $n_{\text{I}} = n_{\text{II}} = n_{\text{III}}$.
 B $n_{\text{I}} = n_{\text{II}} < n_{\text{III}}$.
 C $n_{\text{I}} = n_{\text{II}} > n_{\text{III}}$.
 D $n_{\text{I}} < n_{\text{II}} < n_{\text{III}}$.
 E $n_{\text{I}} > n_{\text{II}} = n_{\text{III}}$.

- 21 Uesc 2011



O gráfico representa a variação da concentração de reagente e de produtos, durante a reação química representada pela equação química $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, que ocorre no interior de um recipiente fechado, onde foi colocado inicialmente $\text{NO}_2(\text{g})$, e após ter sido atingido o equilíbrio químico.

- A partir da análise desse gráfico, é correto afirmar:
 A A concentração inicial de NO é $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 B A constante de equilíbrio, K_{eq} , é igual a $2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 C A concentração de $\text{NO}_2(\text{g})$, no estado de equilíbrio químico, é a metade da concentração de $\text{NO}(\text{g})$.
 D O equilíbrio químico é inicialmente estabelecido no tempo X, representado no gráfico.
 E A constante de equilíbrio, K_{eq} , possui valores iguais quando o sistema atinge o tempo representado por Z e por Y, no diagrama.

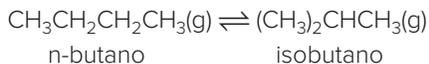
- 22 Fuvest A $800 \text{ }^\circ\text{C}$, a constante de equilíbrio, K_p (expressa em termos de pressão parcial em atm), para o equilíbrio representado a seguir vale 0,22.



Explique o que aconteceria se carbonato de cálcio fosse aquecido, a $800 \text{ }^\circ\text{C}$, em recipiente aberto

- a) na Terra onde a pressão parcial do CO_2 atmosférico é $3 \cdot 10^{-4} \text{ atm}$.
 b) em Vênus onde a pressão parcial do CO_2 atmosférico é 87 atm.

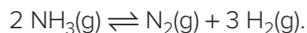
- 23 Fuvest 2012** A isomerização catalítica de parafinas de cadeia não ramificada, produzindo seus isômeros ramificados, é um processo importante na indústria petroquímica. A uma determinada temperatura e pressão, na presença de um catalisador, o equilíbrio



é atingido após certo tempo, sendo a constante de equilíbrio igual a 2,5. Nesse processo, partindo exclusivamente de 70,0 g de n-butano, ao se atingir a situação de equilíbrio, x gramas de n-butano terão sido convertidos em isobutano. O valor de x é

- A 10,0 D 40,0
B 20,0 E 50,0
C 25,0

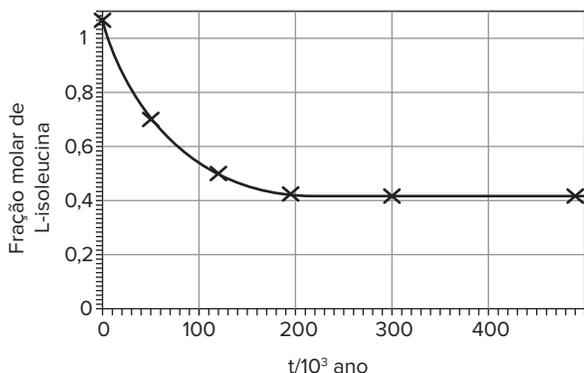
- 24 ITA** “n” mols de amônia são colocados e selados dentro de uma ampola de um litro mantida a 500 K. Nessa ampola ocorre a reação química representada pela seguinte equação:



Em relação a esta reação é CORRETO afirmar que

- A ao atingir o equilíbrio ter-se-ão formados $\frac{n}{2}$ mols de $\text{N}_2(\text{g})$.
B ao atingir o equilíbrio ter-se-ão formados $\frac{3 \cdot n}{2}$ mols de $\text{H}_2(\text{g})$.
C se a reação de decomposição for total, consumir-se-ão 2 mols de $\text{NH}_3(\text{g})$.
D se a reação de decomposição for total, a pressão final na ampola será igual a $4 \cdot 500 \cdot R$.
E se a reação de decomposição for total, a variação de pressão na ampola será igual a $n \cdot 500 \cdot R$.

- 25 Fuvest** A L-isoleucina é um aminoácido que, em milhares de anos, se transforma no seu isômero, a D-isoleucina. Assim, quando um animal morre e aminoácidos deixam de ser incorporados, o quociente entre as quantidades, em mol, de D-isoleucina e de L-isoleucina, que é igual a zero no momento da morte, aumenta gradativamente até atingir o valor da constante de equilíbrio. A determinação desses aminoácidos, num fóssil, permite datá-lo. O gráfico traz a fração molar de L-isoleucina, em uma mistura dos isômeros D e L, em função do tempo.



- a) Leia no gráfico as frações molares de L-isoleucina indicadas com uma cruz e construa uma tabela com esses valores e com os tempos correspondentes.
b) Complete sua tabela com os valores da fração molar de D-isoleucina formada nos tempos indicados. Explique.
c) Calcule a constante do equilíbrio da isomerização L-isoleucina \rightleftharpoons D-isoleucina.
d) Qual é a idade de um osso fóssil em que o quociente entre as quantidades de D-isoleucina e L-isoleucina é igual a 1?

- 26 Fuvest** O íon complexo $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_2(\text{OH})_2]^+$ pode existir na forma de dois isômeros geométricos A e B que estão em equilíbrio: isômero A \rightleftharpoons isômero B. Numa experiência, realizada a temperatura constante, em que se partiu do isômero A puro, foram obtidos os seguintes dados da concentração desse isômero em função do tempo, em segundos. Veja na tabela a seguir:

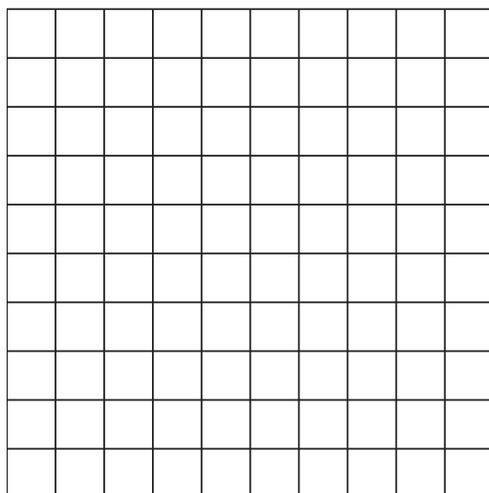
tempo	[A]/10 ⁻³ mol · L ⁻¹	[B]/10 ⁻³ mol · L ⁻¹
0	11,6	
100	11,3	
200	11,0	
500	10,5	
1000	10,2	
2000	10,0	
2500	10,0	
3000	10,0	

- a) Obtenha os dados da concentração do isômero B e construa uma tabela desses dados para todos os tempos indicados.
b) Qual o valor da constante desse equilíbrio? Justifique.

- 27 Unifesp** A constante de equilíbrio da reação de dimerização de C_5H_6 , representada pela equação $2 \text{C}_5\text{H}_6 \rightleftharpoons \text{C}_{10}\text{H}_{12}$ é igual a $3,0 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$ a $250 \text{ }^\circ\text{C}$. Nessa temperatura, foram feitas duas misturas do monômero com o dímero, com as seguintes concentrações iniciais, expressas em mol/L:
Mistura 1: [monômero] = 0,50 e [dímero] = 0,75
Mistura 2: [monômero] = 1,00 e [dímero] = 2,50
Representando-se:

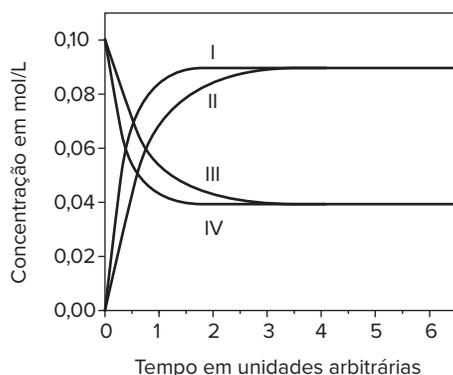
- situação de equilíbrio por \rightleftharpoons ,
- tendência do equilíbrio se deslocar para a formação do dímero por \rightarrow ,
- tendência do equilíbrio se deslocar para a formação do monômero por \leftarrow ,

Identifique as curvas no gráfico.

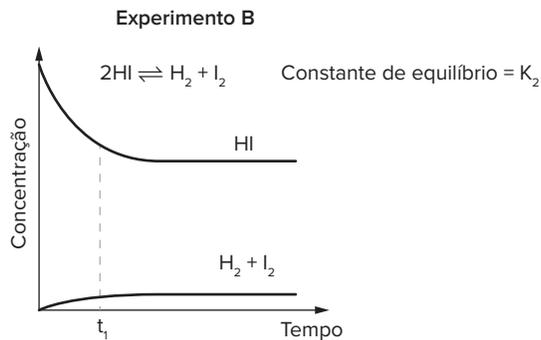
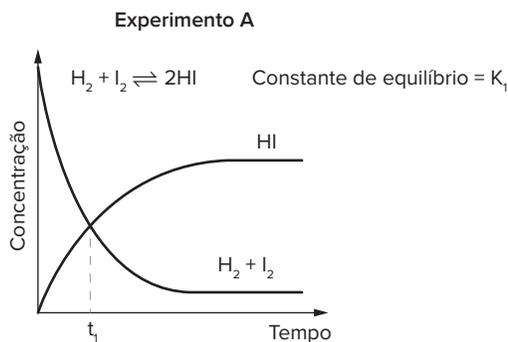


33 Unicamp A figura a seguir representa, sob o ponto de vista cinético, a evolução de uma reação química hipotética na qual o reagente A se transforma no produto B. Das curvas I, II, III e IV, duas dizem respeito à reação catalisada e duas, à reação não catalisada.

- 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.
- Calcule o valor da constante de equilíbrio para a reação de transformação de A em B.



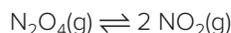
34 Fuvest A uma determinada temperatura, as substâncias H_2 , H_2 e I_2 estão no estado gasoso. A essa temperatura, o equilíbrio entre as três substâncias foi estudado, em recipientes fechados, partindo-se de uma mistura equimolar de H_2 e I_2 (experimento **A**) ou somente de HI (experimento **B**).



Pela análise dos dois gráficos, pode-se concluir que

- no experimento **A**, ocorre diminuição da pressão total no interior do recipiente, até que o equilíbrio seja atingido.
- no experimento **B**, as concentrações das substâncias (HI , H_2 e I_2) são iguais no instante t_1 .
- no experimento **A**, a velocidade de formação de HI aumenta com o tempo.
- no experimento **B**, a quantidade de matéria (em mols) de HI aumenta até que o equilíbrio seja atingido.
- no experimento **A**, o valor da constante de equilíbrio (K_1) é maior do que 1.

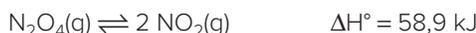
- 35 PUC-SP** Um frasco a 25 °C foi preenchido, exclusivamente, com tetróxido de dinitrogênio (N₂O₄) ficando com pressão total de 3 atm. Nessas condições, o N₂O₄ se desproporciona formando o dióxido de nitrogênio (NO₂), segundo a equação



Mantida a temperatura, após atingido o equilíbrio do sistema verifica-se que a pressão parcial do N₂O₄ é de 2,25 atm. A pressão parcial do NO₂ após atingido o equilíbrio e a constante de equilíbrio de desproporcionamento do N₂O₄ em função das pressões parciais (K_p) são, respectivamente,

- A 1,5 atm e 1. B 0,75 atm e 0,33. C 0,75 atm e 0,25. D 1,5 atm e 0,67. E 0,75 atm e 3.

- 36 Udesc** Considerando a seguinte reação em equilíbrio:

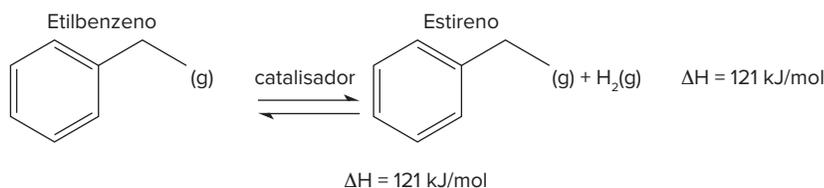


Assinale a alternativa **incorreta**.

- A A diminuição da temperatura deslocará o equilíbrio para a direita.
 B A adição de N₂O₄(g) deslocará o equilíbrio para a direita.
 C O aumento do volume deslocará o equilíbrio para a direita.
 D A adição de NO₂(g) deslocará o equilíbrio para a esquerda.
 E O aumento da pressão total pela adição de N₂(g) não deslocará o equilíbrio.

Texto para a questão **37**:

O estireno, matéria-prima indispensável para a produção do poliestireno, é obtido industrialmente pela desidrogenação catalítica do etilbenzeno, que se dá por meio do seguinte equilíbrio químico:



- 37 Unesp 2017** Analisando-se a equação de obtenção do estireno e considerando o princípio de Le Châtelier, é correto afirmar que
- A a entalpia da reação aumenta com o emprego do catalisador.
 B a entalpia da reação diminui com o emprego do catalisador.
 C o aumento de temperatura favorece a formação de estireno.
 D o aumento de pressão não interfere na formação de estireno.
 E o aumento de temperatura não interfere na formação de estireno.

- 38 Fatec** A produção de alimentos para a população mundial necessita de quantidades de fertilizantes em grande escala, sendo que muitos deles se podem obter a partir do amoníaco.

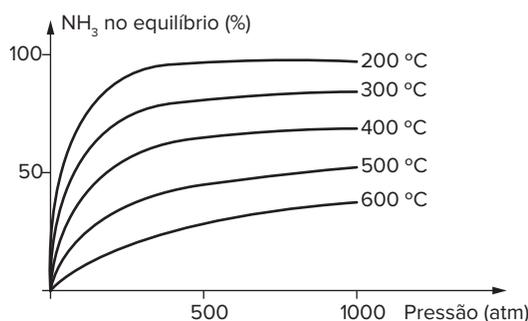
Fritz Haber (1868-1934), na procura de soluções para a otimização do processo, descobre o efeito do ferro como catalisador, baixando a energia de ativação da reação.

Carl Bosch (1874-1940), engenheiro químico e colega de Haber, trabalhando nos limites da tecnologia no início do século XX, desenha o processo industrial catalítico de altas pressões e altas temperaturas, ainda hoje utilizado como único meio de produção de amoníaco e conhecido por processo de Haber-Bosch.

Controlar as condições que afetam os diferentes equilíbrios que constituem o processo de formação destes e de outros produtos, otimizando a sua rentabilidade, é um dos objetivos da Ciência/Química e da Tecnologia para o desenvolvimento da sociedade.

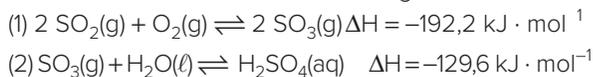
(nautilus.fis.uc.pt/spf/DTE/pdfs/fisica_quimica_a_11_homol.pdf Acesso em: 28.09.2012.)

Considere a reação de formação da amônia $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ e o gráfico, que mostra a influência conjunta da pressão e da temperatura no seu rendimento.



(FELTRE, Ricardo. Química vol. 2, São Paulo, Editora Moderna, 2004.)

44 UEL 2018 O gás sulfídrico é um gás incolor tóxico, irritante e muito solúvel em água. Esse gás também contribui para a intensificação da acidez da água da chuva em função da formação do ácido sulfúrico, de acordo com os sistemas dados a seguir.



Considerando os sistemas (1) e (2) em equilíbrio, responda aos itens a seguir.

- Escreva a equação do processo global (conversão do SO_2 a H_2SO_4), calculando a variação de sua entalpia.
- Considerando um sistema fechado, explique o que ocorrerá com a concentração de SO_3 , ao se aumentar a pressão sobre o sistema (1), e o que ocorrerá no sistema (2), ao se diminuir a temperatura.

45 UEPG 2016 Amônia gasosa (NH_3) foi obtida em um recipiente a 25°C onde se adicionou 1,0 mol de $\text{N}_2(\text{g})$ e 3,0 mols de $\text{H}_2(\text{g})$. Considerando a reação e a condição de equilíbrio do sistema, assinale o que for correto.

01 A reação é representada pela equação $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$.

02 A constante de equilíbrio pode ser expressa como

$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^3}{[\text{N}_2]^2 \cdot [\text{H}_2]}$$

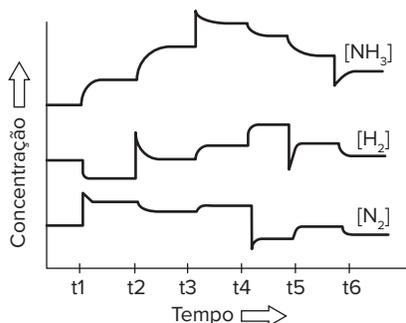
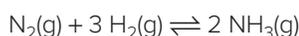
04 Se no equilíbrio $[\text{NH}_3] = [\text{N}_2] = [\text{H}_2] = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, então $K_C = 0,25$.

08 A retirada de gás amônia do sistema desloca o equilíbrio para a esquerda.

16 A formação de 0,1 mol de NH_3 indica que em condições de estequiometria reagiu 0,3 mol de N_2 .

Soma:

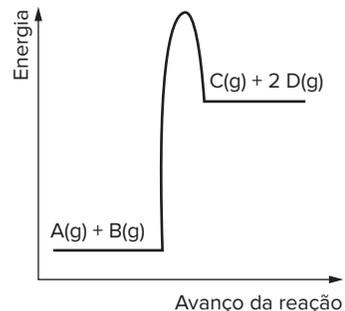
46 UFJF 2017 Segundo o princípio de Le Châtelier, se um sistema em equilíbrio é submetido a qualquer perturbação externa, o equilíbrio é deslocado no sentido contrário a esta perturbação. Assim, conforme o sistema se ajusta, a posição do equilíbrio se desloca favorecendo a formação de mais produtos ou reagentes. A figura a seguir mostra diferentes variações no equilíbrio da reação de produção de amônia de acordo com a perturbação que ocorre.



Em quais tempos verifica-se um efeito que desloca o equilíbrio favorecendo os reagentes?

- A t_1, t_2, t_6 C t_2, t_3, t_4 E t_3, t_5, t_6
 B t_1, t_4, t_6 D t_3, t_4, t_5

47 UFRGS 2017 Observe a figura seguinte, sobre o perfil de energia de uma reação em fase gasosa.



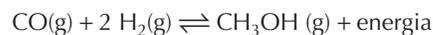
Considere as seguintes afirmações a respeito dessa reação.

- A posição de equilíbrio é deslocada a favor dos produtos, sob aumento de temperatura.
- A posição de equilíbrio é deslocada a favor dos reagentes, sob aumento de pressão.
- A velocidade da reação inversa aumenta com a temperatura.

Quais estão corretas?

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

48 Unicid 2016 O metanol, CH_3OH , é utilizado como solvente, anticongelante, material de partida para outros produtos químicos e também na produção de biodiesel. Considere a seguinte reação:



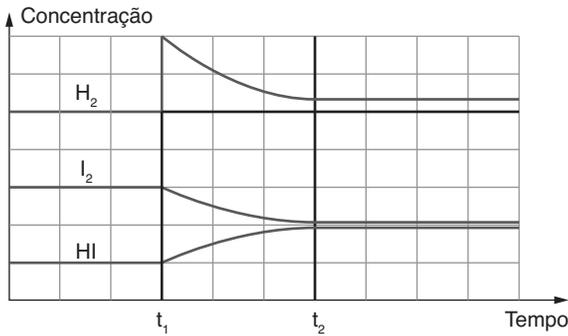
(<http://qnint.sbg.org.br>. Adaptado.)

- Escreva a expressão que representa a constante de equilíbrio (K_C) dessa reação e calcule o seu valor para um sistema em que, nas condições de equilíbrio as concentrações de metanol, monóxido de carbono e hidrogênio sejam $0,145 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ respectivamente.
- Considerando o princípio de Le Chatelier, o que acontece no sistema em equilíbrio quando a pressão é aumentada? Justifique sua resposta.

49 PUC-PR 2016 O Princípio de Le Chatelier infere que quando uma perturbação é imposta a um sistema químico em equilíbrio, este irá se deslocar de forma a minimizar tal perturbação.

Disponível em: brasilecola.com/exercicios-quimica/exercicios-sobreprincipio-le-chatelier.htm

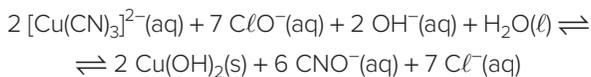
O gráfico apresentado a seguir indica situações referentes à perturbação do equilíbrio químico indicado pela equação $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$.



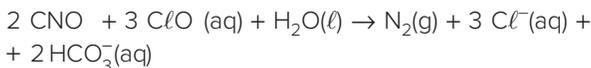
A partir da equação química apresentada e da observação do gráfico, considerando também que a reação é endotérmica em favor da formação do ácido iodídrico, a dinâmica do equilíbrio favorecerá

- A a formação de iodo quando da adição de gás hidrogênio.
- B o consumo de iodo quando da adição de gás hidrogênio.
- C a diminuição na quantidade de ácido iodídrico quando do aumento da temperatura.
- D o aumento na quantidade das substâncias simples quando ocorrer elevação da pressão total do sistema.
- E formação de gás hidrogênio na reação direta a partir de t_1 , em virtude da adição de ácido iodídrico.

50 Fasm 2017 Em indústrias de galvanização, os efluentes são comumente contaminados com íons metálicos provenientes das cubas eletrolíticas. Esses íons podem ser eliminados dos efluentes por precipitação, formando hidróxidos metálicos insolúveis. A equação a seguir representa a precipitação de íons Cu^{2+} :



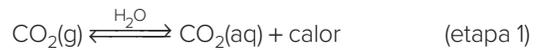
Os íons fulminato (CNO^-) produzidos na reação podem ser eliminados do efluente por adição de íons hipoclorito, conforme a equação a seguir:



- a) De acordo com o princípio de Le Chatelier, a adição de um ácido ao efluente favorecerá ou prejudicará a precipitação dos íons Cu^{2+} ? Justifique sua resposta.
- b) Considerando $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, calcule o volume de gás nitrogênio produzido quando 10 mols de CNO^- são eliminados de um efluente, a 1 atm e a uma temperatura de 300 K.

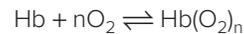
51 Unesp 2014 Para a produção de energia, os mamíferos oxidam compostos de carbono nos tecidos, produzindo dióxido de carbono gasoso, $\text{CO}_2(\text{g})$ como principal subproduto. O principal meio de remoção do $\text{CO}_2(\text{g})$ gerado nos tecidos envolve sua dissolução em água, seguida da reação do gás dissolvido com a água, sob

a ação de um catalisador biológico, a enzima anidrase carbônica, como representado a seguir.



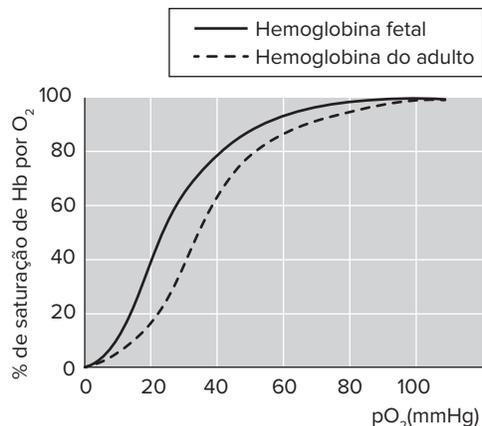
- A respeito desse processo, é correto afirmar que
- A a reação de formação de $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ na etapa 2 só ocorre na presença do catalisador biológico.
 - B a concentração de $\text{CO}_2(\text{aq})$ não influi na acidez do meio.
 - C a concentração de $\text{H}^+(\text{aq})$ aumenta com a elevação da temperatura.
 - D a concentração de $\text{H}^+(\text{aq})$ não varia com a elevação da temperatura.
 - E o aumento da concentração de $\text{CO}_2(\text{aq})$ aumenta a acidez do meio.

52 Fuvest 2017 A hemoglobina (Hb) é a proteína responsável pelo transporte de oxigênio. Nesse processo, a hemoglobina se transforma em oxi-hemoglobina ($\text{Hb}(\text{O}_2)_n$). Nos fetos, há um tipo de hemoglobina diferente da do adulto, chamada de hemoglobina fetal. O transporte de oxigênio pode ser representado pelo seguinte equilíbrio:



em que Hb representa tanto a hemoglobina do adulto quanto a hemoglobina fetal.

A figura mostra a porcentagem de saturação de Hb por O_2 em função da pressão parcial de oxigênio no sangue humano, em determinado pH e em determinada temperatura.



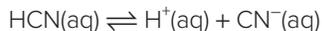
A porcentagem de saturação pode ser entendida como:

$$\% \text{ de saturação} = \frac{[\text{Hb}(\text{O}_2)_n]}{[\text{Hb}(\text{O}_2)_n] + [\text{Hb}]} \cdot 100$$

Com base nessas informações, um estudante fez as seguintes afirmações:

- I. Para uma pressão parcial de O_2 de 30 mmHg, a hemoglobina fetal transporta mais oxigênio do que a hemoglobina do adulto.

- 56 Uerj simulado 2018** O cianeto de hidrogênio (HCN) é um gás extremamente tóxico, que sofre ionização ao ser dissolvido em água, conforme a reação a seguir.



Em um experimento, preparou-se uma solução aquosa de HCN na concentração de $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e grau de ionização igual a 0,5%.

A concentração de íons cianeto nessa solução, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ é igual a:

- A $2,5 \cdot 10^{-4}$ C $2,5 \cdot 10^{-2}$
 B $5,0 \cdot 10^{-4}$ D $5,0 \cdot 10^{-2}$

- 57 UFPE** Quando somos picados por uma formiga ela libera ácido metanoico (fórmico), HCOOH. Supondo que a dor que sentimos seja causada pelo aumento da acidez, e que ao picar a formiga libera um micromol de ácido metanoico num volume de um microlitro, qual deve ser a concentração de $\text{H}^+(\text{aq})$ na região da picada? Admita que a solução tem comportamento ideal e que a autoionização da água é desprezível. Dados: $K_a = 10^{-4}$ (constante de dissociação do ácido metanoico).

- A 1 M D 10^{-3} M
 B 10^{-1} M E 10^{-4} M
 C 10^{-2} M

- 58 UPF 2018** A seguir, estão representadas algumas substâncias químicas e seus respectivos valores para a constante de ionização ácida (K_a) a 25 °C.

	Estrutura da Substância	K_a
I		$6,3 \cdot 10^{-5}$
II		$3,8 \cdot 10^{-4}$
III		$1,3 \cdot 10^{-10}$
IV		$7,2 \cdot 10^{-8}$
V		$1,0 \cdot 10^{-4}$
VI		$6,5 \cdot 10^{-11}$

Considerando os dados apresentados, é correto afirmar que

- A grupos ligados ao anel aromático não influenciam o caráter ácido.
 B a base conjugada mais fraca, entre os fenóis, será a gerada pela ionização da substância III.
 C a substância com maior caráter ácido, de todas as representadas, é a VI.
 D a substância I tem menor caráter ácido do que a substância II.
 E o grupo nitro ligado ao anel aromático diminui o caráter ácido dos fenóis.

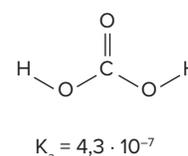
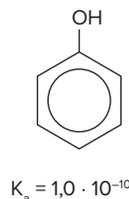
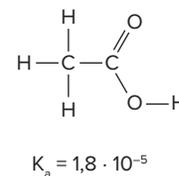
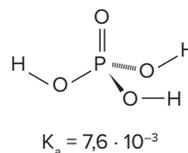
- 59 PUC-RS** Para responder à questão, analise a tabela a seguir, que apresenta soluções aquosas de ácidos de igual concentração, em mol/L, e suas respectivas constantes de dissociação.

	Solução	K_a (25 °C)
I	Ácido acético	$1,8 \cdot 10^{-5}$
II	Ácido cianídrico	$6,2 \cdot 10^{-10}$
III	Ácido cloroso	$1,1 \cdot 10^{-2}$
IV	Ácido fórmico	$1,8 \cdot 10^{-4}$
V	Ácido hipocloroso	$3,0 \cdot 10^{-8}$

Pela análise da tabela, conclui-se que a ordem crescente de acidez das soluções aquosas é

- A $I < IV < III < V < II$ D $IV < I < V < II < III$
 B $II < V < I < IV < III$ E $V < III < II < I < IV$
 C $III < I < IV < V < II$

- 60 Mackenzie** Uma substância química é considerada ácida devido a sua tendência em doar íons H^+ em solução aquosa. A constante de ionização K_a é a grandeza utilizada para avaliar essa tendência. Assim, são fornecidas as fórmulas estruturais de algumas substâncias químicas, com os seus respectivos valores de K_a , a 25 °C.

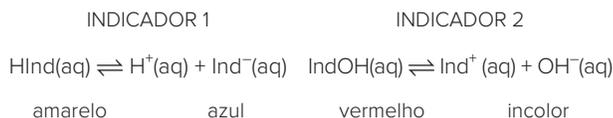


A ordem crescente de acidez das substâncias químicas citadas é

- A ácido fosfórico < ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fênico.
 B ácido fênico < ácido carbônico < ácido etanoico < ácido fosfórico.

- C ácido fosfórico < ácido carbônico < ácido etanoico < < ácido fênico.
 D ácido fênico < ácido etanoico < ácido carbônico < < ácido fosfórico.
 E ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fênico < < ácido fosfórico.

61 Unifesp 2018 Indicadores ácido-base são ácidos orgânicos fracos ou bases orgânicas fracas, cujas dissociações em água geram íons que conferem à solução cor diferente da conferida pela molécula não dissociada. Considere os equilíbrios de dissociação de dois indicadores representados genericamente por HInd e IndOH.



- a) Qual desses indicadores é o ácido fraco e qual é a base fraca? Justifique sua resposta.
 b) Que cor deve apresentar uma solução aquosa de ácido clorídrico diluído quando a ela for adicionado o indicador 1? Por que essa solução de ácido clorídrico mantém-se incolor quando a ela é adicionado o indicador 2 em vez do indicador 1?

62 UPF 2015 No quadro, são mostradas diferentes soluções aquosas e seus respectivos valores de K_a , constante de ionização ácida.

I. Ácido nitroso ($\text{HNO}_2(\text{aq})$)	$K_a = 5,0 \cdot 10^{-4}$
II. Ácido hipocloroso ($\text{HClO}(\text{aq})$)	$K_a = 3,2 \cdot 10^{-8}$
III. Ácido hipobromoso ($\text{HBrO}(\text{aq})$)	$K_a = 6,0 \cdot 10^{-9}$
IV. Ácido carbônico ($\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$)	$K_a = 4,4 \cdot 10^{-7}$
V. Ácido bromídrico ($\text{HBr}(\text{aq})$)	$K_a > 1$

Analisando os valores de K_a e considerando concentração em quantidade de matéria igual a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ para as soluções listadas, assinale a alternativa correta.

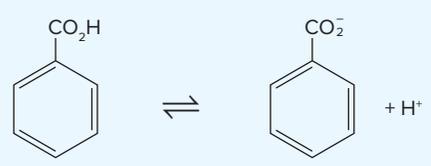
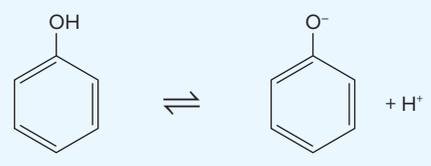
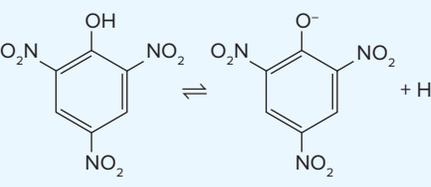
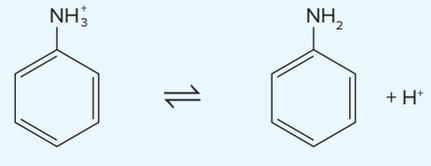
- A A solução aquosa de ácido hipobromoso ($\text{HBrO}(\text{aq})$) irá apresentar caráter ácido menos acentuado do que a solução aquosa de ácido bromídrico ($\text{HBr}(\text{aq})$).
 B A solução aquosa de ácido hipocloroso ($\text{HClO}(\text{aq})$) irá apresentar caráter ácido menos acentuado do que a solução aquosa de ácido hipobromoso ($\text{HBrO}(\text{aq})$).
 C A solução aquosa de ácido carbônico ($\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$) irá apresentar caráter ácido mais acentuado do que a solução aquosa de ácido nitroso ($\text{HNO}_2(\text{aq})$).

- D O ácido carbônico ($\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$) entre as soluções listadas, apresenta maior grau de ionização e, portanto, irá apresentar maior valor de pH.
 E Dentre as soluções listadas, a solução aquosa de ácido bromídrico ($\text{HBr}(\text{aq})$), é a que irá apresentar menor grau de ionização e a que será a melhor condutora de eletricidade.

63 UEL A constante de ionização do ácido nítrico é muito grande, tendendo ao ∞ (infinito). Assim, as concentrações de moléculas $\text{HNO}_3(\text{aq})$, de íons $\text{H}^+(\text{aq})$ e de íons $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ em uma solução aquosa 1 mol/L desse ácido são próximas, respectivamente, de

- A $\infty, 1$ e 1
 B $1, \infty$ e ∞
 C $1, 1$ e ∞
 D $0, 1$ e 1
 E ∞, ∞ e ∞

64 Unioeste Na tabela a seguir são dadas as reações de ionização e os respectivos valores de $\text{p}K_a$ para alguns compostos aromáticos.

	reação	pK _a
I		4,19
II		9,89
III		0,38
IV		4,58

Fonte: Solomons & Fryhle, *Química Orgânica*, vols. 1 e 2, 7ª edição. LTC.

Os compostos que apresentam a maior e a menor acidez são, respectivamente,

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

Texto para a próxima questão:

Experiência – Escrever uma mensagem secreta no laboratório

Materiais e reagentes necessários

- Folha de papel
- Pincel fino
- Difusor
- Solução de fenolftaleína
- Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L ou solução saturada de hidróxido de cálcio

Procedimento experimental

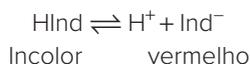
Utilizando uma solução incolor de fenolftaleína, escreva com um pincel fino uma mensagem numa folha de papel. A mensagem permanecerá invisível. Para revelar essa mensagem, borrife a folha de papel com uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio, com o auxílio de um difusor. A mensagem aparecerá magicamente com a cor vermelha.

Explicação

A fenolftaleína é um indicador que fica vermelho na presença de soluções básicas, nesse caso, uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio.

<<http://tinyurl.com/o2vav8v>> Acesso em: 31.08.15. Adaptado.

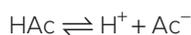
- 71 Fatec 2016** A fenolftaleína atua como um indicador ácido-base por ser um ácido fraco, que em solução alcoólica, apresenta a cor das moléculas não dissociadas, HInd, diferente da cor dos respectivos íons, Ind⁻.



A leitura da mensagem no experimento descrito é possível porque a presença de íons OH⁻ na solução de fenolftaleína promove deslocamento do equilíbrio para a

- A direita, devido à diminuição do grau de ionização da fenolftaleína.
- B direita, devido ao aumento da concentração de íons H⁺.
- C direita, devido ao consumo de íons H⁺ pelos íons OH⁻.
- D esquerda, devido ao consumo de íons H⁺ pelos íons OH⁻.
- E esquerda, devido à diminuição do grau de ionização da fenolftaleína.

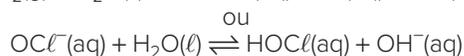
- 72 PUC-Minas** Numa solução de ácido acético (HAc), temos o seguinte equilíbrio:



Se adicionarmos acetato de sódio (NaAc) a essa solução:

- A a concentração de íons H⁺ deverá diminuir.
- B a concentração de íons H⁺ permanecerá a mesma.
- C a concentração de íons H⁺ deverá aumentar.
- D a concentração de HAc não dissociado diminuirá.
- E nada acontecerá com o equilíbrio.

- 73 UFMG** O ácido hipocloroso, HOCl, é um poderoso agente desinfetante utilizado no tratamento da água. Por ser instável para ser armazenado na forma concentrada, normalmente, o HOCl é gerado, no momento do uso, por meio de uma das seguintes reações:



Com relação a esses processos, é INCORRETO afirmar que

- A a adição de gás cloro a águas alcalinas pode levar à conversão indesejada do HOCl em OCl⁻.
- B a adição de gás cloro provoca uma diminuição do pH da água.
- C a condutividade elétrica da água aumenta após a adição do Cl₂(g).
- D a formação do HOCl a partir do hipoclorito é favorecida em águas alcalinas.

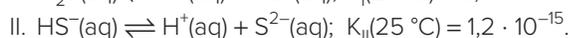
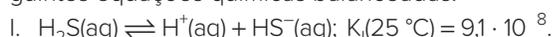
- 74 UFRGS 2018** Considere as seguintes afirmações sobre o comportamento de ácidos em solução aquosa.

- I. O grau de ionização de um ácido fraco, como o ácido acético, aumenta com o aumento da diluição.
- II. A maior concentração de um ácido forte acarreta maior grau de ionização e maior constante de ionização.
- III. A segunda constante de ionização de um ácido poliprótico é sempre menor que a primeira constante.

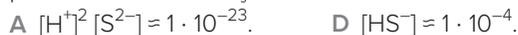
Quais estão corretas?

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

- 75 ITA** Na temperatura de 25 °C e pressão igual a 1 atm, a concentração de H₂S numa solução aquosa saturada é de aproximadamente 0,1 mol L⁻¹. Nesta solução, são estabelecidos os equilíbrios representados pelas seguintes equações químicas balanceadas:



Assinale a informação ERRADA relativa a concentrações aproximadas (em mol · L⁻¹) das espécies presentes nesta solução.



- 76 PUC-RS** Tem-se 250 mL de uma solução 0,100 mol/L de hidróxido de amônio, à temperatura de 25 °C. Nesta solução ocorre o equilíbrio



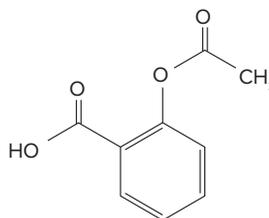
Se esta solução for diluída a 500 mL com água pura, e a temperatura permanecer constante, a concentração, em mol/L, de íons OH⁻ _____, e a quantidade, em mol, de íons OH⁻ _____.

- A diminuirá – aumentará
- B diminuirá – diminuirá
- C aumentará – aumentará
- D aumentará – diminuirá
- E ficará constante – ficará constante

77 Fuvest 2017 Muitos medicamentos analgésicos contêm, em sua formulação, o ácido acetilsalicílico, que é considerado um ácido fraco (constante de ionização do ácido acetilsalicílico $3,2 \cdot 10^{-4}$). A absorção desse medicamento no estômago do organismo humano ocorre com o ácido acetilsalicílico em sua forma não ionizada.

- Escreva a equação química que representa a ionização do ácido acetilsalicílico em meio aquoso, utilizando fórmulas estruturais.
- Escreva a expressão da constante de equilíbrio para a ionização do ácido acetilsalicílico. Para isto, utilize o símbolo AA para a forma não ionizada e o símbolo AA para a forma ionizada.
- Considere um comprimido de aspirina contendo 540 mg de ácido acetilsalicílico, totalmente dissolvido em água, sendo o volume da solução 1,5 L. Calcule a concentração, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dos íons H^+ nessa solução. Em seus cálculos, considere que a variação na concentração inicial do fármaco, devido à sua ionização, é desprezível.
- No pH do suco gástrico, a absorção do fármaco será eficiente? Justifique sua resposta.

Note e adote: pH do suco gástrico: 1,2 a 3,0
 Massa molar do ácido acetilsalicílico: $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$



Ácido acetilsalicílico

78 ITA Um indicador ácido-base monoprótico tem cor vermelha em meio ácido e cor laranja em meio básico. Considere que a constante de dissociação desse indicador seja igual a $8,0 \cdot 10^{-5}$. Assinale a opção que indica a quantidade, em mols, do indicador que, quando adicionada a 1 L de água pura, seja suficiente para que 80% de suas moléculas apresentem a cor vermelha após alcançar o equilíbrio químico.

- A $1,3 \cdot 10^{-5}$ C $9,4 \cdot 10^{-5}$ E $1,6 \cdot 10^{-3}$
 B $3,2 \cdot 10^{-5}$ D $5,2 \cdot 10^{-4}$

Texto complementar

No início do século XIX, entre 1801 e 1803, o cientista inglês William Henry enunciou uma lei que trata da solubilidade de gases em líquidos: *A solubilidade de gases em líquidos, a uma dada temperatura, é diretamente proporcional à pressão parcial que esse gás exerce na superfície do líquido.*

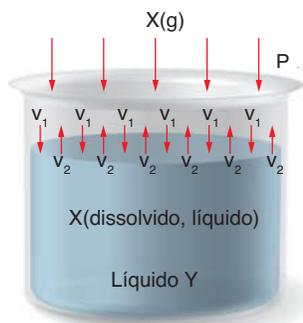
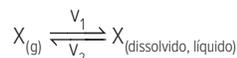


Fig. 8 Equilíbrio dinâmico entre substância gasosa e a mesma substância dissolvida em líquido.

Portanto, segundo o enunciado da lei de Henry, para o equilíbrio de equação



no qual teremos:

$$S_x = k_x \cdot P_x$$

em que S_x é a solubilidade de um gás X em um líquido, em mol/L, k_x é a constante de Henry para um gás X dissolvido em um líquido, a uma dada temperatura, e P_x é a pressão parcial que um gás X exerce na superfície de um líquido.

Essa lei só é válida quando o gás e a solução apresentam comportamento ideal, ou seja, quando o gás não exerce sobre o líquido uma pressão muito grande e quando a concentração do gás dissolvido no líquido é pequena.

Quando um gás se dissolve em um líquido, estabelece com ele interações intermoleculares. A formação dessas ligações é sempre exotérmica. Portanto, a dissolução de gases em líquidos libera calor. Pelo princípio de Le Chatelier, o processo de dissolução de gases em líquidos é favorecido por temperaturas baixas. Assim, para diminuir a solubilidade de um gás em um líquido, basta aquecê-lo. Logo, a constante de Henry, k_x , diminui com o aumento da temperatura. Isso explica por que é mais fácil criar peixes em águas mais frias, já que, em temperaturas mais baixas, há mais oxigênio dissolvido. Ainda, vale dizer que, para manter o gás dos refrigerantes, é preciso mantê-lo resfriado o tempo todo depois de aberto.

Entretanto, a constante de Henry não depende somente da temperatura. Quanto maiores forem as interações entre líquidos e os gases neles dissolvidos, maiores serão as constantes de Henry para uma dada temperatura. Por exemplo, CO_2 interage mais fortemente com a água do que o O_2 , pois, apesar de ambos os gases serem apolares, o CO_2 apresenta ligações polares, que intensificam as interações com os polos da água. A seguir, temos uma tabela com algumas constantes de Henry:

Gás	K · (mol · L ⁻¹ · atm ⁻¹)
Argônio	1,5 · 10 ⁻³
Dióxido de carbono	2,3 · 10 ⁻²
Hélio	3,7 · 10 ⁻⁴
Hidrogênio	8,5 · 10 ⁻⁴
Neônio	5,0 · 10 ⁻⁴
Nitrogênio	7,0 · 10 ⁻⁴
Oxigênio	1,3 · 10 ⁻³

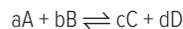
Tab. 3 Constantes de Henry de gases em água, em 20 °C.

O aumento da pressão parcial que o gás exerce sobre a superfície do líquido é muito importante. Quanto maior for a pressão parcial que um gás exerce sobre a superfície do líquido, maior será a solubilidade daquele gás nesse líquido. Isso explica, por exemplo, por que uma garrafa fechada de refrigerante ou de champanhe mantém o gás, mas, ao abrir a garrafa, com a diminuição da pressão parcial do CO₂ sobre a superfície do líquido, o gás perde a solubilidade. Como consequência, vemos as bolhas de gás saindo do líquido com o passar do tempo.

Outro exemplo da influência da pressão parcial está relacionado à prática do mergulho. Ao mergulharmos em grandes profundidades, respiramos com uma pressão maior. Com isso, gases se dissolvem mais no sangue. Quando se retorna à superfície muito depressa, a solubilidade desses gases no sangue diminui, podendo ocorrer um borbulhamento nas veias e artérias, problema chamado de embolia, que torna o mergulho um esporte que requer cuidado e perícia. Para que a embolia não ocasione a morte de um mergulhador, é preciso que, na subida, ele faça paradas de segurança, para que o excesso de gases dissolvidos possa sair pelos pulmões. Também é preciso que, no cilindro de gás que o mergulhador leva para respirar, o teor de O₂ seja menor do que no ar atmosférico. Para que a concentração de oxigênio no sangue durante o mergulho seja a mesma de uma pessoa fora d'água, compensa-se a maior pressão durante o mergulho com menor fração molar de O₂ na mistura, para que a pressão parcial de oxigênio se mantenha a mesma. Com isso, a solubilidade de O₂ no sangue se mantém a mesma.

Resumindo

- **Fenômenos químicos reversíveis** são aqueles que podem ocorrer tanto no sentido direto quanto no sentido inverso. Eles não acontecem com as mesmas energias de ativação nem com as mesmas velocidades, mas a tendência natural é que as velocidades das reações direta e inversa se igualem a partir de certo momento e o sistema entre em **equilíbrio químico**. Para que um fenômeno químico seja reversível, é preciso que o sistema seja fechado, isto é, não troque matéria com o meio externo.
- **Grau de equilíbrio (α)** é a porcentagem de reagente limitante que efetivamente se converte em produto para que o sistema entre em equilíbrio.
- Para uma reação genérica descrita pela equação:



a constante de equilíbrio em termos de concentrações é dada pela seguinte expressão:

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

e a constante de equilíbrio em termos de pressões parciais é dada por:

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b}$$

A relação entre K_c e K_p é: K_p = K_c(RT)^{Δn}

As constantes de equilíbrio são adimensionais.

- O princípio de Le Chatelier diz que: quando se perturba um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de minimizá-la ou de anulá-la.
- Um sistema em equilíbrio pode ser perturbado quando se alteram a **concentração das substâncias**, a **temperatura** e a **pressão**.

↑[Reagentes] e/ou ↓[Produtos] ⇒ desloca no sentido DIRETO

↓[Reagentes] e/ou ↑[Produtos] ⇒ desloca no sentido INVERSO

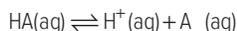
↑Temperatura ⇒ desloca no sentido ENDO

↓Temperatura ⇒ desloca no sentido EXO

↑ Pressão ⇒ desloca no sentido ↓n(g)

↓ Pressão ⇒ desloca no sentido ↑n(g)

- A ionização dos ácidos acontece segundo a equação:



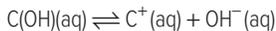
e a constante de equilíbrio iônico é dada por:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+(\text{aq})] \cdot [\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{HA(aq)}]}$$

↑ força do ácido \Rightarrow ↑ K_a

Se um ácido for poliprótico, para cada ionização parcial, haverá um K_a , sendo $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3} > K_{a4}$.

- A ionização das bases fracas acontece segundo a equação:



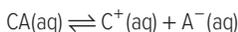
e a constante de ionização é dada por:

$$K_b = \frac{[\text{C}^+(\text{aq})] \cdot [\text{OH}^-(\text{aq})]}{[\text{C(OH)(aq)}]}$$

↑ força da base \Rightarrow ↑ K_b

Não há sentido em aplicar K_a e K_b para ácidos e bases fortes.

- A constante de ionização (K_i) é uma generalização de todas as constantes de equilíbrio iônico homogêneo. Para um eletrólito genérico em que C é o cátion e A é o ânion, teremos:



em que a constante de ionização é dada por:

$$K_i = \frac{[\text{C}^+(\text{aq})] \cdot [\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{CA(aq)}]}$$

- Lei de Ostwald:

$$\text{Se } \alpha > 10\% \Rightarrow K_i = \frac{\mathfrak{M} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

$$\text{Se } \alpha < 10\% \Rightarrow (1 - \alpha) \cong 1 \Rightarrow K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2$$

em que \mathfrak{M} é a concentração molar.

Quer saber mais?



Site

- Experimento: chuva ácida, equilíbrio químico e acidez
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a09.pdf>>.

Exercícios complementares

- 1 Mackenzie 2018** Considerando-se o equilíbrio químico equacionado por $\text{A(g)} + 2 \text{B(g)} \rightleftharpoons \text{AB}_2(\text{g})$, sob temperatura de 300 K, a alternativa que mostra a expressão correta da constante de equilíbrio em termos de concentração em mols por litro é

A $\frac{[\text{AB}_2]}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2}$

D $\frac{[\text{A}] + [\text{B}]^2}{[\text{AB}_2]}$

B $\frac{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2}{[\text{AB}_2]}$

E $\frac{[\text{AB}_2]^2}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2}$

C $\frac{[\text{AB}_2]}{[\text{A}] + [\text{B}]^2}$

- 2 Fuvest** N_2O_4 e NO_2 , gases poluentes do ar, encontram-se em equilíbrio, como indicado:



Em uma experiência, nas condições ambientes, introduziu-se 1,50 mol de N_2O_4 em um reator de 2,0 litros. Estabelecido o equilíbrio, a concentração de NO_2 foi de 0,060 mol/L. Qual o valor da constante K_C , em termos de concentração, desse equilíbrio?

A $2,4 \cdot 10^{-3}$

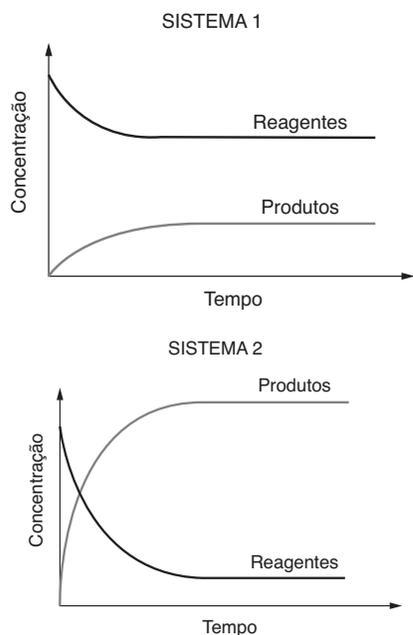
D $5,2 \cdot 10^{-3}$

B $4,8 \cdot 10^{-3}$

E $8,3 \cdot 10^{-2}$

C $5,0 \cdot 10^{-3}$

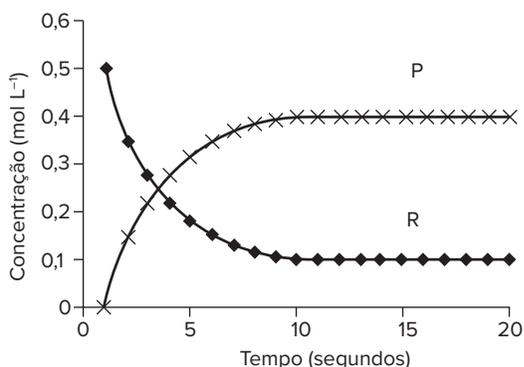
3 Fasm 2017 Analise os gráficos dos sistemas 1 e 2.



Os gráficos mostram a variação da concentração de reagentes e de produtos em dois sistemas, em que ocorrem, respectivamente, as reações genéricas $A \rightleftharpoons B$ e $X \rightleftharpoons Y$, até que ambos entrem em equilíbrio dinâmico.

- Considerando que ambos os equilíbrios ocorrem na mesma temperatura, determine qual das reações apresenta a maior constante de equilíbrio. Justifique sua resposta.
- Considere que, em um recipiente de 5 litros, foi adicionado 0,3 mol da substância A. Calcule a concentração da substância B no sistema em equilíbrio e a constante de equilíbrio para o sistema 1, sabendo que apenas 20% de A se converteu em B.

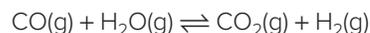
4 PUC-Rio 2016 O gráfico a seguir mostra o caminho da reação de conversão de um reagente (R) em um produto (P), tendo r e p como coeficientes estequiométricos. A cinética da reação é de primeira ordem.



- A partir das informações do gráfico é certo que
- a reação é completa.
 - o valor da constante de equilíbrio é 4.
 - o equilíbrio reacional é alcançado somente a partir de 15 s.

- a velocidade da reação é maior em 10 s do que em 5 s.
- a reação tem os coeficientes r e p iguais a 2 e 1 respectivamente.

5 Unifesp A constante de equilíbrio para a reação na fase gasosa



vale 25, a 600 K.

Foi feita uma mistura contendo 1,0 mol de CO, 1,0 mol de H₂O, 2,0 mol de CO₂ e 2,0 mol de H₂ em um frasco de 1,0 L, a 600 K. Quais as concentrações de CO(g) e CO₂(g), em mol/L, quando for atingido o equilíbrio?

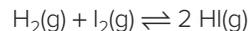
- 3,5 e 1,5.
- 2,5 e 0,5.
- 1,5 e 3,5.
- 0,5 e 2,5.
- 0,5 e 3,0.

6 UEG 2012 Considere um recipiente fechado contendo 1,2 mol de uma espécie química AB(g), a certa temperatura. Depois de certo tempo, verificou-se que AB(g) foi decomposto em A₂(g) e B₂(g) até atingir o equilíbrio químico, em que se constatou a presença de 0,45 mol de B₂(g). O grau de dissociação, em porcentagem, de AB(g) nas condições apresentadas é igual a:

- 25
- 50
- 75
- 90

7 UFPR Considere os sistemas químicos descritos a seguir.

- Uma mistura de hidrogênio, iodo e iodeto de hidrogênio é introduzida num recipiente aquecido a 783 K. Cada um dos componentes da mistura encontra-se no estado gasoso e na concentração de $2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Nesse sistema ocorre a reação



cujas constantes de equilíbrio é igual a 46.

- Uma mistura de N₂(g), O₂(g) e NO(g) é introduzida num recipiente aquecido a 800 K. A concentração de cada um dos seus componentes é igual a $2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Nesse sistema ocorre a reação



cujas constantes de equilíbrio é igual a $3,40 \cdot 10^{-21}$.

Sobre os sistemas I e II, é correto afirmar:

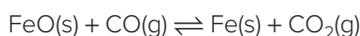
- As constantes de equilíbrio indicam que a velocidade da reação no sistema I é maior que a velocidade da reação no sistema II.
- Quando o sistema I atinge o estado de equilíbrio, predomina a espécie HI.
- Quando o sistema II atinge o estado de equilíbrio, predomina a espécie NO.
- No sistema I, ocorre o consumo de gás hidrogênio até que o estado de equilíbrio seja atingido.
- No sistema II, a concentração do gás nitrogênio aumenta até que o estado de equilíbrio seja atingido.
- No sistema II, após o equilíbrio ser atingido, a concentração de oxigênio é igual à concentração de nitrogênio.

Soma:

8 Unicamp 2017 Uma equação química é uma equação matemática no sentido de representar uma igualdade: todos os átomos e suas quantidades que aparecem nos reagentes também devem constar nos produtos. Considerando uma equação química e sua correspondente constante de equilíbrio, pode-se afirmar corretamente que, multiplicando-se todos os seus coeficientes por 2, a constante de equilíbrio associada a esta nova equação será

- A o dobro da constante da primeira equação química, o que está de acordo com um produtório.
- B o quadrado da constante da primeira equação, o que está de acordo com um produtório.
- C igual à da primeira equação, pois ela é uma constante, o que está de acordo com um somatório.
- D a constante da primeira equação multiplicada por $\ln 2$ o que está de acordo com um somatório.

9 UEL A constante K_C do equilíbrio representado por

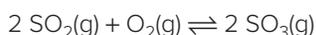


a 1000 °C é igual a 0,4.

Logo, a proporção entre o número de moléculas de CO e CO₂, no equilíbrio a essa temperatura, é

- A 1 de CO para 1 de CO₂
- B 1 de CO para 4 de CO₂
- C 2 de CO para 5 de CO₂
- D 4 de CO para 1 de CO₂
- E 5 de CO para 2 de CO₂

10 UEM Em um reator fechado, mantido sob pressão de 6,0 atm, encontra-se o sistema gasoso em equilíbrio a 300 K:



As quantidades dos participantes no equilíbrio são: 1,0 mol de oxigênio, 2,0 mols de dióxido de enxofre e 3,0 mols de trióxido de enxofre.

Assinale o que for **correto**.

- 01 O valor da constante de equilíbrio do sistema, em termos de pressões parciais, a 300 K, é 2,25 atm⁻¹.
- 02 O valor da constante de equilíbrio irá mudar com a alteração da temperatura.
- 04 Na situação de equilíbrio, as reações direta e inversa param de ocorrer.
- 08 O valor da constante de equilíbrio, em termos de concentração, a 300 K, é de aproximadamente 55,4 L · mol⁻¹.
- 16 A partir do instante em que o sistema atinge o estado de equilíbrio, as concentrações (em mol · L⁻¹) dos participantes se igualam.

Soma:

11 ITA Em um balão fechado e sob temperatura de 27 °C, N₂O₄(g) está em equilíbrio com NO₂(g). A pressão total exercida pelos gases dentro do balão é igual a 1,0 atm e, nestas condições, N₂O₄(g) encontra-se 20% dissociado.

- a) Determine o valor da constante de equilíbrio para a reação de dissociação do N₂O₄(g). Mostre os cálculos realizados.
- b) Para a temperatura de 27 °C e pressão total dos gases dentro do balão igual a 0,10 atm, determine o grau de dissociação do N₂O₄(g). Mostre os cálculos realizados.

12 Fuvest Um recipiente fechado de 1 litro contendo inicialmente, à temperatura ambiente, 1 mol de I₂ e 1 mol de H₂ é aquecido a 300 °C. Com isto estabelece-se o equilíbrio

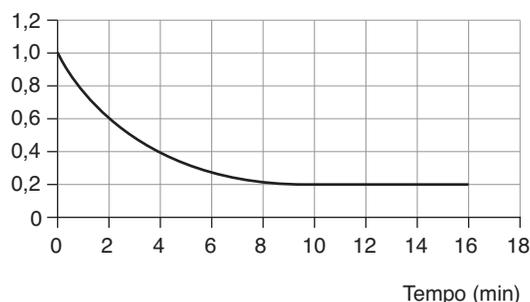


cujas constantes é igual a 1,0 · 10². Qual a concentração, em mol/L, de cada uma das espécies H₂(g), I₂(g) e HI(g), nessas condições?

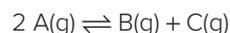
- A 0, 0, 2
- B 1, 1, 10
- C $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{5}{3}$
- D $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{5}{6}$
- E $\frac{1}{11}, \frac{1}{11}, \frac{10}{11}$

13 UFRJ Em um recipiente de um litro foi adicionado um mol de uma substância gasosa A, que imediatamente passou a sofrer uma reação de decomposição. As concentrações molares de A foram medidas em diversos momentos e verificou-se que, a partir do décimo minuto, a sua concentração se tornava constante, conforme os dados registrados no gráfico a seguir.

[A] (mol/L)



A decomposição de A ocorre segundo a equação:

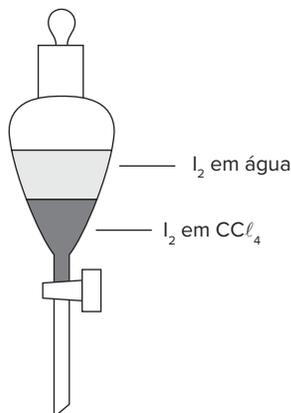


- a) Determine a velocidade média de decomposição de A durante os primeiros quatro minutos.
- b) Calcule a constante de equilíbrio K_C .

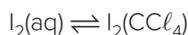
14 Mackenzie Sob condições adequadas de temperatura e pressão, ocorre a formação do gás amônia. Assim, em um recipiente de capacidade igual a 10 L, foram colocados 5 mol de gás hidrogênio junto com 2 mol de gás nitrogênio. Ao ser atingido o equilíbrio químico, verificou-se que a concentração do gás amônia produzido era de 0,3 mol · L⁻¹. Dessa forma, o valor da constante de equilíbrio (K_C) é igual a

- A 1,80 · 10⁻⁴
- B 3,00 · 10⁻²
- C 6,00 · 10⁻¹
- D 3,60 · 10¹
- E 1,44 · 10⁴

- 20 Fuvest** Em um funil de separação, encontram-se, em contato, volumes iguais de duas soluções: uma solução aquosa de I_2 , de concentração $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, e uma solução de I_2 em CCl_4 , de concentração $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.



Considere que o valor da constante K_C do equilíbrio

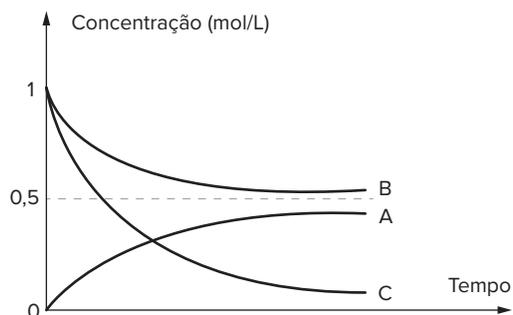


é igual a 100, à temperatura do experimento, para concentrações expressas em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Assim sendo, o que é correto afirmar a respeito do sistema descrito?

- A Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído do CCl_4 pela água, até que a concentração de I_2 em CCl_4 se iguale a zero.
- B Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído da água pelo CCl_4 , até que a concentração de I_2 em água se iguale a zero.
- C Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 no CCl_4 tenderá a aumentar e a de I_2 , na água, tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.
- D Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 na água tenderá a aumentar e a de I_2 , no CCl_4 , tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.
- E Quer o sistema seja agitado ou não, ele já se encontra em equilíbrio e não haverá mudança nas concentrações de I_2 nas duas fases.

- 21 PUC-SP 2017** Durante uma transformação química as concentrações das substâncias participantes foram determinadas ao longo do tempo. O gráfico a seguir resume os dados obtidos ao longo do experimento.



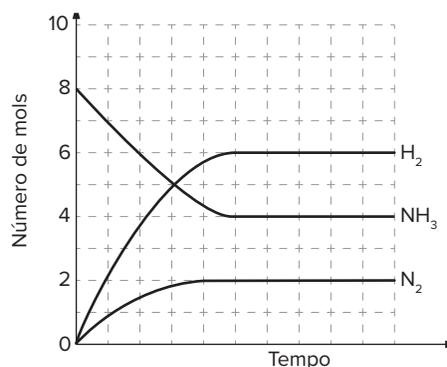
A respeito do experimento, foram feitas algumas afirmações:

- I. A e B são reagentes e C é o produto da reação estudada.
- II. A reação química estudada é corretamente representada pela equação: $B + 2C \rightleftharpoons A$
- III. Não houve consumo completo dos reagentes, sendo atingido o equilíbrio químico.
- IV. A constante de equilíbrio dessa reação, no sentido da formação de A, nas condições do experimento é menor do que 1.

Estão corretas apenas as afirmações:

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

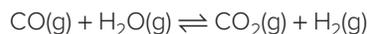
- 22 Fatec** O gráfico mostra a variação das concentrações de NH_3 , H_2 e N_2 durante a reação de decomposição de 8 mols de amônia, num balão de 2 L a uma temperatura de 480°C em função do tempo. A equação da reação é:



A análise dos dados mencionados nos permite concluir que o valor numérico da constante de equilíbrio, K_C , dessa reação é aproximadamente:

- A 0,07.
B 2,3.
C 3,7.
D 6,8.
E 27.

- 23 Fuvest** Considere o equilíbrio, em fase gasosa,



cuja constante K , à temperatura de 430°C , é igual a 4. Em um frasco de 1,0 L, mantido a 430°C , foram misturados 1,0 mol de CO , 1,0 mol de H_2O , 3,0 mol de CO_2 e 3,0 mol de H_2 . Esperou-se até o equilíbrio ser atingido.

- a) Em qual sentido, no de formar mais CO ou de consumi-lo, a rapidez da reação é maior, até se igualar no equilíbrio? Justifique.
- b) Calcule as concentrações de equilíbrio de cada uma das espécies envolvidas (Lembrete: $4 = 2^2$).

Obs.: Considerou-se que todos os gases envolvidos têm comportamento de gás ideal.

24 UFJF 2017 O ozônio é um gás que existe em pequenas quantidades (cerca de 10%) na troposfera, mas em maior concentração na estratosfera, constituindo a camada de ozônio.

a) Na troposfera, o ozônio reage com o óxido de nitrogênio produzindo oxigênio e dióxido de nitrogênio, cuja constante de equilíbrio é $6,0 \cdot 10^{34}$. De acordo com as concentrações descritas a seguir, verifique se o sistema está em equilíbrio.

Composto	O ₃	NO	O ₂	NO ₂
Concentração (mol · L ⁻¹)	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$

b) Utilizando os dados para a reação do ozônio com o dióxido de nitrogênio na atmosfera, fornecidos a seguir, determine a expressão da velocidade e calcule o valor da constante de velocidade dessa reação $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

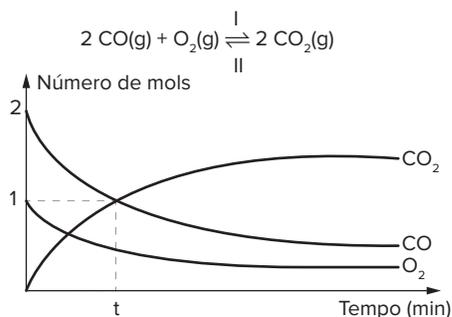
[NO ₂]/mol · L ⁻¹	[O ₃]/mol · L ⁻¹	Velocidade/mol · L ⁻¹ · s ⁻¹
$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$
$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$

c) Na troposfera, o ozônio também reage com compostos orgânicos insaturados prejudicando a qualidade de vida dos organismos vivos. Escreva a reação de ozonólise do 2-metilbuteno na troposfera.

25 ITA Carbamato de amônio sólido (NH₂COONH₄) decompõe-se em amônia e dióxido de carbono, ambos gasosos. Considere que uma amostra de carbamato de amônio sólido esteja em equilíbrio químico com CO₂(g) e NH₃(g) na temperatura de 50 °C, em recipiente fechado e volume constante. Assinale a opção CORRETA que apresenta a constante de equilíbrio em função da pressão total P, no interior do sistema.

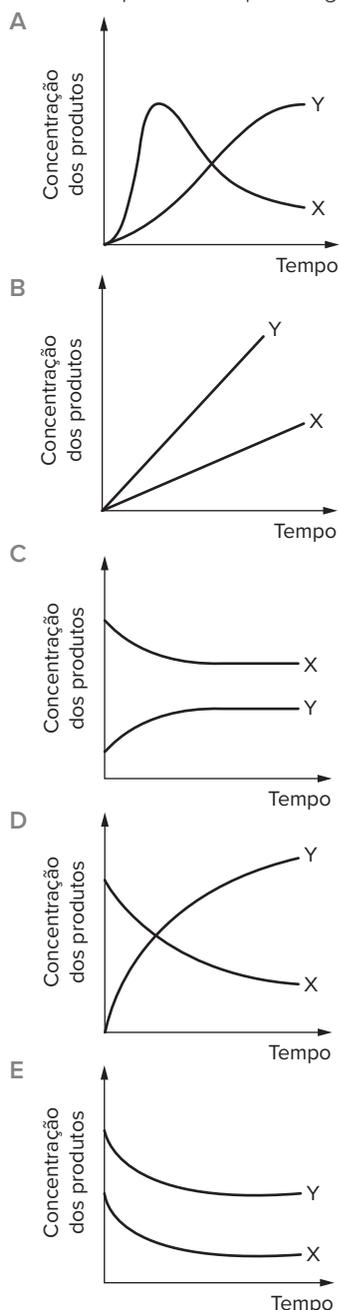
- A 3P C P³ E 4/27 P³
 B 2P² D 2/9 P²

26 UFRJ O monóxido de carbono e o dióxido de carbono coexistem em equilíbrio quando são colocados em um recipiente fechado, a temperatura constante. O gráfico a seguir representa a variação do número de mols com o tempo quando a reação apresentada é realizada em um recipiente de 1 litro.



Sabendo-se que, até atingir o equilíbrio, 1,5 mols de monóxido de carbono foram consumidos, calcule a razão entre as velocidades das reações I e II $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)$ no instante t indicado no gráfico.

27 Fatec Considere um sistema fechado que contém inicialmente apenas os reagentes A e B. Essas substâncias podem reagir entre si formando dois produtos diferentes: Reação 1: $A + B \rightleftharpoons X$ $K_1 = 10$
 Reação 2: $A + B \rightleftharpoons Y$ $K_2 = 1,0 \cdot 10^3$
 A rapidez da reação 1 é muito maior que a rapidez da reação 2. Entretanto, observa-se que a constante de equilíbrio para a reação 2 é muito maior que para a reação 1. Assim, se observarmos a variação nas quantidades de X e Y dentro do recipiente e esperarmos tempo suficiente para que o sistema atinja o equilíbrio, essa variação poderá ser representada por um gráfico como:



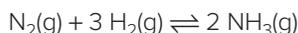
28 UFPE O valor da constante de equilíbrio para a reação n-butano \rightleftharpoons isobutano é 2,5. 140 moles de n-butano são injetados num botijão de 20 litros. Quando o equilíbrio for atingido, quantos moles de n-butano restarão?

29 UEM 2014 A uma determinada temperatura, foram colocados, em um recipiente fechado de capacidade 5 litros, 2 mols de $N_2(g)$ e 4 mols de $H_2(g)$. Após certo tempo, verificou-se que o sistema havia entrado em equilíbrio e que havia se formado 1,5 mol de $NH_3(g)$. Com relação a esse experimento, assinale o que for **correto**.

- 01 A constante de equilíbrio K_C é aproximadamente 0,34 (mol/litro)².
 02 Se dobrarmos os valores das quantidades iniciais (em mols) dos gases $N_2(g)$ e $H_2(g)$, a constante de equilíbrio também dobra de valor.
 04 No equilíbrio, restou 1,75 mol de $H_2(g)$.
 08 A concentração em quantidade de matéria do $N_2(g)$, no equilíbrio, é 0,25 mol/litro.
 16 O grau de equilíbrio de reação em relação ao gás nitrogênio é 37,5%.

Soma:

30 Uerj Em um experimento realizado em um reator fechado e na presença de um catalisador, sob condições controladas de temperatura e pressão, verificou-se a velocidade da seguinte reação:



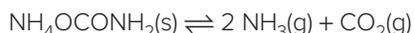
Um cronômetro foi disparado no momento em que os reagentes foram postos em contato. Decorrido um determinado tempo T, foi atingido o estado de equilíbrio. A velocidade média da reação no período de tempo T foi igual a $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

No estado de equilíbrio, as concentrações dos reagentes nitrogênio e hidrogênio eram, respectivamente, $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Admita que a reação se comporte segundo a lei da ação das massas e que sua constante de equilíbrio seja igual a $6,4 \cdot 10^2 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$.

Determine o tempo decorrido, em minutos, entre o início da reação e o momento em que o estado de equilíbrio é atingido. Em seguida, explique a consequência da retirada do catalisador sobre o valor da constante de equilíbrio.

31 Fuvest O carbamato de amônio sólido, NH_4OCONH_2 , se decompõe facilmente formando os gases NH_3 e CO_2 . Em recipiente fechado estabelece-se o equilíbrio:



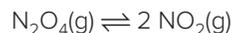
A 20 °C, a constante desse equilíbrio, em termos de concentração $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, é igual a $4 \cdot 10^{-9}$.

a) Um recipiente de 2 L, evacuado, contendo inicialmente apenas carbamato de amônio na quantidade de $4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ foi mantido a 20 °C até não se observar mais variação de pressão.

Nessas condições, resta algum sólido dentro do recipiente? Justifique com cálculos.

b) Para a decomposição do carbamato de amônio em sistema fechado, faça um gráfico da concentração de NH_3 em função do tempo, mostrando a situação de equilíbrio.

32 ITA Considere a reação de dissociação do $N_2O_4(g)$ representada pela seguinte equação:



Assinale a opção com a equação CORRETA que relaciona a fração percentual (α) de $N_2O_4(g)$ dissociado com a pressão total do sistema (P) e com a constante de equilíbrio em termos de pressão (K_P).

A $\alpha = \sqrt{\frac{K_P}{(4 \cdot P + K_P)}}$ D $\alpha = \frac{2 \cdot P + K_P}{K_P}$

B $\alpha = \sqrt{\frac{4 \cdot P + K_P}{K_P}}$ E $\alpha = \frac{K_P}{(2 + P)}$

C $\alpha = \frac{K_P}{(2 \cdot P + K_P)}$

33 IME 2015 Tomou-se uma amostra de 130 g de zinco metálico para reagir com uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico em quantidade estequiométrica. Dessa reação, observou-se a formação de gás, que foi aquecido a 227 °C e transportado para um balão fechado de 50 L. Esse balão continha, inicialmente, iodo em fase gasosa a 227 °C e 3,28 atm. Após o equilíbrio, verificou-se que a constante de equilíbrio K_C a 227 °C é igual a 160. Considerando que a temperatura permaneceu constante durante o processo, determine a pressão final total no balão.

34 IME 2014 1,0 mol de ácido acético é adicionado a uma solução de 1,0 mol de álcool etílico e 36 g de água. Aguarda-se que o meio formado atinja o equilíbrio à temperatura T_{eq} , quando se verifica que a sua composição contém 0,5 mol de éster e o restante de ácido acético, etanol e H_2O . Calcule quantos mols de éster poderiam ser formados no equilíbrio, à mesma temperatura T_{eq} , se 2,0 mols de etanol puro fossem misturados a 1,0 mols de ácido acético num recipiente seco.

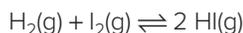
35 Enem 2015 Vários ácidos são utilizados em indústrias que descartam seus efluentes nos corpos d'água, como rios e lagos, podendo afetar o equilíbrio ambiental. Para neutralizar a acidez, o sal carbonato de cálcio pode ser adicionado ao efluente, em quantidades apropriadas, pois produz bicarbonato, que neutraliza a água. As equações envolvidas no processo são apresentadas:

- I. $CaCO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2 HCO_3^-(aq)$
 II. $HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ $K_1 = 3,0 \cdot 10^{-11}$
 III. $CaCO_3(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ $K_2 = 6,0 \cdot 10^{-9}$
 IV. $CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$ $K_3 = 2,5 \cdot 10^{-7}$

Com base nos valores das constantes de equilíbrio das reações II, III e IV a 25 °C qual é o valor numérico da constante de equilíbrio da reação I?

- A $4,5 \cdot 10^{-26}$
- B $5,0 \cdot 10^{-5}$
- C $0,8 \cdot 10^{-9}$
- D $0,2 \cdot 10^5$
- E $2,2 \cdot 10^{26}$

- 36 Fuvest 2015** Coloca-se para reagir, em um recipiente isolado e de volume constante, um mol de gás hidrogênio e um mol de vapor de iodo, ocorrendo a formação de HI(g), conforme representado pela equação química

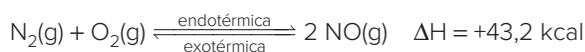


Atingido o equilíbrio químico, a uma dada temperatura (mantida constante), as pressões parciais das substâncias envolvidas satisfazem a igualdade

$$\frac{(P_{\text{HI}})^2}{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{I}_2}} = 55$$

- a) Calcule a quantidade de matéria, em mol, de HI(g) no equilíbrio.
- b) Expresse o valor da pressão parcial de hidrogênio como função do valor da pressão total da mistura, no equilíbrio.

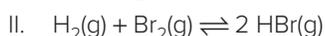
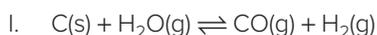
- 37 Unisc 2016** Considerando a reação a seguir,



O único fator que provoca seu deslocamento para a direita é

- A a adição do gás NO.
- B o aumento de pressão sobre o sistema.
- C a retirada de N_2 gasoso do sistema.
- D a diminuição da pressão do sistema.
- E o aumento da temperatura sobre o sistema.

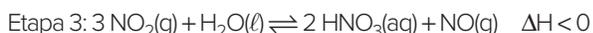
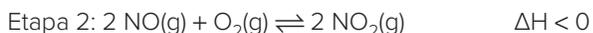
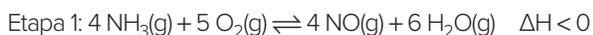
- 38 UEM** Analise os seguintes sistemas em equilíbrio e assinale o que for **correto**.



- 01 No sistema I, tem-se uma reação de equilíbrio químico heterogêneo.
- 02 Um aumento da pressão do sistema II não altera a condição de equilíbrio da reação.
- 04 Se um aumento da temperatura do sistema I desloca a reação no sentido de formação de CO e H_2 , a reação no sentido direto é endotérmica.
- 08 Para deslocar o equilíbrio no sentido da produção de CO e H_2 , podemos adicionar carvão ao sistema.
- 16 Devido a todos os componentes do sistema II serem gasosos, o K_p para essa reação é independente da temperatura.

Soma:

- 39 Unifesp 2016** Na indústria, a produção do ácido nítrico (HNO_3) a partir da amônia (NH_3) se dá em três etapas:

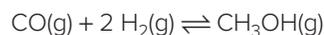


A fim de verificar as condições que propiciam maior rendimento na produção de NO na etapa 1, um engenheiro realizou testes com modificações nos parâmetros operacionais desta etapa, indicadas na tabela.

teste	modificações da etapa 1
1	aquecimento e aumento de pressão
2	aquecimento e diminuição de pressão
3	resfriamento e aumento de pressão
4	resfriamento e diminuição de pressão

- a) Com base nas três etapas, escreva a equação balanceada para a reação global de obtenção do ácido nítrico cujos coeficientes estequiométricos são números inteiros. Essa reação tem como reagentes NH_3 e O_2 e como produtos HNO_3 , H_2O e NO, sendo que o coeficiente estequiométrico para o HNO_3 é 8.
- b) Qual teste propiciou maior rendimento na produção de NO na etapa 1? Justifique sua resposta.

- 40 Unesp 2016** O metanol, CH_3OH , é uma substância de grande importância para a indústria química, como matéria-prima e como solvente. Esse álcool é obtido industrialmente pela reação entre os gases CO e H_2 , conforme a equação:



$$\Delta H = -103 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ de metanol}$$

Para realizar essa reação, os gases reagentes, misturados na proporção estequiométrica e em presença de catalisador (geralmente prata ou cobre), são comprimidos a 306 atm e aquecidos a 300 °C. Nessas condições, o equilíbrio apresenta um rendimento de 60% no sentido da formação de metanol.

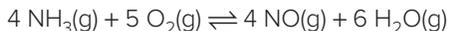
Escreva a expressão da constante K_p desse equilíbrio e explique o papel do catalisador na reação entre os gases CO e H_2 . Com base no princípio de Le Chatelier, justifique a importância da compressão desses gases para a produção de metanol e explique o que aconteceria com o rendimento do equilíbrio no sentido da formação de metanol, caso a reação ocorresse em temperaturas superiores a 300 °C.

- 41 Uece 2017** Um estudante de química retirou água do seguinte sistema em equilíbrio:



Em seguida, esse aluno constatou acertadamente que
A a concentração de metano diminuiu.
B o equilíbrio se desloca para a esquerda.
C a concentração do dióxido de carbono diminuiu.
D a concentração do nitrogênio gasoso diminuiu.

42 UEPG NH_3 , O_2 , NO e H_2O encontram-se misturados em um meio reacional em equilíbrio, que pode ser expresso pela equação:

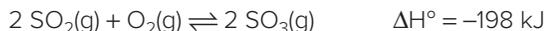


Mantendo-se a temperatura e o volume constantes, e considerando-se alterações que podem ocorrer neste equilíbrio e os possíveis efeitos, assinale o que for correto.

- 01 A adição de NO não provoca mudança na quantidade H_2O no meio reacional.
 02 A adição de NO provoca um aumento na concentração de O_2 .
 04 A remoção de O_2 provoca um aumento na concentração de NH_3 .
 08 A adição de NH_3 faz com que haja um aumento no valor da constante de equilíbrio da reação, K_C .
 16 A remoção de NO provoca uma diminuição na concentração de NH_3 .

Soma:

43 FICSAE-SP 2017 O trióxido de enxofre (SO_3) é obtido a partir da reação do dióxido de enxofre (SO_2) com o gás oxigênio (O_2), representada pelo equilíbrio a seguir.



A constante de equilíbrio, K_C , para esse processo a 1000°C é igual a 280. A respeito dessa reação, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. A constante de equilíbrio da síntese do SO_3 a 200°C deve ser menor que 280.
 II. Se na condição de equilíbrio a 1000°C a concentração de O_2 é de $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e a concentração de SO_2 é de $0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ então a concentração de SO_3 é de $2,8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 III. Se, atingida a condição de equilíbrio, o volume do recipiente for reduzido sem alteração na temperatura, não haverá alteração no valor da constante de equilíbrio, mas haverá aumento no rendimento de formação do SO_3 .
 IV. Essa é uma reação de oxirredução, em que o dióxido de enxofre é o agente redutor.

Estão corretas apenas as afirmações:

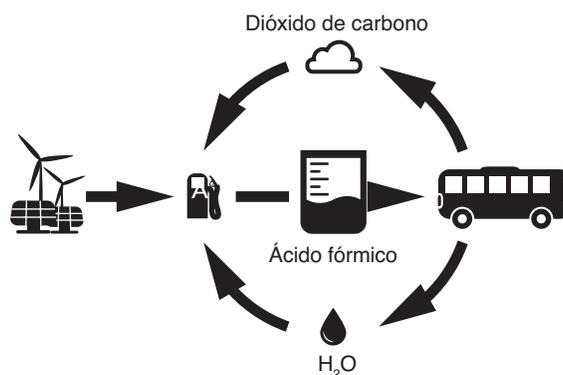
- A** II e IV. **C** I e IV.
B I e III. **D** III e IV.

44 ITA 2015 Considere uma reação genérica $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2 \text{C}$ e os dados cinéticos para a reação direta (D) e inversa (I):

Sentido da reação	Constante de velocidade	Energia de ativação
$\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2 \text{C}$	K_D	$E_{a,D}$
$2 \text{C} \rightleftharpoons \text{A} + \text{B}$	$K_I = \frac{3}{2} K_D$	$E_{a,I} = \frac{1}{2} E_{a,D}$

- a) Desenhe o gráfico de energia potencial versus coordenada da reação direta.
 b) Determine o valor numérico da constante de equilíbrio da reação.
 c) Qual sentido da reação é endotérmico?

45 Unicamp 2018 Apesar de ser um combustível alternativo em relação aos combustíveis fósseis, o gás hidrogênio apresenta alguns problemas em seu uso direto. Uma alternativa é produzir o gás hidrogênio por eletrólise da água, para depois utilizá-lo na síntese do ácido fórmico, a partir da hidrogenação catalítica de gás carbônico. A possibilidade de utilizar o ácido fórmico como combustível tem feito crescer a demanda mundial por esse produto. A figura a seguir ilustra como seria o ciclo de produção e consumo do ácido fórmico, conforme indica o texto.



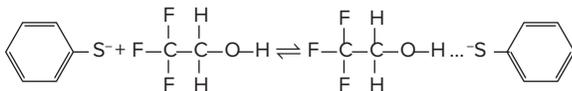
(Adaptado de Team Fast. Disponível em <https://www.teamfast.nl/hydrozine/>. Acessado em 10/08/2017.)

- a) Considerando as informações do texto e a figura, cite duas vantagens em se adotar a alternativa descrita.
 b) A reação de síntese do ácido fórmico a partir da hidrogenação catalítica de gás carbônico, em fase gasosa, apresenta um valor muito pequeno de constante de equilíbrio. Visando a aumentar o seu rendimento, imagine que sejam promovidos, separadamente, um aumento do volume e um aumento da temperatura da mistura reacional em equilíbrio. Preencha a tabela a seguir de modo a informar o que ocorre com a quantidade de ácido fórmico. Use as palavras aumenta ou diminui e justifique cada escolha no espaço correspondente.

	Aumento de volume	Aumento de temperatura
Quantidade de ácido fórmico		
Justificativa		

Na temperatura da síntese, considere que as entalpias de formação do gás carbônico, do ácido fórmico e do hidrogênio são (em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) -394 , -363 e 0 , respectivamente.

- 46 Fuvest 2017** Uma das formas de se medir temperaturas em fase gasosa é por meio de reações com constantes de equilíbrio muito bem conhecidas, chamadas de reações-termômetro. Uma dessas reações, que ocorre entre o ânion tiofenolato e o 2,2,2-trifluoretanol, está representada pela equação química



Para essa reação, foram determinados os valores da constante de equilíbrio em duas temperaturas distintas.

Temperatura (K)	Constante de equilíbrio
300	$5,6 \cdot 10^9$
500	$7,4 \cdot 10^3$

- Essa reação é exotérmica ou endotérmica? Explique, utilizando os dados de constante de equilíbrio apresentados.
- Explique por que, no produto dessa reação, há uma forte interação entre o átomo de hidrogênio do álcool e o átomo de enxofre do ânion.

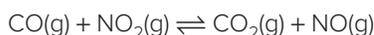
- 47 Uern 2015** Considerando o seguinte equilíbrio químico: $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq})$ $\Delta H = -40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, marque (V) para as afirmativas verdadeiras e (F) para as falsas.

- Trata-se de um equilíbrio heterogêneo.
- Se aumentar a concentração de hidróxido de magnésio, o equilíbrio será deslocado para a direita.
- Aumentando a pressão do sistema, o equilíbrio será deslocado para a esquerda.
- Aumentando a concentração de íons magnésio, a reação será deslocada para a direita.
- Diminuindo a temperatura do sistema, a reação será deslocada para a direita.

A sequência está correta em

- F, V, F, V, F.
- V, F, F, V, V.
- V, V, V, F, F.
- V, F, F, F, V.

- 48 UFRGS 2018** Considere os dados termodinâmicos da reação abaixo, na tabela a seguir.



Substância	CO	NO ₂	CO ₂	NO
ΔH_f (kJ · mol ⁻¹)	-110,5	33,2	-393,5	90,3

Com base nesses dados, considere as seguintes afirmações sobre o deslocamento do equilíbrio químico dessa reação.

- O aumento da temperatura desloca no sentido dos produtos.

- O aumento da pressão desloca no sentido dos produtos.
 - A adição de CO₂ desloca no sentido dos reagentes. Quais estão corretas?
- Apenas I.
 - Apenas II.
 - Apenas III.
 - Apenas I e II.
 - I, II e III.

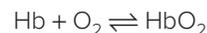
- 49 USF 2016** O sistema gasoso a seguir representa um importante equilíbrio químico existente na atmosfera terrestre, especialmente em regiões bastante poluídas com emissão do dióxido de enxofre que é derivado da combustão de determinados combustíveis.



Para esse equilíbrio químico, determine

- a expressão que representa a constante de equilíbrio para esse sistema, em função de suas concentrações molares.
- o valor da constante de equilíbrio sabendo que a reação iniciou com 50 g de SO₂ e com quantidade suficiente de O₂ em um recipiente de 2,0 L e atingiu o equilíbrio após 40% de transformação dos reagentes em produto. Dados valores das massas em g · mol⁻¹: O = 16,0 e S = 32,0.
- quais ações podem ser realizadas no sistema, considerando variações de pressão e concentração, para aumentar a quantidade de produto formado.

- 50 UEL 2017** Maratonistas percorrem distâncias de 40 km mas dependem de uma boa oxigenação nos músculos. Se isso não ocorre, o cansaço é extremo e pode causar desmaios. A utilização do oxigênio (O₂) pelas células ocorre, inicialmente, pela combinação do O₂ com a hemoglobina do sangue (Hb), formando a oxiemoglobina (HbO₂), conforme o equilíbrio a seguir.

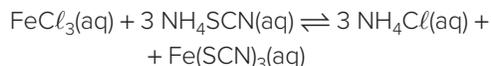


Esta HbO₂ é o agente de transporte do O₂ para as células dos músculos, já que o O₂ não se dissolve bem no plasma sanguíneo.

Sobre esse tema, responda aos itens a seguir.

- Sabendo que o aumento da acidez no plasma sanguíneo favorece a dissociação da HbO₂, explique por que, para um indivíduo que possui elevada atividade respiratória (com grande produção de CO₂), a quantidade de O₂ liberada nos tecidos é elevada.
- O desempenho de um atleta em uma maratona realizada em uma cidade com altos índices de monóxido de carbono (CO) é prejudicado. Se a constante de equilíbrio da reação entre HbO₂(aq) e CO(g) é 200 e a pressão parcial de O₂ é 10 vezes maior que a de CO(g), determine quantas vezes a concentração de HbCO(aq) deve ser maior que a de HbO₂(aq).

- 51 Mackenzie 2016** Em uma aula prática, alguns alunos investigaram o equilíbrio existente entre as espécies químicas em solução aquosa. A equação química que representa o fenômeno estudado é descrita por



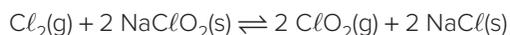
Nessa investigação, os alunos misturaram quantidades iguais de solução de cloreto de ferro III e de tiocianato de amônio e a mistura produzida foi dividida em três frascos, A, B e C. A partir de então, realizaram os seguintes procedimentos:

- no frasco A, adicionaram uma ponta de espátula de cloreto de amônio sólido e agitaram até completa dissolução desse sólido.
- no frasco B, adicionaram algumas gotas de solução saturada de cloreto de ferro III.
- no frasco C, adicionaram algumas gotas de solução saturada de tiocianato de amônio.

Considerando-se que em todas as adições tenha havido deslocamento do equilíbrio, é correto afirmar que esse deslocamento ocorreu no sentido da reação direta

- apenas no procedimento I.
- apenas no procedimento II.
- apenas nos procedimentos I e II.
- apenas nos procedimentos II e III.
- em todos os procedimentos.

- 52 IME 2017** Considere a reação, em equilíbrio, de produção do alvejante gasoso dióxido de cloro, que ocorre em um sistema reacional:

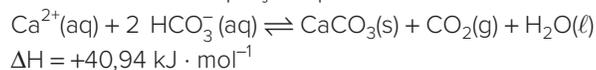


Nessa situação, assinale a alternativa correta.

- A adição de mais clorito de sódio ao sistema desloca o equilíbrio da reação, de forma a produzir mais alvejante gasoso.
- A razão entre as constantes de equilíbrio $\frac{K_p}{K_c}$ é igual a $0,0820568 \cdot T$, em que T é a temperatura do sistema reacional, medida em kelvin.
- A retirada parcial de cloreto de sódio do sistema desloca o equilíbrio da reação, de forma a produzir menos alvejante gasoso.
- A constante de equilíbrio K_p é igual à constante de equilíbrio K_c .
- Para duas diferentes temperaturas do sistema reacional, desde que elevadas e compatíveis com a manutenção do equilíbrio, o valor numérico da constante de equilíbrio K_p é o mesmo, mantendo inalterada a produção de alvejante gasoso.

- 53 Enem PPL 2014** A formação de estalactites depende da reversibilidade de uma reação química. O carbonato de cálcio (CaCO_3) é encontrado em depósitos subterâneos na forma de pedra calcária. Quando um volume de água rica em CO_2 dissolvido infiltra-se no calcário, o minério dissolve-se formando íons Ca^{2+} e HCO_3^- .

Numa segunda etapa, a solução aquosa desses íons chega a uma caverna e ocorre a reação inversa, promovendo a liberação de CO_2 e a deposição de CaCO_3 de acordo com a equação apresentada.



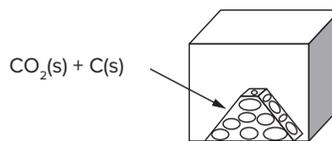
Considerando o equilíbrio que ocorre na segunda etapa, a formação de carbonato será favorecida pelo(a)

- diminuição da concentração de íons OH^- no meio.
- aumento da pressão do ar no interior da caverna.
- diminuição da concentração de HCO_3^- no meio.
- aumento da temperatura no interior da caverna.
- aumento da concentração de CO_2 dissolvido.

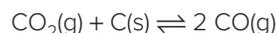
- 54 Fuvest 2015** A Gruta do Lago Azul (MS), uma caverna composta por um lago e várias salas, em que se encontram espeleotemas de origem carbonática (estalactites e estalagmites), é uma importante atração turística. O número de visitantes, entretanto, é controlado, não ultrapassando 300 por dia. Um estudante, ao tentar explicar tal restrição, levantou as seguintes hipóteses:

- Os detritos deixados indevidamente pelos visitantes se decompõem, liberando metano, que pode oxidar os espeleotemas.
 - O aumento da concentração de gás carbônico que é liberado na respiração dos visitantes, e que interage com a água do ambiente, pode provocar a dissolução progressiva dos espeleotemas.
 - A concentração de oxigênio no ar diminui nos períodos de visita, e essa diminuição seria compensada pela liberação de O_2 pelos espeleotemas.
- O controle do número de visitantes, do ponto de vista da Química, é explicado por
- I, apenas.
 - II, apenas.
 - III, apenas.
 - I e III, apenas.
 - I, II e III.

- 55 IME 2016** Em um reservatório de volume de 6,0 L submetido a vácuo, introduz-se uma mistura física de 79,2 g de gelo seco, solidificado em pequenos pedaços, com 30 g de carvão mineral em pó, conforme a representação a seguir.



Esse sistema sob determinadas condições atinge o seguinte equilíbrio



onde se observa que:

- a fase gasosa tem comportamento de gás ideal;
- o volume de carvão mineral final é desprezível;
- a 1100 K a constante de equilíbrio da reação é $K_p = 22$;
- a 1000 K a massa específica da fase gasosa no reservatório é igual a $14 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Com base nessas informações, calcule a constante de equilíbrio, K_p , da reação a 1000 K. Estabeleça se a reação entre o $\text{CO}_2(\text{g})$ e o $\text{C}(\text{s})$ é exotérmica ou endotérmica, justificando sua resposta.

56 Unesp 2015 O ácido etanoico, popularmente chamado de ácido acético, é um ácido fraco e um dos componentes do vinagre, sendo o responsável por seu sabor azedo. Dada a constante de ionização, K_a , igual a $1,8 \cdot 10^{-5}$, assinale a alternativa que apresenta a concentração em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de H^+ em uma solução deste ácido de concentração $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- A $0,00060 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B $0,00018 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C $1,8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D $3,6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- E $0,000060 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

57 Unesp 2011 O ácido benzoico e seus derivados são largamente utilizados na conservação de alimentos. Destinam-se a inibir o crescimento de fungos e leveduras, sendo também eficientes contra uma grande gama de bactérias. Considere uma formulação comercial de ácido benzoico ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$) em água, de concentração molar $0,01 \text{ M}$, 7% ionizada.

Escreva a equação de ionização do ácido benzoico em água e a expressão da constante de equilíbrio (K_a) desse ácido. Qual a concentração de H^+ no equilíbrio?

58 Fuvest Em um laboratório, há dois frascos com soluções aquosas diferentes:

- Ácido acético de concentração $1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
 - Ácido clorídrico de concentração $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Fazendo dois testes, em condições iguais para as duas soluções, observou-se que,
- ao mergulhar, nas soluções, os eletrodos de um aparelho para medir a condutibilidade elétrica, a intensidade da luz da lâmpada do aparelho era a mesma para as duas soluções;
 - ao adicionar a mesma quantidade de indicador universal para ácidos e bases a amostras de mesmo volume das duas soluções, a coloração final observada era a mesma.

- a) Explique por que duas soluções tão diferentes exibem comportamentos tão semelhantes.
- b) Considerando os valores fornecidos nesta questão, calcule a constante de dissociação iônica do ácido acético. Mostre os cálculos.

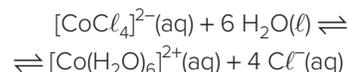
59 PUC-Minas A seguir estão tabeladas as constantes de ionização (K_a) em solução aquosa a 25°C .

Ácido	K_a (25 °C)
HBrO	$2 \cdot 10^{-9}$
HCN	$4,8 \cdot 10^{-10}$
HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$
HClO	$3,5 \cdot 10^{-8}$
HClO ₂	$4,9 \cdot 10^{-3}$

A ordem decrescente de acidez está CORRETAMENTE representada em:

- A $\text{HClO}_2 > \text{HCOOH} > \text{HClO} > \text{HBrO} > \text{HCN}$
- B $\text{HCN} > \text{HBrO} > \text{HClO} > \text{HCOOH} > \text{HClO}_2$
- C $\text{HClO}_2 > \text{HClO} > \text{HCOOH} > \text{HCN} > \text{HBrO}$
- D $\text{HCOOH} > \text{HClO} > \text{HClO}_2 > \text{HBrO} > \text{HCN}$
- E $\text{HClO}_2 > \text{HBrO} > \text{HClO} > \text{HCOOH} > \text{HCN}$

60 FMP 2018 O galinho do tempo é um bibelô, na forma de um pequeno galo, que, dependendo das condições meteorológicas daquele instante, pode mudar de cor, passando de azul para rosa e vice-versa. O íon $[\text{CoCl}_4]^{2-}(\text{aq})$ apresenta cor azul e o íon $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}(\text{aq})$ apresenta cor rosa. A equação envolvida nesse processo é representada por



Segundo o Princípio de Le Chatelier, a cor do galinho em um dia de sol e a expressão da constante de equilíbrio de ionização são, respectivamente,

A azul e $K = \frac{[\text{CoCl}_4]^{2-}}{[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \cdot [\text{Cl}^-]^4}$

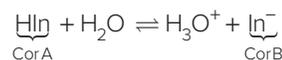
B azul e $K = \frac{[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \cdot [\text{Cl}^-]^4}{[\text{CoCl}_4]^{2-}}$

C rosa e $K = \frac{[\text{CoCl}_4]^{2-} \cdot [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \cdot [\text{Cl}^-]^4}$

D rosa e $K = \frac{[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \cdot [\text{Cl}^-]^4}{[\text{CoCl}_4]^{2-} \cdot [\text{H}_2\text{O}]^6}$

E azul e $K = \frac{[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \cdot [\text{Cl}^-]^4}{[\text{CoCl}_4]^{2-} \cdot [\text{H}_2\text{O}]^6}$

61 UFSM Um indicador ácido-base apresenta, em solução aquosa, o equilíbrio

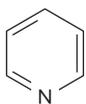


Com relação ao comportamento do indicador frente à substância 1, pode-se afirmar que sua coloração será 2, porque o equilíbrio desloca-se no sentido da espécie 3. Com base nessa afirmação, escolha a alternativa que apresenta, corretamente, a substituição de 1, 2 e 3.

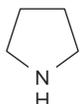
- A 1 – vinagre; 2 – cor A; 3 – ionizada.
- B 1 – amoníaco; 2 – cor B; 3 – ionizada.
- C 1 – acetado de sódio; 2 – cor A; 3 – ionizada.
- D 1 – soda; 2 – cor B; 3 – não ionizada.
- E 1 – suco de limão; 2 – cor B; 3 – não ionizada.

Texto para a próxima questão:

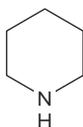
Para responder à questão considere as fórmulas estruturais e suas respectivas constantes de basicidades de quatro aminas cíclicas fornecidas abaixo.



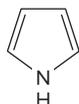
Piridina



Pirrolidina



Piperidina



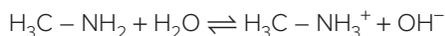
Pirrol

Dados: Piridina $K_b = 1,8 \cdot 10^{-9}$, Pirrolidina: $K_b = 1,9 \cdot 10^{-3}$, Piperidina: $K_b = 1,3 \cdot 10^{-3}$ e Pirrol: $K_b < 10^{-10}$

62 Acafe-SC 2015 Assinale a alternativa que contém a ordem crescente de basicidade das aminas cíclicas citadas anteriormente:

- A pirrolidina < piperidina < piridina < pirrol
 B pirrol > piridina > piperidina > pirrolidina
 C pirrolidina > piperidina > piridina > pirrol
 D pirrol < piridina < piperidina < pirrolidina

63 PUC-SP Peixes mortos têm cheiro desagradável devido à formação de substância provenientes da decomposição de proteínas. Uma dessas substâncias é a metilamina que, em presença de água, apresenta o seguinte equilíbrio:



Para diminuir o cheiro desagradável da metilamina, o mais adequado é adicionar ao sistema

- A sabão porque dissolve a amina.
 B cal porque fornece íons OH^- .
 C salmoura porque reage com a amina.
 D limão porque desloca o equilíbrio no sentido da direita para esquerda.
 E vinagre porque desloca o equilíbrio no sentido da esquerda para direita.

64 Unesp 2018 Sob temperatura constante, acrescentou-se cloreto de sódio em água até sobrar sal sem se dissolver, como corpo de fundo. Estabeleceu-se assim o seguinte equilíbrio:



Mantendo a temperatura constante, foi acrescentada mais uma porção de $\text{NaCl}(s)$. Com isso, observa-se que a condutibilidade elétrica da solução sobrenadante _____, a quantidade de corpo de fundo _____ e a concentração de íons em solução _____.

As lacunas do texto devem ser preenchidas, respectivamente, por:

- A não se altera – aumenta – aumenta
 B não se altera – não se altera – não se altera
 C não se altera – aumenta – não se altera
 D aumenta – diminui – aumenta
 E diminui – aumenta – aumenta

65 UEG A presença de tampão é fundamental para manter a estabilidade de ecossistemas menores, como lagos, por exemplo. Íons fosfato, originários da decomposição da matéria orgânica, formam um tampão, sendo um dos equilíbrios expressos pela seguinte equação:



Se no equilíbrio foram medidas as concentrações molares

$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $[\text{HPO}_4^{2-}] = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $[\text{H}^+] = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, o valor da constante de equilíbrio é:

- A 2
 B 0,2
 C 0,1
 D 0,01

66 ITA Numa solução aquosa $0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de um ácido monocarboxílico, a 25°C , o ácido está 3,7% dissociado após o equilíbrio ter sido atingido. Assinale a opção que contém o valor correto da constante de dissociação desse ácido nesta temperatura.

- A 1,4
 B $1,4 \cdot 10^{-3}$
 C $1,4 \cdot 10^{-4}$
 D $3,7 \cdot 10^{-2}$
 E $3,7 \cdot 10^{-4}$

67 ITA Considere soluções aquosas diluídas de ácido acético, a 25°C , em equilíbrio. A equação a seguir, na qual HA significa ácido acético e A⁻ o íon acetato, representa este equilíbrio:



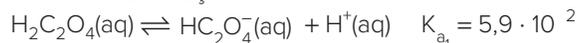
Considerando um comportamento ideal das soluções e a notação $[\text{H}^+]$, $[\text{A}^-]$ e $[\text{HA}]$ para representar as respectivas concentrações em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e definindo $\alpha = [\text{A}^-] / ([\text{A}^-] + [\text{HA}])$ e $C = ([\text{A}^-] + [\text{HA}])$,

assinale a opção cuja afirmação está ERRADA:

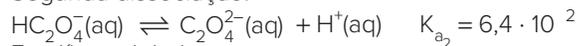
- A A pressão parcial do HA sobre a solução é proporcional ao produto $(1 - \alpha) \cdot C$.
 B A condutividade elétrica é proporcional ao produto $\alpha \cdot C$.
 C O abaixamento da temperatura do início de solidificação no resfriamento é proporcional ao produto $(1 + \alpha) \cdot C$.
 D O produto $\alpha \cdot C$ é uma função crescente de C.
 E Considerando também a dissociação iônica do solvente, conclui-se que a $[\text{H}^+]$ é menor do que a $[\text{A}^-]$.

68 Unifesp 2017 Certo produto utilizado como “tira-ferugem” contém solução aquosa de ácido oxálico, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ a 2% (m/V). O ácido oxálico é um ácido diprótico e em suas soluções aquosas ocorrem duas reações de dissociação simultâneas, representadas pelas seguintes equações químicas:

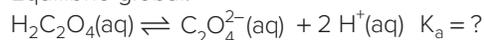
Primeira dissociação:



Segunda dissociação:



Equilíbrio global:



- a) Expresse a concentração de ácido oxálico no produto em $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ e em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- b) Escreva a expressão da constante K_a do equilíbrio global e calcule seu valor numérico a partir das constantes K_{a_1} e K_{a_2} .

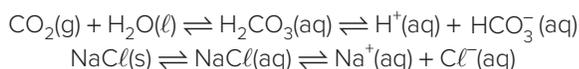
▶ **Dados:** $C = 12$; $H = 1$; $O = 16$

- 69 Uece** A concentração $[H^+]$ de uma solução $6 \cdot 10^{-7}$ mols/litro do ácido H_2S , com uma constante de ionização K_a de 10^{-7} , é igual a:

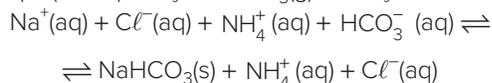
- A $5 \cdot 10^{-7}$ mols/litro C $3 \cdot 10^{-6}$ mols/litro
B $6 \cdot 10^{-7}$ mols/litro D $2 \cdot 10^{-7}$ mols/litro

- 70 UEL** A barrilha, nome dado comercialmente ao carbonato de sódio (Na_2CO_3), matéria-prima para a fabricação de vidros, é um dos produtos químicos mais produzidos no mundo. É obtida pelo processo Solvay, cujas etapas são mostradas a seguir.

1ª etapa (20 °C): Borbulhamento de CO_2 em uma solução aquosa de $NaCl$.



2ª etapa (20 °C): Adição de $NH_3(g)$ à solução da 1ª etapa.



3ª etapa: Filtração e aquecimento a 300 °C do hidrogenocarbonato de sódio.



Com base nas equações químicas, considere as afirmativas a seguir.

- A concentração de HCO_3^- na solução da 1ª etapa não ultrapassou o limite de solubilidade do $NaHCO_3$.
- A adição de NH_3 ao equilíbrio da 1ª etapa remove íons H^+ da solução e aumenta a concentração de íons HCO_3^- .
- Na 2ª etapa, o limite de solubilidade do $NaHCO_3$ a 20 °C é ultrapassado.
- O aquecimento realizado na 3ª etapa é para a purificação do $NaHCO_3(s)$.

Assinale a alternativa CORRETA.

- A Somente as afirmativas I e II são corretas.
B Somente as afirmativas I e IV são corretas.
C Somente as afirmativas III e IV são corretas.
D Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
E Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

- 71 UFRGS 2017** O ácido fluorídrico, solução aquosa do fluoreto de hidrogênio (HF) com uma constante de acidez de $6,6 \cdot 10^{-4}$ tem, entre suas propriedades, a capacidade de atacar o vidro, razão pela qual deve ser armazenado em recipientes plásticos.

Considere as afirmações a seguir, a respeito do ácido fluorídrico.

- É um ácido forte, pois ataca até o vidro.
- Tem, quando em solução aquosa, no equilíbrio, concentração de íons fluoreto muito inferior à de HF.

- III. Forma fluoreto de sódio insolúvel, quando reage com hidróxido de sódio.

Quais estão corretas?

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

- 72 ITA** Uma solução aquosa 0,15 mol/L de um ácido fraco HX é isotônica com uma solução aquosa 0,20 mol/L de glicose. Qual é o grau de dissociação, $\alpha = \frac{X^-}{X^-} + [HX]$, do HX na solução 0,15 mol/L?

- A $\frac{1}{4}$ C $\frac{1}{2}$ E 1
B $\frac{1}{3}$ D $\frac{2}{3}$

- 73 UFF** O gás sulfídrico, H_2S , é extremamente venenoso, incolor e seu odor lembra ovos estragados. Respirar este gás pode ser fatal e, em baixas concentrações, causa dores de cabeça e tonteira. É especialmente perigoso, pois, como inibe o sentido do olfato, o aumento de sua concentração deixa de ser percebido.

Se uma solução de H_2S , à temperatura ambiente e pressão de 1,0 atm, tem concentração aproximada de 0,1 M, então a $[S^{2-}]$ em mols/L da solução é, aproximadamente:

▶ **Dados:** $K_{a1} = 1,0 \cdot 10^{-7}$ e $K_{a2} = 3,0 \cdot 10^{-13}$

- A $3,0 \cdot 10^{-20}$ C $3,0 \cdot 10^{-6}$ E $1,0 \cdot 10^{-4}$
B $3,0 \cdot 10^{-13}$ D $1,0 \cdot 10^{-8}$

- 74 UFPR 2018** O ácido isociânico ($HNCO$) é um isômero do ácido ciânico ($HOCN$). Ambos são considerados ácidos fracos e possuem o mesmo valor de $pK_a = 3,5$ e constante ácida $K_a = 3,2 \cdot 10^{-4}$.

- Escreva a equação balanceada da reação de neutralização do ácido isociânico por hidróxido de potássio (KOH), incluindo os estados físicos das espécies.
- Escreva a equação balanceada de equilíbrio da reação de ionização do ácido isociânico em água, incluindo os estados físicos das espécies.
- Considere uma solução aquosa $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de ácido isociânico. Monte um esquema indicando as concentrações das espécies na situação imediata após dissolução do ácido e na situação de equilíbrio ácido-base conjugada.
- Calcule a concentração de íons H_3O^+ na condição de equilíbrio estabelecido do item anterior. Mostre os cálculos.

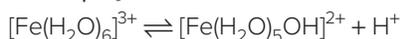
▶ **Dados:** $\sqrt{3,2} = 1,8$

- 75 UFSM** Na construção de barragens, usa-se o concreto. Nos primeiros dias de confecção, o concreto tem pH alcalino, o que protege a ferragem da oxidação. Com o tempo, o pH diminui pela carbonatação do concreto que se dá pela reação com o H_2CO_3 .

Em um teste de carbonatação feito em laboratório, foi usada uma solução de H_2CO_3 de concentração $0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, a qual apresenta um grau de dissociação de 0,45%, a 25°C . O valor da primeira constante de ionização do H_2CO_3 , nessa temperatura, é, aproximadamente,

- A $0,9 \cdot 10^{-5}$ D $9 \cdot 10^{-7}$
 B $9 \cdot 10^{-5}$ E $4 \cdot 10^{-7}$
 C $0,4 \cdot 10^{-7}$

76 FGV 2015 Estudos ambientais revelaram que o ferro é um dos metais presentes em maior quantidade na atmosfera, apresentando-se na forma do íon de ferro 3^+ hidratado, $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$. O íon de ferro na atmosfera se hidrolisa de acordo com a equação

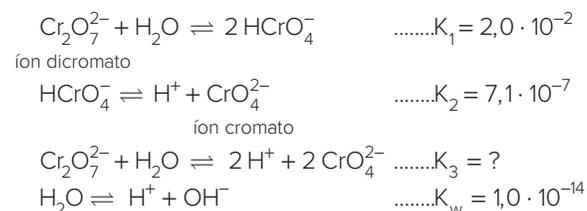


(Química Nova, vol. 25, nº. 2, 2002. Adaptado)

Um experimento em laboratório envolvendo a hidrólise de íons de ferro em condições atmosféricas foi realizado em um reator de capacidade de 1,0 L. Foi adicionado inicialmente 1,0 mol de $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ e, após a reação atingir o equilíbrio, havia sido formado 0,05 de íons H^+ . A constante de equilíbrio dessa reação nas condições do experimento tem valor aproximado igual a

- A $2,5 \cdot 10^1$
 B $2,5 \cdot 10^3$
 C $2,5 \cdot 10^{-4}$
 D $5,0 \cdot 10^2$
 E $5,0 \cdot 10^3$

77 Fuvest Considere uma solução aquosa diluída de dicromato de potássio, a 25°C . Dentre os equilíbrios que estão presentes nessa solução, destacam-se: Constantes de equilíbrio (25°C)



- a) Calcule o valor da constante de equilíbrio K_3 .
 b) Essa solução de dicromato foi neutralizada. Para a solução neutra, qual é o valor numérico da relação $[\text{CrO}_4^{2-}]^2 / [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$? Mostre como obteve esse valor.
 c) A transformação de íons dicromato em íons cromato, em meio aquoso, é uma reação de oxirredução? Justifique.

78 Enem 2016 Após seu desgaste completo, os pneus podem ser queimados para a geração de energia. Dentre os gases gerados na combustão completa da borracha vulcanizada, alguns são poluentes e provocam a chuva ácida. Para evitar que escapem para a atmosfera, esses gases podem ser borbulhados em uma solução aquosa contendo uma substância adequada.

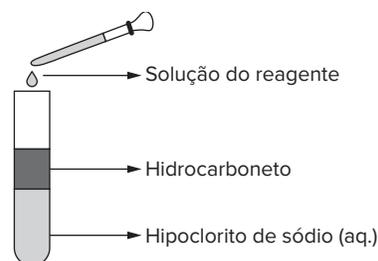
Considere as informações das substâncias listadas no quadro.

Substância	Equilíbrio em solução aquosa	Valor da constante de equilíbrio
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$1,3 \cdot 10^{-10}$
Piridina	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	$1,7 \cdot 10^{-9}$
Metilamina	$\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
Hidrogenofosfato de potássio	$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$	$2,8 \cdot 10^{-2}$
Hidrogenossulfato de potássio	$\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$	$3,1 \cdot 10^{-2}$

Dentre as substâncias listadas no quadro, aquela capaz de remover com maior eficiência os gases poluentes é o(a)

- A fenol.
 B piridina.
 C metilamina.
 D hidrogenofosfato de potássio.
 E hidrogenossulfato de potássio.

79 Unesp Uma das etapas finais do tratamento da água envolve o borbulhamento de cloro no efluente para desinfecção. A substância cloro é encontrada como um gás amarelo-esverdeado a 25°C e 1 atm. Pequenas quantidades deste gás podem ser geradas em laboratório de acordo com o experimento ilustrado:



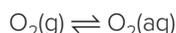
À medida que o gás cloro é formado pela perturbação do seguinte equilíbrio na fase aquosa $\text{Cl}_2 + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2 \text{OH}^-$, a fase que contém o hidrocarboneto vai adquirindo a coloração esverdeada típica deste halogênio. Considerando que a cada um dos cinco frascos contendo quantidades idênticas da mesma solução de hipoclorito de sódio e de hidrocarboneto líquido, foi adicionada uma das seguintes soluções: cloreto de sódio, hidróxido de sódio, ácido acético, ácido clorídrico e nitrato de amônio, todas com as mesmas concentrações molares, haverá a maior produção de gás cloro no tubo ao qual foi adicionado a solução de

- A Cloreto de sódio. D Ácido clorídrico.
 B Hidróxido de sódio. E Nitrato de amônio.
 C Ácido acético.

A alteração da concentração de hemoglobina oxigenada no sangue ocorre por causa do(a)

- A elevação da pressão arterial.
- B aumento da temperatura corporal.
- C redução da temperatura do ambiente.
- D queda da pressão parcial de oxigênio.
- E diminuição da quantidade de hemácias.

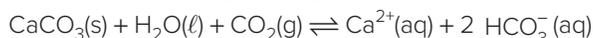
86 UEMG A presença do oxigênio gasoso (O_2) na água se deve, em parte, à dissolução do ar atmosférico na água. A equação, a seguir, representa o equilíbrio de dissolução do O_2 em água:



Baseando-se nessas informações e em outros conhecimentos sobre o assunto, é INCORRETO afirmar que

- A a solubilidade do O_2 aumenta em temperaturas mais elevadas.
- B a solubilidade do O_2 é baixa, devido ao caráter polar da molécula de água.
- C a disponibilidade de O_2 em águas superficiais é influenciada pela altitude.
- D a ligação entre átomos de oxigênio ocorre por compartilhamento de elétrons.

87 Fuvest 2011 Recifes de coral são rochas de origem orgânica, formadas principalmente pelo acúmulo de exoesqueletos de carbonato de cálcio secretados por alguns cnidários que vivem em colônias. Em simbiose com os pólipos dos corais, vivem algas zooxantelas. Encontrados somente em mares de águas quentes, cujas temperaturas, ao longo do ano, não são menores que $20\text{ }^\circ\text{C}$, os recifes de coral são ricos reservatórios de biodiversidade. Como modelo simplificado para descrever a existência dos recifes de coral nos mares, pode-se empregar o seguinte equilíbrio químico:



- a) Descreva o mecanismo que explica o crescimento mais rápido dos recifes de coral em mares cujas águas são transparentes.
- b) Tomando como base o parâmetro solubilidade do CO_2 em água, justifique por que ocorre a formação de recifes de coral em mares de água quente.

88 Unicamp O processo de dissolução do oxigênio do ar na água é fundamental para a existência de vida no planeta. Ele pode ser representado pela seguinte equação química:



$$\Delta H = -11,7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Observação: o símbolo ∞ significa grande quantidade de substância.

- a) Considerando que a altitude seja a mesma em que lago há mais oxigênio dissolvido: em um de águas a $10\text{ }^\circ\text{C}$ ou em outro de águas a $25\text{ }^\circ\text{C}$? Justifique.
- b) Considerando uma mesma temperatura, onde há mais oxigênio dissolvido, em um lago no alto da cordilheira dos Andes ou em outro em sua base? Justifique.

89 UFRJ Na fabricação de cerveja, adiciona-se gás carbônico durante o processo de engarrafamento (parte do CO_2 já é produzido durante a fermentação). Isto faz com que o produto final apresente uma acidez maior. Por outro lado, o CO_2 em solução fica em equilíbrio com o CO_2 não solubilizado, como representado a seguir:

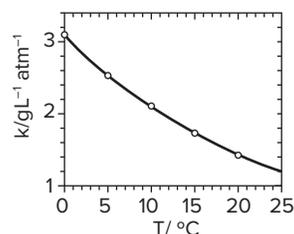


- a) Suponha que a geração de espuma esteja relacionada à quantidade de gás liberado durante a abertura da garrafa de cerveja. Se duas cervejas são abertas no mesmo bar, uma a $6\text{ }^\circ\text{C}$ e outra a $25\text{ }^\circ\text{C}$, qual apresentará a maior quantidade de espuma? Justifique sua resposta.
- b) Explique por que o CO_2 , em solução aquosa, pode ser considerado um ácido.

90 ITA Um recipiente aberto contém água em equilíbrio com o ar atmosférico e está na temperatura ambiente. Com um tubo, passa-se a borbulhar através dessa água uma mistura de $N_2(g)$ e $O_2(g)$, em que a fração molar de ambos componentes é 0,50. Se for atingido o regime estacionário, decorrente deste borbulhamento, pode-se garantir que:

- A A constante de equilíbrio, K_C , da reação $N_2(g) \rightleftharpoons N_2(aq)$ ficará igual a 1.
- B A concentração de $O_2(aq)$ diminuirá.
- C A concentração de $N_2(aq)$ aumentará.
- D A pressão de vapor da água aumentará.
- E A concentração de $CO_2(aq)$ diminuirá.

91 Fuvest A efervescência observada, ao se abrir uma garrafa de champanhe, deve-se à rápida liberação, na forma de bolhas, do gás carbônico dissolvido no líquido. Nesse líquido, a concentração de gás carbônico é proporcional à pressão parcial desse gás, aprisionado entre o líquido e a rolha. Para um champanhe de determinada marca, a constante de proporcionalidade (k) varia com a temperatura, conforme mostrado no gráfico.



Uma garrafa desse champanhe, resfriada a $12\text{ }^\circ\text{C}$, foi aberta à pressão ambiente e 0,10 L de seu conteúdo foram despejados em um copo. Nessa temperatura, 20% do gás dissolvido escapou sob a forma de bolhas. O número de bolhas liberadas, no copo, será da ordem de

- A 10^2
- B 10^4
- C 10^5
- D 10^6
- E 10^8

► **Dados:**

Gás carbônico: Pressão parcial na garrafa de champanhe fechada, a $12\text{ }^\circ\text{C}$: 6 atm
Massa molar: $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Volume molar a $12\text{ }^\circ\text{C}$ e pressão ambiente: $24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$
Volume da bolha a $12\text{ }^\circ\text{C}$ e pressão ambiente: $6,0 \cdot 10^{-8} \text{ L}$

Frente 1

Capítulo 4 – Propriedades físicas das substâncias

Revisando

- Dipolo induzido, pois são moléculas apolares.
 - Dipolo permanente, pois são moléculas polares.
 - Ligação de hidrogênio, pois são polares e apresentam hidrogênio ligado a oxigênio.
- Como todas as moléculas apresentam a mesma estrutura química (C = O) e realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo permanente), o fator determinante das temperaturas de ebulição será o tamanho/massa das moléculas. Dessa forma, temos:
 Propanona = 56 °C
 Butanona = 80 °C
 Pentan-3-ona = 101 °C
 Hexan-3-ona = 124 °C
- Esse comportamento é observado em virtude das ligações de hidrogênio existentes entre as moléculas do butan-1-ol, que são interações mais fortes do que as encontradas no éter (dipolo permanente).
- Compostos I e IV, respectivamente.
 A substância I realiza ligações de hidrogênio, portanto apresenta a maior temperatura de ebulição. A substância IV é apolar (hidrocarboneto) e realiza interações do tipo dipolo induzido, portanto apresenta a menor temperatura de ebulição.
- Como todas as moléculas realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo permanente), o fator determinante das temperaturas de ebulição será o tamanho/massa das moléculas. Dessa forma, teremos:

Composto	Massa molecular (u)
H ₂ S	34
H ₂ Se	81
H ₂ Te	129

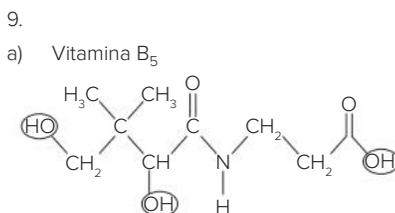
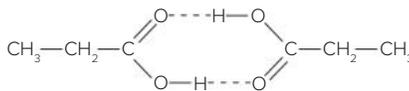


- Os compostos I e II são hidrocarbonetos (apolares) e realizam uma interação fraca (dipolo induzido). Como ambos apresentam a mesma massa, o fator determinante das temperaturas de ebulição será a superfície de contato. Quanto maior o número de ramificações, menor a superfície de contato, menor a atração intermolecular e, conseqüentemente, menor a temperatura de ebulição.
 Conclusão: II < I.
 A presença de grupo hidroxila (OH) indica forças do tipo ligações de

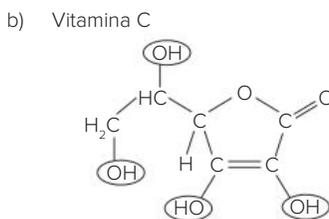
hidrogênio, que são mais intensas do que o dipolo induzido presente nos hidrocarbonetos.

Conclusão final: II < I < III.

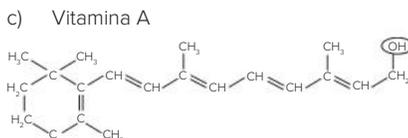
- A vitamina C, pois apresenta maior quantidade de grupos (-OH) e conseqüentemente interage de forma mais eficiente com a água presente na urina.
 - A vitamina C apresenta maior temperatura de fusão, por apresentar maior quantidade de grupos (-OH) e conseqüentemente realizar um número maior de interações do tipo ligação de hidrogênio.
- III, pois realiza ligação de hidrogênio.
 - I, pois é um hidrocarboneto (apolar) e não interage de forma eficiente com a água.
 - III, observe a figura a seguir:



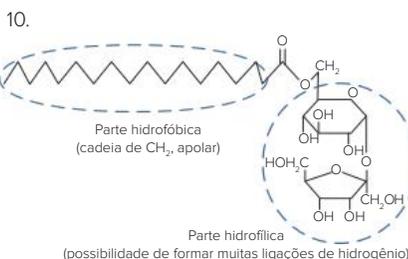
Hidrossolúvel:
vários grupos OH



Hidrossolúvel:
- vários grupos OH



Lipossolúvel:
- cadeia extensa
- apenas um grupo OH

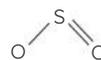


Exercícios propostos

- E
- Soma: 01 + 04 = 05
- D
- D
- B
- D
- A
- D
- C
- E
- C
- E
- C
- A
- A
- D
- A
- B
- A
- E

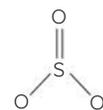
Exercícios complementares

- D
- C
- A
- B
- B
- Soma: 02 + 16 = 18
- A
- E
- B
- D
- A
- B
- B
- C
- A
- Geometria SO₂:



(angular)

Geometria SO₃:



(trigonal plana)

O SO₂ é solúvel em água porque, a partir da sua geometria angular, é possível observar que é polar. Já o SO₃ tem geometria trigonal plana e é apolar, portanto é insolúvel em água.

- B
- E
- D
- B

22. a) A fibra de algodão é composta de celulose com diversos grupos —OH que podem interagir fortemente com a água (umidade) através de ligações de hidrogênio, tornando esse tecido um bom absorvedor.

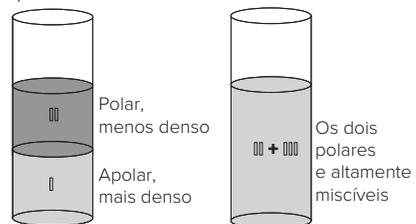
b) As fibras são atraídas através de ligações de hidrogênio entre os grupos —OH das moléculas de celulose.

23. a) Na acetona (propanona) predomina o dipolo permanente; no isopropanol predomina a ligação de hidrogênio.

b) A temperatura de ebulição do isopropanol, é maior, pois realiza ligações de hidrogênio mais fortes que as forças dipolo permanente presentes na propanona.

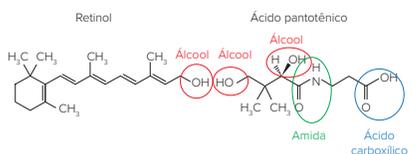
24. a) Somente o papel não encerado absorve água.

b) O papel não encerado faz com que as hidroxilas da celulose interajam, por ligações de hidrogênio, com as moléculas da água, resultando na absorção de água por esse material. A cera é formada por hidrocarbonetos (apolar), portanto o papel encerado não interage com a água (polar). Os pedaços de plástico não absorveram a água, já que o polietileno é apolar e não interage com a água, que é polar.

25. a) 

b) Tetracloreto de carbono. A graxa é apolar e se dissolve melhor em solventes apolares, como o CCl₄.

26. Funções orgânicas presentes em cada vitamina:

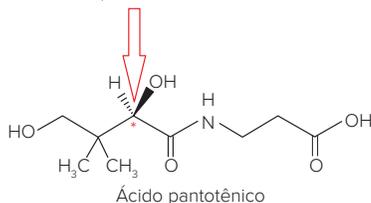


A vitamina B₅ (ácido pantotênico) é hidrossolúvel, pois apresenta as funções álcool, amida e ácido carboxílico. Todas essas funções fazem ligação de hidrogênio com a água.

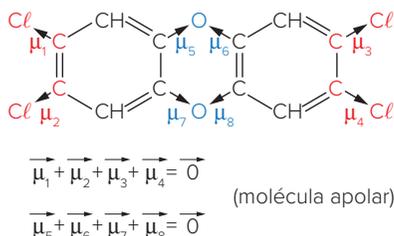
A vitamina A (retinol) é lipossolúvel, pois é predominantemente apolar, realizando interações do tipo dipolo induzido com as cadeias carbônicas da gordura.

A vitamina que apresenta isomeria óptica é a B₅, pois apresenta um carbono assimétrico.

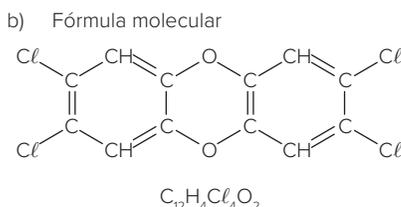
* Carbono quiral ou assimétrico



27. a) Com base na análise da estrutura do TCDD, temos:



Já que o momento de dipolo resultante é zero, a molécula é apolar.



$$M_{C_{12}H_4Cl_4O_2} = 322 \text{ g/mol}$$

$$10^{-6} \text{ g (massa letal)} \text{ --- } 1000 \text{ g (massa corpórea)}$$

$$m_{\text{letal}} \text{ --- } 966 \text{ g (massa da cobaia)}$$

$$m_{\text{letal}} = 966 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3} = 9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$n_{\text{letal}} = \frac{m}{M} = \frac{9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}}{322 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n_{\text{letal}} = 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

28. a) O enunciado diz que a conserva de pimenta e óleo comestível é mais picante do que a conserva de pimenta e vinagre, indicando que as interações intermoleculares entre o óleo e a capsaicina são mais fortes do que as da capsaicina com o vinagre. Se usado com o objetivo de eliminar o ardor da pimenta, o óleo é mais eficiente que o vinagre.

b) A sensação de salgado é diminuída em razão da presença de água no leite, o que dilui o excesso de sal. A sensação de ardência é diminuída em razão da presença de gordura (predominantemente apolar) no leite, já que, de acordo com o enunciado, a capsaicina se dissolve melhor com o óleo (também predominantemente apolar) do que com o vinagre, indicando, assim, que interage de maneira mais eficiente em solventes apolares.

29. a) Não, o urso cinza não usa o termo “dissolvendo” de forma cientificamente correta. Esse termo se aplica a processos que envolvem soluto e solvente de naturezas distintas, não se aplicando a substâncias idênticas em equilíbrio de fases. Nesse caso, o certo seria usar o termo “fundindo” (passagem da água do estado sólido para o estado líquido).

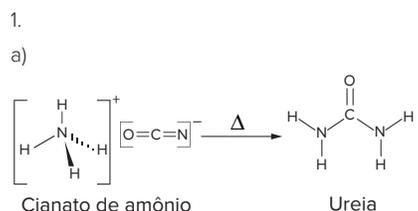
b) Na última fala do urso branco, a palavra “polar” tem um duplo significado: polar pode se referir a um habitante das regiões polares do planeta (urso-polar = urso de cor branca) e também a substâncias cujas moléculas apresentam dipolo elétrico em razão da distribuição não uniforme de cargas. O efeito cômico da tirinha vem do fato de que o urso de cor branca atribui o termo polar a si no sentido de ser uma substância com caráter polar, portanto, solúvel em água.

30. a) De acordo com o gráfico, quanto menor o número de átomos de carbono na cadeia da molécula do álcool primário de cadeia linear (apolar), maior sua solubilidade em água (polar).

b) O 1-dodecanol tem 10 carbonos e baixa solubilidade em água. Na temperatura do experimento (15 °C), apresenta-se no estado sólido. O químico, então, observou uma mistura bifásica, em que o álcool 1-dodecanol estava no estado sólido e flutuando na solução, pois sua densidade é menor do que a de soluções diluídas de etanol em água.

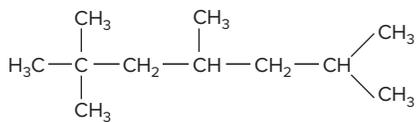
Capítulo 5 – Introdução à Química Orgânica

Revisando

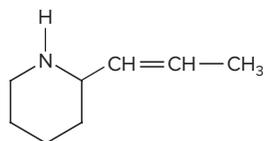


b) Um composto orgânico, que supostamente só poderia ser sintetizado por seres vivos, foi sintetizado em laboratório a partir de uma substância inorgânica. Dessa forma, provou-se que não havia a necessidade da força vital para a produção de compostos orgânicos.

2. Carbono 1^o: ligado a 1 carbono
Carbono 2^o: ligado a 2 carbonos
Carbono 3^o: ligado a 3 carbonos
Carbono 4^o: ligado a 4 carbonos



Composto 1

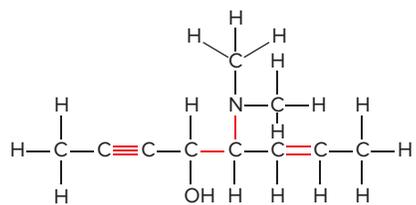
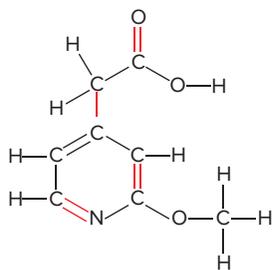
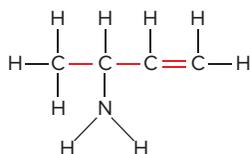
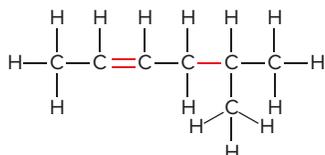


Composto 2

Assim, a tabela fica:

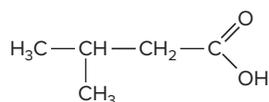
Classificação do carbono	Composto 1	Composto 2
1º	6	2
2º	2	6
3º	2	-
4º	1	-

3.



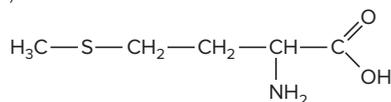
4.

a)



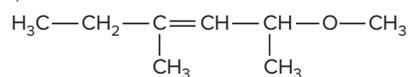
- Aberta
- Ramificada
- Homogênea
- Saturada (somente ligações simples entre carbonos)

b)



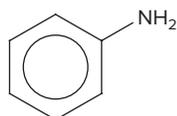
- Aberta
- Normal (sem ramificação)
- Heterogênea
- Saturada

c)



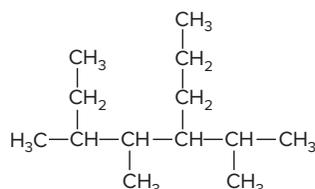
- Aberta
- Ramificada
- Heterogênea
- Insaturada

d)

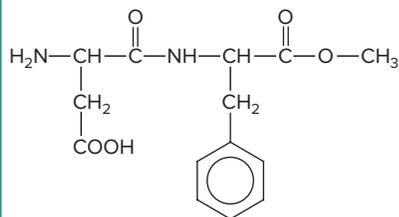


- Fechada
- Aromática (possui anel aromático)
- Homocíclica (apenas um ciclo)
- Mononuclear

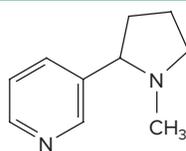
5.



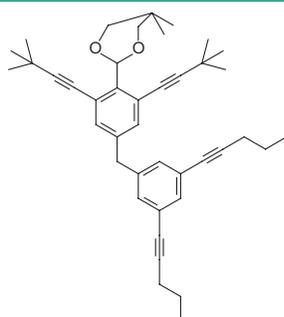
Fórmula molecular: $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$



Fórmula molecular: $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5$



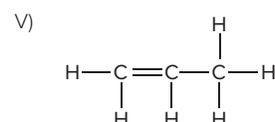
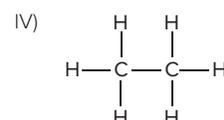
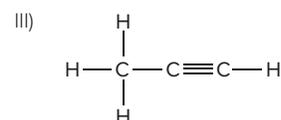
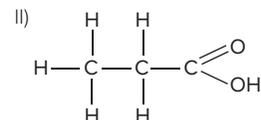
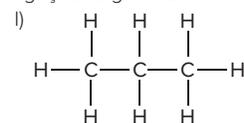
Fórmula molecular: $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$



Fórmula molecular: $\text{C}_{41}\text{H}_{50}\text{O}_2$

6. Com base nos conceitos de classificação de cadeia carbônica, temos: 5, 7, 4, 2, 6, 8, 1, 3

7. Os compostos que apresentam apenas ligações sigma são: I e IV.



8. Composto I = insaturado, pois apresenta ligação dupla entre carbonos e aromático, pois apresenta núcleo ou anel aromático.

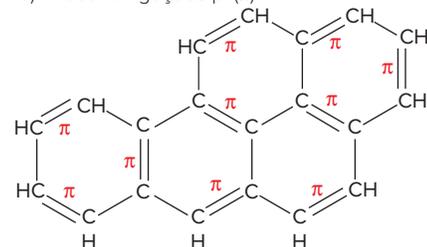
Composto II = insaturado, pois apresenta ligação tripla entre carbonos e alifático, pois não apresenta núcleo ou anel aromático.

9. Sua cadeia carbônica é classificada como aromática (apresenta ressonância eletrônica); mista (tem uma parte fechada e uma parte aberta); insaturada (apresenta ligação dupla entre carbonos); e heterogênea (apresenta heteroátomo).

10.

a) $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$

b) São 10 ligações pi (π)



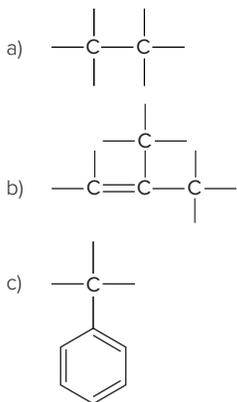
Exercícios propostos

1. B
2. C
3. E
4. A
5. A
6. D
7. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$

8. B
9. B
10. A
11. Soma: $04 + 08 = 12$
12. B
13. D
14. E
15. D
16. D
17. C
18. D
19. D
20. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$

Exercícios complementares

1. Soma: $04 + 08 = 12$
2. C
3. C
4. D
5. A
6. A
7. C
8. C
9. C
10. D
11. Soma: $04 + 16 = 20$
12. C
13. A
14. E
15. A
16. C
17. B
18. E
19. C
20. E
- 21.



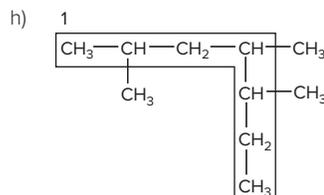
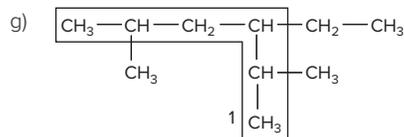
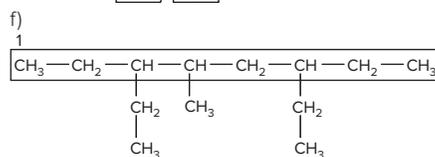
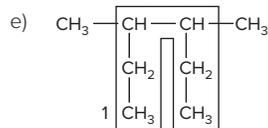
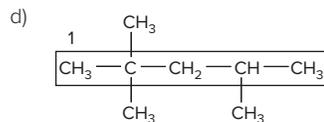
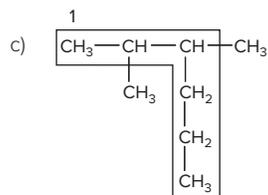
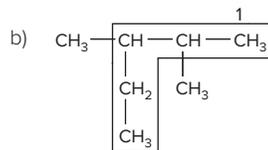
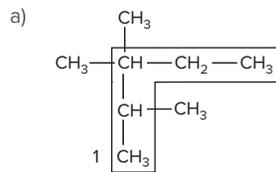
22. C
23. D
24. A
25. A
26. A
27. E
28. D

29. E
30. D

Capítulo 6 – Nomenclatura dos compostos orgânicos

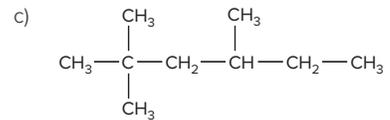
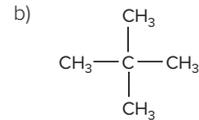
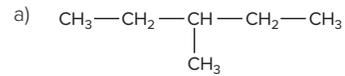
Revisando

1.

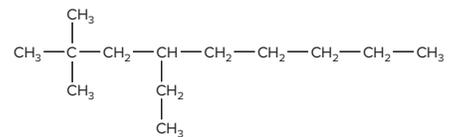


- a) 2,3,3-trimetilpentano
- b) 2,3-dimetilpentano
- c) 2,3-dimetilexano
- d) 2,2,4-trimetilpentano
- e) 3,4-dimetilexano
- f) 3,6-dietil-4-metiloctano
- g) 3-etil-2,5-dimetilexano
- h) 2,4,5-trimetileptano

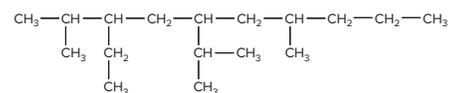
2.



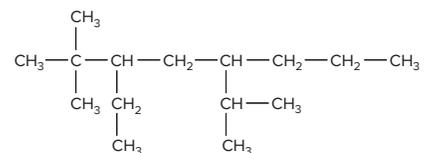
d)



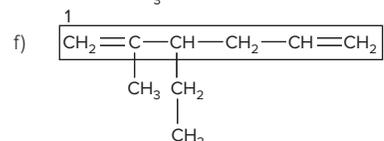
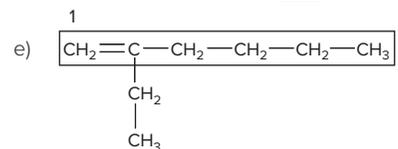
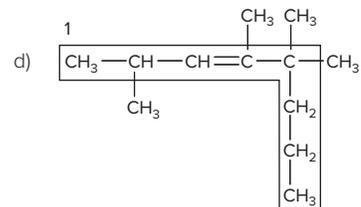
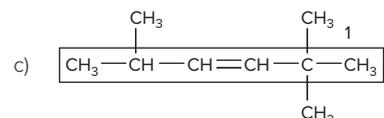
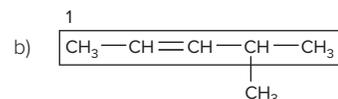
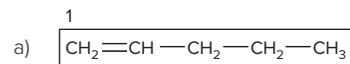
e)



f)



3.



- a) pent-1-eno
- b) 4-metilpent-2-eno
- c) 2,2,5-trimetilex-3-eno

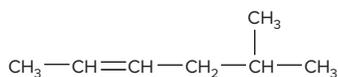
d) 2,4,5,5-tetrametiloct-3-eno

e) 2-etilex-1-eno

f) 3-etil-2-metilexa-1,5-dieno

4.

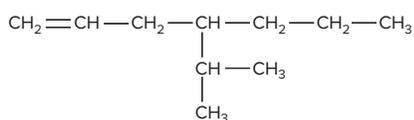
a)



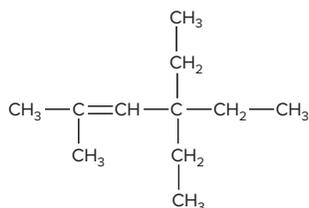
b)



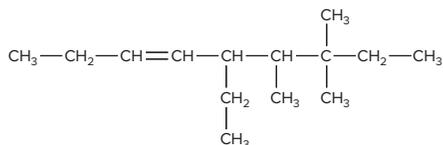
c)



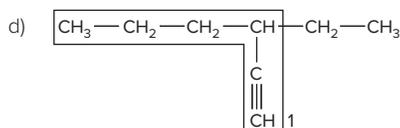
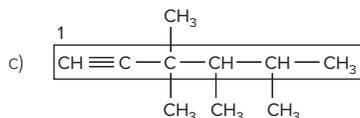
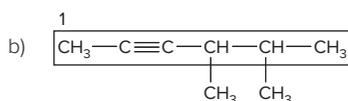
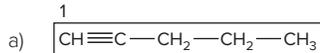
d)



e)



5.



a) Pent-1-ino

b) 4,5-dimetilox-2-ino

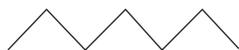
c) 3,3,4,5-tetrametilox-1-ino

d) 3-etilox-1-ino

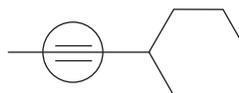
6.



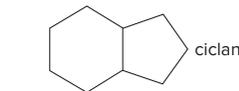
alceno



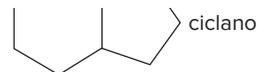
alcano



alcino



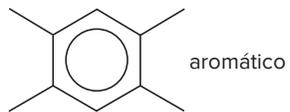
ciclano



ciclano



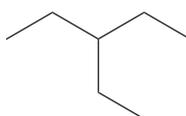
alcadieno



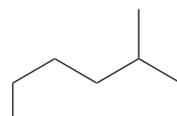
aromático

7.

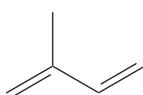
a)



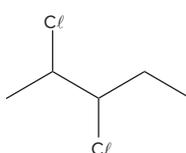
b)



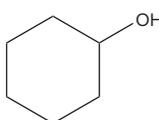
c)



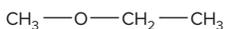
d)



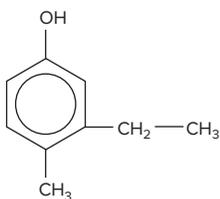
e)



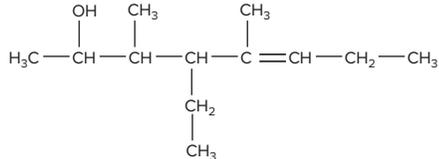
f)



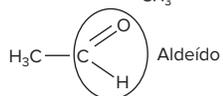
g)



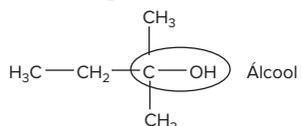
h)



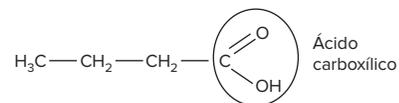
8.



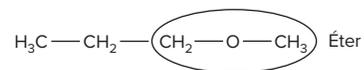
Aldeído



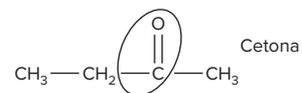
Álcool



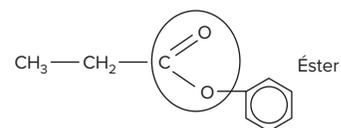
Ácido carboxílico



Éter

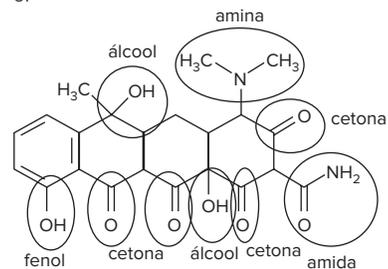


Cetona



Éster

9.



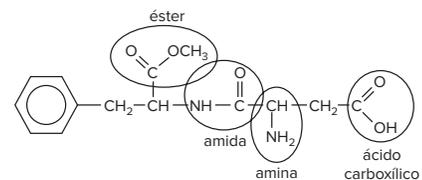
fenol

cetona

álcool

cetona

amida



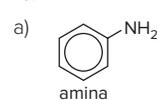
éster

amida

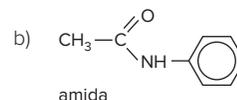
amina

ácido carboxílico

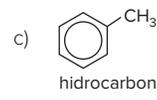
10.



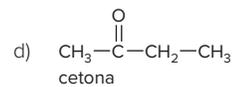
amina



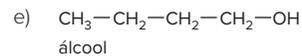
amida



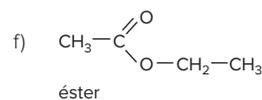
hidrocarboneto



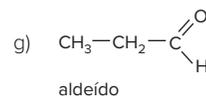
cetona



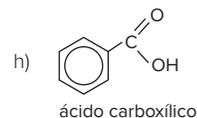
álcool



éster



aldeído



ácido carboxílico

Exercícios propostos

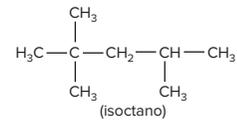
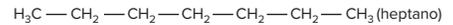
- A
- B
- B
- A
- C
- E
- B
- A
- C
- A
- B
- C
- D
- C
- D
- C
- D
- A
- E
- C
- B
- Soma: $01 + 02 = 03$
- A
- B
- C
- C
- C
- B
- E
- E
- B
- C
- D
- D
- B
- E
- D
- B
- A
- E
- B
- V; V; V; F; F
- Soma: $02 + 08 = 10$
- E
- C
- D
- D
- D
- C
- C

- A
- C
- E
- B
- D
- Soma: $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
- C
- E
- D
- E
- B
- A
- A
- D
- B
- C
- C
- A
- D
- D
- C
- C
- D
- A
- D
- D
- A
- A
- A
- B
- B
- C
- B

Exercícios complementares

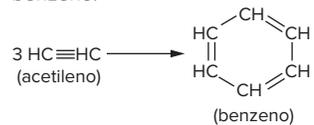
- C
- A
- Série dos hidrocarbonetos alcenos
 C_nH_{2n} :
 $1^\circ: H_2C = CH_2$
 $2^\circ: H_2C = CH - CH_3$
 $3^\circ: H_2C = CH - CH_2 - CH_3 \rightarrow$
 But-1-eno
- B
- C
- A
- Soma: $01 + 08 = 09$
- B
- B
- V; V; V; F; F
- Soma: $02 + 08 = 10$
- E
- C
- D
- D
- D
- C
- C

- E
- 19.
- a) As fórmulas estruturais são:



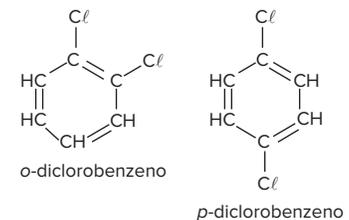
- b) As equações químicas são:
 $1 C_7H_{16} + 11 O_2 \rightarrow 7 CO_2 + 8 H_2O$
 heptano
 $1 C_8H_{18} + \frac{25}{2} O_2 \rightarrow 8 CO_2 + 9 H_2O$
 isooctano
 ou
 $2 C_8H_{18} + 25 O_2 \rightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O$
 isooctano

- 20.
- a) Equação química da reação de trimerização do acetileno para produção do benzeno:

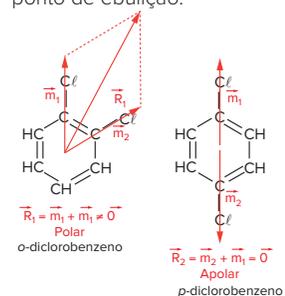


- b) O benzeno é uma molécula apolar que realiza interações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido. Portanto, é amplamente usado como solvente orgânico, já que os compostos orgânicos são predominantemente apolares.
- c) O anel benzênico é mais estável que o do ciclo-hexano em razão do fenômeno de ressonância.

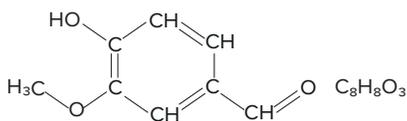
- 21.
- a) As fórmulas estruturais são:



- b) Nomes sistemáticos de acordo com a lupac:
 o-diclorobenzeno: 1,2-diclorobenzeno.
 p-diclorobenzeno: 1,4-diclorobenzeno.
- c) Analisando esses dois isômeros, quanto maior o vetor momento dipolo elétrico resultante, maior a força intermolecular e maior o ponto de ebulição. Portanto, o o-diclorobenzeno tem o maior ponto de ebulição.



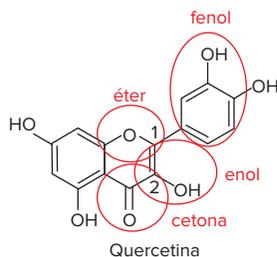
22. A
 23. D
 24. E
 25. D
 26. B
 27. A
 28. E
 29. B
 30. D
 31. B
 32. B
 33. C
 34. C
 35. E
 36. C
 37. C
 38. C
 39. D
 40. A
 41. Soma: $01 + 04 + 08 = 13$
 42. E
 43. D
 44. D
 45. A
 46. E
 47. C
 48. A
 49. E
 50. C
 51. C
 52. E
 53. A
 54. C
 55.
 a) A função orgânica presente exclusivamente na estrutura da Flavona é a cetona e na do flavonol o álcool.
 b) As hibridizações dos átomos numerados de 1 a 4 no FLAVONOL são: sp^3 , sp^3 , sp^2 e sp^2 .
 c) A classificação dos átomos de carbono na molécula de FLAVONA: Secundário, Secundário, Terciário e Secundário
 d) A fórmula molecular do FLAVONOL é:



56. C
 57. C e E
 58. C
 59. E
 60. C

61. B
 62. B
 63. B
 64. B
 65. E
 66. D
 67. Soma: $02 + 04 + 08 = 14$
 68. B
 69. C
 70. C
 71. E
 72.

- a) As funções químicas oxigenadas são fenol, éter, enol e cetona.



- b) A fórmula molecular é $C_{15}H_{10}O_7$.
 c) A correlação dos carbonos numerados com a classificação segue na tabela:

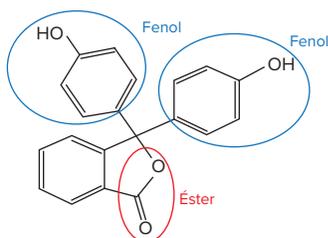
Carbono	Classificação
C_1	secundário
C_2	secundário
C_3	secundário
C_4	quaternário
C_5	primário

- d) A correlação dos carbonos numerados com a hibridização segue na tabela:

Carbono	Hibridização
C_1	sp^2
C_2	sp^2
C_3	sp^3
C_4	sp^3
C_5	sp

73.

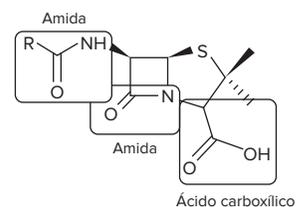
- a) Os nomes dos agrupamentos característicos das funções orgânicas são fenol e éster.



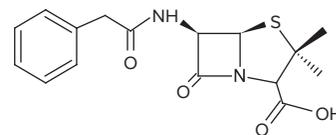
- b) O etanol apresenta uma região polar (OH) e outra apolar ($CH_3 - CH_2 -$). Sua parte polar faz ligação de hidrogênio com a região polar da fenoltaleína, e sua parte apolar faz dipolo induzido com a região apolar da fenoltaleína. Já a molécula de água é genuinamente polar, realizando apenas as ligações de hidrogênio com a fenoltaleína. Portanto, em consequência do maior número de interações intermoleculares da fenoltaleína com o álcool, sua solubilidade nesse solvente é maior do que na água.

74.

- a) As funções orgânicas oxigenadas presentes são ácido carboxílico e amida.



- b) Como a estrutura da penicilina G é resultado da substituição do radical R pelo benzil, ela pode ser representada por:



Sua fórmula molecular é $C_{16}H_{18}N_2O_4S$.

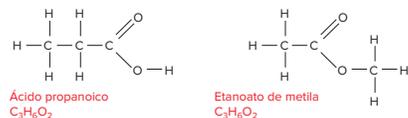
75. V; F; F; V; V
 76. C
 77. D
 78. E
 79. E
 80. A
 81. D
 82. E
 83. D
 84. A
 85. D
 86. E
 87. A
 88. B
 89. D
 90. C
 91. B
 92. C
 93. C
 94. B
 95. D
 96. C
 97. B
 98. D
 99. B
 100. D

101. A
 102. C
 103. D
 104. V; F; V; F; V
 105. B
 106. A
 107. A
 108. B
 109. A
 110. A
 111. Soma: 01 + 08 = 09
 112. A
 113. A
 114. E
 115. A
 116. B
 117. D
 118. D
 119. A
 120. D
 121. D
 122. E
 123. D
 124. E
 125. Soma: 01 + 02 + 08 = 11
 126. C
 127. C
 128. E

Capítulo 7 – Isomeria

Revisando

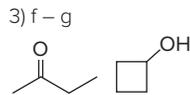
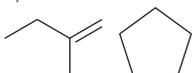
1. Isômeros são *substâncias diferentes* que têm a *mesma fórmula molecular*.
 Exemplo:



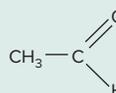
2. A isomeria pode ser dividida em duas principais categorias:

- Isomeria plana ou constitucional: isômeros diferem na conectividade dos átomos (cadeia, posição, metameria, função e tautomeria).
- Isomeria espacial ou estereoisomeria: isômeros têm a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na posição espacial deles (geométrica e óptica).

3. 1) a – b
 CH₃ – O – CH₃
 CH₃ – CH₂ – OH
 2) c – h



4.

Substâncias	Isomeria
 e CH ₂ =CHOH	Tautomeria ou isomeria dinâmica (equilíbrio entre duas funções diferentes).
CH ₃ – O – CH ₂ – CH ₂ – CH ₃ e CH ₃ – CH ₂ – O – CH ₂ – CH ₃	Isomeria de compensação ou metameria (mudança na posição do heteroátomo).
CH ₃ – OCH ₃ e CH ₃ – CH ₂ – OH	Isomeria de função (os compostos apresentam funções orgânicas diferentes).
CH ₃ – CH = CH – CH ₃ e CH ₃ – CH ₂ – CH = CH ₂	Isomeria de posição (os compostos apresentam diferença na posição da insaturação).

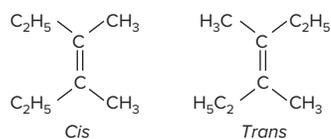
5.

- a) I. H – C ≡ C – CH₂ – CH₃
 II. H₃C – C ≡ C – CH₃
 III. H₂C = C = CH – CH₃
 IV. H₂C = CH – CH = CH₂
 V. H – C = C – H
 | |
 H₂C – CH₂

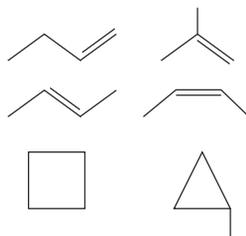
- b) I. But-1-ino
 II. But-2-ino
 III. Buta-1,2-dieno
 IV. Buta-1,3-dieno
 V. Ciclobuteno

6.

- a) Isomeria espacial geométrica.
 b) Observe- as figuras a seguir:

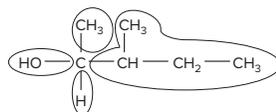


7.

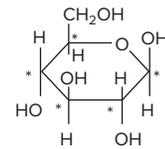
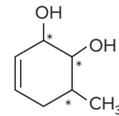
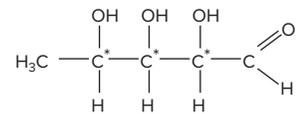
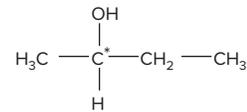


8. Carbono assimétrico, ou quiral, é o carbono que tem quatro ligantes diferentes entre si.

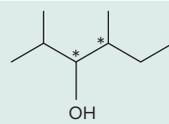
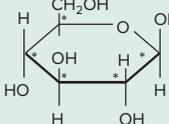
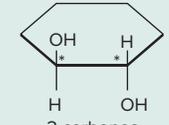
Exemplo:



9. Carbono quiral: os quatro ligantes do carbono são diferentes entre si. Assim:



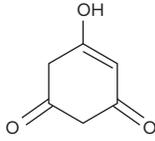
10.

Composto	Número de isômeros ativos	Número de misturas racêmicas
	2 ² = 4	2 ²⁻¹ = 2
	2 ⁵ = 32	2 ⁵⁻¹ = 16
 <p>2 carbonos quirais iguais</p>	2	1

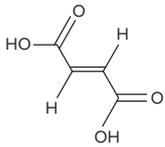
Exercícios propostos

1. B
 2. E
 3. C
 4. A
 5. A
 6. B
 7. B
 8. Soma: 04 + 16 = 20
 9. C
 10. D
 11. C
 12. D
 13. C
 14. B
 15. A
 16. D
 17. A

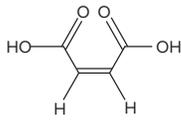
Fórmula do tautômero em bastão:



b) As fórmulas estruturais são as seguintes:



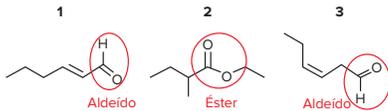
Ácido fumárico
(trans)



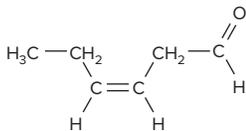
Ácido maleico
(cis)

22.

a) Substância 1: aldeído
Substância 2: éster
Substância 3: aldeído

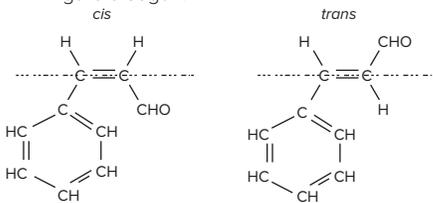


b) A substância 3 é a única em que está representada isomeria geométrica na forma *cis*. Sua fórmula estrutural é:



23. D

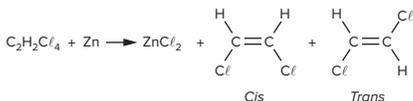
24. Estruturas isoméricas do 3-fenil-propenal e suas seguintes denominações quanto aos isômeros *cis* e *trans* na figura a seguir:



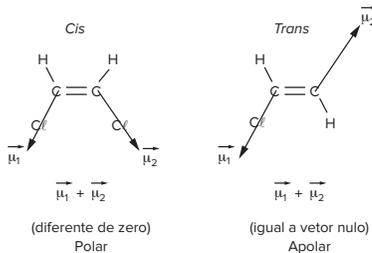
Na forma *cis*, os átomos de hidrogênio estão do mesmo lado do plano; na forma *trans*, estão em lados opostos ao plano.

25.

a) Os dois compostos isoméricos formados na reação são do tipo *cis-trans*:



b) Como o ponto de ebulição depende, nesse caso, da interação intermolecular, devemos analisar primeiro a polaridade das moléculas:



Dessa forma, o isômero *cis* (polar) realiza interação do tipo dipolo permanente e o isômero *trans* (apolar), dipolo induzido. Como a interação dipolo permanente é mais intensa, o isômero *cis* terá o maior ponto de ebulição, possibilitando, então, a separação deles por destilação fracionada.

26. A

27. A

28. A

29. C

30. Soma: 02 + 16 = 18

31. E

32. B

33. A

34. C

35. B

36. C

37. D

38. C

39. C

40. C

41. B

42. B

43. B

44. D

45. E

46. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15

47. B

48. A

49. D

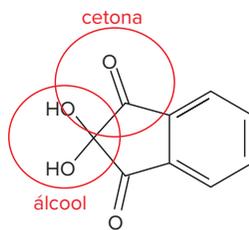
50. B

51. Soma: 02 + 16 + 32 = 50

52. E

53.

a) As funções orgânicas presentes são cetona e álcool.



ninidrina

b) O nome do composto é 3-metil-butanal. Esse composto não apresenta isomeria óptica, pois não tem carbono quiral.

54. C

55. E

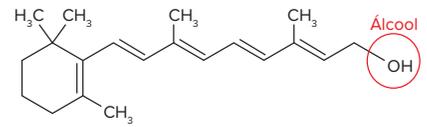
56. A

57. As funções orgânicas presentes em cada vitamina são:

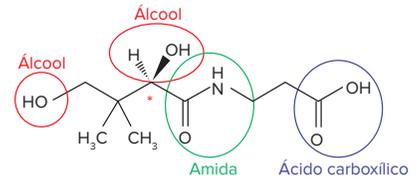
Retinol: álcool.

Ácido pantotênico: álcool, amida e ácido carboxílico.

retinol



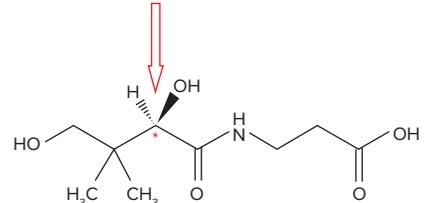
ácido pantotênico



A vitamina B₅ é hidrossolúvel, já que contém grupos que fazem ligações de hidrogênio com a água, como as funções álcool, ácido carboxílico e amida. A vitamina A é lipossolúvel, pois é predominantemente apolar, então faz ligações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido com as moléculas de gordura.

A vitamina que tem isomeria óptica é a B₅, em razão da presença de carbono quiral, como indicado na figura a seguir.

* carbono quiral ou assimétrico



ácido pantotênico

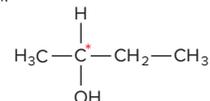
58. O tipo de isomeria espacial que o composto shogaol apresenta é a geométrica, já que tem carbonos insaturados e ligantes diferentes no mesmo carbono.

O tipo de isomeria do gingerol é a óptica, pois apresenta carbono quiral em sua molécula.

As funções orgânicas oxigenadas ligadas diretamente aos núcleos aromáticos, tanto no shogaol como no gingerol, são éter e fenol.

59.

a) Entre as moléculas da tabela, a substância 1 apresenta átomo de carbono quiral.



b) A principal característica das substâncias que apresentam isomeria óptica é que um dos isômeros desvia a luz polarizada para a direita e o outro isômero desvia para a esquerda.

60. A molécula de ácido 4-hidroxibutanoico não tem carbono quiral, pois não apresenta nenhum carbono com quatro ligantes diferentes entre si.

21. a) $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
 b) $\text{H}_2\text{SO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{SO}_3^{2-}(\text{aq})$
 c) $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$
 d) $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{P}_2\text{O}_7^{4-}(\text{aq})$
 e) $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HPO}_3^{2-}(\text{aq})$
 f) $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{PO}_2^-(\text{aq})$

22. a) $\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{CN}^-(\text{aq})$
 b) $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HS}^-(\text{aq})$
 $\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq})$
 c) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{BO}_3^-(\text{aq})$
 $\text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HBO}_3^{2-}(\text{aq})$
 $\text{HBO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{BO}_3^{3-}(\text{aq})$
 d) $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{H}_3\text{As}_2\text{O}_7^-(\text{aq})$
 $\text{H}_3\text{As}_2\text{O}_7^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{As}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$
 $\text{H}_2\text{As}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HAS}_2\text{O}_7^{3-}(\text{aq})$
 $\text{HAS}_2\text{O}_7^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{As}_2\text{O}_7^{4-}(\text{aq})$
 e) $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{PO}_3^-(\text{aq})$
 $\text{H}_2\text{PO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HPO}_3^{2-}(\text{aq})$

23. D
 24. C
 25. C
 26. B
 27. Soma: $01 + 02 + 16 = 19$
 28. D
 29. D
 30. B
 31. C
 32. Soma: $01 + 08 = 09$
 33. Soma: $04 + 16 = 20$
 34. A
 35. $\text{Na}^+\text{OH}^-(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \underbrace{\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})}_{\text{íons}}$

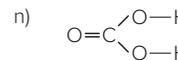
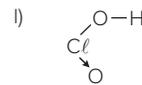
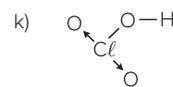
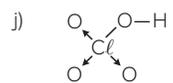
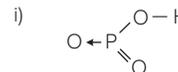
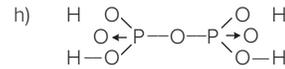
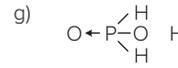
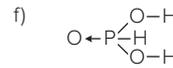
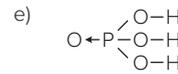
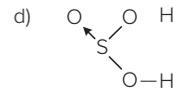
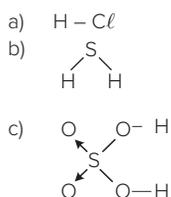
36. a) hidróxido de sódio
 b) hidróxido de alumínio
 c) hidróxido de ferro III (ou férrico)
 37. a) $\text{Ni}(\text{OH})_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ni}^3(\text{aq}) + 3\text{OH}^-(\text{aq})$
 b) $\text{CsOH}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Cs}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
 38. Hidróxidos
 Nomenclatura: hidróxido + de + nome do metal ou radical.
 a) hidróxido de cromo III
 b) hidróxido de estanho II (ou estanoso)
 c) hidróxido de platina IV
 d) hidróxido de mercúrio II
 39. E
 40. E
 41. B
 42. C
 43. a) Hidróxido de magnésio: $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Hidróxido de alumínio: $\text{Al}(\text{OH})_3$. Ácido clorídrico: HCl .

- b) Sim, os compostos citados formam soluções aquosas condutoras de eletricidade.
 44. E
 45. B
 46. C

Exercícios complementares

1. C
 2. C
 3. B
 4. A
 5. C
 6. D
 7. E
 8. E
 9. E
 10. A
 11. E
 12. a) Íon sulfeto: $_{16}\text{S}^{2-} \Rightarrow 18$ elétrons \Rightarrow $_{17}\text{Cl}^{1-}$
 Ânion: cloreto; béquer "A".
 b) Ânion: nitrato $\Rightarrow \text{NO}_3^{1-}$; cátion: Mg^{2+} ; sal: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
 13. D
 14. D
 15. D
 16. a) HNO_3
 b) H_2SO_4
 c) H_3PO_4
 d) H_2CO_3
 e) HCl

17. Apenas um, pois há um H ligado diretamente ao átomo de oxigênio.
 18. a) O H_2S é um ácido.
 b) Estrutura de Lewis:
 $\text{H}:\ddot{\text{S}}:\text{H}$
 Geometria molecular: angular.
 c) As forças intermoleculares existentes são do tipo dipolo-dipolo. Essas interações podem ser menos intensas, de forma a permitir que o composto exista no estado gasoso.
 d) Conduz corrente elétrica, uma vez que um ácido dissolvido em água sofre ionização.
 19. B
 20. D
 21. C
 22. B
 23.



24. $\alpha_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{1}{10} = 10\%$
 $\alpha_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{2}{3} = 66,7\%$
 $\alpha_{\text{HNO}_3} = \frac{8}{10} = 80\%$
 $\text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{SO}_4 < \text{HNO}_3$

25. E
 26. B
 27. D
 28. A
 29. E
 30. E
 31. A
 32. E
 33. B
 34. A
 35. C
 36. E
 37. C
 38. B
 39. A
 40. B
 41.

- a) A azia é intensificada pela ação de ácidos ingeridos, como vinagre e suco de laranja, de limão ou de maracujá.
 b) A azia é minimizada com a ingestão de bases, como suco de caju, banana não muito madura e leite de magnésia.

Capítulo 5 – Sais e óxidos

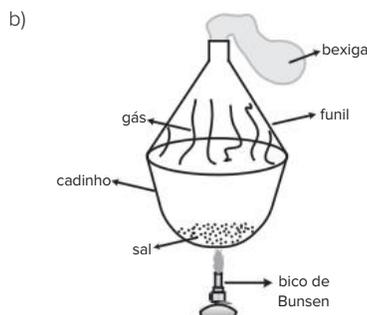
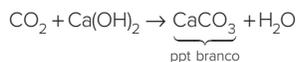
Revisando

- Hipoclorito de sódio e cloreto de sódio
- Hipoclorito de sódio: sal de fórmula NaClO ; vinagre: ácido de fórmula $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$; bicarbonato de sódio: NaHCO_3 , é um sal.
- SO_x é um óxido ácido que, ao reagir com água, pode formar um ácido. Ao se adicionar CaCO_3 , uma base, esse óxido sofre uma reação que será sal e água, o que torna o solo mais apropriado para o plantio.
- D
Pois ao contrário das outras opções, ele não é um ácido, e sim um sal que pode neutralizar ácidos.
- A acidificação da água do mar ocorreria devido à formação de ácido carbônico e consequente liberação de cátions H^+ no meio:
 $\text{CO}_2(\ell) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$.
Os esqueletos de corais constituídos por carbonato de cálcio (CaCO_3) sofreriam graves danos pois o meio ácido reagiria da seguinte maneira:
 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$, provocando a dissolução do carbonato de cálcio.
- Iônico e apresenta fórmula mínima XJ_2 .

Exercícios propostos

- Soma: $01 + 02 + 04 = 07$
- C
- A
- B
- B
- MgSO_4 – sulfato de magnésio
 MgSO_3 – sulfito de magnésio
 CaSO_4 – sulfato de cálcio
 CaSO_3 – sulfito de cálcio
- $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
20 g de CaCO_3
 - 5
 - $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - (orto) fosfato de cálcio
 - $2 \text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
 - $$\begin{array}{c} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \\ \swarrow \quad \downarrow \quad \searrow \\ 3 \cdot 40 + 2 \cdot 31 + 8 \cdot 16 = 120 + 62 + 128 \\ \text{MF} = 310 \text{ u} \end{array}$$
 - ligação covalente
 - D
 - H_2SO_4 – ácido sulfúrico
 NH_3 – amônia
 - $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \underbrace{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}_{\text{sulfato de amônio}}$

- $\text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{KCl} + \frac{3}{2} \text{O}_2$
O gás oxigênio aviva a cabeça do palito de fósforo recém-apagado.
 $2 \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
O CO_2 turva a água de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), segundo a seguinte equação:



- B
- C
- E
- C
- E
- C
- B
- Ácido fosfórico: H_3PO_4 .
Hidróxido de magnésio: $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
Fluoreto de estanho (II): SnF_2 .
 - H_3PO_4 – Ácido (sofre ionização e libera H^+ ou H_3O^+ em solução aquosa)
 $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\ell) \longrightarrow 3 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
(Hidrônio ou Hidroxônio) + $\text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – Base ou Hidróxido (sofre dissociação e libera OH^- em solução aquosa)
 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
(Hidroxila)
 SnF_2 – Sal inorgânico (sofre dissociação e libera cátion diferente do H^+ ou H_3O^+ e ânion diferente de OH^- em solução aquosa)
 $\text{SnF}_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{F}^-(\text{aq})$
- C
- B e D
- D
- B
- C
- A
- B
- D
- E
- C
- B

- $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{KNO}_3 + \underbrace{\text{H}_2\text{CO}_3}_{\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2}$
 $\text{KCl} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{HCl}$
 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow$ não reage
 $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow 2 \text{KCl} + \text{BaCO}_3 \downarrow$
 $\text{KCl} + \text{BaCl}_2 \rightarrow$ não reage
 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2 \text{KCl}$
Pelo que podemos observar das equações, o frasco contendo K_2CO_3 é aquele que produz gás no primeiro caso e precipitado no segundo. O frasco contendo KCl é aquele que só produz gás no primeiro caso. O frasco contendo K_2SO_4 é aquele que só produz precipitado no segundo caso.
- Vide equações do item a.
- E
- $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq})$
 $\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$
A reação entre os ânions é dada por:
 $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{HPO}_4^{2-}$
- $2 \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4 \rightarrow$
 $\rightarrow \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} + 2 \text{H}_2\text{O}$
Nesse caso, basta seguir a orientação do problema e balancear a equação por tentativa.
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \underbrace{\text{BaCO}_3}_{\text{ppt branco}} \downarrow + 2 \text{NaCl}$
 - $\text{BaCO}_3 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \underbrace{\text{Ba}(\text{NO}_3)_2}_{\text{sal solúvel}} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- Cálcio, pois é metal e é o elemento mais eletropositivo.
 - Para substituir um elemento, mantendo as propriedades do composto, deve-se trocá-lo por outro da mesma família da Tabela Periódica. Como o cálcio é da família 2A, poderemos trocá-lo por Mg, Sr ou Ba, por exemplo.
 - $\text{Ca}_{10}^{2+}(\text{PO}_4)_6^{3-}(\text{OH})_x$. A soma das cargas deve ser nula.
 $\text{Ca}_{10}^{2+} \Rightarrow +20$
 $(\text{PO}_4)_6^{3-} \Rightarrow -18$
 $(\text{OH})_x \Rightarrow -x$
 $20 - 18 - x = 0$
 $x = 2$
- C
- Toma-se o pó branco e o adiciona à H_2O . Se não houver dissolução, o pó branco só poderá ser o CaCO_3 , sal insolúvel, como diz o próprio enunciado da questão. Se for solúvel, existem duas possibilidades:
 NaCl
 Na_2CO_3
Nesse caso, adiciona-se HCl ao pó branco. Se não produzir efervescência, só pode ser o NaCl . Se produzir efervescência, é o Na_2CO_3 .
- C

38. A
 39. A
 40. E
 41. B
 42. A
 43. C
 44. B
 45. B
 46. D
 47. C
 48.
 a) $2 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{SO}_2$
 b) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
 H_2SO_4 : ácido sulfúrico.
 49. C
 50. E
 51. E
 52. A
 53. B
 54.
 a) Caráter anfótero significa capacidade de reagir com ácidos ou bases.
 b) O óxido de cálcio é um óxido básico. Observe:
 $\text{CaO(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2\text{(aq)}$
 ou
 $\text{CaO(s)} + 2 \text{H}_3\text{O}^+\text{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}\text{(aq)} + 3 \text{H}_2\text{O(l)}$
 55. C
 56. E
 57. Soma: $01 + 64 = 65$
 58. C
 59.
 a) SeO_2 – óxido ácido (Se: não metal).
 b) N_2O_3 – óxido ácido (N: não metal).
 c) K_2O – óxido básico (K: metal com Nox +1).
 d) BeO – óxido anfótero.
 e) BaO – óxido básico (Ba: metal com Nox +2).
 60. A
 61. B
 62. A

Capítulo 6 – Soluções

Revisando

- 40,0 milimol/L
- $2,8 \cdot 10^{-2}$ mol/L
- 3,7 g
- 700 g
- 20 mL
- $0,6 \text{ mol L}^{-1}$

Exercícios propostos

- 300 g de H_2O
 - Solução Saturada: $m_A = 10 \text{ g}$

- Solução Insaturada: $m_A < 10 \text{ g}$
 2. Soma: $01 + 04 + 32 = 37$
 3.
 a) Falsa, pois somente as curvas de solubilidade crescentes apresentam dissolução endotérmica.
 b) Verdadeira, como se pode observar na curva de solubilidade.
 4.
 a) 80 g
 b) 60 g
 5. B
 6.
 a) $T \approx 80 \text{ }^\circ\text{C}$
 b) 80 g
 7. A
 8. B
 9. D
 10. E
 11. D
 12. C
 13. D
 14.
 a) 175,5 kg
 b) 7,1 kg de $\text{C}\ell_2$
 15. A
 16. C
 17. C
 18. C
 19. E
 20. A
 21. F; F; V
 22. C
 23. C
 24. C
 25. E
 26. C
 27. D
 28. E
 29.
 a) A solução de soro fisiológico é melhor condutora, pois o NaCl é um composto iônico, que em água apresenta íons em solução.
 b) $0,0278 \text{ mol}$ de moléculas de glicose. $0,030 \text{ mol}$ de íons Na^+ e Cl^-
 30. C
 31. A
 32. E
 33. B
 34. A
 35. A
 36. C
 37. A
 38.
 a) 2 g

- $0,0125 \text{ mol/L}$
 - 0,4%
39.
 a) 500 L
 b) 100 g
 c) Porque a água que evapora do mar é isenta de soluto.
 40. 50 mL
 41. D
 42. B
 43. $V = 0,025 \text{ L}$ ou 25 mL
 44.
 a) $\tau = 2,1\%$, as especificações são válidas.
 b) A titulação geralmente utiliza bureta e erlenmeyer.
 45. E
 46. B
 47. B
 48. C
 49. B
 50. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$
 51.
 a) $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$
 $2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$
 $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$
 b) $14,0 \text{ mol/L}$; $8,93 \text{ mL} \approx 9,0 \text{ mL}$
 52. C
 53. B
 54. D
 55. D
 56. B

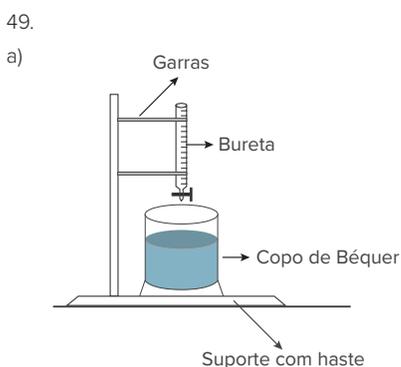
Exercícios complementares

- B
- B
- A
- C
- D
- D
- C
- Sal D.
 - A $40 \text{ }^\circ\text{C}$ a solubilidade de B é $60 \text{ g}/100 \text{ g}$ de água. Portanto, em 50 g de água a quantidade máxima dissolvida seria de 30 g de sal. Desse modo, há corpo de fundo.
- B
- A
- B
- C
- E
- C
- C
- B
- D
- B
- E

20. E
21. C
22. B
23. C
24. D
25. E
26. C
27. C
28. A
29. D
30. D
31. C
32. C
33. C
34. 0,55 mol/L
35. D
36. D
37.

- a) 0,080 mol/L
b) 1.344 L
38. B
39. E
40. B
41. C
42. E
43. D
44. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15
45. E
46. A
47.
a) 0,024 mol/L
b) $6,0 \cdot 10^{-4}$ mol
 $2 \text{HCl} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

48.
a) O meio será básico.
b) 0,025 mol/L (base)
c) 7

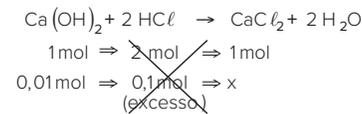


- b) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
3,99%
50. D
51.
a) Cálculo do número de mols de Ca(OH)_2 :
1 mol Ca(OH)_2 — 74 g
n mol Ca(OH)_2 — 0,74 g
 $n(\text{Ca(OH)}_2) = 0,01$ mol

Cálculo do número de mols de HCl:

$[\text{HCl}] = 1 \text{ mol/L} = 1 \text{ mol}/1000 \text{ mL}$
1 mol de HCl — 1000 mL
n mol de HCl — 100 mL
 $n(\text{HCl}) = 0,1$ mol

Reação de neutralização:



$x = 0,01$ mol de CaCl_2 .

A quantidade máxima de cloreto de cálcio, em mol, que pode ser obtida é de 0,01 mol.

- b) De acordo com o conceito de Arrhenius, as bases são substâncias que sofrem dissociação iônica em solução aquosa liberando um único tipo de íon negativo, o ânion hidróxido (OH^-), também conhecido como hidroxila ou oxidrila quando está representado na fórmula da base.

52. B
53. C
54. C
55. A
56. D
57. A
58. $[\text{Ba}^{2+}] = 0,5 \text{ mol/L}$
 $[\text{Cl}^-] = 0,6 \text{ mol/L}$
 $[\text{NO}_3^-] = 0,4 \text{ mol/L}$

59.
a) $2 \text{HCl} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
O meio será alcalino.

- b) 0,1 mol/L

60. E
61. B
62. D
63.

- a) Como a proporção de ácido para base é de 1 para 2, teremos:
 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
ácido ---- base
1 mol ---- 2 mol
1 mol ---- 2 mol

$$n_{(\text{NaOH})} = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \frac{n}{V} \Rightarrow$$

$$0,500 = \frac{n}{16,0 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = 0,008 \text{ mol}$$

Ácido oxálico ---- base
1 mol ---- 2 mol
0,004 mol ---- 0,008 mol

Então:

$$n_{(\text{oxálico})} = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \frac{n}{V} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} = 0,16 \text{ mol/L}$$

- b) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$
 $126 = (2 + 2 \cdot 12 + 4 \cdot 16) + x \cdot 18 \rightarrow x = 2$
A fórmula será dada por: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

$$\text{Molaridade} = \frac{\text{massa}}{\text{M} \cdot \text{Volume}}$$

$$0,16 \text{ M} = \frac{5,04 \text{ g}}{\text{M} \cdot 0,250 \text{ L}} \Rightarrow \text{M} = 126 \text{ g/mol}$$

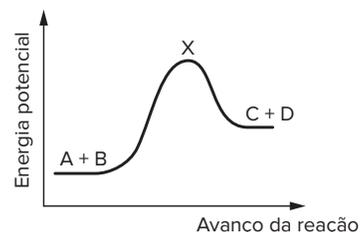
Frente 3

Capítulo 4 – Cinética Química

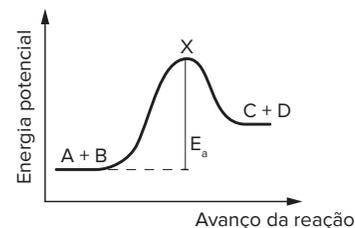
Revisando

- Velocidade média de formação de produto: $24,4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
Rendimento: 40%
- 4 mol/s
-

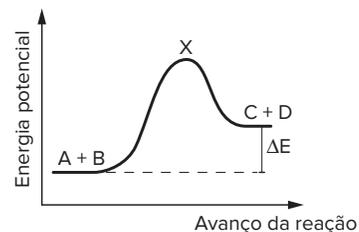
- a) Diagrama 1:



- b) Diagrama 2:



- c) Diagrama 3:



4. 81,6 mol/min

- 5.

- a)

Tempos/s	0	100	200
$\frac{[i-P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	1,8	2,0
$\frac{[PA^-]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	6,8	7,7
$\frac{[P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$			

- b)

Tempos/s	0	100	200
$\frac{[i-P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	1,8	2,0
$\frac{[PA^-]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	0,0	6,8	7,7
$\frac{[P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$	9,7	1,1	0,0

c) A reação de hidrólise é a mais rápida. De acordo com os gráficos, observamos que, para um mesmo intervalo de tempo, ocorre maior formação de PA do que de i - P.

6. B

7.

a) $a \cong 1$; $b \cong 2$.

b) $k = \text{torr}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

8.

a) $v = k \cdot [A]^1 [B]^1 [C]^2$

b) $v = 1,28 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

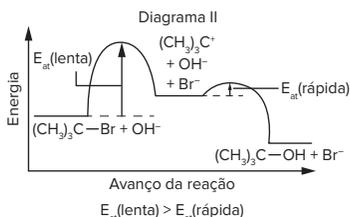
9.

a) A velocidade da reação depende da concentração de $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br}$. Pela tabela, verificamos que a velocidade dobra quando a concentração de $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Br}$ é duplicada.

b)

1) O diagrama correto é o II.

2)



Exercícios propostos

1. A

2.

a) 14500 kJ

b) 250 L

c) 0,4 mol/min

3. E

4. B

5. A

6. $t_{\frac{1}{2}} = 10 \text{ h}$; $v = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

7. $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$

$v = 0,003 \text{ mol/min}$

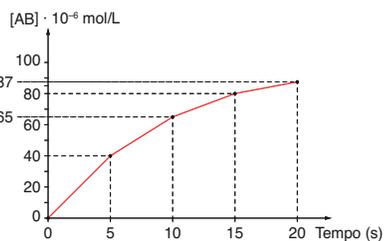
8. Soma: 01 + 02 + 04 + 16 = 23

9. A

10. C

11.

a)



b) $v = \frac{(87 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L} - 0)}{(20 \text{ s} - 0 \text{ s})}$

$v = 4,35 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$

12. E

13. B

14. B

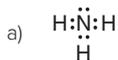
15.

a) $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

b) 10 mol/L

16. C

17.



Molécula polar ($\mu \neq 0$).

b) O caminho 2 ocorre na presença de um catalisador, pois a energia de ativação é menor.

18. C

19. Soma: 04 + 08 + 16 = 28

20. D

21. A

22. A

23.

a) A função da enzima nas reações bioquímicas é de catalisador (diminui a energia de ativação).

b) A atividade catalítica da enzima aumenta de 0 °C a 30 °C, ou seja, a velocidade da reação aumenta. A atividade catalítica da enzima diminui de 30 °C a 55 °C, ou seja, a velocidade da reação volta ao patamar sem catalisador.

c) Quando a reação é aquecida continuamente, a enzima sofre desnaturação, ou seja, perde o efeito catalisador sobre a reação química.

24. A

25. B

26. E

27. C

28. B

29. D

30. B

31. B

32. D

33.

a) Experimento II, pois ocorre com a maior concentração de ácido e maior superfície de contato.

b) $v_{\text{excesso}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ L}$ ou 1,5 mL

34. B

35.

a) $v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$

b) Afirmativa I: falsa. Pelo gráfico, observa-se que é exotérmica (ocorre com liberação de calor), tendo os produtos menor energia que os reagentes.

Afirmativa II: falsa. O catalisador não desloca o equilíbrio; não afeta o rendimento. Quando colocado no início, faz o equilíbrio ser atingido mais rapidamente.

36. A

37. A

38. D

39. C

40.

a) $v = k \cdot [\text{H}_2]^1 \cdot [\text{etanotiol}]^1$

Ordem da reação em relação a H_2 : 1

Ordem da reação em relação ao etanotiol: 1

Ordem geral da reação: 1 + 1 = 2

b) $v = 340 \text{ g/s}$

41. Soma: 01 + 02 + 08 = 11

42. B

43. A

44. C

45. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15

46. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15

47. D

48. C

49. F; V; F; F; V.

50. Soma: 02 + 08 = 10

51. Soma: 02 + 04 = 06

52. Soma: 01 + 02 + 04 + 16 = 23

53.

a) $v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2]^1$

b) $k = 1,23$

c) $v = 0,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Exercícios complementares

1. A

2. A

3. E

4. B

5.

a) A partir do gráfico, observa-se que a maior variação de massa ocorre para a concentração de 0,06 g/mL de iodo. Consequentemente, a reação mais rápida ocorre nessa concentração. Analogamente, a reação mais lenta ocorre na concentração de 0,02 g/mL, na qual se encontra menor variação de massa e o número de colisões efetivas é menor.

b) $v = 0,00167 \text{ g/min}$

c) O tipo de interação se deve à dispersão instantânea dos elétrons (nuvem eletrônica) conhecida como dispersões de London. Nesse caso, ocorre a atração do tipo dipolo induzido.

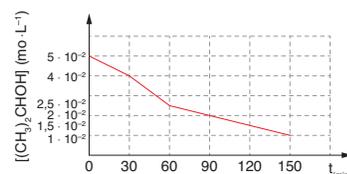
6. Velocidade da reação em mL H_2/s : 1,25 mL/s

Velocidade da reação em mol H_2/s : $5,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/s}$

7. D

8.

a) Curva representativa dos dados da tabela:



As variações de concentrações dos reagentes são diferentes no mesmo intervalo de tempo, ou seja, em 30 minutos. As concentrações dos reagentes e a velocidade de consumo diminuem.

- b) 156,6 g
9. B
10. C
11. Soma: 01 + 04 + 08 = 13

12. $\alpha \cdot C = 9$
13.
a) A formulação A.
b) De acordo com o gráfico, B: aproximadamente 8 horas.
c) Como o paciente deve manter a concentração mínima efetiva (CME) entre as duas formulações, deve ocorrer uma diferença de cerca de seis horas.

14. C
15. B
16. D
17. A
18. Soma: 01 + 02 + 08 = 11

19. D
20. Soma: 04 + 32 = 36
21. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31
22. C
23.

- a) Tempo de aproximadamente 85 dias.
b) $2,83 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$
24. C
25. Soma: 01 + 04 + 08 = 13
26. C
27.

- a) Podemos calcular a velocidade média de degradação da vitamina C nos 30 primeiros dias e nos últimos 30 dias da experiência a partir do gráfico fornecido no enunciado.

$$\Delta t = 30 \text{ dias}$$

$$\Delta \text{concentração} = 270,0 - 210,0 = 60 \text{ mg/L}$$

$$v_{\text{média de degradação (0-30)}} = \frac{\Delta \text{concentração}}{\Delta t} = \frac{60 \text{ mg/L}}{30 \text{ dias}}$$

$$v_{\text{média de degradação (0-30)}} = 2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

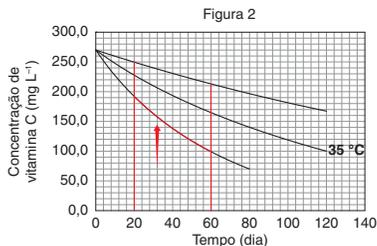
$$\Delta t = 30 \text{ dias}$$

$$\Delta \text{concentração} = 130,0 - 100,0 = 30 \text{ mg/L}$$

$$v_{\text{média de degradação (90-120)}} = \frac{\Delta \text{concentração}}{\Delta t} = \frac{30 \text{ mg/L}}{30 \text{ dias}}$$

$$v_{\text{média de degradação (90-120)}} = 1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

- b) Com o aumento da temperatura, ocorre o aumento do número de moléculas com energia maior que a de ativação da reação. Assim, a reação vai ocorrer com maior velocidade, ou seja, haverá maior variação na concentração de vitamina C em um menor intervalo de tempo, como mostrado na curva escolhida.



28.
a) Por meio da tabela fornecida, observa-se que a cada intervalo de tempo varia o volume de H_2 .

- b) Utilizando-se raspas de magnésio, a reação seria mais rápida, devido ao aumento da superfície de contato do reagente sólido.



29. V; F; F; V; V.

30. C

31. C

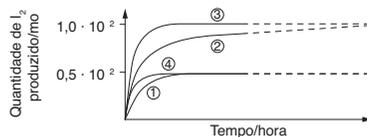
- 32.

- a) $2 \text{ KI} + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 \rightarrow 2 \text{ K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2$

- b)

Experiência	Volume (mL) de		
	Solução-estoque de iodeto de potássio	Solução-estoque de persulfato de potássio	Água
1	25 mL	25 mL	950 mL
2	50 mL	25 mL	925 mL
3	50 mL	50 mL	900 mL
4	25 mL	25 mL	950 mL

- c)



- 1) Temperatura menor e menor concentração.

- 2) $[\text{I}^-] \cdot [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] >$ experiência 1 e 4 e menor do que na experiência 3.

- 3) $[\text{I}^-] \cdot [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$ é maior.

- 4) A temperatura é maior.

33. C

34. E

35. D

36. $v = k \cdot [\text{H}_2]^1 \cdot [\text{NO}]^2$
 $k = 3 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$

37. D

38. A lei de velocidade será dada por:

$$v = k \cdot [\text{HBr}]^1 \cdot [\text{NO}_2]^1$$

$$\text{Ordem global: } 1 + 1 = 2$$

O mecanismo I representa a reação global, pois é aquele da etapa lenta e que apresenta os reagentes HBr e NO_2 , cujas ordens são iguais a um.

- 39.

- a)

Experimento	Velocidade da reação ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
1	$5 \cdot 10^{-5}$
2	$1 \cdot 10^{-4}$
3	$1 \cdot 10^{-4}$
4	$5 \cdot 10^{-5}$

- b) A velocidade da reação não depende da concentração de Br_2 (bromo).

- 40.

- a) $\text{NO}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{NO} + \text{CO}_2$

- b) $v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$

- c) $v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$

$$1,0 \cdot 10^{-5} = k \cdot (0,002)^2$$

$$k = \frac{10^{-5}}{4 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \cdot 10 = 2,5$$

- d) Analisando as duas últimas linhas da tabela, percebe-se que a concentração de NO_2 e de CO permanece constante, porém a velocidade da reação aumenta. Conclusão: a temperatura da reação na última linha da tabela é maior do que 350 K.

41. B

- 42.

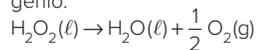
- a) $v = k[\text{A}]^1[\text{B}]^1[\text{C}]^1$

- b) 3

- c) $k = \frac{10}{9} \text{ L}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{s}$

- 43.

- a) Decomposição de peróxido de hidrogênio:



- b) A reação é de primeira ordem, ou ordem 1.

- c) Lei de velocidade da reação:

$$v = k \cdot [\text{H}_2\text{O}_2]$$

- d) $k = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

- e) O íon iodeto é catalisador da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio.

44. Soma: 01 + 16 = 17

45. C

46. E

47. B

48. C

49. C

50. B

51. Em 1889, Svante Arrhenius deduziu uma equação que relaciona a temperatura com a constante de velocidade da reação, que é mostrada a seguir:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

A equação mostra que a constante k é diretamente proporcional à frequência das colisões (A) à temperatura (T) e inversamente proporcional à energia de ativação (E_a).

52. C

53. D

54.

a) $1,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

b)
$$\frac{V_{\text{C}_2\text{H}_2}}{V_{\text{H}_2}} = \frac{1}{2}$$

c) Equação de Arrhenius, em que k é a constante de velocidade:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_{\text{ativação}}}{R \cdot T}}$$

$$k = \frac{A}{e^{\left(\frac{E_{\text{ativação}}}{R \cdot T}\right)}}$$

Aumenta
diminui

55. E

56. D

57. $E_A \cong 6,097 \text{ kJ/mol}$

Capítulo 5 – Equilíbrios químicos I

Revisando

1. Equações que podem expressar a constante de equilíbrio:

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} \text{ ou } K_p = \frac{p_{\text{SO}_3}^2}{p_{\text{SO}_2}^2 \cdot p_{\text{O}_2}}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1225 \text{ g}$$

2. $385 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

3. $0,066 \text{ atm}$

4. $K_p = 1,80$

5.

a) $0,25 \text{ atm}^{-1}$

b) $0,15 \text{ mol/L}$ de H_2 , $1,325 \text{ mol/L}$ de O_2 e $0,15 \text{ mol/L}$ de H_2O .

6.

a) $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de O_2

b) $4,0 \cdot 10^{-3}$

7.

a) $X = 8 \text{ mol/L}$

$$Y = 6 \text{ mol/L}$$

b)
$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

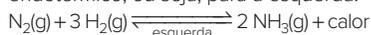
c) $K_C = 5,14 \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1})^{-2}$

8. Soma: $01 + 02 = 03$

9. Soma: $08 + 16 = 24$

10.

a) Como a reação de formação de amônia é exotérmica, com a elevação da temperatura, o equilíbrio deslocaria no sentido endotérmico, ou seja, para a esquerda.



b) $\Delta H_{\text{formação}}(\text{NH}_3) = -44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

c) $K_C = 16$

d) $V_{\text{final}} = 54 \cdot V_{\text{inicial}}$

11.

a) Adicionando-se amônia, o primeiro equilíbrio desloca para a direita. Consequentemente, aumenta a concentração do ânion hidróxido, e o segundo equilíbrio também desloca para a direita, e a formação do NaHCO_3 é favorecida.

b) A diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica. Nesse caso, os dois equilíbrios são favorecidos e deslocam para a direita (reações exotérmicas). A elevação da pressão favorece o deslocamento do equilíbrio no sentido da reação que produz menor número de mols de gás, ou seja, menor volume. Nesse caso, os dois equilíbrios são favorecidos e deslocam para a direita.

12.

a)
$$K_C = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]}$$

Como a variação de entalpia da reação direta é positiva, o valor da constante aumenta com a elevação da temperatura (favorecimento da reação endotérmica) e diminui com a redução da temperatura (favorecimento da reação exotérmica).

b) A adição de FeO não altera o equilíbrio, pois está no estado sólido e apresenta concentração constante. O aumento da pressão não interfere no equilíbrio, pois verifica-se a presença de 1 mol de $\text{CO}(\text{g})$ em equilíbrio com 1 mol de $\text{CO}_2(\text{g})$, ou seja, os volumes são iguais.

13.

a) Ácido acético.

b) $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCOO}^-$

c)
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCOO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

14. A adição de ácidos (H^+) desloca o equilíbrio para a esquerda, mudando a cor roxa para amarela.

Exercícios propostos

1. D

2. D

3.

a) K_C alto indica deslocamento para o lado dos produtos, pois o K_C é diretamente proporcional a $[\text{SO}_3]$. K_C baixo indica deslocamento para o lado dos reagentes, pois o K_C é inversamente proporcional a $[\text{O}_2]$ e $[\text{N}_2]$.

b) A formação da chuva ácida.

4. A

5. E

6. A

7. E

8. A

9. B

10. D

11. $[\text{H}_2] = 0,111 \text{ mol/L}$

$[\text{I}_2] = 0,111 \text{ mol/L}$

$[\text{HI}] = 0,778 \text{ mol/L}$

12. D

13. B

14. B

15. B

16.

a)
$$K_p = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2}^3}{p_{\text{CH}_4} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}}$$

b) $p(\text{CO}) = 1,185 \text{ atm}$

17.

a) O agente desidratante retira água, deslocando o equilíbrio no sentido da produção de éster.

b) $x = [\text{RCOOR}'] = \frac{2}{3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

c) Butanoato de isopropila

18. B

19. Soma: $02 + 16 = 18$

20. B

21. D

22.

a) Na Terra, o CaCO_3 vai se transformar completamente em CaO e CO_2 .

b) Em Vênus, não haverá transformação de CaCO_3 em CaO e CO_2 .

23. E

24. E

25.

a)

Tempo (t/10 ³ ano)	Fração molar de L-isoleucina
0	1
50	0,68
125	0,50
200	0,44
300	0,42
450	0,42

b)

Tempo (t/10 ³ ano)	Fração molar de L-isoleucina	Fração molar de D-isoleucina
0	1	0
50	0,68	0,32
125	0,50	0,50
200	0,44	0,56
300	0,42	0,58
450	0,42	0,58

c) $K = 1,38$

d) A idade será $125 \cdot 10^3$ anos.

26.

a)

Tempo	[A]/10 ⁻³ mol · L ⁻¹	[B]/10 ⁻³ mol · L ⁻¹
0	11,6	0
100	11,3	0,3
200	11,0	0,6
500	10,5	1,1
1000	10,2	1,4
2000	10,0	1,6
2500	10,0	1,6
3000	10,0	1,6

b) $K_C = 0,16$

27. B

28. C

29. D

30.

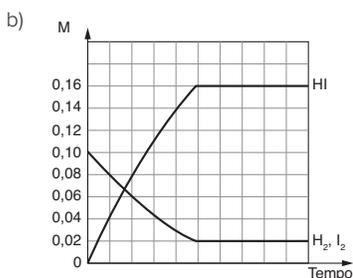
a) $P_{(NO)} = 0,240 \text{ atm}$
 $P_{(Cl_2)} = 0,120 \text{ atm}$

b) $K_P = 0,017 \text{ atm}$

31. C

32.

a) Tendo em vista que nos dois equilíbrios, A e B, a concentração de I_2 é a mesma, não é possível distinguir os recipientes pela intensidade da coloração violeta proveniente do I_2 .



33.

a) Concentração A: curva III
 Concentração B: curva II

b) $0,456 \text{ mol/L}$

34. E

35. A

36. A

37. C

38. D

39. C

40.

a) Caso seja adicionado ácido clorídrico, o equilíbrio será deslocado para a esquerda e a cor predominante será laranja, pois a concentração de cátions H^+ aumentará.

b) A variação do número de oxidação do cromo no processo de redução é de +6 para +3.

41.

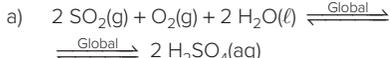
a) Agente oxidante do processo: Cl_2 .
 Justificativa: seu número de oxidação diminui de 0 a -1.

b) Solução de uso doméstico que pode ser utilizada na remoção de manchas de ferrugem das roupas: vinagre. Ocorre deslocamento para a esquerda devido à elevação da concentração de cátions H^+ .

42. B

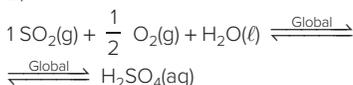
43. E

44.



$\Delta H_{total} = -451,4 \text{ kJ}$ (para 2 mols de H_2SO_4)

Para 1 mol de $H_2SO_4(aq)$, dividindo por 2, temos:



$\Delta H = -225,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

b) Se a pressão aumentar, o equilíbrio será deslocado para a direita e favorecerá a formação de SO_3 . Se a temperatura diminuir, o equilíbrio vai se deslocar para a direita e favorecerá a formação de ácido sulfúrico.

45. Soma: $01 + 04 = 05$

46. D

47. E

48.

a) $K_C = \frac{[CH_3OH]}{[CO] \cdot [H_2]^2}$

$K_C = \frac{(0,145)}{(1) \cdot (0,1)^2} = 14,5$

b) O equilíbrio será deslocado no sentido de menor volume molar; nesse caso, no sentido de formação de produto.

49. B

50.

a) A adição de um ácido (H^+) consumirá os ânions OH^- , e o equilíbrio será deslocado para a esquerda, prejudicando a precipitação dos íons Cu^{2+} na forma de $Cu(OH)_2$.

b) $V(N_2) = 123 \text{ L}$

51. E

52. C

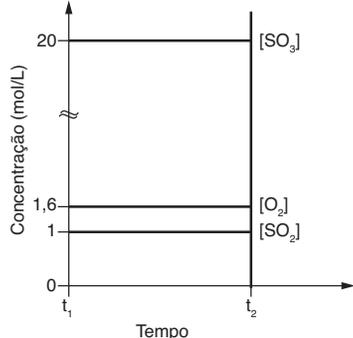
53. A

54. D

55.

a) Maior rendimento na produção de SO_3 significa deslocamento para a direita. Comparativamente, o processo deve ocorrer em temperatura baixa e pressão elevada, ou seja, o teste número 1.

b) Para o sistema estar em equilíbrio, o quociente de equilíbrio deve coincidir com a constante de equilíbrio. Comportamento das concentrações dessas substâncias no intervalo de tempo entre t_1 e t_2 , considerando que, em t_1 e t_2 , o sistema esteja em equilíbrio químico:



56. B

57. C

58. D

59. B

60. B

61.

a) Ácido fraco: HInd (indicador 1), pois libera cátions H^+ em solução aquosa.

Base fraca: IndOH (indicador 2), pois libera ânions OH^- em solução aquosa.

b) Amarela, pois o equilíbrio do indicador 1 será deslocado para a esquerda no sentido de HInd, devido ao aumento da concentração de cátions H^+ . Já o equilíbrio 2 será deslocado para a direita no sentido do cátion Ind $^+$, que não colore o sistema.

62. A

63. D

64. D

65. D

66. B

67. C

68. A

69.

a) Alâmpada apresentou menor intensidade luminosa quando foi testada na solução de C_6H_5OH (solução 3), pois, para essa substância, a constante ácida é menor ($1,3 \cdot 10^{-10}$).

b) $[CH_3COOH] \cong 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

70. $[H^+] = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$
 $[NO_2^-] = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$
 $K_a = 5,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$

71. C

72. A

73. D

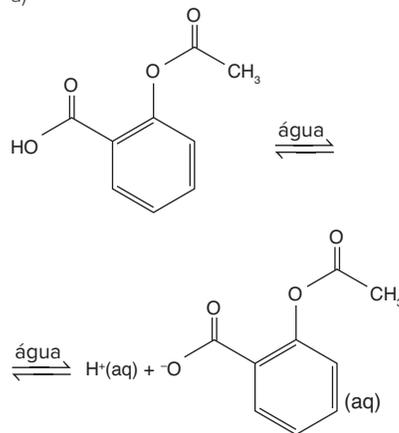
74. D

75. C

76. A

77.

a)



b) $K = \frac{[H^+] \cdot [AA^-]}{[AA]}$

c) $[H^+] = 8 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

d) A absorção do fármaco será eficiente. O pH do suco gástrico é ácido, varia entre 1,2 e 3,0. O fármaco (AA) é absorvido de

modo mais eficiente se o equilíbrio estiver deslocado para a esquerda, ou seja, se a forma não ionizada predominar.

78. E

Exercícios complementares

1. A

2. C

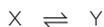
3.

a) $A \rightleftharpoons B$

$$K_1 = \frac{[B]}{[A]}$$

$$[A] > [B]$$

$$K_1 < 1$$



$$K_2 = \frac{[Y]}{[X]}$$

$$[Y] > [X]$$

$$K_2 > 1$$

Logo, $K_2 > K_1$.

b) $[B] = 0,012 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 $K_1 = 0,25$

4. B

5. D

6. C

7. Soma: $02 + 08 + 16 + 32 = 58$

8. B

9. E

10. Soma: $01 + 02 + 08 = 11$

11.

a) $K_p = \frac{1}{6}$

b) Grau de dissociação = 54%

12. C

13.

a) $V = 0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

b) $K_c = 4$

14. E

15. D

16. B

17.

a) $K_c = 4$

b) O aumento da temperatura do sistema favorecerá o sentido endotérmico. Como este é o sentido de consumo de NO e, conseqüentemente, de formação de N_2 e O_2 , a constante de equilíbrio (K_c) vai diminuir.

18. A

19. A

20. C

21. B

22. D

23.

a) As concentrações de $\text{CO}(\text{g})$ e $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ aumentarão, enquanto as concentrações de $\text{CO}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$ diminuirão, ou seja, o equilíbrio se deslocará para a esquerda.

b) $[\text{CO}] = \frac{4}{3} \text{ mol/L}$

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{4}{3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{CO}_2] = \frac{8}{3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{8}{3} \text{ mol/L}$$

24.

a) $\text{O}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g})$

$$Q_c = \frac{[\text{O}_2] \cdot [\text{NO}_2]}{[\text{O}_3] \cdot [\text{NO}]} = \frac{(8 \cdot 10^{-3}) \cdot (2 \cdot 10^{-4})}{(1 \cdot 10^{-6}) \cdot (1 \cdot 10^{-5})} = 16 \cdot 10^4$$

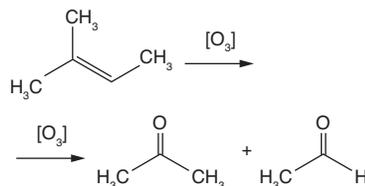
Pelo valor do Q calculado, o sistema não está em equilíbrio, pois é menor que o K_{eq} .

b) Expressão de velocidade:

$$v = k \cdot [\text{NO}_2] \cdot [\text{O}_3]$$

$$k = 4,4 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$$

c) Temos:



25. E

26. $\frac{V_1}{V_2} = 18$

27. A

28. 40 mol

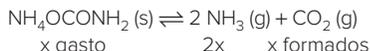
29. Soma: $04 + 08 + 16 = 28$

30. $\Delta t = 0,4 \text{ min}$

Não há alteração do valor numérico da constante de equilíbrio, já que o efeito do catalisador seria apenas sobre a velocidade do processo, não afetando o equilíbrio.

31.

a) Seja x o número de mols de reagente gasto até atingir o equilíbrio, temos:



Substituindo na expressão de K_c , lembrando que o volume do recipiente é 2 L, temos que:

$$K_c = [\text{NH}_3]^2 \cdot [\text{CO}_2]$$

$$K_c = \left(\frac{2x}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{x}{2}\right)$$

$$x = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

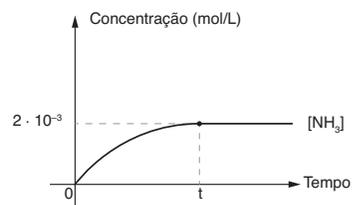
Como foi colocada uma quantidade inicial maior do que essa ($4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ é maior que $2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$), concluímos que, uma vez atingido o equilíbrio, ainda restará sólido dentro do recipiente.

b) No equilíbrio, a concentração molar de NH_3 será:

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = \frac{2x \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{2 \text{ L}}$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Assim, o gráfico é:



32. A

33. $P_{\text{final}} = 4,92 \text{ atm}$

34. Número de mols de etanoato de etila formado: 0,867 mol

35. B

36.

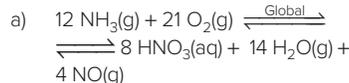
a) $n_{\text{H}_2} = 1,58 \text{ mol}$

b) $P_{\text{H}_2} = P_{\text{mistura}} \cdot 0,105$

37. E

38. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$

39.



b) O teste 4 propiciou maior rendimento na produção de NO na etapa 1. A etapa 1 apresenta variação de entalpia negativa ($\Delta H < 0$), logo é exotérmica sendo favorecida pelo resfriamento. A diminuição de pressão desloca o equilíbrio no sentido do maior volume, ou seja, para a direita.

40. $K_p = \frac{P_{\text{CH}_3\text{OH}}}{P_{\text{CO}} \cdot (P_{\text{H}_2})^2}$

O catalisador diminui a energia de ativação da reação.

Importância da compressão ou aumento de pressão: o equilíbrio é deslocado no sentido do menor volume, o que acarreta maior rendimento no sentido da produção de metanol.

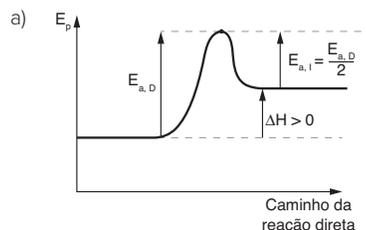
Caso a reação ocorresse em temperaturas superiores a $300 \text{ }^\circ\text{C}$, o exotérmico seria desfavorecido, e o processo endotérmico favorecido. Com o equilíbrio deslocado para a esquerda, ocorreria diminuição no rendimento da produção de metanol.

41. A

42. Soma: $02 + 04 + 16 = 22$

43. D

44.

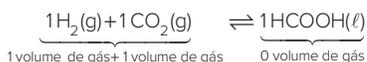


b) $K = \frac{2}{3}$

c) O sentido endotérmico ($\Delta H > 0$) é o da reação direta.

45. a) A primeira vantagem, de acordo com o texto, seria a utilização de energia eólica nesse processo (energia limpa). A segunda seria a retirada de CO₂ da atmosfera para a reação de formação do ácido fórmico utilizado como combustível, já que o uso direto do gás hidrogênio produzido na eletrólise da água poderia provocar explosões, e o ácido fórmico é estável. Além disso, a queima do ácido fórmico produzido nesse processo não provocaria aumento na concentração atmosférica de CO₂.

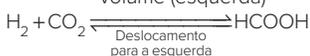
- b) Analisando o equilíbrio citado no texto, temos:



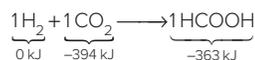
2 volumes \rightleftharpoons 0 volume

$P \cdot V = k$ (temperatura constante)

$P \downarrow \cdot V \uparrow \Rightarrow$ Deslocamento no sentido do maior volume (esquerda)



Portanto, a concentração de ácido fórmico diminui.

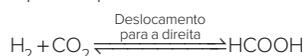


$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta H = -363 \text{ kJ} - [0 \text{ kJ} + (-394 \text{ kJ})]$$

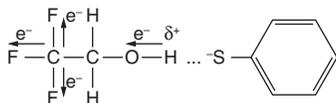
$$\Delta H = +31 \text{ kJ} \text{ (reação endotérmica)}$$

O aumento da temperatura desloca o equilíbrio para a direita.



A concentração de ácido fórmico aumenta com a elevação da temperatura.

46. a) O rendimento da reação direta diminui com a elevação da temperatura, portanto é um processo exotérmico.
- b) A presença dos átomos de flúor, que são muito eletronegativos, retira elétrons da hidroxila e aumenta a polarização da ligação entre o H e o oxigênio do grupo O-H. Essa maior polarização aumenta a força da ligação ion-dipolo mostrada a seguir.



47. D
48. C
49. a)

Temos:

$$K_C = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

- b) $K_C = 3,79$

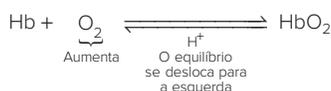
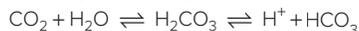
c) Pressão: ao aumentarmos a pressão, o sistema se deslocará para o lado de menor volume; sendo assim, aumentará o rendimento do produto.

Concentração: ao adicionarmos um reagente, o equilíbrio se deslocará no sentido de formação de produto. Também é possível retirar produto, pois o sistema trabalhará no sentido de formar

mais produtos, tentando restabelecer o equilíbrio.

50.

- a) De acordo com o texto, o aumento da acidez no plasma sanguíneo favorece a dissociação da HbO₂. Logo:



Como em meio ácido o equilíbrio se desloca para a esquerda, a quantidade de O₂ liberada nos tecidos aumenta.

- b) $[\text{HbCO}] = 20 \cdot [\text{HbO}_2]$

51. D

52. B

53. D

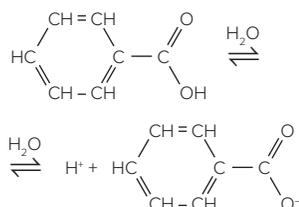
54. B

55. $K_p \cong 6,25$

Como o aumento da temperatura favorece a reação direta (já que K_p aumenta), a reação entre CO₂(g) e C(s) é endotérmica, segundo o princípio de Le Chatelier.

56. A

57.



Expressão da constante de equilíbrio:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{C}_7\text{H}_{15}\text{O}_2]}{[\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}_2]}$$

$$[\text{H}^+] = 7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

58.

- a) As duas concentrações molares (molaridades) eram iguais, pois, ao mergulhar nas soluções os eletrodos de um aparelho para medir a condutibilidade elétrica, a intensidade da luz da lâmpada do aparelho era a mesma para as duas soluções.

Nas duas soluções, a concentração de cátions H⁺ era a mesma ($4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$), pois, ao adicionar a mesma quantidade de indicador universal para ácidos e bases a amostras de mesmo volume das duas soluções, a coloração final observada era a mesma.

- b) $K_a = 1,764 \cdot 10^{-5}$

59. A

60. B

61. B

62. D

63. E

64. C

65. C

66. C

67. E

68.

$$\text{a) } 2\% \text{ (m/V)} \rightarrow \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ mL}} = \frac{2 \text{ g}}{100 \cdot 10^{-3} \text{ L}} =$$

$$= \frac{2 \text{ g}}{10^{-1} \text{ L}} = 20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\frac{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}{\text{Ácido oxálico}} = 90$$

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m}{M} = \frac{20 \text{ g}}{90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,22 \text{ mol}$$

$$[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = 0,22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{b) } K_{\text{global}} = \frac{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \cdot [\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]}$$

$$K_{\text{global}} = 3,776 \cdot 10^{-3}$$

69. D

70. D

71. B

72. B

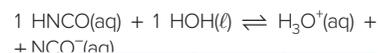
73. B

74.



	HNCO(aq)	H ₃ O ⁺	NCO ⁻
Início	1 mol/L	0	0
Durante	-x	+x	+x
Equilíbrio	(1 - x) mol/L	x	x

- d) Cálculo da concentração de íons H₃O⁺ na condição de equilíbrio:



	NH ⁻	H ₃ O ⁺	NCO ⁻
Início	1 mol/L	0	0
Durante	-x	+x	+x
Equilíbrio	(1 - x) mol/L	x	x

Por se tratar de um ácido fraco, assumimos que

$$1 - x \cong 1.$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{NCO}^-]}{[\text{HNCO}]}$$

$$K_a = 3,2 \cdot 10^{-4}$$

$$3,2 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{1}$$

$$x = \sqrt{3,2 \cdot 10^{-4}} = \sqrt{3,2} \cdot \sqrt{10^{-4}}$$

$$\sqrt{3,2} = 1,8$$

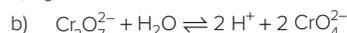
$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

75. E

76. B

77.

a) $K_3 = 1,0 \cdot 10^{-14}$



$$K_3 = 1,0 \cdot 10^{-14}$$

Como $K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$, temos:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$K_3 = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 [\text{H}^+]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$$

$$1,0 \cdot 10^{-14} = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 (1,0 \cdot 10^{-7})^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$$

$$\frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,0 \cdot 10} = 1,0$$

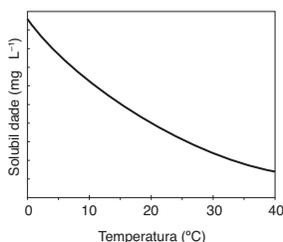
- c) Não, pois não há variação no número de oxidação dos átomos dos reagentes e produtos. Nesse caso, o número de oxidação do cromo permanece constante e é igual a 6.

78. D

79. D

80.

a)



- b) $p_{\text{O}_2}(\text{g}) = 0,2 \text{ atm}$

81. E

82. Soma: 02

83.

a) 0,554 mg/L

b) $2,35 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$

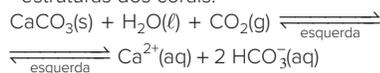
84. B

85. D

86. A

87.

- a) Em águas transparentes, há maior incidência de luz, então as algas associadas aos pólipos de corais realizam fotossíntese consumindo o CO_2 ; isso faz com que o equilíbrio da reação desloque-se para a esquerda (princípio de Le Chatelier), no sentido de formação do CaCO_3 , principal constituinte inorgânico que entra na formação das estruturas dos corais.



- b) Em águas quentes, a solubilidade de gases é menor, o que diminui a concentração de CO_2 . Logo, o equilíbrio se desloca para a esquerda, o que favorece a formação de carbonato de cálcio sólido, componente do exoesqueleto

dos corais. Em águas frias, o equilíbrio se desloca no sentido inverso, o que leva à dissolução do carbonato de cálcio e impede a sobrevivência dos recifes de coral.

88.

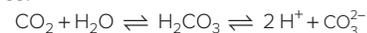
- a) O lago com águas mais frias terá maior concentração de oxigênio, pois o processo de dissolução do oxigênio na água é exotérmico.

- b) O lago localizado na base dos Andes terá mais oxigênio dissolvido. Nesse local, a pressão atmosférica é maior e também será maior a pressão parcial do oxigênio.

89.

- a) A cerveja que se encontra a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Como o processo de transformação de $\text{CO}_2(\text{aq})$ em $\text{CO}_2(\text{g})$ é endotérmico, quanto maior a temperatura, maior será a quantidade de gás liberado (espuma).

- b) Porque há a formação de ácido carbônico:



90. E

91. D

