

ENSINO MÉDIO
PRÉ-VESTIBULAR

QUI

QUÍMICA

4



Poliedro
Sistema de Ensino

COLEÇÃO PV

Copyright © Editora Poliedro, 2022.

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 978-65-5613-112-2

Presidente: Nicolau Arbex Sarkis

Autoria: Guilherme Aulicino Bastos Jorge e
Thiago Bernini Gaspar

Edição de conteúdo: Ana Paula Enes, Juliana Grassmann
dos Santos, Ana Carolina Suzuki Dias Cintra,
Ana Luiza Arêas Matos Alves, Brígida Freitas Pascoal e
João Messias Júnior

Edição de arte: Christine Getschko, Lourenzo Acunzo,
Alexandre Bueno, Bruna Fava, Daniella de Romero Pecora,
Jaime Xavier, Marina Ferreira e Nathalia Laia

Ilustrações: Suéllen Silvia Machado

Design: Adilson Casarotti

Licenciamento e multimídia: Leticia Palaria de Castro
Rocha, Danielle Navarro Fernandes e Jessica Clifton Riley

Revisão: Rosângela Muricy, Bianca da Silva Rocha,
Bruno Freitas, Eliana Marília G. Cesar, Ellen Barros de Souza,
Ingrid Lourenço, Sara Santos, Sárvia Martins e
Thiago Marques

Impressão e acabamento: PifferPrint

Crédito de capa: PowerUp/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 consequentes correção e inserção nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos no Art. 28 da Lei 9.610/98.



Poliedro Sistema de Ensino

T. 12 3924-1616

sistemapoliedro.com.br

Sumário

Frente 1

9 **Caráter ácido-básico de substâncias orgânicas**.....5

Caráter ácido-básico dos compostos orgânicos, **6**
Caráter ácido dos compostos orgânicos, **6**
Caráter básico dos compostos orgânicos, **9**
Caráter anfótero dos aminoácidos, **10**
Revisando, **11**
Exercícios propostos, **13**

Textos complementares, **17**
Resumindo, **20**
Quer saber mais?, **22**
Exercícios complementares, **22**
BNCC em foco, **28**

10 **Polímeros**.....29

Introdução, **30**
Classificação dos polímeros, **30**
Polímeros de adição, **30**
Polímeros de condensação, **38**
Revisando, **42**
Exercícios propostos, **45**

Texto complementar, **55**
Resumindo, **58**
Quer saber mais?, **61**
Exercícios complementares, **62**
BNCC em foco, **70**

11 **Bioquímica**.....71

Aminoácidos, **72**
A ligação peptídica, peptídeos e proteínas, **74**
Lipídeos, **78**
Fosfolipídeos, **80**
Carboidratos, **80**
Revisando, **84**

Exercícios propostos, **85**
Textos complementares, **94**
Resumindo, **97**
Quer saber mais?, **100**
Exercícios complementares, **101**
BNCC em foco, **110**

12 **Recursos orgânicos**.....111

Introdução, **112**
Petróleo, **112**
Gás natural, **116**
Carvão mineral, **117**
Xisto betuminoso, **117**
Biocombustíveis, **118**
Revisando, **120**

Exercícios propostos, **121**
Texto complementar, **126**
Resumindo, **126**
Quer saber mais?, **129**
Exercícios complementares, **129**
BNCC em foco, **134**

Frente 2

9 **Radioatividade**.....135

Breve histórico e definição de radioatividade, **136**
Emissões α , β , γ e outras, **137**
Reações nucleares, **138**
Revisando, **144**
Exercícios propostos, **151**

Texto complementar, **161**
Resumindo, **161**
Quer saber mais?, **163**
Exercícios complementares, **163**
BNCC em foco, **172**

10 **Reações inorgânicas**.....173

O que motiva a ocorrência de uma reação química?, **174**
Reações de síntese, adição ou formação, **174**
Reações de análise ou decomposição, **175**
Reações de simples troca ou deslocamento, **175**
Reações de dupla-troca, **179**
Revisando, **180**

Exercícios propostos, **182**
Texto complementar, **194**
Resumindo, **195**
Quer saber mais?, **196**
Exercícios complementares, **197**
BNCC em foco, **212**

Frente 3

7 Eletroquímica.....	213
Introdução, 214	
Pilha de Daniell, 214	
Potenciais, força eletromotriz e espontaneidade, 218	
Tipos de pilha, 221	
Proteções anticorrosão, 226	
Eletrólises, 227	
Eletroquímica quantitativa, 232	
Revisando, 234	
Exercícios propostos, 240	
Texto complementar, 266	
Resumindo, 267	
Quer saber mais?, 269	
Exercícios complementares, 269	
BNCC em foco, 296	
Gabarito.....	297



FRENTE 1

CAPÍTULO

9

Caráter ácido-básico de substâncias orgânicas

O vinagre vendido nos supermercados é uma solução aquosa de ácido acético cuja concentração varia entre 4 e 6%. Ele é o produto de uma fermentação alcoólica seguida de uma fermentação acética. Na fermentação alcoólica, as leveduras transformam o açúcar presente no suco de frutas, como de maçã e de uva, em etanol. Em seguida, são adicionadas bactérias acéticas a essa solução, e elas convertem o etanol em ácido acético. O envelhecimento do vinagre acontece por meio de numerosas reações de esterificação, que melhoram notavelmente suas propriedades organolépticas (brilho, odor, cor e sabor).

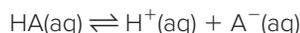
Caráter ácido-básico dos compostos orgânicos

Como os compostos inorgânicos, os compostos orgânicos têm caráter ácido ou básico. Algumas funções orgânicas, como os ácidos carboxílicos e os fenóis, apresentam caráter ácido mais acentuado; já as aminas apresentam um caráter básico mais acentuado.

Caráter ácido dos compostos orgânicos

A maior parte dos ácidos orgânicos é classificada como ácidos fracos. Dessa forma, quando colocados em solução aquosa, sempre se estabelece um equilíbrio químico.

Para um ácido fraco genérico, HA, teremos o seguinte equilíbrio:



Portanto, a constante de ionização para esse ácido é dada por:

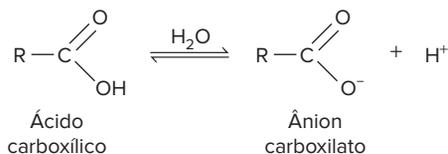
$$K_a = \frac{[\text{H}^+(\text{aq})] \cdot [\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{HA(aq)}]}$$

Quanto mais um ácido ioniza, maior a concentração de íons (H^+ e A^-) e menor a concentração de ácido não ionizado (HA) no sistema, ou seja, quanto maior o valor de K_a , maior a força do ácido.

Ácidos carboxílicos

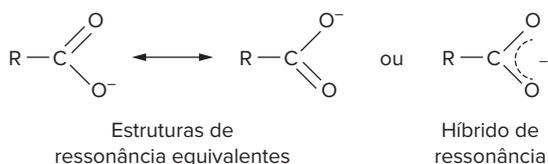
Essas substâncias são classificadas como ácidas, pois são compostos moleculares que, em solução aquosa, sofrem ionização, originando íons H^+ .

A ionização ocorre na ligação O–H da hidroxila, levando à formação de um cátion H^+ e de um ânion carboxilato, conforme representado a seguir.



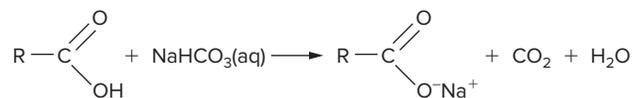
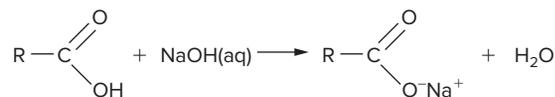
Ionização de um ácido carboxílico.

O ânion carboxilato formado apresenta duas estruturas de ressonância equivalentes. A estabilidade adquirida em função da ressonância justifica a acidez dos ácidos carboxílicos.



Ressonância do ânion carboxilato.

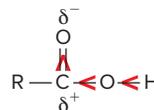
Ácidos carboxílicos reagem com soluções aquosas de bases fortes, como o hidróxido de sódio (NaOH), e com soluções aquosas de bicarbonato de sódio, formando sais de ácido carboxílico.



Reação do ácido carboxílico com NaOH e com NaHCO_3 .

Como os ácidos carboxílicos ionizam-se parcialmente em solução aquosa, são considerados ácidos fracos. Normalmente, seus valores de K_a apresentam-se entre 10^{-4} e 10^{-5} , e, apesar de serem considerados fracos, são mais fortes que os outros compostos orgânicos que também apresentam a ligação O–H da hidroxila, como os álcoois, cujos valores de K_a estão entre 10^{-16} e 10^{-18} , e os fenóis, cujos valores de K_a são de aproximadamente 10^{-10} .

Um fator determinante para a maior força dos ácidos carboxílicos é o **efeito indutivo retirador de elétrons** do grupo carbonila, que induz maior polarização da ligação O–H.



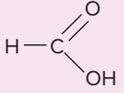
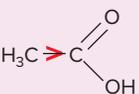
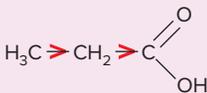
Quanto mais polar a ligação O–H, mais facilmente há quebra formando H^+ , portanto, quanto mais polar a ligação O–H, mais forte é o ácido.

Força dos ácidos carboxílicos

A constante de ionização (K_a) dos ácidos carboxílicos pode variar em função dos substituintes ligados na carboxila. Dependendo do comportamento que o substituinte tem em relação ao efeito indutivo, a força de um ácido carboxílico pode aumentar ou diminuir.

O aumento da cadeia carbônica, por exemplo, diminui a força do ácido, porque ela atua com um grupo **elétrondoador**, fornecendo densidade eletrônica para a carboxila e diminuindo a polarização da ligação O–H. Dessa forma, o grau de ionização do ácido diminui.

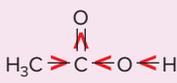
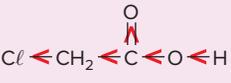
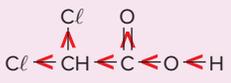
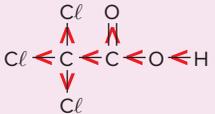
Assim, quanto maior o número de carbonos na cadeia, maior o efeito doador e, conseqüentemente, menor a força do ácido. Esse efeito pode ser observado na tabela a seguir, em que são apresentados os valores de K_a de alguns ácidos carboxílicos:

Ácido	K_a
 Ácido fórmico	$1,78 \cdot 10^{-4}$
 Ácido acético	$1,76 \cdot 10^{-5}$
 Ácido propanoico	$1,35 \cdot 10^{-5}$

Efeito doador de elétrons da cadeia carbônica.

Se ao grupo carboxila estiver ligado um grupo mais eletronegativo, a força do ácido aumenta. Isso acontece porque um grupo mais eletronegativo atua como um grupo **elétron-atraente**, que, com o efeito indutivo da carbonila, aumenta a polaridade da ligação O–H. Quanto maior for esse efeito indutivo retirador de elétrons, mais forte será o ácido.

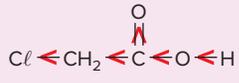
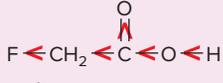
Observe, na tabela a seguir, que, quanto mais grupos retiradores de elétrons, como o cloro, estiverem presentes, mais forte será o ácido.

Ácido	K_a
 Ácido acético	$1,76 \cdot 10^{-5}$
 Ácido cloroacético	$1,41 \cdot 10^{-3}$
 Ácido dicloroacético	$3,3 \cdot 10^{-2}$
 Ácido tricloroacético	$2,3 \cdot 10^{-1}$

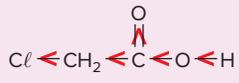
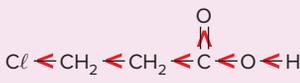
Efeito elétron-atraente do cloro.

! Atenção

Quanto mais eletronegativo for o grupo ligado à cadeia carbônica, mais forte será o ácido. Observe, no exemplo a seguir, que o valor de K_a do ácido fluoracético é maior que o do ácido cloroacético, em razão do maior efeito retirador de elétrons do flúor em comparação com o cloro.

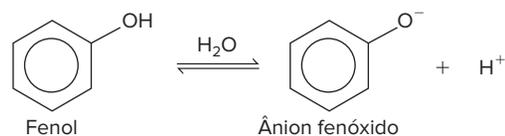
Ácido	K_a
 Ácido cloroacético	$1,41 \cdot 10^{-3}$
 Ácido fluoracético	$2,6 \cdot 10^{-3}$

O efeito indutivo retirador de elétrons de um grupo diminui à medida que ele se encontra mais afastado da carboxila. Observe, no exemplo a seguir, que o valor de K_a do ácido cloroacético é maior que o do ácido 2-cloropropanoico.

Ácido	K_a
 Ácido cloroacético	$1,41 \cdot 10^{-3}$
 Ácido 2-cloropropanoico	$8,9 \cdot 10^{-5}$

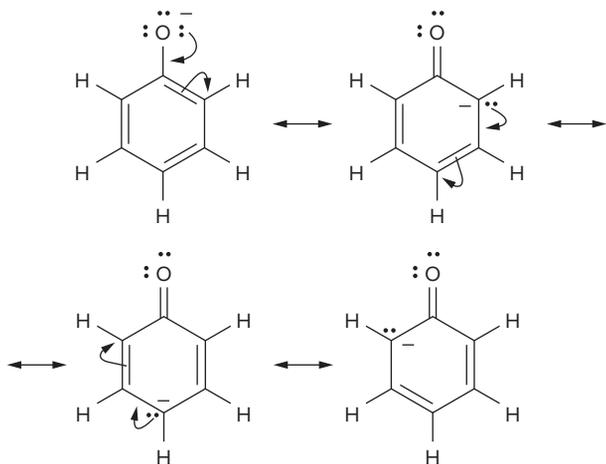
Fenóis

Os fenóis têm caráter ácido e sofrem ionização parcial em solução aquosa. Assim como nos ácidos carboxílicos, a ionização ocorre na ligação O–H da hidroxila, levando à formação de um cátion H^+ e de um ânion fenóxido, conforme representado a seguir.



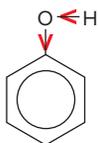
Ionização de um fenol.

A principal propriedade que diferencia os fenóis dos álcoois é a acidez. O ânion fenóxido formado é estabilizado por ressonância. Essa estabilidade é um dos fatores que justifica a maior acidez dos fenóis quando comparados aos álcoois.

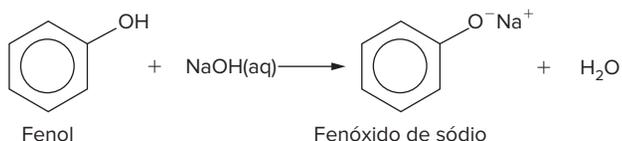


Ressonância do ânion fenóxido.

O outro fator que justifica a maior acidez dos fenóis em relação aos álcoois é a maior polarização da ligação O–H, devido ao efeito indutivo retirador de elétrons do sistema aromático. Esse efeito é causado pelo fato de todos os carbonos do sistema aromático serem sp^2 , mais eletronegativos que o carbono sp^3 presente nos álcoois. Carbonos sp^2 atraem mais intensamente o par de elétrons da ligação O–H.



Os fenóis reagem com bases fortes, como o NaOH e KOH, formando sais chamados fenóxidos.



Reação do fenol com hidróxido de sódio.

Os fenóis são ácidos mais fracos que os ácidos carboxílicos, e, dessa forma, não reagem com bases fracas ou com o NaHCO_3 .

Força dos fenóis

A presença de grupos substituintes no anel aromático também afeta a força dos fenóis. Grupos doadores de elétrons, como os grupos alquila (metil, etil etc.), diminuem a força dos fenóis; já a presença de grupos mais eletronegativos aumenta, pois estes atuam como retiradores de elétrons. Observe, na tabela a seguir, que o fenol é mais ácido que o *o*-metilfenol; isso se deve à influência doadora de elétrons do grupo metila. É possível observar o efeito dos grupos retiradores de elétrons quando observamos as moléculas de *o*-bromofenol e *o*-clorofenol. Como o cloro é mais eletronegativo que o bromo, a molécula de *o*-clorofenol é mais ácida que a de *o*-bromofenol.

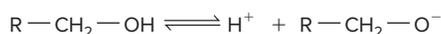
Fenóis	K_a
	$6,7 \cdot 10^{-11}$
	$1,1 \cdot 10^{-10}$
	$5,6 \cdot 10^{-10}$
	$6,3 \cdot 10^{-9}$
	$6,9 \cdot 10^{-8}$

Valores de K_a de alguns fenóis.

! Atenção

Os álcoois, com raras exceções, não possuem caráter ácido. O valor de K_a dos álcoois fica entre 10^{-16} e 10^{-18} , e é sempre menor que o valor de K_a da água ($1,8 \cdot 10^{-16}$), de forma que, em uma solução aquosa, o pH continuaria praticamente 7,0.

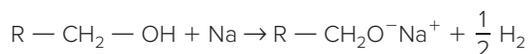
Esse comportamento é justificado por dois fatores: primeiro, porque o ânion alcóxido formado na ionização de um álcool não apresenta ressonância, portanto não adquire a mesma estabilidade que os ânions fenóxido e carboxilato.



Segundo, nos álcoois, o grupo R tem efeito doador de elétrons, diminuindo a polarização da ligação O–H.



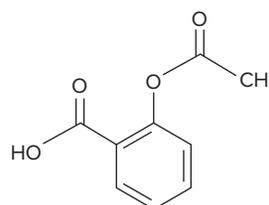
No entanto, como os álcoois, em reações com o sódio metálico (Na), por exemplo, funcionam como ácidos de Brønsted-Lowry, pode-se dizer que são ácidos muito fracos. Mais fracos inclusive que a própria água.



Reação de um álcool com sódio metálico.

Exercício resolvido

- Muitos medicamentos analgésicos contêm, em sua formulação, o ácido acetilsalicílico, considerado um ácido fraco.

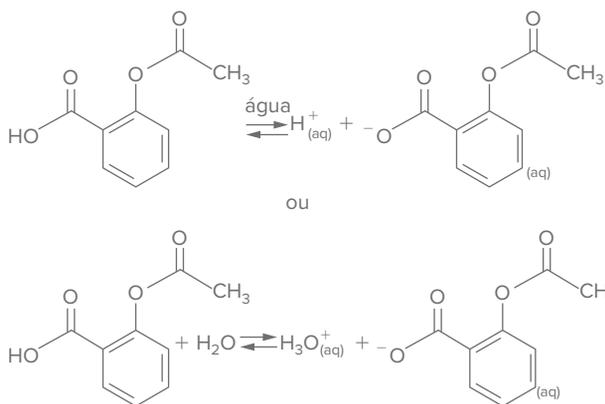


Ácido acetilsalicílico

- a) Escreva a equação química que representa a ionização do ácido acetilsalicílico em meio aquoso, utilizando fórmulas estruturais.
- b) Escreva a expressão da constante de equilíbrio para a ionização do ácido acetilsalicílico. Para isso, utilize o símbolo AA para a forma não ionizada e o símbolo AA⁻ para a forma ionizada.

Resolução:

- a) Equação química que representa a ionização do ácido acetilsalicílico em meio aquoso, utilizando fórmulas estruturais:

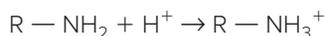


- b) Expressão da constante de equilíbrio para a ionização do ácido acetilsalicílico, utilizando o símbolo AA para a forma não ionizada e o símbolo AA⁻ para a forma ionizada.

$$K_{\text{equilíbrio}} = \frac{[\text{H}^+][\text{AA}^-]}{[\text{AA}]} \quad \text{ou} \quad K_{\text{equilíbrio}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{AA}^-]}{[\text{AA}]}$$

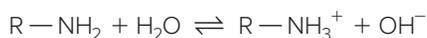
Caráter básico dos compostos orgânicos

As aminas, assim como a amônia (NH₃), têm caráter básico. Esses compostos apresentam um par de elétrons livres (não ligantes) que pode se ligar a um cátion H⁺, conforme representado a seguir.



Reação de uma amina com um cátion H⁺.

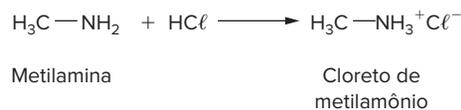
As aminas são bases mais fortes que a água e mais fracas que o ânion OH⁻. Uma forma de se comparar a basicidade das aminas é por meio do equilíbrio químico de ionização da base em água (K_b). Quanto maior o valor de K_b, maior será a força da base.



$$K_b = \frac{[\text{R}-\text{NH}_3^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{R}-\text{NH}_2]}$$

Equilíbrio de ionização da água com uma amina.

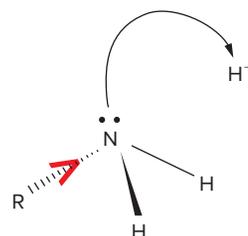
As aminas reagem com ácidos, formando sais de amônio.



Reação de uma amina com o HCl.

Força das aminas

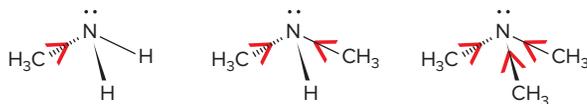
Aminas alifáticas apresentam valores de K_b maiores que o da amônia (1,75 · 10⁻⁵). Esse fato pode ser explicado pelo efeito doador de elétrons dos grupos alquila que estabiliza o nitrogênio, aumentando a disponibilidade do par de elétrons livres para ligação com um cátion H⁺.



Efeito doador de elétrons de um grupo alquila.

Conforme aumenta o número de grupos alquilas ligados ao nitrogênio, o valor de K_b tende a aumentar. Isso ocorre porque há mais grupos alquilas fornecendo elétrons para o nitrogênio, que disponibiliza mais ainda o par de elétrons para uma ligação com o H⁺.

Exceção à regra é o caso das aminas terciárias. O impedimento espacial (efeito estérico) causado pelos três grupos alquilas no nitrogênio dificulta o acesso do cátion H⁺ ao par eletrônico livre no nitrogênio, de forma que a basicidade das aminas terciárias é menor que a das aminas secundárias.



Efeito doador de elétrons dos grupos substituintes em aminas primárias, secundárias e terciárias.

Observe, na tabela a seguir, o valor de K_b de algumas aminas primárias, secundárias e terciárias.

Nome	Fórmula	K _b
Metilamina	CH ₃ NH ₂	4,5 · 10 ⁻⁴
Dimetilamina	(CH ₃) ₂ NH	1,0 · 10 ⁻³
Trimetilamina	(CH ₃) ₃ N	6,0 · 10 ⁻⁵

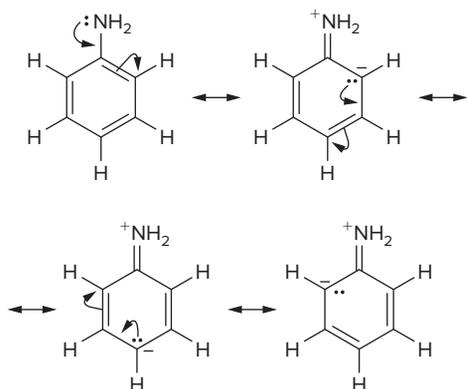
Valores de K_b de algumas aminas primárias, secundárias e terciárias.

Dessa forma, podemos estabelecer como regra geral para força básica das aminas alifáticas o seguinte:



No caso das aminas aromáticas, o efeito indutivo do grupo arila é retirador de elétrons, o que diminui consideravelmente seu valor de K_b , que fica em torno de 10^{-10} .

Nas aminas aromáticas, o par de elétrons livres do nitrogênio passa a participar da ressonância do sistema aromático e, dessa forma, fica menos disponível para ligação com o cátion H^+ .



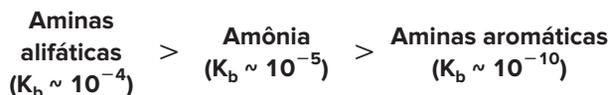
Estruturas de ressonância de uma amina aromática.

Grupos substituintes no anel aromático também afetam a força das aminas aromáticas. Observe, na tabela a seguir, que grupos mais eletronegativos atuam como retiradores de elétrons, diminuindo a força das bases, e grupos alquila atuam como doadores de elétrons, aumentando a força das bases.

Aminas aromáticas	K_b
	$1,2 \cdot 10^{-9}$
	$4,2 \cdot 10^{-10}$
	$1,0 \cdot 10^{-10}$
	$1,0 \cdot 10^{-13}$

Efeito indutivo dos grupos substituintes nas aminas aromáticas.

Dessa forma, podemos estabelecer como regra geral para força básica das aminas o seguinte:

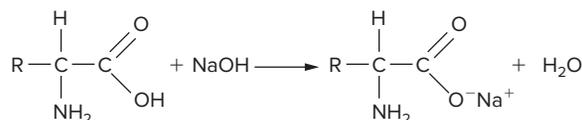
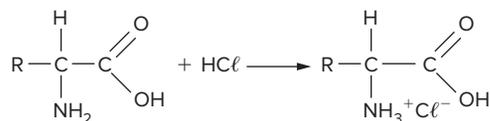


Caráter anfótero dos aminoácidos

Aminoácidos são compostos orgânicos que apresentam pelo menos um grupo da função amina e um grupo da função ácido carboxílico na mesma molécula.

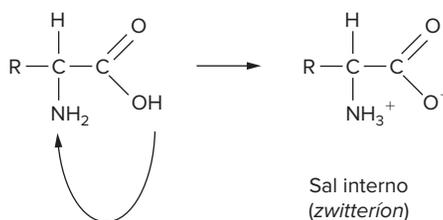
Esses compostos apresentam caráter anfótero, ou seja, podem se comportar como ácidos ou como bases, pois o grupo amino ($-NH_2$) apresenta caráter básico, e o grupo carboxila ($-COOH$), caráter ácido.

Ao colocarmos um aminoácido em contato com uma base, ele atua como um ácido; se o colocarmos em contato com um ácido, ele atua como uma base. Observe a figura a seguir, que ilustra as reações de um aminoácido com uma base e com um ácido.



Reações de neutralização de um aminoácido.

No estado sólido e seco, os aminoácidos existem na forma de íons dipolares, denominados *zwitterion*, em que o grupo carboxila está na forma de ânion carboxilato, e o grupo amino, na forma de cátion amônio, em razão de uma reação de neutralização interna, conforme a figura a seguir.

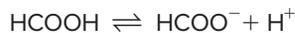


Reação de neutralização interna de um aminoácido.

Revisando

1. Escreva a equação de ionização dos seguintes compostos:
 a) ácido etanoico b) benzenol

2. Uma solução aquosa de ácido fórmico apresenta o seguinte equilíbrio:

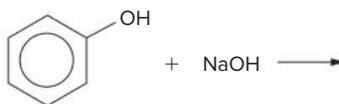


A expressão correta do K_a do ácido fórmico é:

3. Complete a equação de neutralização a seguir.



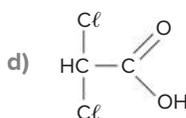
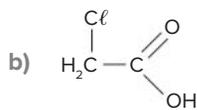
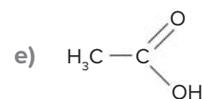
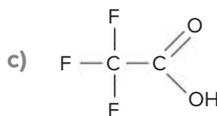
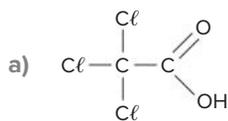
4. Complete a equação de neutralização a seguir.



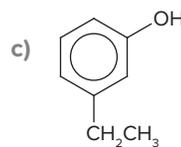
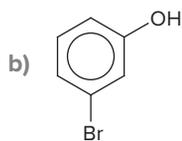
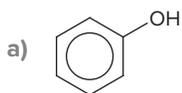
5. Fatos experimentais mostram que a força de um ácido aumenta com:

- a diminuição de sua cadeia carbônica;
- a substituição de um átomo de hidrogênio por um átomo de halogênio;
- o aumento da eletronegatividade do halogênio;
- a proximidade do átomo do halogênio em relação à carboxila;
- o aumento do número de hidrogênios substituídos.

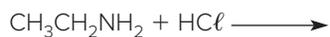
Usando as informações do enunciado, coloque os ácidos listados a seguir na ordem crescente de suas forças.



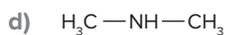
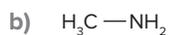
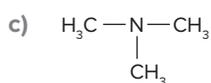
6. Coloque os seguintes fenóis em ordem crescente de força.



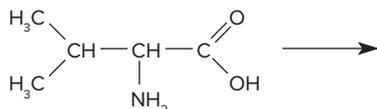
7. Complete a equação de neutralização a seguir.



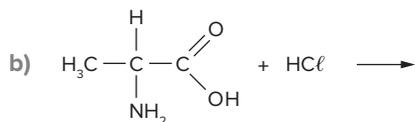
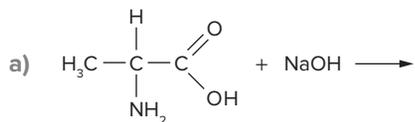
8. Organize os seguintes compostos em ordem crescente de força básica.



9. Escreva a fórmula estrutural do aminoácido a seguir, na sua forma íon dipolar.



10. Complete as equações de neutralização a seguir.



Exercícios propostos

1. **UFRGS** Na tabela a seguir, são apresentados os pontos de fusão, os pontos de ebulição e as constantes de ionização de alguns ácidos carboxílicos.

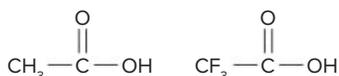
Ácido	P.F. (°C)	P.E. (°C)	K_a (25 °C)
HCOOH	8,4	100,6	$1,77 \cdot 10^{-4}$
CH ₃ COOH	16,7	118,2	$1,75 \cdot 10^{-5}$
CH ₃ CH ₂ COOH	-20,8	141,8	$1,34 \cdot 10^{-5}$

A respeito dessa tabela, são feitas as seguintes afirmações.

- I. O ácido propanoico é um sólido à temperatura ambiente.
- II. O ácido acético é mais forte que o ácido fórmico.
- III. O ácido metanoico apresenta menor ponto de ebulição devido à sua menor massa molecular.

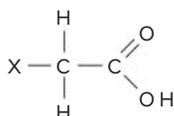
Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
 - b) Apenas II.
 - c) Apenas III.
 - d) Apenas I e III.
 - e) Apenas II e III.
2. **UFPE** Ácido acético e ácido trifluoroacético apresentam as seguintes fórmulas estruturais:



Ambos os ácidos carboxílicos são solúveis em água. Sobre esses compostos, podemos afirmar:

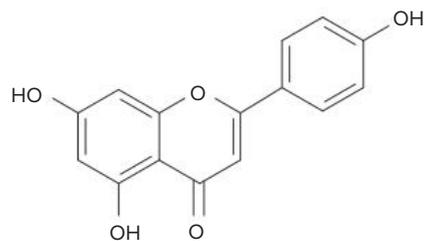
- os dois ácidos liberam íons em solução aquosa.
 - o grau de dissociação iônica do ácido acético é 100%.
 - o ácido acético é mais forte que o ácido trifluoroacético.
 - o grupo CF₃ influencia na acidez do grupo carboxílico.
 - o ácido trifluoroacético tem massa molar superior ao ácido acético.
3. **Uerj** Os ácidos orgânicos, comparados aos inorgânicos, são bem mais fracos. No entanto, a presença de um grupo substituinte, ligado ao átomo de carbono, provoca um efeito sobre a acidez da substância, devido a uma maior ou menor ionização. Considere uma substância representada pela estrutura a seguir.



Essa substância estará mais ionizada em um solvente apropriado quando X representar o seguinte grupo substituinte:

- a) H
- b) I
- c) F
- d) CH₃

4. **UFSM 2012** Considere a estrutura molecular da apigenina:

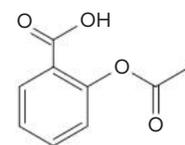


Apigenina

A apigenina é um ácido de _____, pois possui grupos funcionais _____, doadores de _____.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) Lewis – hidroxilas – elétrons
 - b) Lewis – fenóis – hidrogênios
 - c) Brønsted-Lowry – fenóis – prótons
 - d) Brønsted-Lowry – hidroxilas – elétrons
 - e) Brønsted-Lowry e Lewis – fenóis – prótons
5. **Enem 2021** Um técnico analisou um lote de analgésicos que supostamente estava fora das especificações. A composição prevista era 100 mg de ácido acetilsalicílico por comprimido (princípio ativo, cuja estrutura está apresentada na figura), além do amido e da celulose (componentes inertes). O técnico realizou os seguintes testes:
1. obtenção da massa do comprimido;
 2. medição da densidade do comprimido;
 3. verificação do pH com papel indicador;
 4. determinação da temperatura de fusão do comprimido;
 5. titulação com solução aquosa de NaOH.
- Após a realização dos testes, o lote do medicamento foi reprovado porque a quantidade de ácido acetilsalicílico por comprimido foi de apenas 40% da esperada.

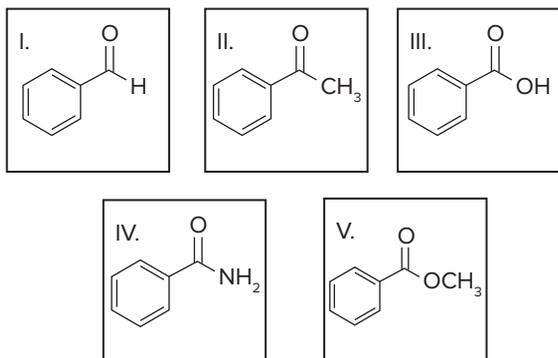


Ácido acetilsalicílico

O teste que permitiu reprovar o lote de analgésicos foi o de número

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

6. **Unioeste-PR 2020** O grupo funcional no qual os átomos de carbono e oxigênio formam uma ligação dupla (C=O) é denominado carbonila. Esse grupo está presente nas estruturas de diversos tipos de substâncias, denominadas substâncias carboniladas ou compostos carbonilados. Observe as estruturas dos compostos carbonilados a seguir e indique qual deles apresenta o maior caráter ácido em meio aquoso.



- I.
- II.
- III.
- IV.
- V.

7. **UPF-RS 2016** Sobre os compostos A, B e C são fornecidas as seguintes afirmações.

A = CH_3COOH

B = ClCH_2COOH

C = Cl_2CHCOOH

- O composto A tem maior caráter ácido do que o composto B, ou seja, A é um ácido mais forte do que B.
- O valor de K_a (constante de equilíbrio do ácido ou constante de ionização), em meio aquoso, a 25 °C, é maior no composto C do que no composto A.
- Todos esses compostos, ao reagirem com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, produzem os carboxilatos correspondentes.
- Todos esses compostos apresentam, em meio aquoso, a 25 °C, o mesmo valor de K_a , porque todos são da mesma função orgânica.

Está **correto** apenas o que se afirma em:

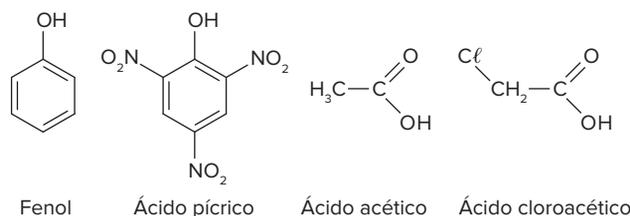
- I.
- II.
- II e III.
- III e IV.
- I e IV.

8. **Uerj** O ácido etanoico e o ácido tricloroetanoico são empregados como agentes cicatrizantes por proporcionarem a precipitação de proteínas. Os valores da constante de ionização em água desses compostos, a 25 °C, são $1,7 \cdot 10^{-5}$ para o ácido etanoico e $2,3 \cdot 10^{-1}$ para o ácido tricloroetanoico.

A alternativa que representa o fator determinante da maior acidez do ácido tricloroetanoico é:

- massa molecular mais elevada.
- presença de um carbono assimétrico.
- ligação carbono-hidroxila mais fraca.
- efeito elétron-atraente dos átomos de cloro.

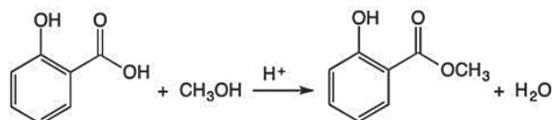
9. **UFPA 2012** O caráter ácido na Química Orgânica está relacionado aos efeitos indutivos do tipo elétron-doador (positivo), elétron-receptor (negativo) e ressonância eletrônica. Nesse sentido, observe as estruturas dos compostos ilustrados a seguir:



Analisando essas estruturas, julgue os itens a seguir:

- Os grupos NO_2 , no ácido pírico, têm efeito elétron-doador.
- O ácido pírico tem caráter ácido maior que o fenol.
- O grupo metila, no ácido acético, tem efeito elétron-doador.
- O ácido cloroacético tem caráter ácido maior que o ácido acético.
- O Cl, no ácido cloroacético, tem efeito elétron-receptor.

10. **UFRGS 2015** Salicilato de metila é usado em medicamentos para uso tópico, em caso de dores musculares. Ele é obtido industrialmente via reação de esterificação do ácido salicílico com metanol, conforme mostrado abaixo.



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do segmento abaixo, na ordem em que aparecem. Em relação ao ácido salicílico, o salicilato de metila apresenta _____ ponto de ebulição e _____ acidez.

- menor – menor
- menor – maior
- igual – menor
- maior – maior
- maior – igual

11. **UFSM-RS** Relacione as substâncias da coluna A com os valores de K_a na coluna B.

Coluna A	Coluna B
1. Ácido 4-nitrobenzoico	(A) $1,3 \cdot 10^{-10}$
2. Ácido benzoico	(B) $6,5 \cdot 10^{-11}$
3. 4-nitrotolueno	(C) $6,3 \cdot 10^{-5}$
4. Fenol	(D) $3,8 \cdot 10^{-4}$
5. 4-metilfenol	
6. 4-metiltolueno	

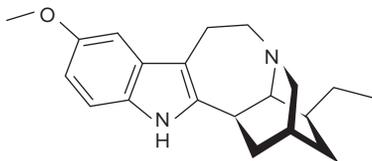
A relação **correta** é:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| a) 1D, 2C, 4A, 5B. | d) 1C, 2D, 3A, 6B. |
| b) 2B, 1A, 3C, 6D. | e) 2B, 1D, 4C, 3A. |
| c) 4A, 6B, 1C, 5D. | |

12. **UFU-MG 2016** A iboga é uma misteriosa raiz africana à qual se atribuem fortes propriedades terapêuticas. Trata-se de uma raiz subterrânea que chega a atingir 1,50 m de altura, pertencente ao gênero *Tabernanthe*, composto por várias espécies. A que tem mais interessado a medicina ocidental é a *Tabernanthe iboga*, encontrada sobretudo na região dos Camarões, Gabão, República Central Africana, Congo, República Democrática do Congo, Angola e Guiné Equatorial.

Disponível em: <<http://www.jornalgrandebahia.com.br/2013/10/tratamento-de-toxicodependencia-a-ibogaína.html>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

A ibogaína é extraída dessa raiz e tem fórmula estrutural



A partir da análise de sua estrutura, verifica-se que a ibogaína possui fórmula molecular

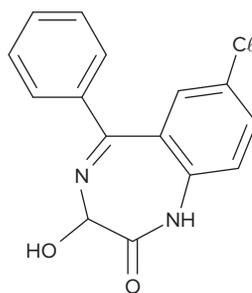
- $C_{19}H_{24}N_2O$ e possui caráter básico.
- $C_{19}H_{23}N_2O$ e possui caráter ácido.
- $C_{20}H_{26}N_2O$ e possui caráter alcalino.
- $C_{20}H_{24}N_2O$ e possui caráter adstringente.

13. **FICSAE-SP 2017** A metilamina e a etilamina são duas substâncias gasosas à temperatura ambiente que apresentam forte odor, geralmente caracterizado como de peixe podre. Uma empresa pretende evitar a dispersão desses gases e para isso adaptou um sistema de borbulhamento do gás residual do processamento de carne de peixe em uma solução aquosa. Um soluto adequado para neutralizar o odor da metilamina e etilamina é

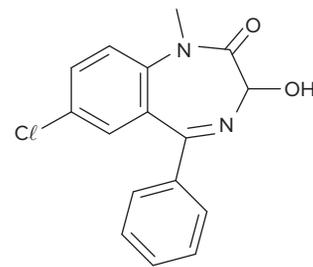
- | | |
|-------------------------|------------------------|
| a) amônia. | c) hidróxido de sódio. |
| b) nitrato de potássio. | d) ácido sulfúrico. |

14. **Acafe-SC 2016** No jornal *Folha de S.Paulo*, de 17 de fevereiro de 2015, foi publicada uma reportagem sobre o lutador de MMA, Anderson Silva, pego no exame *antidoping*,

“[...] O exame *antidoping* realizado no dia do duelo apontou a utilização de medicamentos utilizados no combate à ansiedade e insônia (oxazepam e temazepam) [...]”.



Oxazepam



Temazepam

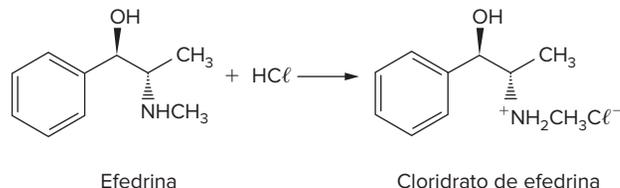
Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos, analise as afirmações a seguir.

- O oxazepam e o temazepam são constituídos pelos mesmos elementos químicos.
- A fórmula molecular do temazepam é $C_{16}H_{13}ClN_2O_2$.
- Segundo a teoria ácido-base de Brønsted-Lowry, a molécula de oxazepam, assim como a de temazepam, pode atuar como base.
- Analisando a fórmula molecular de ambas as moléculas, o temazepam possui um átomo de carbono e dois átomos de hidrogênio a mais que o oxazepam.

Assinale a alternativa **correta**.

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

15. **Enem 2015** Sais de amônio são sólidos iônicos com alto ponto de fusão, muito mais solúveis em água que as aminas originais e ligeiramente solúveis em solventes orgânicos apolares, sendo compostos convenientes para serem usados em xaropes e medicamentos injetáveis. Um exemplo é a efedrina, que funde a $79\text{ }^\circ\text{C}$, tem um odor desagradável e oxida na presença do ar atmosférico formando produtos indesejáveis. O cloridrato de efedrina funde a $217\text{ }^\circ\text{C}$, não se oxida e é inodoro, sendo o ideal para compor os medicamentos.



Efedrina

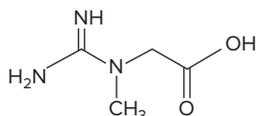
Cloridrato de efedrina

SOUTO, C. R. O.; DUARTE, H.C. *Química da vida: aminas*. Natal: EDUFRN, 2006.

De acordo com o texto, que propriedade química das aminas possibilita a formação de sais de amônio estáveis, facilitando a manipulação de princípios ativos?

- | | |
|------------------|-------------------|
| a) Acidez. | d) Volatilidade. |
| b) Basicidade. | e) Aromaticidade. |
| c) Solubilidade. | |

16. Mackenzie-SP 2015



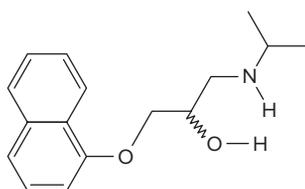
A creatina é um composto orgânico produzido pelo corpo dos vertebrados e é utilizada no interior das células musculares esqueléticas como fonte de energia. Ela é degradada em fosfocreatina e posteriormente em creatinina, após a realização de exercícios físicos. O seu nível é equilibrado pelos rins, assim a dosagem sorológica de creatinina visa medir a função renal de um indivíduo. De acordo com a fórmula estrutural da creatina, representada anteriormente, são realizadas as seguintes afirmações:

- I. Possui em sua estrutura ácido e base, segundo a teoria de Brønsted-Lowry.
- II. Apresenta os grupos funcionais amina primária, secundária e ácido carboxílico.
- III. Possui dois carbonos que apresentam geometria trigonal plana.

Está **correto** o que se afirma em:

- a) I e II, apenas.
- b) I e III, apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) I, II e III.
- e) II, apenas.

17. Enem PPL 2020 O propranolol é um fármaco pouco solúvel em água utilizado no tratamento de algumas doenças cardiovasculares. Quando essa substância é tratada com uma quantidade estequiométrica de um ácido de Brønsted-Lowry, o grupamento de maior basicidade reage com o próton levando à formação de um derivado solúvel em água.



Propranolol

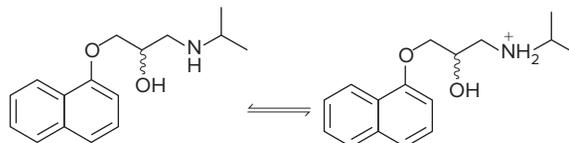
GONSALVES, A. A. *et al.* Contextualizando reações ácido-base de acordo com a teoria protônica de Brønsted-Lowry usando comprimidos de propranolol e nimesulida. Química Nova, n. 8, 2013 (adaptado).

O ácido de Brønsted-Lowry reage com

- a) a hidroxila alcoólica.
- b) os anéis aromáticos.
- c) as metilas terminais.
- d) o grupamento amina.
- e) o oxigênio do grupamento éter.

18. FMP-RJ 2014 O propranolol é um fármaco inibidor da ação da noradrenalina em receptores β -adrenérgicos, e, por isso, tem uma ação de diminuir a pressão

arterial. Quimicamente, é semelhante à própria noradrenalina e caracteriza-se por ter uma fração ionizada em solução aquosa, conforme a figura a seguir.



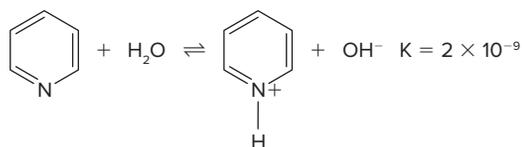
Nesse contexto, considere as afirmativas a seguir.

- I. Para Lewis, uma base caracteriza-se por ser capaz de receber um par de elétrons.
- II. Segundo a definição de base por Brønsted-Lowry, o propranolol comporta-se como base por receber um H^+ .
- III. No conceito de Arrhenius, um ácido é aquela substância que libera íons H^+ em solução aquosa.

É **correto** apenas o que se afirma em:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e II
- e) II e III

19. FCMSCSP 2021 A piridina (C_5H_5N) é uma substância empregada na síntese de fármacos. Sua interação com a água ocorre de acordo com o equilíbrio representado na equação:



A concentração de íons OH^- e o pH de uma solução aquosa de piridina $5 \cdot 10^{-2}$ mol/L são

- a) $1 \cdot 10^{-10}$ mol/L e 9.
- b) $1 \cdot 10^{-5}$ mol/L e 9.
- c) $1 \cdot 10^{-5}$ mol/L e 2.
- d) $1 \cdot 10^{-5}$ mol/L e 5.
- e) $1 \cdot 10^{-10}$ mol/L e 5.

20. UFPE Analisando a tabela a seguir, com valores de constantes de basicidade K_b , a $25^\circ C$ para diversas bases, podemos afirmar que:

Base	K_b
Dimetilamina, $(CH_3)_2NH$	$5,4 \cdot 10^{-4}$
Amônia, NH_3	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Hidróxido de zinco, $Zn(OH)_2$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Piridina, C_5H_5N	$1,8 \cdot 10^{-9}$
Anilina, $C_6H_5NH_2$	$4,3 \cdot 10^{-10}$

- a) a amônia é uma base mais fraca que o hidróxido de zinco.
- b) a anilina é a base mais forte.
- c) a piridina e a amônia têm a mesma força básica.
- d) a dimetilamina é a base mais forte.
- e) a anilina é mais básica que a piridina.

Ácidos alimentícios

Amplamente utilizados na indústria, os ácidos alimentícios são substâncias que aumentam a acidez dos gêneros alimentícios e/ou lhes conferem um sabor ácido.



Ácidos alimentícios e/ou acidulantes

Utilizados em tecnologia alimentar *in natura* ou obtidos a partir de processos de fermentação ou por síntese, os ácidos alimentícios, mais conhecidos como agentes acidulantes, possuem perfis gustativos muito diferentes. O ácido cítrico, por exemplo, apresenta gosto de limão, enquanto o ácido acético possui o sabor familiar do vinagre. O ácido tartárico possui sabor muito acentuado, embora sua percepção seja muito breve. Já o ácido málico também possui sabor muito pronunciado, porém aparece mais lentamente do que o ácido cítrico. O ácido láctico apresenta gosto relativamente suave e duradouro.

Esses acidulantes apresentam também solubilidades distintas. Quando utilizados junto com um agente de fermentação, para produzir dióxido de carbono, é preferível usar um ácido de baixa solubilidade, como o ácido fumárico, por exemplo, ou um ácido de liberação lenta, como a glucona-delta lactona, o ácido málico ou o cítrico.

Alguns agentes acidificantes, tais como os ácidos cítrico ou tartárico, são potentes agentes quelantes, capazes de sequestrar todos os íons metálicos que podem interferir e, conseqüentemente, catalisar a oxidação.

A legislação brasileira, como a de outros países, estabelece limites de acidez para determinação de produtos alimentícios. Essa acidez pode ser expressa em ácido tartárico, no caso do suco de uva, em ácido cítrico, no de laranja, em ácido málico, no caso de maçã, e em ácido acético, no caso de vinagre.

A Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999, apresenta as atuais codificações pertinentes aos acidulantes.

A Resolução – CNNPA nº 12, de 1978, trata dos parâmetros de qualidade e identidade de pó para o preparo de alimentos, sendo que no item classificação podem ser encontrados produtos onde são aplicados acidulantes como aditivos. E, a Portaria nº 39, de 13 de janeiro de 1998, apresenta as quantidades de acidulantes permitidas em adoçantes de mesa líquidos.

Principais ácidos e suas aplicações industriais

Entre as principais funções desempenhadas pelos ácidos alimentícios estão a de aromatizante, regulador de pH e agente tamponante, agente de fermentação, entre outras.

Os principais ácidos e seus derivados utilizados na indústria alimentícia são os ácidos acético, cítrico, fumárico, láctico, málico, fosfórico e tartárico. Dois outros produtos de grande interesse para o setor são a glucona-delta lactona e o ácido lactobiónico.

Ácido acético – Tem sua origem na fermentação acética do álcool. Para ocorrer esta reação, necessita-se da presença da bactéria *Acetobacter aceti*, presença de oxigênio e temperatura de 25 °C a 30 °C. Pode ser obtido também através da oxidação de acetaldeído quando para uso comercial. É um ácido carboxílico e apresenta-se na forma de um líquido claro, viscoso, com cheiro picante e solúvel em água. Quando resfriado abaixo de 16,7 °C, sofre solidificação formando cristais brilhantes, incolores e transparentes com aspecto de gelo. Devido a este fato, o ácido acético, quando puro, recebe o nome de ácido acético glacial. É usado amplamente para reduzir o pH dos mais variados produtos, controlar o crescimento microbiano ou como aromatizante.

Ácido cítrico – Amplamente presente na natureza, é derivado das frutas cítricas. Também é presente em muitas outras frutas, vegetais e, inclusive, no leite. Tem um papel vital no metabolismo tanto dos humanos quanto dos animais durante o ciclo de produção de energia a partir

dos alimentos. É comercializado como anidro mono-hidratado e como sal sódico. Na indústria alimentícia é usado como aditivo (acidulante e antioxidante) na fabricação de refrigerantes, sobremesas, conservas de frutas, geleias, doces e vinhos. Também é utilizado na composição de sabores artificiais de refrescos em pó e na preparação de alimentos gelatinosos. Previne a turbidez, auxilia na retenção da carbonatação, potencializa os conservantes, confere sabor “frutal” característico, prolonga a estabilidade da vitamina C, reduz alterações de cor, realça os aromas e tampona o meio. É utilizado em enologia para reequilibrar a acidez dos vinhos com o propósito de estabilizá-los contra uma eventual casca fêrrica (turvação do vinho devido ao elevado teor de ferro no vinho). Sua adição diminui os riscos de cristalizações tartáricas, pois o sal formado é solúvel, ao contrário do bicarbonato de potássio. Já na indústria de bebidas, é o acidulante mais utilizado, sendo extensivamente aplicado em bebidas gaseificadas para dar sabor e propriedades de tamponamento. Sua alta solubilidade também o torna ideal para uso em xarope concentrado. Em bebidas não carbonatadas é usado como agente flavorizante e tampão. Na indústria de conservas, o ácido cítrico de baixo pH é utilizado para reduzir o processamento térmico e na quelação de metais traços, para evitar a oxidação enzimática e a degradação da cor. O uso do ácido cítrico como agente quelante ajuda a preservar a cor natural e impedir a descoloração de cogumelos, feijão e milho em conserva. É também utilizado para realçar o sabor. O ácido cítrico também tem aplicação na indústria de confeitos, de doces e geleias, no processamento de frutas e vegetais e na indústria de frutos do mar.

O ácido cítrico pode ser usado em conjunto com o ácido ascórbico ou utilizado diretamente na formulação de soluções.

Ácido fosfórico – É o único ácido inorgânico na lista dos ácidos usados para fins alimentícios. Existe na natureza principalmente sob a forma de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, como na fosforita; é encontrado também, como o nitrogênio, em todo organismo animal e vegetal. Na indústria alimentícia, é principalmente utilizado nas bebidas do tipo cola, em *root beer* e algumas outras bebidas carbonatadas. Os fosfatos, outras substâncias químicas que provêm do ácido fosfórico, são usados em outras aplicações alimentícias, sendo a mais conhecida os fermentos em pó. Neles, pode-se usar fosfato de monocalcário mono-hidratado, fosfato de monocalcário anidro, pirofosfato ácido de sódio ou, ainda, o sulfato de sódio e alumínio, bem como o ácido tartárico e os tartaratos ácidos. O ácido fosfórico é utilizado durante a manufatura do queijo para diminuir o tempo de processamento e aumentar os níveis de cálcio, especialmente na ricota. É também utilizado em produtos derivados do leite, como na manteiga produzida pela acidificação direta do leite com ácido fosfórico, que tem seu tempo de processamento reduzido e maior tempo de prateleira. Em gorduras e óleos, age com outros aditivos para prevenir a rancidez por oxidação em margarinas de óleos vegetais. O ácido fosfórico ajuda no processo de clarificação do açúcar e é empregado em pequenas quantidades para dar o sabor ácido em molhos de saladas, onde também é utilizado para diminuir a atividade biológica prevenindo a degradação desses molhos. Na indústria de geleias e gelatinas é utilizado especialmente no preparo de geleias firmes e que não perdem água, como as utilizadas para recheio de bolos e pães.

Ácido fumárico – Como a maior parte dos outros ácidos alimentícios, é um ácido orgânico que pode ser encontrado na natureza. Utilizado como acidulante desde 1946, é aplicado, atualmente, na indústria alimentícia principalmente em farinhas e farinhas do tipo pré-misturas, em sucos de frutas, na produção de balas duras e no vinho. Seu uso nesses produtos melhora a qualidade e, em muitos produtos alimentícios, reduz os custos de processamento.

Ácido láctico – Muito antes de se tornar comercialmente disponível, era obtido por fermentação natural de produtos, tais como queijo, iogurte, levedura, preparados à base de carne e vinho. Possui ampla gama de possibilidades de utilização na indústria alimentícia, sendo um ingrediente importante para produção de produtos cárneos curados, leites fermentados, picles e produtos marinados. Também é utilizado em refrescos e refrigerantes.

Ácido málico – Largamente encontrado na natureza, é um ácido orgânico predominante em muitas frutas e bagas; é o principal ácido contido em marmelo, melancia, caqui, ameixa e maçã. Possui sabor ácido limpo, maduro e suave, que perdura. Tem papel essencial no metabolismo dos carboidratos e, conseqüentemente, na produção de energia para o ciclo celular. Apresenta-se sob a forma de um pó branco produzido por hidratação de ácido maleico e fumárico. É utilizado na indústria para mascarar o gosto desagradável da sacarina e como agente tamponante.

Ácido tartárico – Chamado também de ácido 2,3 di-hidroxitbutanodioico, é um ácido dicarboxílico. Tanto ele quanto alguns de seus sais, como o cremor de tártaro (tartarato hidrogenado de potássio) e o sal de Rochelle (tartarato sódico de potássio), são obtidos como subprodutos da fermentação do vinho. O ácido tartárico e seus sais são sólidos incolores facilmente dissolvidos em água. Possui grande importância na indústria alimentícia, podendo ser classificado como agente inativador de metais.

Glucona-delta lactona (GDL)

A glucona-delta lactona e sua forma hidrolisada, o ácido glucônico, têm sido usados há certo tempo pelas indústrias alimentícias. Ambos os compostos estão presentes em produtos naturais, como o mel, a uva, entre outras frutas, e a cerveja.

Por trazer muito pouco gosto ácido, o GDL é muito procurado pelos processadores de frios e carnes. Nessas aplicações, a acidificação é necessária para transformar os nitratos em nitritos e favorecer assim o aparecimento de cor (em reação com a mioglobina do músculo). Ainda é empregada na fabricação de certos queijos especiais, tais como o cottage e o tofu.

Ácido lactobiónico – É obtido por processo patenteado de oxidação da glicose via fermentaria. Sua capacidade acidulante é a mais fraca de todos os ácidos alimentícios e é particularmente interessante por ter um gosto absolutamente neutro. Esse ácido inscreve-se na lista dos aditivos que oferecem melhorias para a saúde: aumenta a absorção mineral ao nível do trato intestinal. Segundo um estudo japonês, uma mistura de ácido lactobiónico e de FeSO_4 suprime todo vestígio de anemia em ferro após seis semanas de tratamento. Também estimula os *Lactobacillus*.

Ácidos alimentícios. *Revista Food Ingredients Brasil*, São Paulo, v. XVIII, n. 37, 2016, p. 29-31.

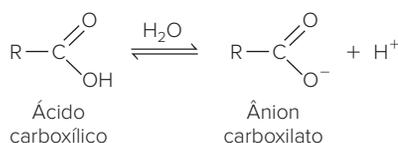
Fórmulas moleculares e estruturais de alguns ácidos orgânicos presentes no cotidiano

Ácido	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Ácido	Fórmula molecular	Fórmula estrutural
Fórmico	CH_2O_2		Úrico	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$	
Oxálico	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$		Furoico	$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3$	
Acético	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$		Pírico	$\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$	
Glicólico	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$		Sórbico	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$	
Propiônico	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$		Cítrico	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	
Lático	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$		Benzoico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	
Maleico	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$		Salicílico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$	
Fumárico	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$		Gálico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$	
Succínico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$		Trans-cinâmico	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$	
Málico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$		Acetilsalicílico	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	
D-Tartárico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$		Mirístico	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
L-Tartárico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$				
Butírico	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$				
Isovalérico	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$				

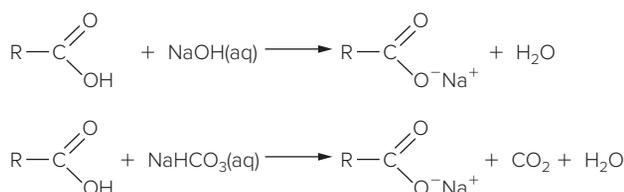
Caráter ácido dos compostos orgânicos

• Ácidos carboxílicos

São considerados ácidos, pois são compostos moleculares que, em solução aquosa, sofrem ionização, originando íons H^+ . A ionização ocorre na ligação O–H da hidroxila, levando à formação de um cátion H^+ e de um ânion carboxilato.

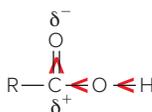


Ácidos carboxílicos reagem com soluções aquosas de bases fortes, como o hidróxido de sódio (NaOH), e com soluções aquosas de bicarbonato de sódio, formando sais de ácido carboxílico.



• Força dos ácidos carboxílicos

Quanto mais polar a ligação O–H, mais facilmente ocorre a quebra formando H^+ , portanto, quanto mais polar a ligação O–H, mais forte é o ácido.

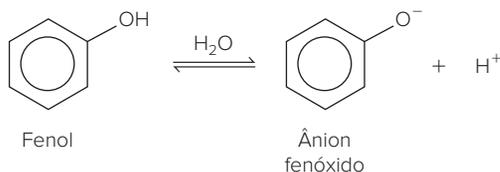


O aumento da cadeia carbônica diminui a força dos ácidos, em razão do efeito doador de elétrons dos carbonos. Grupos mais eletronegativos ligados na cadeia aumentam a força dos ácidos, devido ao efeito retirador de elétrons.

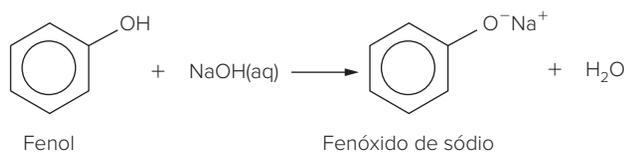
• Fenóis

Os fenóis têm caráter ácido e sofrem ionização parcial em solução aquosa.

Assim como nos ácidos carboxílicos, a ionização ocorre na ligação O–H da hidroxila, levando à formação de um cátion H^+ e de um ânion fenóxido.



Os fenóis reagem com bases fortes, como o NaOH e KOH, formando sais chamados fenóxidos.



Os fenóis são ácidos mais fracos que os ácidos carboxílicos; dessa forma, não reagem com bases fracas ou com o NaHCO_3 .

• Força dos fenóis

A presença de grupos substituintes no anel aromático também afeta a força dos fenóis.

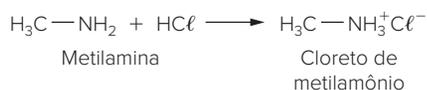
Grupos doadores de elétrons, como os grupos alquilas (metil, etil etc.), diminuem a força dos fenóis; já a presença de grupos mais eletronegativos aumenta, pois estes atuam como retiradores de elétrons.

Caráter básico dos compostos orgânicos

As aminas, assim como a amônia (NH₃), têm caráter básico. Esses compostos apresentam um par de elétrons livres (não ligantes) que pode se ligar a um cátion H⁺.



As aminas são bases mais fortes que a água e mais fracas que o ânion OH⁻.
Aminas reagem com ácidos, formando sais de amônio.



• Força das aminas

As aminas alifáticas são mais fortes que a amônia. Esse fato pode ser explicado pelo efeito indutivo doador de elétrons dos grupos alquilas.

Regra geral para força básica das aminas alifáticas:



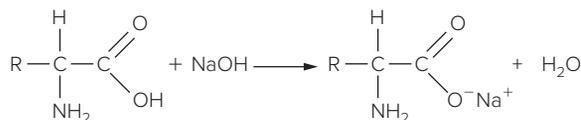
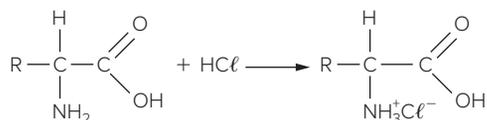
As aminas aromáticas são mais fracas que a amônia, pois o efeito indutivo do grupo arila é retirador de elétrons.
Regra geral para força básica das aminas:



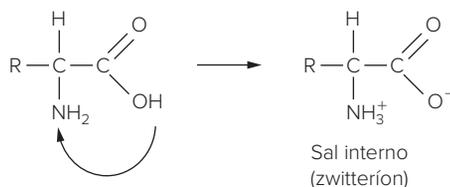
Caráter anfótero dos aminoácidos

Aminoácidos são compostos orgânicos que apresentam pelo menos um grupo da função amina e um grupo da função ácido carboxílico na mesma molécula.

Esses compostos têm caráter anfótero, ou seja, podem se comportar como ácidos ou como bases, pois o grupo amina (-NH₂) apresenta caráter básico, e o grupo carboxila (-COOH), caráter ácido.



No estado sólido e seco, os aminoácidos existem na forma de íons dipolares denominados zwitterion.



Quer saber mais?



Sites

http://www.iq.usp.br/wjbaader/qfl2345/Capitulo_1%273_QFL%202345.pdf.

Artigo sobre conceitos de ácido e base na Química Orgânica e os efeitos dos substituintes nos compostos.

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a04.pdf>.

Artigo sobre o conceito de solução tampão, seu desenvolvimento histórico, contextualização e discussão com relação ao equilíbrio químico.



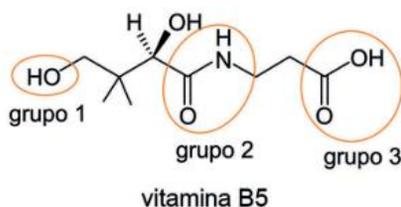
Livro

COSTA, P.; ESTEVES, P.; FERREIRA, V. et al. *Ácidos e bases em Química Orgânica*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Livro sobre o estudo das reações ácido-base na Química Orgânica.

Exercícios complementares

1. **FCMSCSP 2018** A deficiência de vitamina B5 está associada a distúrbios metabólicos e energéticos em seres humanos.



Em relação à afinidade da vitamina B5 com a água e ao caráter ácido que os grupos circunscritos na estrutura conferem ao composto, é correto afirmar que a vitamina B5 é

- a) hidrofílica e o grupo 2 apresenta o maior caráter ácido.
b) hidrofóbica e o grupo 1 apresenta o maior caráter ácido.
c) hidrofílica e o grupo 1 apresenta o maior caráter ácido.
d) hidrofílica e o grupo 3 apresenta o maior caráter ácido.
e) hidrofóbica e o grupo 3 apresenta o maior caráter ácido.
2. **Uern 2015** Entre os principais compostos da função dos ácidos carboxílicos utilizados no cotidiano temos o ácido metanoico, mais conhecido como ácido fórmico, e o ácido etanoico ou ácido acético. O ácido fórmico é assim chamado porque foi obtido pela primeira vez através da destilação de formigas vermelhas. Esse ácido é o principal responsável pela dor intensa e coceira sentida na picada desse inseto. O ácido acético é o principal constituinte do vinagre, que é usado em temperos na cozinha, em limpezas e na preparação de perfumes, corantes, seda artificial e acetona.

Disponível em: www.mundoeducacao.com/quimica/os-acidos-carboxilicos.htm.

Acerca desses dois compostos, é correto afirmar que

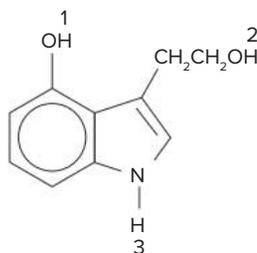
- a) não se dissolvem em água.
b) ambos possuem o mesmo ponto de ebulição.

- c) o ácido acético possui ponto de ebulição menor.
d) o ácido acético é menos ácido que o ácido fórmico.

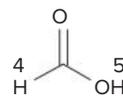
3. **Ufes** Um ácido carboxílico será tanto mais forte, quanto mais estável for sua base conjugada (carboxilato). A base conjugada é normalmente estabilizada pela presença de grupos retiradores de elétrons adjacentes à carbonila, que tendem a reduzir, por efeito indutivo, a densidade de carga sobre o grupo carboxilato. Baseado nessas afirmações, assinale a alternativa que apresenta o ácido mais forte:

- a) CH_3COOH
b) ClCH_2COOH
c) $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
d) Cl_2CHCOOH
e) HCOOH

4. **UEM/PAS-PR 2017** O composto A é um dos componentes do veneno das vespas, enquanto o composto B é um dos componentes do veneno das formigas. Com base na estrutura química das substâncias A e B, assinale o que for correto.



A



B

- 01 O composto B apresenta maior acidez do que o composto A, o que justifica o fato de a picada da formiga ser ardida.
02 Os hidrogênios denominados 1 e 2 na estrutura A apresentam a mesma acidez.

- 04** Quando o composto **A** reage com NaOH, a reação ocorre com o hidrogênio 3, que é o mais ácido.
- 08** O composto **B** pode ser obtido a partir da oxidação do etanol.
- 16** A troca do hidrogênio 4 por um grupo ClCH_2^- forma o ácido cloroacético, que apresenta maior acidez do que o composto **B**.

Soma:

5. PUC-Minas Os ácidos orgânicos:

1. CH_3COOH
2. CH_2ClCOOH
3. CHCl_2COOH
4. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
5. CCl_3COOH

têm a ordem decrescente de acidez indicada pelos números:

- a) 3, 5, 2, 4, 1
- b) 5, 3, 2, 1, 4
- c) 2, 3, 5, 1, 4
- d) 1, 3, 5, 2, 4
- e) 4, 1, 3, 5, 2

6. Unifesp Ácidos carboxílicos e fenóis originam soluções ácidas quando dissolvidos em água. Dadas as fórmulas moleculares de 5 substâncias:

- I. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
- II. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
- III. CH_2O
- IV. $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$
- V. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

As duas que originam soluções com $\text{pH} < 7$, quando dissolvidas na água, são:

- a) I e II.
- b) I e IV.
- c) II e IV.
- d) II e V.
- e) III e IV.

7. UFRJ Os ácidos orgânicos têm a sua acidez alterada pela substituição de átomos de hidrogênio na cadeia carbônica por grupos funcionais. A tabela a seguir mostra as constantes de acidez de alguns ácidos carboxílicos, em água, a 25°C .

Composto nº	Estrutura	K_a
I		$1,54 \cdot 10^{-5}$
II		$1,39 \cdot 10^{-3}$

III		$3,0 \cdot 10^{-5}$
IV		$8,9 \cdot 10^{-5}$

- a) Disponha os compostos em ordem crescente de força do ácido.
- b) Explique o papel exercido pelo átomo de cloro na diferença de acidez observada entre os compostos I e II.

8. ITA-SP Considere os seguintes ácidos:

- I. CH_3COOH
- II. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- III. $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{COOH}$
- IV. $\text{CHCl}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
- V. $\text{CCl}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

Assinale a opção que contém a sequência **correta** para a ordem crescente de caráter ácido:

- a) $\text{I} < \text{II} < \text{III} < \text{IV} < \text{V}$.
- b) $\text{II} < \text{I} < \text{III} < \text{IV} < \text{V}$.
- c) $\text{II} < \text{I} < \text{V} < \text{IV} < \text{III}$.
- d) $\text{III} < \text{IV} < \text{V} < \text{II} < \text{I}$.
- e) $\text{V} < \text{IV} < \text{III} < \text{II} < \text{I}$.

9. Unirio O vinagre é uma mistura de vários ingredientes, sendo o ácido etanoico o principal componente. A única substância que tem um caráter ácido maior do que o ácido etanoico é:

- a) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$
- b) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$
- c)
- d)
- e)

10. UFJF-MG 2021 (Adapt.) Ácidos orgânicos estão presentes em nosso cotidiano, principalmente em nossa alimentação. O vinagre, por exemplo, contém ácido acético a 5% e o ácido propanoico, por sua vez, é o responsável pelo aroma de alguns queijos. O quadro abaixo mostra a constante de acidez para alguns desses ácidos.

	Ácido			
	Fórmico	Acético	1-propanoico	1-butanoico
Constante de acidez	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$

Sobre os ácidos apresentados, responda o que se pede.

- a) De acordo com os dados do quadro acima, ordene os ácidos em ordem crescente de força de acidez.
- b) Escreva a equação matemática da constante de equilíbrio para o ácido fórmico.

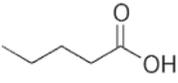
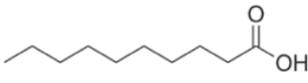
11. UEM/PAS-PR 2016 Considere as estruturas gerais dos compostos abaixo e assinale o que for **correto**.



- 01 Quando $\text{R}^1 = \text{R}$, o composto 1 apresenta maior acidez quando comparado ao composto 2.
 02 O composto 3 pode ser obtido a partir da reação de oxidação do composto 2.
 04 Quando, no composto 2, $\text{R} = \text{C}_{17}\text{H}_{35}$, então temos um exemplo de ácido graxo saturado, sendo que este possui maior ponto de fusão quando comparado ao composto $\text{R} = \text{C}_{17}\text{H}_{33}$.
 08 O composto 1 pode ser obtido diretamente de um alceno.
 16 Os compostos 1 e 2 reagem formando o composto 3 e água.

Soma:

12. UFSC 2019 O nariz humano contém mais de 100 milhões de receptores que atuam conjuntamente em complexas operações para a identificação de moléculas características de diversos tipos de aromas e odores. Muitas das substâncias que geralmente são caracterizadas pelo aroma agradável ou pelo odor desagradável apresentam estruturas semelhantes, com massa molar inferior a $294 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. O ácido valérico, o ácido cáprico e o gás sulfídrico são exemplos de substâncias que causam mau cheiro. Suas estruturas e odor característico estão apresentados abaixo:

		
Ácido valérico Odor característico de "chulé"	Ácido cáprico Odor característico de caprinos	Gás sulfídrico Odor característico de ovo podre

SILVA, V.A.; BENITE, A. M. C.; SOARES, M. H. F. B. Algo aqui não cheira bem... A química do mau cheiro. *Química Nova na Escola*, Sociedade Brasileira de Química, São Paulo, v.33, n. 1, fev. 2011.

Com base nas informações acima, é correto afirmar que:

- 01 as fórmulas moleculares do ácido valérico, do ácido cáprico e do gás sulfídrico são $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$, $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$ e H_2S , respectivamente.
 02 o gás sulfídrico, quando dissolvido em água, pode ser classificado como um diácido fraco que possui dois hidrogênios ionizáveis.
 04 as três substâncias podem ser classificadas como ácidos carboxílicos fracos.
 08 o ácido valérico e o ácido cáprico são ácidos carboxílicos fracos.
 16 a molécula de gás sulfídrico apresenta geometria molecular angular, assim como a molécula de amônia e a molécula de dióxido de carbono.
 32 de acordo com a nomenclatura da IUPAC, o ácido valérico e o ácido cáprico são denominados, respectivamente, ácido pentanoico e ácido decanoico.
 64 sob mesma temperatura, o ácido cáprico apresenta maior solubilidade em água do que o ácido valérico.

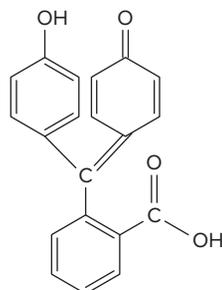
Soma:

13. Unesp "Substância proibida no Brasil matou animais no zoológico de São Paulo." Essa notícia, estampada nos jornais brasileiros no início de 2004, refere-se à morte dos animais intoxicados pelo monofluoroacetato de sódio, um derivado do ácido monofluoroacético (ou ácido monofluoroetanoico), que age no organismo dos mamíferos pela inibição da enzima aconitase, bloqueando o ciclo de Krebs e levando-os à morte.

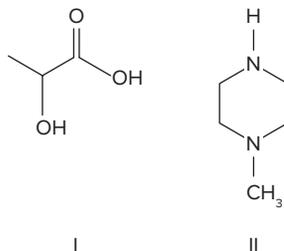
- a) Escreva a fórmula estrutural do ácido monofluoroetanoico e identifique, indicando com setas e fornecendo seus nomes, duas funções orgânicas presentes nesse composto.
 b) Quanto maior a eletronegatividade do grupo ligado ao segundo carbono dos derivados do ácido acético, maior a constante de dissociação do ácido (efeito indutivo). Considerando os ácidos monocloraacético, monofluoroacético e o próprio ácido acético, coloque-os em ordem crescente de acidez.

14. IME-RJ 2019 Coloque os seguintes ácidos em ordem decrescente de acidez: ácido fluoroacético, ácido metanossulfônico, ácido tricloroacético, ácido trifluoroacético e ácido trifluormetanossulfônico.

15. **UFPR** As hemácias do sangue têm função vital no transporte de gases no organismo, sendo essa função desempenhada pela presença da proteína hemoglobina. Desde o século XIX, sabe-se que a hemoglobina possui atividade catalítica típica de uma peroxidase. Com base nesse comportamento catalítico, foram propostos alguns testes para constatação da presença de sangue, por exemplo, em locais onde ocorreram crimes. Um dos testes, baseado nessa ação catalítica, utiliza um reagente denominado Kastle-Meyer, que contém fenolftaleína na forma reduzida. O teste se baseia na oxidação da fenolftaleína na presença de sangue e água oxigenada. Essa oxidação acontece em meio básico e, devido à alcalinidade do meio, o indicador adquire cor rosada.
- a) A seguir é mostrada a estrutura em grafia de bastão da fenolftaleína na forma oxidada. Quais as funções químicas presentes em sua estrutura que podem agir como ácido de Brønsted-Lowry?

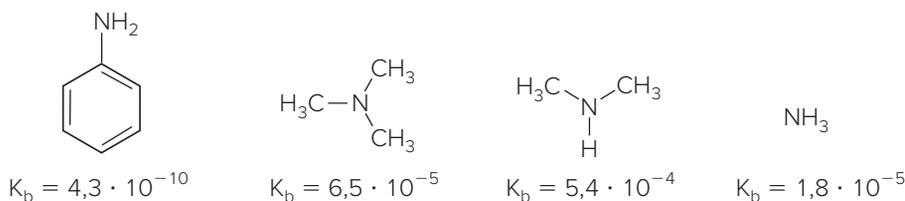


- b) Assumindo que todas as funções ácidas reagem no meio alcalino, desenhe a estrutura da espécie formada pela reação com NaOH, responsável pela coloração rosada.
16. **Uerj 2014** Os ácidos carboxílicos e os fenóis são substâncias orgânicas com caráter ácido. Apesar de os ácidos carboxílicos possuírem, em geral, valores de pKa menores que os dos fenóis, o ácido benzoico apresenta pKa igual a 4,21, enquanto o 2,4,6-trinitrofenol apresenta pKa igual a 0,38. Escreva a fórmula estrutural deste fenol e justifique sua acidez superior à do ácido benzoico.
17. **Unicamp-SP 2016** Com a crescente crise mundial de dengue, as pesquisas pela busca tanto de vacinas quanto de repelentes de insetos têm se intensificado. Nesse contexto, os compostos I e II a seguir representados têm propriedades muito distintas: enquanto um deles tem caráter ácido e atrai os insetos, o outro tem caráter básico e não os atrai.



Baseado nessas informações, pode-se afirmar corretamente que o composto

- a) I não atrai os insetos e tem caráter básico. c) II não atrai os insetos e tem caráter básico.
 b) II atrai os insetos e tem caráter ácido. d) I não atrai os insetos e tem caráter ácido e básico.
18. **Mackenzie-SP 2020** Abaixo estão listados alguns compostos químicos com as suas respectivas constantes K_b , a 25 °C.



A ordem crescente de basicidade das substâncias químicas acima citadas, é

- a) aminobenzeno < trimetilamina < amônia < dimetilamina.
 b) dietilamina < trimetilamina < amônia < aminobenzeno.
 c) aminobenzeno < amônia < trimetilamina < dimetilamina.
 d) trimetilamina < dimetilamina < aminobenzeno < amônia
 e) amônia < aminobenzeno < dimetilamina < trimetilamina.

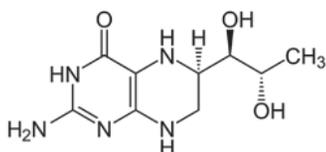
19. **PUC-SP** Os frascos A, B, C e D apresentam soluções aquosas das substâncias a seguir.

Frasco A	Frasco B	Frasco C	Frasco D
 Fenol	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$ Etanol	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ Ácido acético	$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}_2$ Metilamina

Assinale a alternativa que apresenta corretamente o pH dessas soluções.

	Frasco A	Frasco B	Frasco C	Frasco D
a)	pH = 7	pH = 7	pH = 7	pH = 7
b)	pH > 7	pH > 7	pH < 7	pH > 7
c)	pH > 7	pH > 7	pH > 7	pH = 7
d)	pH < 7	pH = 7	pH < 7	pH > 7
e)	pH < 7	pH < 7	pH < 7	pH < 7

20. **Mackenzie-SP 2020** A tetrahydrobiopterina é uma substância própria do organismo humano que atua no metabolismo do aminoácido fenilalanina, convertendo-o em um outro aminoácido, denominado tirosina. Dessa forma, combate o acúmulo de fenilalanina, o que evita o desenvolvimento da fenilcetonúria.



De acordo com a fórmula estrutural tetrahydrobiopterina, representada acima, são feitas as seguintes afirmações:

- I. apresenta os grupos funcionais amina, cetona e álcool.
- II. possui 8 isômeros opticamente ativos.
- III. apresenta característica básica.
- IV. possui 5 átomos de carbono primário.

Estão corretas somente as afirmações

- a) I e IV.
- b) I, II e III.
- c) II e III.
- d) III e IV.
- e) II, III e IV.

21. **Uerj** Uma indústria química tem como despejo industrial as substâncias abaixo numeradas.

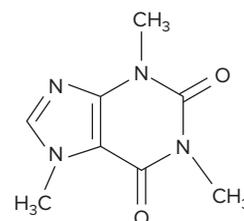
- I. CH_3-COOH
- II. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
- III. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$
- IV. $\text{CH}_3-\text{CONH}_2$

Para processar um tratamento adequado a esse despejo, a fim de evitar uma agressão ao meio ambiente, foram necessários vários tipos de tratamento. A primeira substância tratada foi a de caráter básico mais acentuado, que corresponde à de número:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV

22. **Fepar-PR 2016** Não é por acaso que a cafeína é o psicoativo mais consumido do mundo. Substância de fácil acesso, que ajuda a relaxar, melhora a concentração e estimula a memória, o cafezinho também tem suas desvantagens: aumenta a ansiedade e afeta o sono – e isso está intimamente ligado ao tempo em que a cafeína permanece no corpo. Para um adulto saudável, os biólogos calculam a meia-vida da cafeína em aproximadamente seis horas.

► **Dados:** H = 1 g/mol; C = 12 g/mol; N = 14 g/mol; O = 16 g/mol.

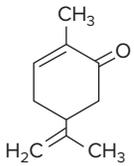
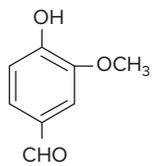
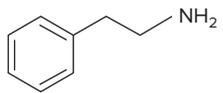
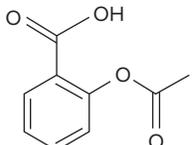


Com base nas informações e em conhecimentos de Química, avalie as afirmativas.

- “Meia-vida” é o tempo necessário para eliminar metade da quantidade total de uma amostra.
- O corpo de um adulto saudável leva 12 horas para eliminar totalmente a cafeína ingerida em uma xícara de cafezinho contendo 80 mg de cafeína.
- Quando uma pessoa bebe uma xícara de café, nos 80 mg de cafeína que ela consome, a massa de hidrogênio é de 7,2 mg.
- A cafeína é um alcaloide, porque apresenta anel heterocíclico contendo nitrogênio.
- A cafeína apresenta caráter básico, pois seu grupo funcional amina pode doar prótons.

23. **Fepar-PR 2017** Os compostos orgânicos representam cerca de 90% de todos os compostos atualmente conhecidos. Não são apenas componentes fundamentais dos seres vivos; participam também ativamente da vida humana: estão presentes em nossos alimentos, vestuários, residências, combustíveis.

A seguir estão representadas as fórmulas estruturais de algumas substâncias que costumam fazer parte de nosso cotidiano.

$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ <p>Aroma de banana</p> 
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ <p>Aroma de rum</p> 
  <p>Carvona (aroma de hortelã)</p>
  <p>Vanilina (aroma de baunilha)</p>
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$  <p>Acetona</p>
  <p>2-feniletilamina (hormônio da paixão)</p>
  <p>Ácido acetilsalicílico</p>

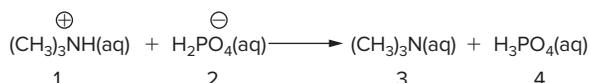
Observe essas estruturas e avalie as afirmativas.

- O etanoato de isopentila e o propionato de isobutila são isômeros de cadeia.
- A vanilina apresenta temperatura de ebulição superior à da carvona.
- As funções ácido carboxílico e éster estão presentes no ácido acetilsalicílico.
- A oxidação da propanona produz o ácido propiônico.
- A ionização da 2-feniletilamina em água resulta em solução básica.

24. UFPA 2016 Benzocaína, fórmula química $\text{H}_2\text{N}(\text{C}_6\text{H}_4)\text{COOCH}_2\text{CH}_3$, é um anestésico tópico absorvido na forma neutra. Porém, sua atividade deve-se à forma catiônica, gerada pela protonação de seu grupo funcional de maior basicidade. Assim, a fórmula química desse íon molecular será

- a) $[\text{H}_2\text{N}(\text{C}_6\text{H}_4)\text{COOCH}_2\text{CH}_3]^+$
- b) $[\text{H}_2\text{N}(\text{C}_6\text{H}_4)\text{COOCH}_2\text{CH}_3]^+$
- c) $[\text{H}_2\text{N}(\text{C}_6\text{H}_4)\text{COHOCH}_2\text{CH}_3]^+$
- d) $[\text{H}_2\text{N}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{COOCH}_2\text{CH}_3]^+$
- e) $[\text{H}_3\text{N}(\text{C}_6\text{H}_4)\text{COOCH}_2\text{CH}_3]^+$

25. Udesc 2016 Em relação à equação a seguir, assinale a alternativa que contém a classificação da função química de cada espécie:



- a) 1 e 4 são ácidos, 2 e 3 são bases.
- b) 1 é base, 2 é ácido e 3 e 4 são sais.
- c) 1 e 3 são ácidos, 2 e 4 são bases.
- d) 1 é ácido, 2 é base e 3 e 4 são sais.
- e) 1 e 3 são bases, 2 e 4 são ácidos.

26. UEPG-PR 2016 Com relação à acidez e basicidade de compostos orgânicos, assinale o que for **correto**.

- 01** A amônia é uma base mais forte que a metilamina.
- 02** A dimetilamina é uma base mais forte que a metilamina.
- 04** Alcinos são ácidos mais fortes que fenóis.
- 08** O ácido etanoico é um ácido mais forte que o ácido cloroetanoico.
- 16** Ácidos carboxílicos são ácidos mais fortes que álcoois.

Soma:

27. Uerj Na indústria petroquímica, a expressão “adoçar o petróleo” corresponde à adição de aminas leves às frações gasosas do petróleo para eliminação de sua acidez. Considerando as aminas isômeras de fórmula molecular $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$:

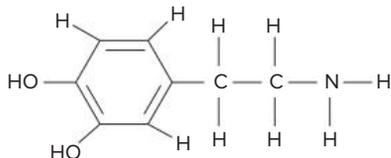
- a) indique a fórmula estrutural plana da amina que possui caráter básico mais acentuado.
- b) nomeie as aminas que possuem cadeia carbônica classificada como homogênea.

28. Uema 2014 Trecho da música “É o Amor”:

“[...] É o amor
Que mexe com minha cabeça
E me deixa assim
Que faz eu pensar em você e esquecer de mim [...]”

Fonte: Disponível em: www.multishow.globo.com/musica.
Acesso em: 29 out. 2013.

Realmente o amor mexe com a nossa cabeça. A paixão induz a liberação de substâncias que agem no cérebro, produzindo a sensação de satisfação e de prazer. Recém-apaixonados apresentam, dentre outras substâncias químicas, altos níveis de 3,4-dihidróxi-feniletilamina, conhecida como dopamina (considerada a substância química do prazer). Este composto é classificado no grupo das aminas que tem reações químicas específicas e características àquelas inseridas no seu grupo funcional. Com base nas informações apresentadas e na estrutura da dopamina, demonstre, por meio da equação química que representa a reação da dopamina com água, o caráter básico dessa amina. Justifique sua resposta.



Estrutura química da dopamina

29. UFRJ A etilamina e a dimetilamina são substâncias orgânicas isômeras, de fórmula molecular C_2H_7N , que

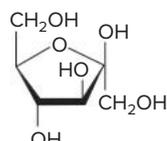
apresentam caráter básico acentuado. Quando dissolvidas na água, em condições reacionais idênticas, elas se ionizam e possuem constantes de basicidade representadas, respectivamente, por K_1 e K_2 .

- Indique a ordem decrescente das constantes K_1 e K_2 e escreva a equação química que representa a ionização da etilamina em meio aquoso.
- Foram dissolvidos 2,25 g de etilamina em quantidade de água suficiente para o preparo de 500 mL de uma solução aquosa.

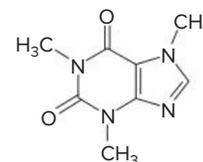
Supondo que, sob determinada temperatura, esse soluto encontra-se 10% ionizado, determine a concentração de íons OH^- , em $mol L^{-1}$.

30. UFTM-MG 2012 O rótulo de um pó para o preparo de chás de ervas aromáticas relaciona como ingredientes frutose, chá preto, chá verde, cafeína, mistura de ervas aromáticas e aromatizantes.

A frutose tem sabor doce e a cafeína é um estimulante com sabor amargo.



frutose



cafeína

- Explique e justifique o caráter ácido-base da cafeína na presença de água.
- Calcule o teor percentual de carbono na frutose.

BNCC em foco



Texto para as questões 1 e 2.

Tanto o fenol quanto o cresol são agentes biocidas eficazes. [...]

Ainda que o fenol tenha perdido seu lugar como desinfetante comum, mais de cinco milhões de toneladas desse produto químico continuam a ser fabricadas no mundo inteiro a cada ano. A maior parte vai para a produção de polímeros como nylon e policarbonato; uma pequena quantidade ainda se destina à fabricação de produtos antimicrobianos, mas somente depois de passar por uma conversão química em moléculas mais seletivas e menos perigosas. Para fazer isso, acrescenta-se cloro ao anel de fenol, o que aumenta enormemente sua potência.

EMSLEY, J. *Vaidade, vitalidade, virilidade: a ciência por trás dos produtos que você adora consumir*. Rio de Janeiro: Zahar, 2006. p. 136-137.

EM13CNT307

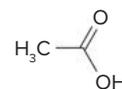
- Classifique o fenol e o cresol quanto ao caráter ácido-básico.

EM13CNT303

- O texto cita uma modificação feita na molécula de fenol. Considerando essa alteração e o seu resultado, o que se pode dizer sobre a provável via de ação biocida dos compostos fenólicos?

EM13CNT307

- Observe a estrutura da substância a seguir:



ácido metanoico (fórmico)

Algumas espécies de abelhas contêm certa quantidade de ácido fórmico em seu veneno. A concentração varia entre as espécies de abelhas e podem depender da idade e da dieta do inseto. Em casos de picada de abelha, é comum que pessoas apliquem leite de magnésia no local para aliviar o desconforto. Explique o porquê dessa prática.



FRENTE 1

CAPÍTULO

10

Polímeros

Os trajes usados por mergulhadores comumente são feitos de neoprene, um polímero bastante resistente e versátil. Esse foi um dos primeiros polímeros de importância comercial, criado a partir de um programa de incentivo à pesquisa financiado pela empresa estadunidense DuPont. Em 1930, a equipe de pesquisadores do cientista Wallace Carothers produziu uma substância muito semelhante à borracha que, no final de 1931, passou a ser comercializada pela empresa. Atualmente, o neoprene é utilizado em diversos segmentos, em razão de suas propriedades especiais, entre elas: flexibilidade, durabilidade, proteção térmica, resistência a diversas condições climáticas e a óleos.

Introdução

Os polímeros são substâncias bastante presentes em nosso cotidiano. A maioria deles é conhecida como plástico. A palavra “polímero” tem origem grega, em que *poly* significa muitas e *mero*, parte. São substâncias que têm massa molar elevada e são classificadas como macromoléculas. Sua obtenção é feita por meio de um processo chamado polimerização, em que há a junção de muitas moléculas menores denominadas monômeros.

Atualmente, existe uma variedade surpreendente de polímeros com diversas aplicações no cotidiano, que podem ser: fibras (naturais ou sintéticas), utilizadas em roupas; plásticos, utilizados na fabricação de diversos objetos, como panela antiaderente, sacolas plásticas, para-choques de carros; e borrachas (naturais ou sintéticas), utilizadas na fabricação de pneus e gomas de mascar.

Classificação dos polímeros

Quanto à origem

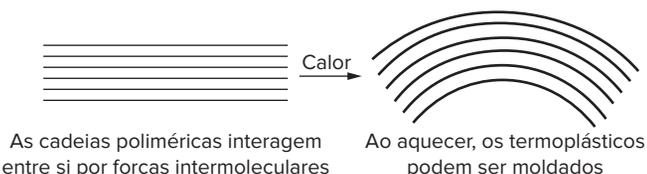
- **Polímeros naturais:** sintetizados por seres vivos, como a seda, utilizada na confecção de tecidos, ou a borracha natural, que foi extremamente importante para a economia do Brasil entre os anos de 1879 a 1912, com o ciclo da borracha.
- **Polímeros sintéticos:** obtidos industrialmente a partir de reações orgânicas de adição ou condensação.

Quanto ao comportamento mecânico

- **Plásticos:** do grego *plastikos*, que significa adequado à moldagem. São materiais moldáveis por extrusão (passagem forçada através de um orifício para que adquira forma alongada ou filamentososa).
- **Elastômeros:** apresentam elasticidade característica da borracha, podem sofrer determinada deformação por ação mecânica sem apresentar ruptura e retornar à forma original quando cessada a ação.
- **Fibras:** materiais poliméricos, na forma de longos filamentos, com grande resistência na direção da fibra.

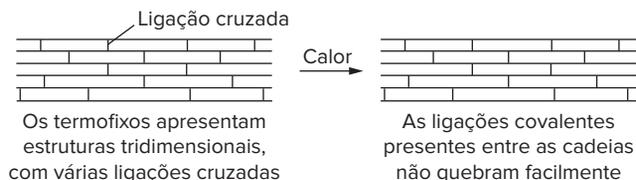
Quanto ao comportamento térmico

- **Termoplásticos:** polímeros que amolecem com o aumento da temperatura. Geralmente apresentam cadeias lineares; são moldados por aquecimento e podem ser remoldados quando aquecidos novamente, o que permite sua reciclagem.



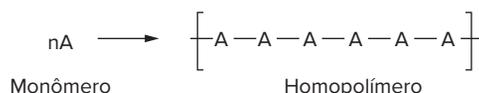
- **Termofixos ou termorrígidos:** polímeros de estrutura tridimensional que, após moldados, mantêm sua estrutura (não amolecem) mesmo com o aumento da

temperatura. Se o aumento de temperatura for mais intenso, eles sofrem decomposição.

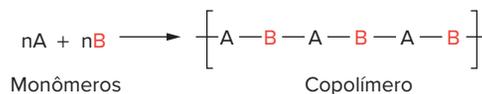


Quanto à composição

- **Homopolímeros:** polímeros formados por um único tipo de monômero, constituído pela repetição de uma única estrutura básica.



- **Copolímeros:** polímeros formados por mais de um tipo de monômero.



Quanto ao método de síntese

Os polímeros podem ser classificados basicamente em dois grupos, que serão discutidos a seguir: polímeros de adição e polímeros de condensação.

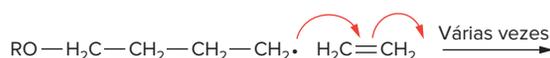
Polímeros de adição

Formados por sucessivas reações de adição. Os monômeros utilizados na produção desses polímeros apresentam pelo menos uma insaturação na cadeia.

Existem diversas formas de iniciar uma polimerização por adição. A mais comum é com a utilização de radicais livres derivados de um peróxido orgânico ($R-O\cdot$). Esse radical quebra a ligação π (π) entre carbonos, e um elétron dessa ligação emparelha-se com um elétron do radical $R-O\cdot$, enquanto o outro elétron permanece no carbono, formando um novo radical.



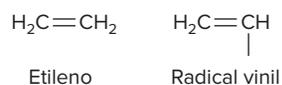
Esse novo radical formado pode adicionar-se a outra molécula do monômero; como o produto formado também é um radical, este pode adicionar-se a outro monômero. A repetição desse processo por centenas ou milhares de vezes constrói a cadeia polimérica.



O processo é eventualmente terminado pela reação que consome o radical. A combinação de duas dessas cadeias é uma possível reação de terminação da cadeia.

Polímeros vinílicos

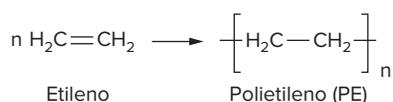
São formados por monômeros de etileno (eteno) ou a partir de um etileno substituído (radical vinil).



Fórmula do etileno e do radical vinil.

Polietileno (PE)

Trata-se de um dos polímeros mais importantes da atualidade. Ele é obtido pela polimerização do etileno, que pode ser representada conforme a figura a seguir.



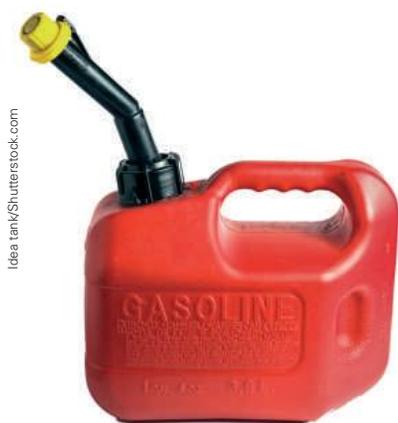
Polimerização do etileno.

O valor de n varia, normalmente, de 1 000 a 50 000 unidades de monômeros em uma mesma cadeia.

Quando alteramos as condições reacionais em que ocorre a polimerização, podemos variar bastante as propriedades e a aparência do polietileno.

Os dois principais tipos desse polímero são:

- Polietileno de alta densidade (PEAD): um sólido compacto que apresenta alta resistência mecânica e baixo coeficiente de atrito; sua densidade é acima de $0,94 \text{ g/cm}^3$. É utilizado na produção de engrenagens, placas para corte de alimentos, tubos corrugados, tanques de combustível para veículos etc.



Tanque de combustível.

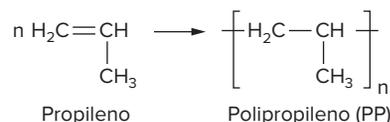
- Polietileno de baixa densidade (PEBD): apresenta baixo custo de processamento, é flexível, transparente, impermeável e inerte; sua densidade é entre $0,915$ e $0,935 \text{ g/cm}^3$. É utilizado na fabricação de sacos plásticos e embalagens.



Sacolas de PEBD.

Polipropileno (PP)

Formado a partir do propeno (propileno), o polipropileno é o segundo polímero mais fabricado no mundo. Trata-se de um homopolímero termoplástico mais resistente que o polietileno, em razão da maior massa por unidade de comprimento, que resulta em atrações dipolo induzido maiores.



Formação do polipropileno (PP).

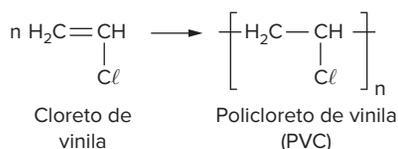
O polipropileno é um dos polímeros mais versáteis, pois pode ser utilizado como fibra e como plástico. Como fibra, é usado na fabricação de cordas, carpetes, fibras para roupas etc. Como plástico, é utilizado na fabricação de para-choques e painéis de automóveis, peças moldadas, como bandejas e prateleiras.



Painel de automóvel.

Policloreto de vinila (PVC)

É formado a partir da polimerização do cloreto de vinila, conforme representado na figura a seguir.



Formação do PVC.

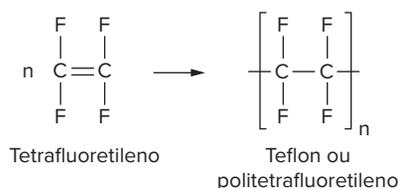
O policloreto de vinila (PVC) é o terceiro polímero mais utilizado no mundo. É um homopolímero termoplástico usado na fabricação de tubos para encanamentos, pisos plásticos, isolantes elétricos, couro sintético, embalagens etc.



Tubos de PVC.

Politetrafluoretileno (PTFE) (Teflon)

O teflon é um homopolímero termoplástico formado pela polimerização do tetrafluoretileno, conforme representado na figura a seguir.



Formação do teflon.

O teflon é praticamente inerte, insolúvel em solventes, resistente a ácidos corrosivos, não inflamável, apresenta alta temperatura de fusão (326,8 °C) e baixo coeficiente de atrito.

É utilizado na fabricação de revestimentos de painéis e frigideiras antiaderentes, isolante elétrico, fitas de vedação, engrenagens secas e próteses humanas.



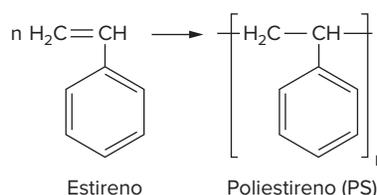
Frigideiras com revestimento de teflon.



Fita de vedação (veda-rosca) de teflon.

Poliestireno (PS)

Homopolímero termoplástico formado a partir da polimerização do estireno (vinilbenzeno).



Formação do poliestireno (PS).

O poliestireno é utilizado na fabricação de copos, pratos e talheres descartáveis, gabinetes de computador, caixas de CD, cartões de crédito, seringas e mamadeiras.



Copos descartáveis de PS.

O poliestireno expandido, mais conhecido como isopor, é fabricado a partir da polimerização do poliestireno misturado com pequenas quantidades de um solvente de baixo ponto de ebulição, como o pentano, que fica aprisionado entre as cadeias do polímero formado. Em seguida, é realizado o aquecimento da mistura a uma temperatura acima da ebulição do solvente; dessa forma, o polímero amolece, e a evaporação do solvente promove a expansão do polímero.

O poliestireno expandido (isopor) é utilizado como isolante térmico e acústico, para acondicionamento de eletrodomésticos, em lajes de construção etc.

EDILOPES DA COSTA/Shutterstock.com



Embalagens de isopor usadas para transporte de alimentos.

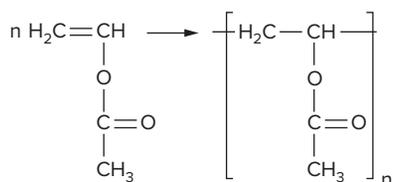
BW Folioem/Shutterstock.com



Placa de isopor.

Poliacetato de vinila (PVA)

Trata-se de um homopolímero termoplástico formado a partir da polimerização do acetato de vinila.



Acetato de vinila Poliacetato de vinila (PVA)

Formação do poliacetato de vinila (PVA).

O PVA é utilizado na fabricação de diversas colas, como cola branca e cola de madeira, gomas de mascar e tintas.



XXL-Photo/Shutterstock.com

Cola branca.

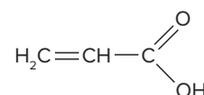


Nor Gal/Shutterstock.com

Goma de mascar.

Polímeros acrílicos

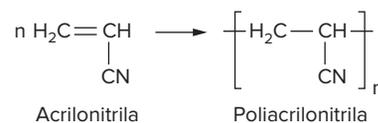
São polímeros de adição cujos monômeros derivam do ácido acrílico (ácido propenoico).



Fórmula estrutural do ácido acrílico (ácido propenoico).

Poliacrilonitrila (lã sintética)

Homopolímero que pertence ao grupo dos polímeros acrílicos, pois seu monômero (acrilonitrila) é uma nitrila que deriva do ácido acrílico.



Formação da poliacrilonitrila.

A poliacrilonitrila não sofre fusão, pois, ao atingir temperaturas superiores a 180 °C, o grupo nitrila (-CN) sofre reações de ciclização entre as cadeias laterais, com liberação de energia e gases. O material resultante da decomposição térmica desse composto é um resíduo preto, que é a matéria-prima para a produção da fibra de carbono.

Quando adicionada a um solvente apropriado, a poliacrilonitrila pode ser estirada e, dessa forma, é possível a obtenção de fibras utilizadas em substituição à lã natural para a produção de tapetes, carpetes, malhas de inverno e cobertores.



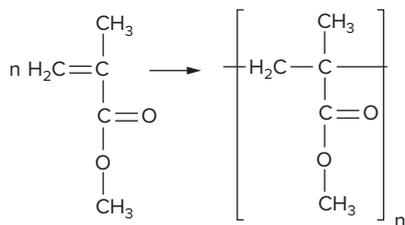
Tapetes de poliacrilonitrila.



Luvas de lã sintética.

Polimetilmetacrilato de metila (acrílico)

Também conhecido como *plexiglass*, é um homopolímero termoplástico formado na polimerização do metilmetacrilato de metila (2-metilpropenoato de metila).



Metilmetacrilato de metila

Polimetilmetacrilato de metila (acrílico)

Formação do acrílico.

Trata-se de um polímero transparente menos denso que o vidro, facilmente moldável e com alta resistência a riscos e impactos. O acrílico é utilizado na fabricação de painéis transparentes, viseiras de capacetes, lanternas de carros, janelas transparentes, enfeites etc.



Luca Santilli/Shutterstock.com

Viseira de capacete produzida com acrílico.

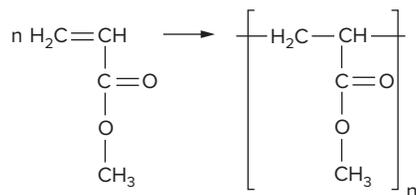


sergarck/Shutterstock.com

Enfeite produzido com acrílico.

Poliacrilato de sódio

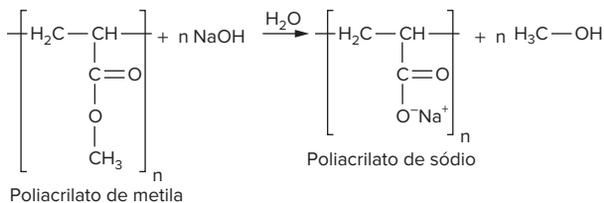
O poliácrito de sódio é obtido por meio da hidrólise básica (saponificação) das funções ésteres do poliácrito de metila, que é um homopolímero termoplástico obtido pela polimerização do acrilato de metila.



Acrilato de metila

Poliacrilato de metila

Formação do poliácrito de metila.



Hidrólise básica do poliacrilato de metila.

A principal aplicação do poliacrilato de sódio é como material absorvente em fraldas descartáveis e absorventes íntimos, pois a presença de íons em sua estrutura atrai as moléculas de água, que ficam retidas na cadeia polimérica.

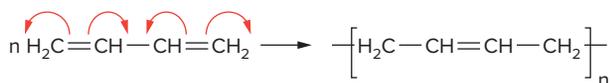


Fraldas descartáveis.

Polímeros diênicos (elastômeros)

Apresentam propriedades elásticas e são formados a partir de um monômero com duas ligações duplas conjugadas (diêno conjugado).

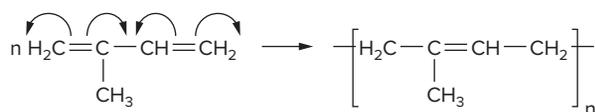
Nesse tipo de polimerização de adição, acontece a adição-1,4, na qual uma das ligações duplas migra para o meio da cadeia do monômero, conforme representado na figura a seguir.



Polimerização com adição-1,4.

Borracha natural

A borracha natural (poli-isopreno) é um polímero formado na polimerização do metilbuta-1,3-dieno (isopreno), encontrado na seiva da seringueira (*Hevea brasiliensis*).



Metilbuta-1,3-dieno
(isopreno)

Borracha natural

Formação da borracha natural.

Cerca de 30% do total de elastômeros consumidos no mundo vêm da borracha natural da seringueira.



Extração da seiva da seringueira.

No entanto, a borracha natural tem algumas propriedades que dificultam sua utilização pela indústria, pois é um material termoplástico e de baixa resistência à tração. Por apresentar baixa resistência à variação de temperatura, no frio, ela se torna dura e quebradiça, ao passo que, no calor, fica mole e pegajosa.

Algumas aplicações bastante comuns são nas luvas de látex e nas borrachas de uso escolar.



Luva de látex.

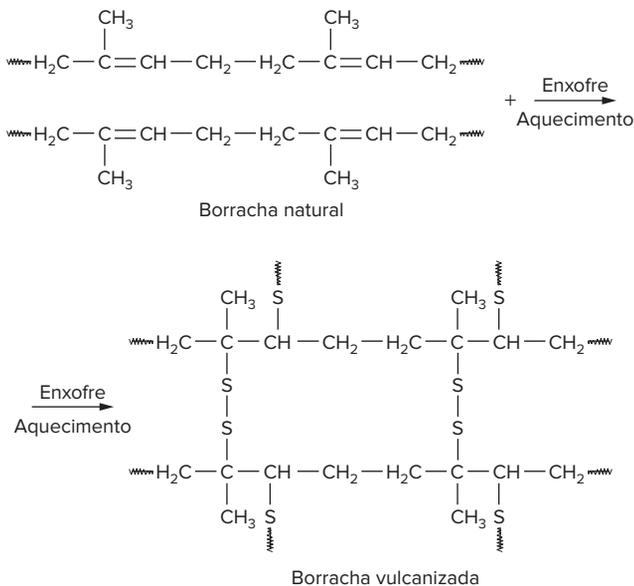


Borrachas escolares.

A borracha natural é mais utilizada após passar pelo processo de vulcanização.

VULCANIZAÇÃO

Processo químico, desenvolvido em 1839 por Charles Goodyear, que consiste em aquecer a borracha com enxofre (cerca de 3 a 8% em massa) sob altas pressões e temperatura. O que ocorre, basicamente, é a reação do enxofre com as ligações duplas, formando ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas com um, dois ou mais átomos de enxofre entre elas.



Vulcanização da borracha.

A estrutura tridimensional formada pela vulcanização faz com que a borracha passe a ser um material termofixo e não reciclável. A rigidez e a resistência do polímero dependerão do grau de vulcanização, ou seja, da quantidade de enxofre e, conseqüentemente, do número de ligações cruzadas formadas.

Quanto maior o grau de vulcanização, mais enxofre é utilizado e mais ligações cruzadas são formadas, portanto a borracha ficará mais rígida e com maior resistência. Um menor grau de vulcanização deixa a borracha mais macia e menos resistente.

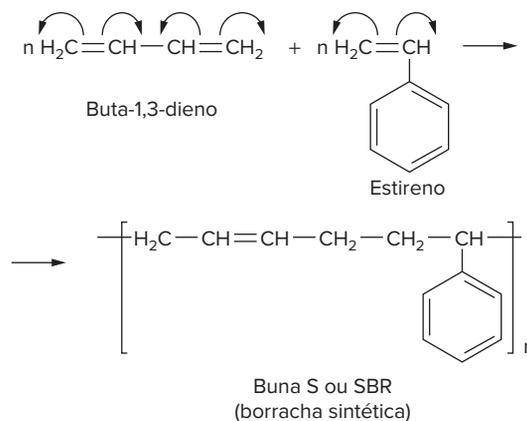
Cerca de 70% de toda borracha vulcanizada produzida é utilizada na fabricação de pneus de automóveis, representando 1/3 da matéria-prima desse objeto no mundo.



Pneus de automóveis.

Borracha sintética (Buna S ou SBR)

A principal borracha utilizada na banda de rodagem dos pneus é a Buna S ou SBR (*Styrene Butadiene Rubber*), um copolímero formado a partir da polimerização dos monômeros butadieno e estireno.

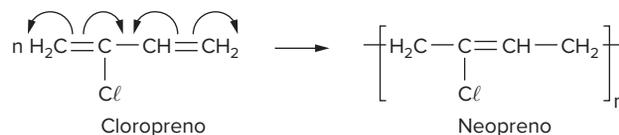


Formação do SBR.

Após a vulcanização do SBR, forma-se uma borracha que apresenta melhor resistência à abrasão, a altas temperaturas e ao envelhecimento do que a borracha natural.

Neopreno

Elastômero sintético formado na polimerização do cloropreno (2-clorobuta-1,3-dieno).



Formação do neopreno.

Mais conhecido como neoprene, o neopreno vem sendo cada vez mais explorado em suas aplicações, pois é mais resistente ao calor e aos solventes que a borracha natural. Costuma ser utilizado em roupas de mergulho para isolamento térmico, em peças para indústria automobilística, em acessórios e em materiais promocionais.



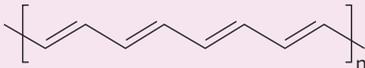
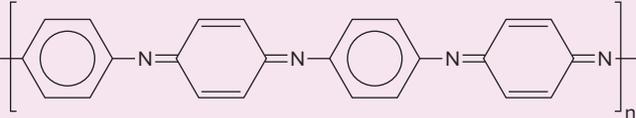
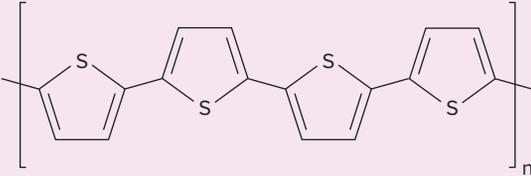
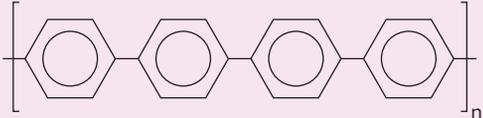
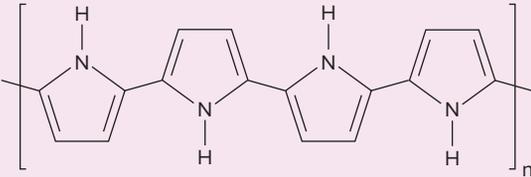
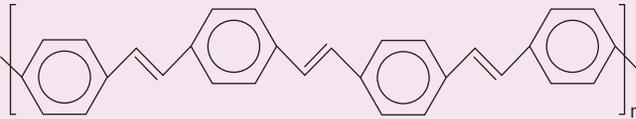
Roupas de neopreno.

Billion Photos/Shutterstock.com

Polímeros condutores

Esses polímeros são formados por cadeias contendo duplas ligações conjugadas, permitindo, assim, o fluxo de elétrons em condições específicas. Os polímeros condutores são geralmente chamados “metais sintéticos”, por apresentarem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores.

A tabela a seguir apresenta os nomes e as fórmulas estruturais de alguns polímeros condutores.

Nome	Fórmula estrutural
Poliacetileno	
Polianilina	
Politiofeno	
Poli(p-fenileno)	
Polipirrol	
Poli(p-fenileno vinileno)	

Polímeros de condensação

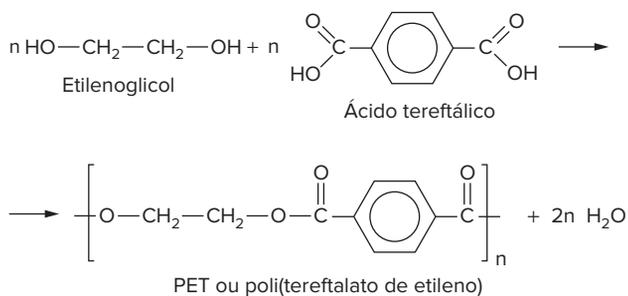
Formados por reações de substituição, em que ocorre a formação de uma molécula menor (H_2O , HCl etc.). Nesse tipo de polimerização, os monômeros apresentam funções orgânicas nas duas extremidades da cadeia.

Poliésteres

Caracterizados pela repetição de grupos ésteres, que são produzidos normalmente a partir da reação entre monômeros com as funções ácido carboxílico e álcool.

Politereftalato de etileno (PET)

O politereftalato de etileno, mais conhecido pelo termo PET (do inglês *poly ethylene terephthalate*), é um copolímero termoplástico formado pela reação de esterificação entre o ácido tereftálico (ácido *p*-benzenodioico) e o etilenoglicol (etano-1,2-diol).



Formação do PET.

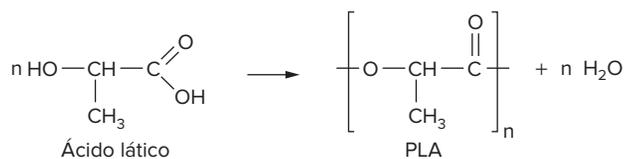
O PET é o poliéster mais importante e também é conhecido como Dácron ou terilene. As principais aplicações são em fibras têxteis e fabricação de embalagens para bebidas. Se misturado com algodão, forma um tecido conhecido como tergal.



Garrafas de água feitas de PET.

Polilactato (PLA)

Homopolímero formado pela polimerização do ácido láctico, conforme representado na figura a seguir.



Formação do polilactato (PLA).

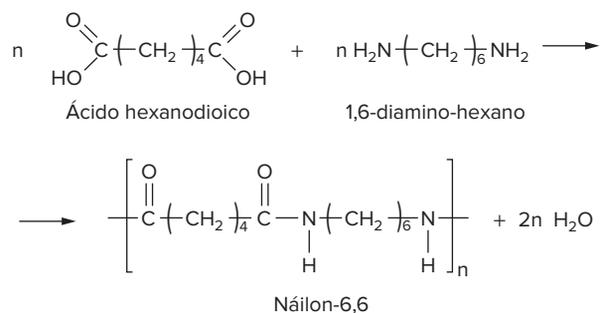
Por ser biodegradável, o PLA vem sendo utilizado em aplicações biomédicas, como em fios de sutura, que são absorvíveis pelo organismo.

Poliâmidas

Caracterizadas pela repetição de grupos da função amida, que são produzidos, normalmente, a partir da reação entre monômeros que apresentam as funções ácido carboxílico e amina.

Náilon

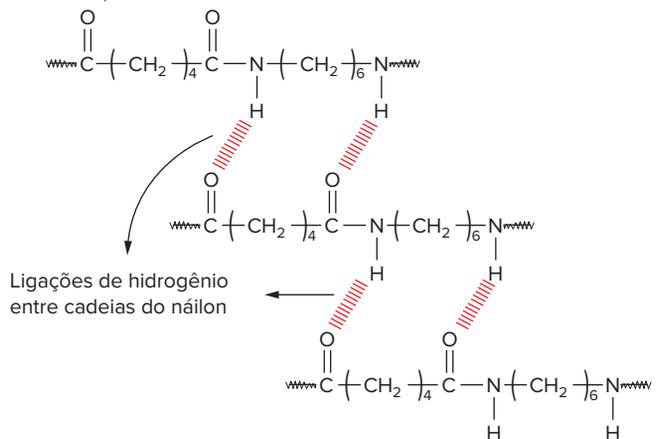
Obtido pela primeira vez em 1935, pelo químico americano Wallace Hume Carothers, o náilon foi a primeira fibra sintética produzida no mundo. O mais conhecido é o náilon-6,6, um copolímero termoplástico obtido pela reação entre o ácido hexanodioico (ácido adípico) e o 1,6-diamino-hexano.



Formação do náilon-6,6.

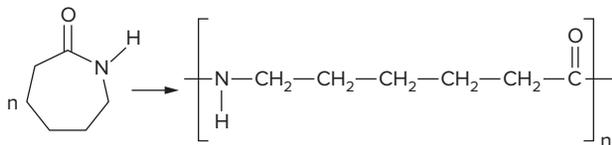
A notação "6,6" é baseada no número de átomos de carbono do diácido carboxílico, seguido do número de carbonos da diamina.

As poliâmidas estão entre as fibras artificiais mais resistentes que existem. Isso se deve principalmente à possibilidade de formação de ligações de hidrogênio entre as cadeias poliméricas.



Ligações de hidrogênio entre as cadeias do náilon.

Outro exemplo é o náilon-6, que, diferente do náilon 6,6, é um homopolímero formado a partir da polimerização da hexano-6-lactama (caprolactama).



Hexano-6-lactama

Náilon-6

Formação do náilon-6.

! Atenção

Apesar de não haver formação de uma molécula menor na polimerização do náilon-6, ele é considerado um polímero de condensação, pois a reação de formação é de substituição.

Como o náilon é facilmente moldável e apresenta alta resistência, tem diversas aplicações, como em fibras têxteis, linhas de pesca, cordas, engrenagens, cerdas de escovas, paraquedas e velas de barco.



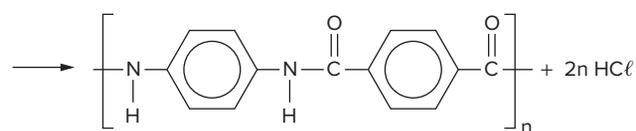
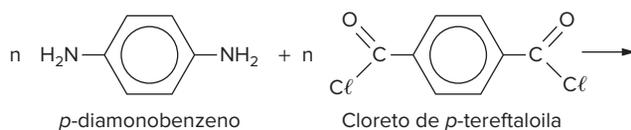
Linhas de pesca de náilon.



Cordas de náilon.

Poliaramidas (Kevlar)

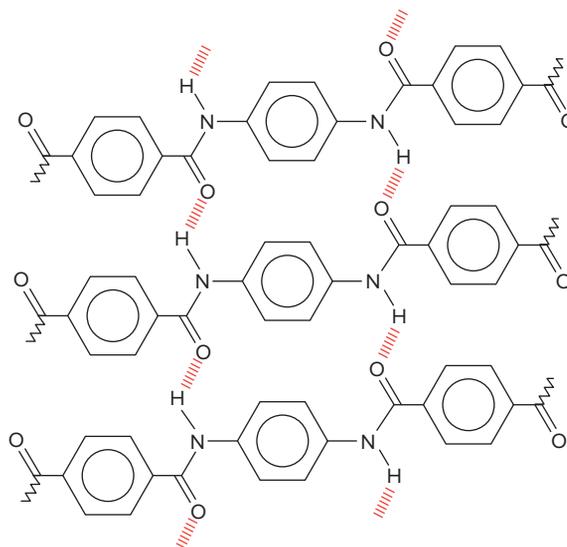
O Kevlar é um polímero sintético também conhecido como poliamida aromática (poliaramida). É obtido pela reação de polimerização entre o *p*-diamonobenzeno e o cloreto de *p*-tereftaloila (cloreto de *p*-benzenodioila).



Kevlar

Formação do Kevlar.

A grande resistência do Kevlar deve-se à presença de anéis aromáticos em sua estrutura, que facilita a orientação das cadeias poliméricas e, conseqüentemente, aumenta as interações do tipo ligação de hidrogênio e dipolo induzido entre as cadeias.



Ligações de hidrogênio do Kevlar.

Como sua resistência é superior à do aço por unidade de massa e não sofre corrosão quando submerso em água, é utilizado na fixação de plataformas marítimas de petróleo.

O Kevlar também é usado na produção de coletes à prova de balas, roupas e luvas protetoras de calor e chamas utilizadas por bombeiros, na fabricação de esquis e pranchas de *snowboard*.



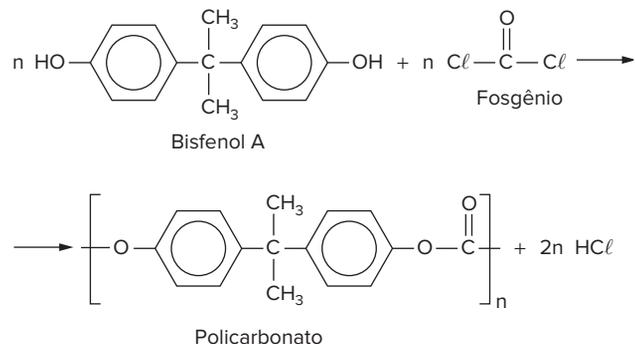
Coletes à prova de balas.

Prancha de *snowboard* feita de Kevlar.

Outros polímeros de condensação

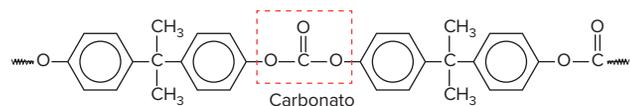
Policarbonatos

Polímeros termoplásticos que possuem, como unidade repetitiva, um grupo carbonato conectado a grupos orgânicos. O policarbonato mais comum é obtido pela reação entre o bisfenol A e o fosgênio, conforme representado na figura a seguir.



Formação do policarbonato.

Para melhor visualização do grupo carbonato, a fórmula estrutural a seguir ilustra dois resíduos de monômeros de policarbonato conectados.



Estrutura do policarbonato.

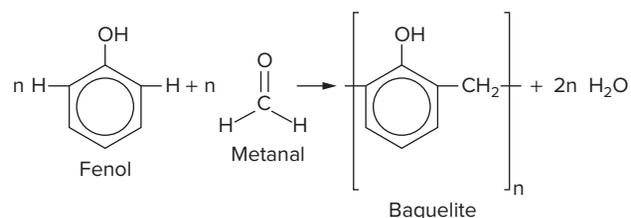
Os policarbonatos são transparentes e apresentam uma excepcional resistência a impactos. Essas características fazem com que sejam utilizados na fabricação de CDs, garrafões de água usados em bebedouros, escudos de proteção, janelas de avião, lentes de óculos e nos chamados vidros à prova de balas.



Janela de avião feita de policarbonato.

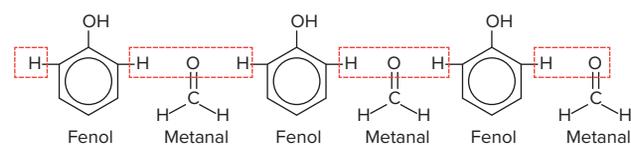
Baquelite

Polifenol obtido pela polimerização do fenol com o metanal (aldeído fórmico), conforme representado a seguir.



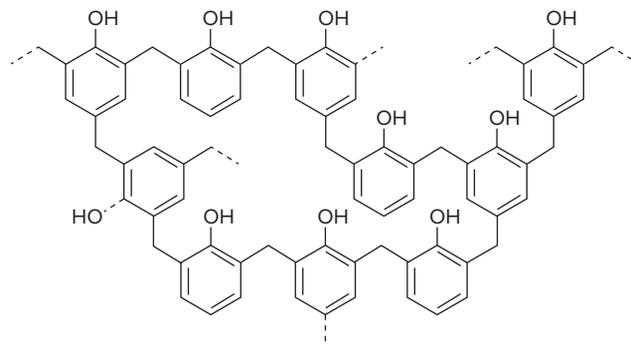
Formação da baquelite.

A reação de substituição que ocorre pode ser melhor visualizada a seguir.



Reação de substituição que ocorre na produção da baquelite.

Como o grupo hidroxila ($-\text{OH}$) é *orto-para* dirigente, o fenol sofre substituição nas duas posições *orto* e na posição *para*. Essa característica permite a geração de um polímero **tridimensional** e, conseqüentemente, **termofixo**, que deve ser moldado logo após a polimerização.



Estrutura tridimensional da baquelite.

A baquelite apresenta boas propriedades como isolante elétrico, é resistente ao impacto e, por ser um material termofixo, é muito resistente ao calor. É utilizada na fabricação de cabos e alças de panelas, materiais elétricos, como tomadas e interruptores, e aparelhos de telefone.

Compósitos de baquelite laminada com lâminas de celulose sob alta pressão geram a fórmica, utilizada no revestimento de móveis.



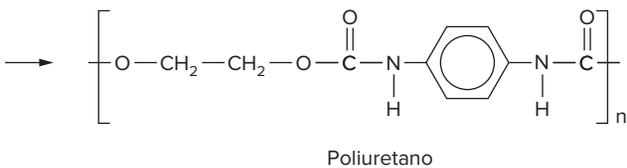
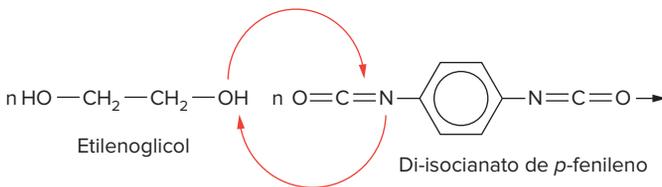
Alças de panela feitas de baquelite.



Telefone antigo feito de baquelite.

Poliuretanos

Trata-se de um copolímero obtido pela reação de um diol com um di-isocianato. O poliuretano mais comum é formado na reação do di-isocianato de *p*-fenileno e etilenoglicol.



Formação do poliuretano.

! Atenção

Observe que nessa reação também não há formação de uma molécula menor, mas o polímero é considerado um polímero de condensação, pois a reação de formação é de substituição.

Os poliuretanos podem ser rígidos, macios, flexíveis e ter propriedades elásticas, dependendo do tipo de monômero usado e das condições reacionais. A adição de solventes voláteis no processo de polimerização gera espumas de poliuretano, que têm diversas aplicações, como em colchões, espumas de forração, isolantes térmicos e acústicos.



Espuma de poliuretano.



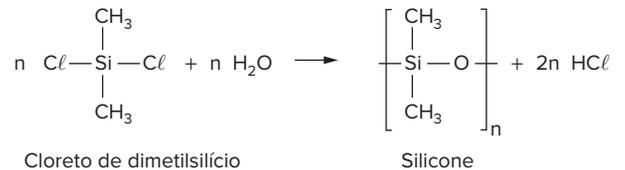
Espuma de poliuretano usada como isolante.



Espuma de poliuretano usada na construção.

Silicones

Polímeros termoplásticos, em que o elemento característico é o silício (Si) e sua composição contém átomos de silício e oxigênio alternados. Uma das variedades de silicone é obtida pela reação do cloreto de dimetilsilício com H_2O .



Formação de silicone.

A viscosidade dos silicones depende do tamanho das cadeias poliméricas. Os vários tipos de silicones podem ser utilizados como borrachas para vedação de janela e boxes de banheiro, na confecção de próteses humanas, chupetas e bicos de mamadeiras, na produção de formas utilizadas na culinária, brinquedos, produtos de impermeabilização etc.



Próteses de mama feitas de silicone.



Formas de silicone.



Prótese humana feita de silicone.

Saiba mais

Identificação do material plástico

Muitos produtos feitos de materiais plásticos apresentam um código de identificação da resina, normalmente um número de 1 a 7 dentro de um triângulo de três setas e, sob ele, uma abreviatura, cujo objetivo é indicar o tipo particular de plástico do qual o produto é feito. Esse código normalmente é colocado na base do recipiente ou no verso da embalagem que contém o produto. Os códigos de identificação têm por objetivo facilitar a recuperação dos recipientes plásticos descartados com o resíduo sólido urbano, uma vez que auxiliam sua separação e posterior reciclagem.

O sistema de código de identificação de resinas do SPI (*Society of Plastics Industry, Inc.*) serviu como base para a norma ABNT NBR 13230, de 1994 – *Simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos*, que atualmente está em processo de revisão. Os símbolos de identificação dos materiais plásticos são apresentados a seguir. Os seis materiais identificados pelos símbolos são os plásticos que predominam no mercado.



Revisando

- Polímeros são _____ formadas pela união de muitas moléculas menores denominadas _____.
- Os dois principais tipos de polímeros são classificados quanto ao tipo de reação que os produz, são os polímeros de _____ e os de _____.
- Polímeros formados por um único tipo de monômero são ditos _____. Polímeros formados por dois tipos de monômeros são ditos _____.
- Os dois principais tipos de polímeros de condensação são _____ e _____.

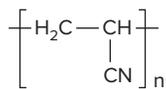
5. Existem três tipos de polímeros de adição. Para cada um deles, escreva o esqueleto carbônico relacionado com o monômero.
- Vinílicos:

 - Acrílicos:

 - Diênicos:
6. Os polímeros PE e PP são produzidos a partir da polimerização do etileno (eteno) e do propileno (propeno), respectivamente.
- Escreva a equação da reação de polimerização na obtenção do polímero PP.

 - Escreva a equação da reação de polimerização na obtenção do polímero PE.
7. A partir do monômero 2-clorobuta-1,3-dieno, é obtido o poli-2-clorobut-2-eno, conhecido comercialmente como neoprene. Escreva a reação de obtenção do neoprene.

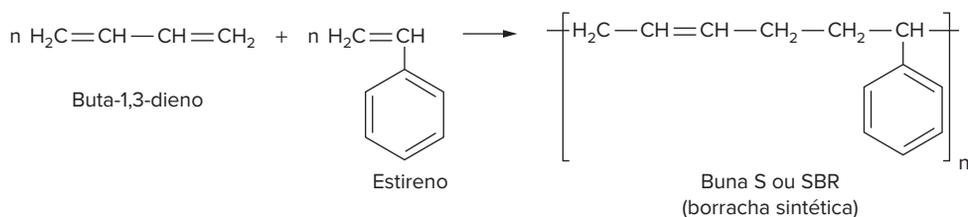
8. A poliacrilonitrila é um homopolímero de adição que pode ser empregado na obtenção de fibras utilizadas em substituição à lã natural para a produção de tapetes, carpetes, malhas de inverno e cobertores. Sua estrutura pode ser representada por:



Poliacrilonitrila

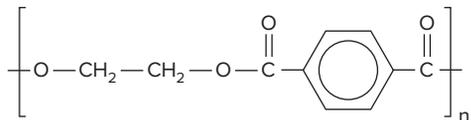
Represente a estrutura do monômero (acrilonitrila) que dá origem à poliacrilonitrila.

9. A principal borracha utilizada na banda de rodagem dos pneus é a Buna S ou SBR (*Styrene Butadiene Rubber*). Ela é produzida a partir da seguinte reação:



A Buna S é um homopolímero ou um copolímero? Justifique.

10. O politereftalato de etileno, mais conhecido pelo termo PET, é um copolímero termoplástico formado pela reação de esterificação entre um ácido dicarboxílico (ácido tereftálico) e o etilenoglicol. Sua estrutura é representada por:

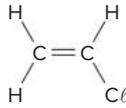


PET ou poli(tereftalato de etileno)

Represente as fórmulas estruturais dos dois monômeros que podem ser utilizados diretamente na síntese do PET.

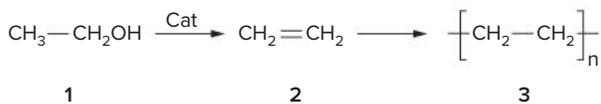
Exercícios propostos

1. **Uefs-BA 2018** Considere a fórmula a seguir.



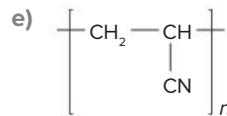
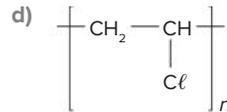
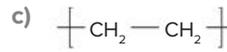
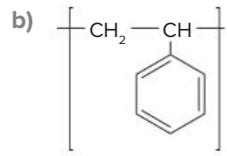
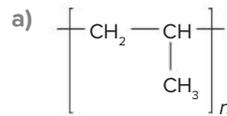
O composto representado por essa fórmula é matéria-prima para a obtenção do polímero conhecido como

- polietileno.
 - teflon.
 - poliestireno.
 - náilon.
 - PVC.
2. **Unioeste-PR 2012** Atualmente, tem-se discutido muito as alterações que estão ocorrendo pelo mundo. Dentre elas, alterações climáticas, problemas do lixo doméstico e eletrônico. Muitas propostas estão sendo discutidas para reverter a situação. Entre elas podemos destacar a aplicação do polietileno verde em substituição ao polietileno obtido do petróleo. O plástico verde é fabricado a partir do etanol (reação mostrada a seguir) da cana-de-açúcar e é 100% de matéria-prima renovável. O emprego do polímero verde é uma alternativa para o uso do produto em embalagens.

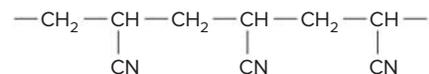


Com relação à reação apresentada, é **correto** afirmar que

- são reações que levam à formação de um produto final (produto 3) insaturado.
 - o composto 1 tem um C com hibridização sp^3 e os compostos 2 e 3 têm hibridização sp^2 .
 - o composto 1 é um enol, o composto 2 um alceno.
 - o composto 2 apresenta isomeria *cis-trans*.
 - as reações que ocorrem são de desidratação e polimerização.
3. **UPF-RS 2021** Em função da pandemia de Covid-19, o Ministério da Saúde orientou a população a produzir as próprias máscaras caseiras. Entre os materiais que foram recomendados, para que se garanta a eficiência na proteção, está o tecido não tecido (TNT), amplamente utilizado em produtos descartáveis hospitalares (aventais, máscaras, luvas, babadores, toucas, entre outros). A matéria-prima do TNT é o polipropileno, uma resina termoplástica polimérica produzida a partir do gás propileno (um subproduto do petróleo). A alternativa que corresponde à representação do monômero do referido polímero é:



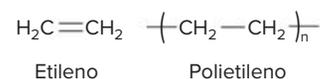
4. **Fatec-SP** Orlon, uma fibra sintética, é obtido da polimerização por adição de um dado monômero, e tem a estrutura a seguir:



O monômero utilizado na síntese desse polímero é:

- $\text{CH}_3-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CN}$
- $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- CH_3-CN
- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$

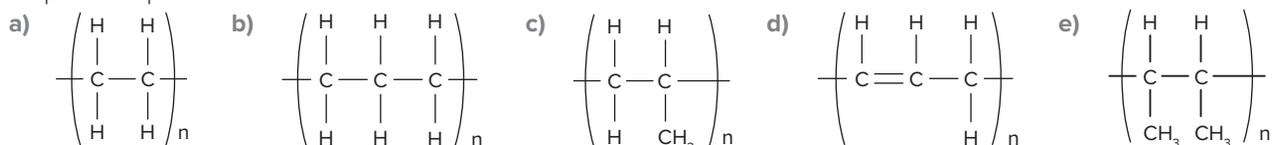
5. **Cefet-MG** O polietileno, obtido a partir do etileno, é um polímero com alta resistência à umidade e ao ataque de substâncias químicas, também utilizado em embalagens diversas, brinquedos, utensílios domésticos, etc.



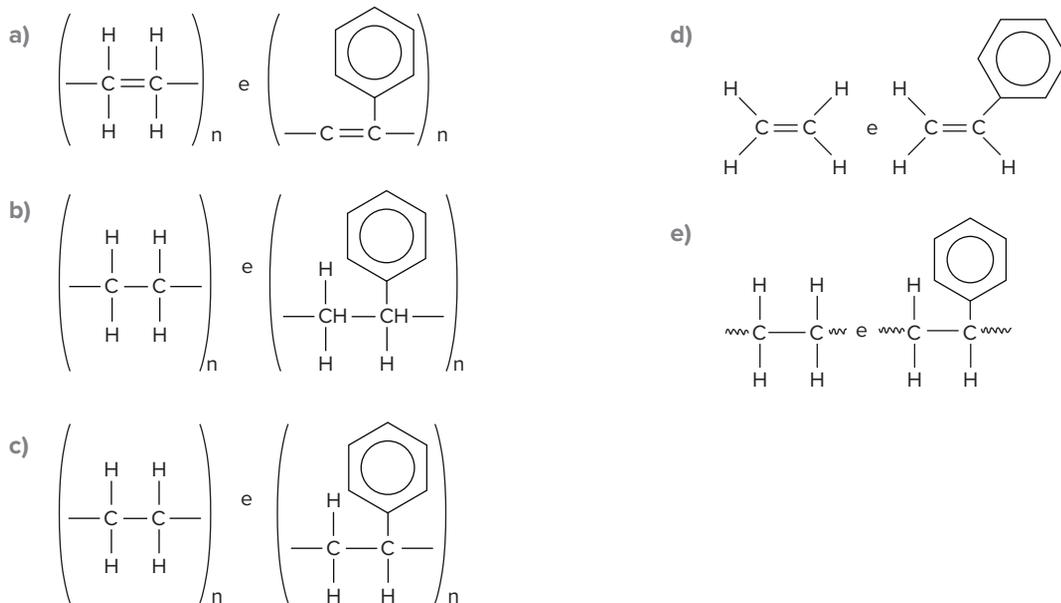
Em relação às estruturas, é **correto** afirmar que

- o polietileno é formado a partir da quebra da dupla ligação do etileno.
- a geometria molecular dos carbonos nos dois compostos é tetraédrica.
- as interações presentes no polietileno o fazem líquido à temperatura ambiente.
- a força intermolecular predominante em ambas é a dipolo permanente-dipolo permanente.

6. **UFT-TO** O polipropileno é utilizado para produzir fibras de roupas, cordas, tapetes, para-choques de automóveis, dentre outros. Este é produzido através de reações sucessivas de adição de propileno (propeno). Qual é a estrutura do polímero produzido:



7. **UEPB 2012** As representações **corretas** para as estruturas dos polímeros polietileno e poliestireno, respectivamente, são:



Texto para a questão 8.

Os polímeros são macromoléculas constituídas por um conjunto de átomos que se repete várias vezes. Este conjunto de átomos que se repete é denominado unidade repetitiva. Os polímeros são obtidos a partir de reações químicas entre espécies designadas de monômeros. O quadro a seguir contém informações relevantes para a compreensão da estrutura de alguns polímeros, além de usos destes em materiais conhecidos.

Polímero	Monômero	Unidade repetitiva	Usos
Polietileno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C}=\text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{---C---C---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Fabricação de recipientes (sacos, garrafas, baldes), brinquedos infantis, no isolamento de fios elétricos etc.
Polipropileno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C}=\text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---CH---CH}_2\text{---} \end{array}$	Fabricação de artigos moldados e fibras.
Policloreto de vinila	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C}=\text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{---C---C---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$	Com ele, são fabricadas caixas, telhas, canos etc. Com plastificantes, o PVC torna-se mais mole, prestando-se então para a fabricação de tubos flexíveis, luvas, sapatos etc.

Polímero	Monômero	Unidade repetitiva	Usos
Poliestireno			Presta-se muito bem à fabricação de pratos, copos, xícaras etc. É bastante transparente. Com a injeção de gases a quente no sistema, durante a produção do polímero, ele se expande e dá origem ao isopor.
Polimetacrilato			Muito usado como vidro plástico. É muito empregado na fabricação de lentes para óculos infantis, em para-brisas de aviões etc.
Poli-isopreno			Este polímero possui a mesma fórmula da borracha natural (látex) e é muito empregado na fabricação de carcaças de pneus.

Quadro 1: Alguns exemplos de polímeros e dos monômeros de que são derivados.

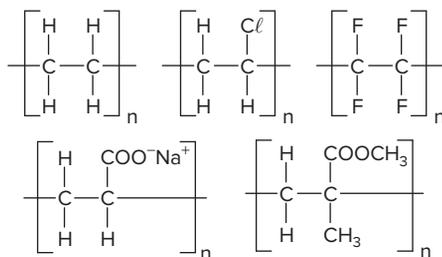
8. UEPB 2012 Julgue as afirmativas a seguir:

- I. Na polimerização para formação de todos os polímeros do Quadro 1 ocorre quebra de ligação dupla carbono/carbono das unidades monoméricas.
- II. O poli-isopreno é o único polímero do Quadro 1 usado para a fabricação de isopor.
- III. O polimetacrilato possui carbono assimétrico e é muito utilizado para a confecção de materiais transparentes.
- IV. O PVC é um polímero bastante empregado nas estruturas de abastecimento de água em residências.
- V. Todos os monômeros do Quadro 1 são hidrocarbonetos insaturados.

Estão **corretas**:

- a) I, III e IV, apenas.
- b) II, III, IV e V, apenas.
- c) I e IV, apenas.
- d) II e V, apenas.
- e) todas.

9. Fuvest-SP Constituindo fraldas descartáveis, há um polímero capaz de absorver grande quantidade de água por um fenômeno de osmose, em que a membrana semipermeável é o próprio polímero. Dentre as estruturas a seguir,



aquela que corresponde ao polímero adequado a essa finalidade é a do:

- a) polietileno.
- b) poli(acrilato de sódio).
- c) poli(metacrilato de metila).
- d) poli(cloreto de vinila).
- e) politetrafluoroetileno.

10. **FGV-SP** Na tabela, são apresentadas algumas características de quatro importantes polímeros.

Polímero	Estrutura química	Usos
X	$\left(\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right)_n$	Isolante elétrico, fabricação de copos, sacos plásticos, embalagens de garrafas.
Y	$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right)_n$	Fibras, fabricação de cordas e de assentos de cadeiras.
Z	$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right)_n$	Embalagens descartáveis de alimentos, fabricação de pratos, matéria-prima para fabricação do isopor.
W	$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right)_n$	Acessório de tubulações, filmes para embalagens.

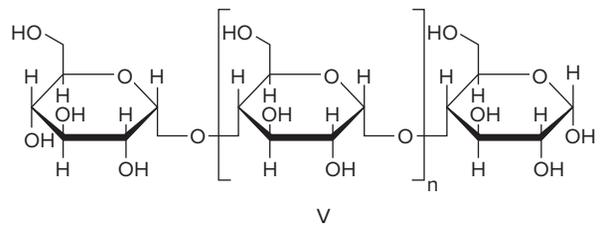
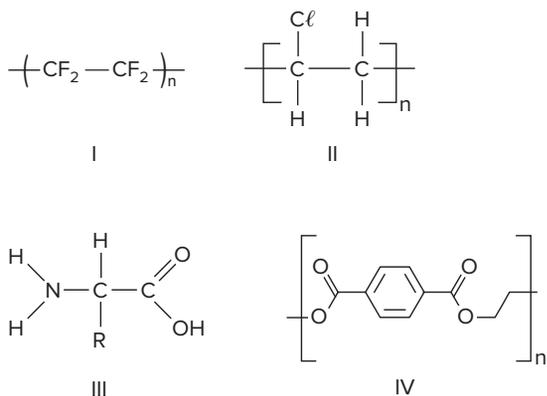
Polipropileno, poliestireno e polietileno são, respectivamente, os polímeros:

- a) X, Y e Z. d) Y, Z e X.
 b) X, Z e W. e) Z, Y e X.
 c) Y, W e Z.

11. **UPE/SSA 2016** A picanha é um tipo de corte de carne bovina tipicamente brasileiro. Uma porção de 100 g de picanha contém 38% de proteínas, 35% de gordura saturada e 17% de colesterol. A seguir, é indicado um procedimento para a preparação de um hambúrguer de picanha. Peça para moer 800 g dessa carne, com 80 g da capa de gordura. Divida a carne em quatro partes e molde hambúrgueres com 10 cm de diâmetro. Em seguida, coloque em uma assadeira forrada com papel-manteiga, cubra com filme de PVC e leve à geladeira, por duas horas. Aqueça bem uma frigideira de teflon e unte-a com óleo. Depois, coloque a carne e tempere a parte superior com sal e pimenta. Doure por seis minutos. Vire e tempere novamente. Doure por mais cinco minutos e cubra com fatias de queijo.

Disponível em: <http://m.folha.uol.com.br/comida>. (Adapt.)

Observando a estrutura de alguns polímeros listados a seguir:



Assinale a alternativa que corresponde aos polímeros utilizados na preparação desse hambúrguer de picanha.

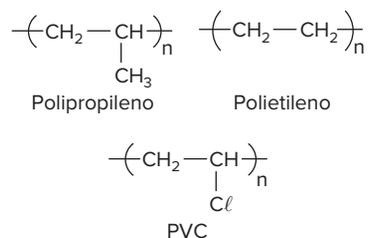
- a) I e II. c) II e III. e) IV e V.
 b) III e IV. d) III e V.

12. **Mackenzie-SP 2012** Os polímeros são macromoléculas sintéticas ou naturais formados por unidades estruturais menores denominadas monômeros. O processo de polimerização pode ocorrer por adição ou condensação, sendo que os polímeros de adição são formados a partir de um mesmo monômero que possui uma ou mais insaturações em sua estrutura. Os polímeros diênicos, como o poliisopreno, sofrem preferencialmente uma reação de polimerização de adição 1,4. Assim, analisando as fórmulas estruturais dadas, o monômero alcadiênico que sofre reação de polimerização por adição 1,4 é

- a) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ d)
- b) $\text{HC} = \text{CH}_2$ e) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \underset{\text{CH}_2}{\text{C}} - \text{CH}_3$
- c) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH} = \text{CH}_2$

13. **Unesp** Certos utensílios de uso hospitalar, feitos com polímeros sintéticos, devem ser destruídos por incineração em temperaturas elevadas. É essencial que o polímero escolhido para a confecção desses utensílios produza a menor poluição possível quando os utensílios são incinerados.

Com base neste critério, dentre os polímeros de fórmulas gerais



podem ser empregados na confecção desses utensílios hospitalares:

- a) o polietileno, apenas.
 b) o polipropileno, apenas.
 c) o PVC, apenas.
 d) o polietileno e o polipropileno, apenas.
 e) o polipropileno e o PVC, apenas.

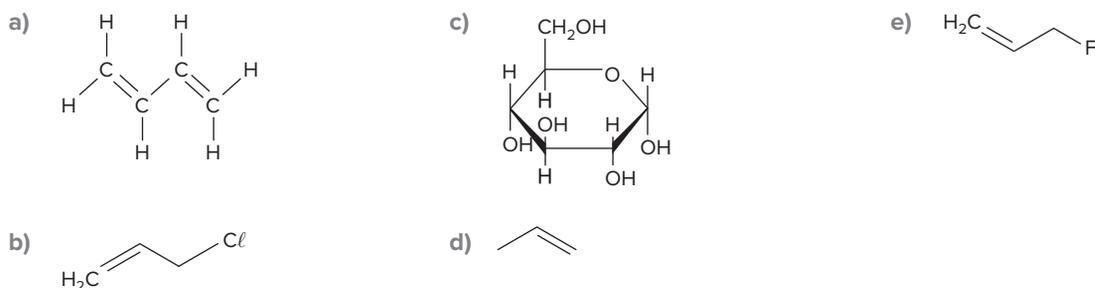
- 14. UEM/PAS-PR 2017** Não há dúvida quanto à importância da reciclagem de alguns materiais. Nas grandes cidades, são parte da paisagem urbana os contêineres ou cestos para coleta de materiais recicláveis. Sobre o assunto, assinale o que for correto.
- 01** As embalagens PET são polímeros, cuja obtenção ocorre a partir do petróleo.
- 02** O petróleo, após um processo de destilação fracionada, produz interações moleculares formando macromoléculas cristalinas.
- 04** O papel é produzido a partir da celulose, um polissacarídeo formado pela ligação de milhares de monômeros de glicose produzidos durante a fotossíntese.
- 08** A principal fonte de matéria-prima para a produção de vidro é o óxido de silício ou sílica (SiO_2), obtida a partir da extração de areia.
- 16** A reciclagem consiste no reaproveitamento e na transformação dos restos orgânicos em hidrocarbonetos que poderão ser utilizados pelas indústrias.

Soma:

- 15. UPE 2014** O látex do sapotizeiro era usado como goma de mascar pelos maias e astecas, que o chamavam de chicle. Após a Segunda Guerra (1939-1945), as resinas naturais utilizadas no chiclete foram substituídas por substâncias sintetizadas a partir do refino do petróleo.

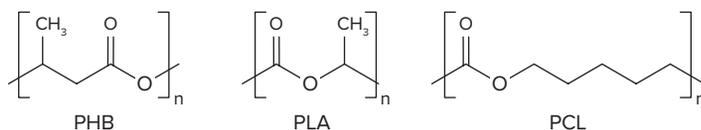
Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-surgiu-e-como-e-feito-o-chiclete>. (Adapt.)

Assinale a alternativa que contém o monômero que se constitui como a principal matéria-prima de um dos produtos citados no texto.



- 16. FGV-SP** Charles Goodyear descobriu, no século XIX, um novo processo, deixando cair borracha e enxofre casualmente no fogo. Essa matéria-prima é utilizada na fabricação de pneus. Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é o destino dos pneus usados. O uso de pneus na composição do asfalto de ruas e estradas é uma forma de reduzir esse impacto. O processo desenvolvido por Goodyear recebe o nome de:
- a) combustão. d) ustulação.
- b) destilação. e) vulcanização.
- c) sinterização.

- 17. Acafe-SC 2020** Os biopolímeros podem ser uma solução para o problema dos microplásticos no meio ambiente, uma vez que são rapidamente degradados. Alguns polímeros biodegradáveis estão representados nas figuras abaixo: poli(hidroxibutirato) – PHB, poli(ácido lático) – PLA e poli(ϵ -caprolactona) – PCL.



Em relação a estes compostos, analise as afirmações:

- I.** A presença do grupo carbonila nestes polímeros permite a formação de ligações intramoleculares do tipo ligações de hidrogênio.
- II.** Os polímeros biodegradáveis apresentados possuem a função carboxila na sua estrutura.
- III.** A substituição do radical metila por um radical etila na ramificação do PHB dará origem ao polímero poli(hidroxipentanoato).
- IV.** Os polímeros PHB e PLA possuem apenas ligações saturadas na cadeia carbônica.

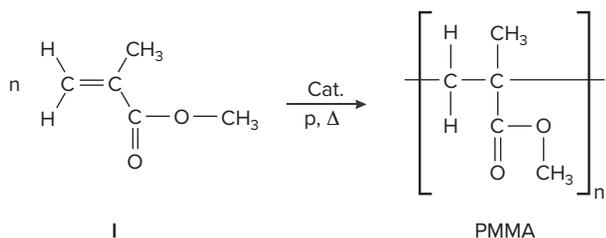
As afirmações corretas estão em:

- a) III e IV. c) I e IV.
- b) I e II. d) II e III.

18. UFSC 2017

Funcionárias passam mal após inalar poli(metilmetacrilato)

Em agosto de 2016, funcionárias da equipe de limpeza de uma empresa de Maceió precisaram de atendimento médico após limpar o chão do almoxarifado sem equipamentos de proteção individual. No local, dois vidros contendo poli(metilmetacrilato) haviam caído no chão e quebrado, liberando o líquido para o ambiente. Essa substância química é tóxica e tem causado danos irreparáveis quando utilizada em procedimentos estéticos. O poli(metilmetacrilato) – PMMA – também é conhecido como “acrílico” e pode ser obtido a partir da polimerização, sob pressão, da molécula representada como I no esquema a seguir, na presença de catalisador e sob aquecimento:



Disponível em: <http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2016/08/funcionarias-do-pam-salgadinho-passam-mal-ao-inalar-produto-toxico.html>. Acesso em: 14 ago. 2016. (Adapt.)

Sobre o assunto, é **correto** afirmar que:

- 01 o PMMA é um polímero de condensação.
- 02 a molécula de I apresenta a função orgânica éter.
- 04 a molécula de I apresenta isomeria geométrica.
- 08 a molécula de I é o monômero do PMMA.
- 16 a nomenclatura IUPAC de I é 2-metilprop-2-enoato de metila.
- 32 o catalisador, a pressão e o aquecimento influenciam a velocidade da reação de formação do PMMA.
- 64 o PMMA apresenta o radical metil ligado a um átomo de carbono insaturado.

Soma:

19. FMJ-SP 2016 Os monômeros buta-1,3-dieno e 2-clorobuta-1,3-dieno são muito utilizados na fabricação de borrachas sintéticas, sendo, este último, também conhecido como cloropreno, uma substância resistente a mudanças de temperatura, à ação do ozônio e ao clima adverso.

- a) Escreva as fórmulas estruturais dos monômeros mencionados.
- b) A partir do monômero 2-clorobuta-1,3-dieno é obtido o poli-2-clorobut-2-eno conhecido comercialmente como neopreno, um elastômero sintético. Escreva a reação de obtenção do neopreno a partir do cloropreno e indique o tipo de isomeria espacial que ocorre nesse elastômero.

20. Unimontes-MG 2014 A reciclagem de um polímero depende de sua composição e da possibilidade de esse material ser processado várias vezes sem perder

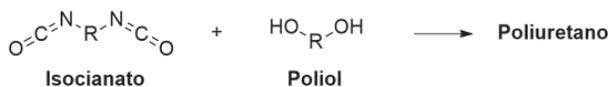
suas propriedades. Os tipos de polímeros e suas aplicações estão apresentados na tabela a seguir:

Tipos	Características	Exemplos de aplicações
Termoplásticos	Após aquecimento, podem ser moldados; podem ser fundidos ou dissolvidos em solvente para serem reprocessados.	CDs, garrafas PETs, divisórias.
Termorrígidos	Rígidos e frágeis. Embora sejam estáveis a variações de temperatura, o aquecimento para possível reprocessamento promove a decomposição do material; não podem ser fundidos.	Caixas d'água, piscinas, tomadas.
Elastômero	São elásticos e recuperam sua forma após cessar a aplicação de uma tensão; após sintetizados, não podem ser fundidos para possível reprocessamento.	Pneus, mangueiras.

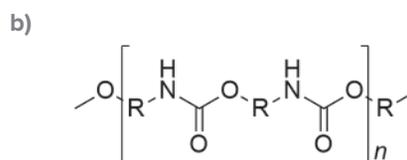
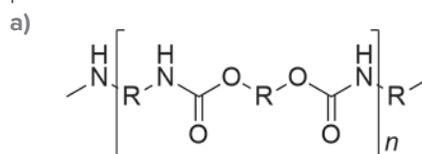
Considerando as características dos polímeros, podem ser reciclados:

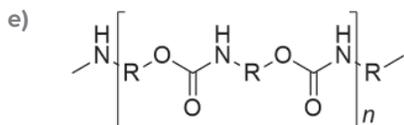
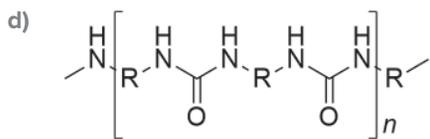
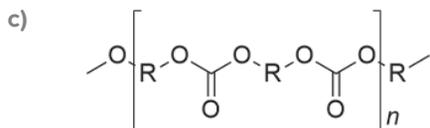
- a) os termoplásticos e os termorrígidos.
- b) apenas os termoplásticos.
- c) os termoplásticos e os elastômeros.
- d) apenas os elastômeros.

21. UFPR 2019 Os grandes protagonistas na Copa do Mundo de Futebol na Rússia em 2018 foram os polímeros, e não os jogadores. Os polímeros estavam presentes nos uniformes dos jogadores e na bola. O polímero que merece destaque é o poliuretano, utilizado para a impressão térmica dos nomes, números e logos nos uniformes, além de ser utilizado como couro sintético das bolas utilizadas na competição. O poliuretano é obtido a partir da reação entre um isocianato e um polioliol, conforme o esquema a seguir:

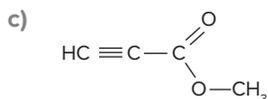
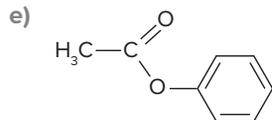
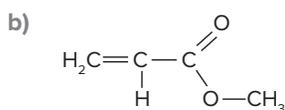
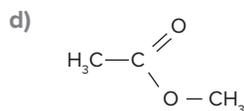
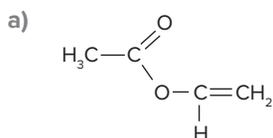


A estrutura química da unidade de repetição desse polímero é:

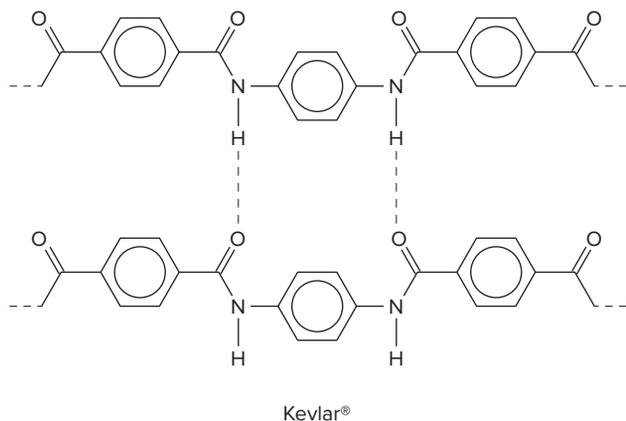




22. **UPF-RS 2019** O polímero poliacetato de vinila (PVA) é utilizado na fabricação de adesivos, tintas, gomas de mascar, entre outras aplicações. Seu monômero é o acetato de vinila. Marque a opção que indica corretamente a representação da fórmula estrutural desse monômero.

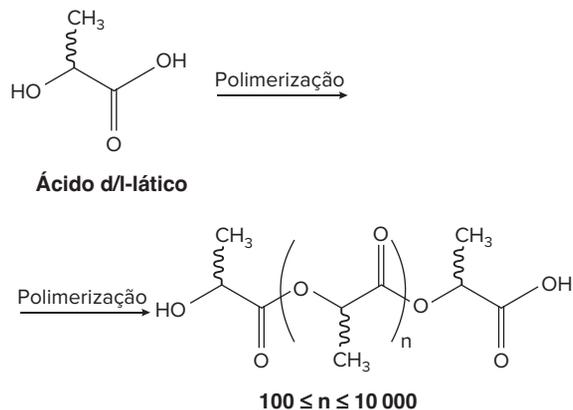


23. **Unesp** Kevlar® é um polímero de condensação com alta resistência ao calor e à tração, sendo empregado na confecção de esquis, coletes à prova de bala, roupas e luvas utilizadas por bombeiros, entre outras aplicações. A intensa atração existente entre as cadeias confere ao polímero propriedades excepcionais de resistência, que têm permitido utilizar cordas do Kevlar® em substituição aos cabos de aço.



Com base no exposto, qual a função orgânica nitrogenada que compõe a estrutura desse polímero? Dê a fórmula estrutural de seus monômeros e diga que tipo de interação existe entre as cadeias adjacentes.

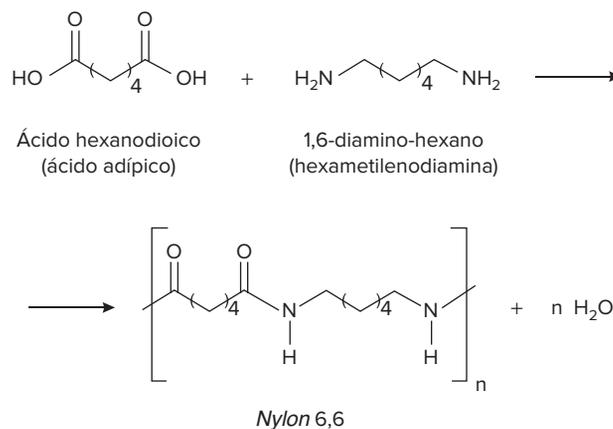
24. **Enem PPL 2015** O poli(ácido láctico) ou PLA é um material de interesse tecnológico por ser um polímero biodegradável e bioabsorvível. O ácido láctico, um metabólito comum no organismo humano, é a matéria-prima para produção do PLA, de acordo com a equação química simplificada:



Que tipo de polímero de condensação é formado nessa reação?

- a) Poliéster.
- b) Polivinila.
- c) Poliamida.
- d) Poliuretana.
- e) Policarbonato.

25. **Enem PPL 2015** O Nylon® é um polímero (uma poliamida) obtido pela reação do ácido adípico com a hexametilenodiamina, como indicado no esquema reacional.

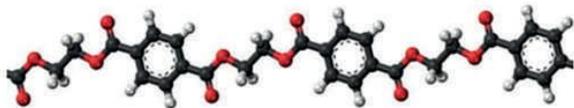


Na época da invenção desse composto, foi proposta uma nomenclatura comercial, baseada no número de átomos de carbono do diácido carboxílico, seguido do número de carbonos da diamina.

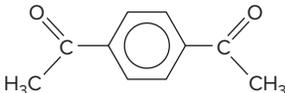
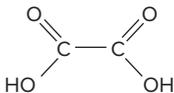
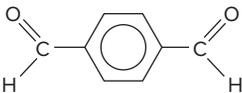
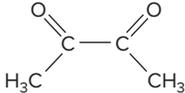
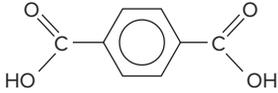
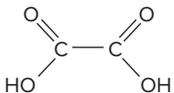
De acordo com as informações do texto, o nome comercial de uma poliamida resultante da reação do ácido butanodioico com o 1,2-diamino-etano é

- a) Nylon 4,3. d) Nylon 4,2.
b) Nylon 6,2. e) Nylon 2,6.
c) Nylon 3,4.

26. PUC-SP 2014 O polietilenotereftalato (PET) é um polímero de larga aplicação em tecidos e recipientes para bebidas gaseificadas. A seguir temos uma possível representação para a sua estrutura:



Assinale a alternativa que apresenta os dois monômeros que podem ser utilizados diretamente na síntese do polietilenotereftalato.

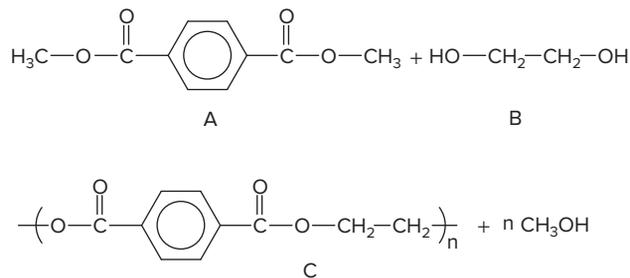
- a) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ 
- b) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ 
- c)  
- d)  
- e)  

27. UEM-PR 2020 Assinale o que for correto a respeito de polímeros.

- 01** O Kevlar é uma poliamida aromática, e o Nylon é uma poliamida alifática.
02 O PET usado em garrafas de refrigerantes é um polímero termoplástico obtido através de uma reação de condensação.
04 Materiais feitos de resina fenol-formaldeído, conhecida como baquelite, podem ser reciclados, obtendo-se novas peças através de seu amolecimento por aquecimento.
08 O plástico ABS, muito usado em para-choques de carros, é um copolímero composto de unidades de acrilonitrila, butadieno e estireno.
16 O polietileno (PE), o poliestireno (PS) e o policloreto de vinila (PVC) são polímeros vinílicos obtidos através de uma reação de adição.

Soma:

28. Udesc O poli(tereftalato de etileno), PET, é um termoplástico muito utilizado em garrafas de refrigerantes. Esse composto pode ser obtido da reação química representada pela equação:



Em relação aos compostos A, B e C e ao tipo de reação de polimerização, pode-se afirmar que o composto C é:

- a) um poliéster, produzido pela policondensação de um hidrocarboneto aromático e um diálcool.
b) uma poliamida, produzida pela policondensação de uma diamina aromática e um diálcool.
c) um poliéter aromático, produzido pela poliadição de um diéster e um diácido carboxílico.
d) um poliéster, produzido pela policondensação de um diéster e um diálcool.
e) um polímero vinílico, produzido pela poliadição de monômeros vinílicos.

29. UEM-PR 2015 Assinale o que for correto.

- 01** O polietileno é utilizado na fabricação de sacolas e brinquedos.
02 A baquelite é obtida pela condensação do hidroxibenzeno com formaldeído.
04 O silicone é um polímero que contém silício.
08 O monômero que origina o poliestireno apresenta cadeia carbônica aromática.
16 Os polímeros polipropileno e politetrafluoretileno são sintetizados por meio de reações de condensação.

Soma:

30. UEM-PR 2014 Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) a respeito de reações envolvendo produção e modificação de polímeros.

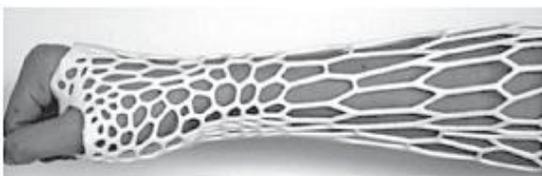
- 01** Nas reações de formação de polímeros de adição, como o PVC, há a geração de uma grande quantidade de subprodutos, que devem ser separados do produto final.
02 Um polímero de adição fabricado a partir de mais de um monômero recebe o nome de copolímero.
04 O processo de vulcanização diminui o número de ligações duplas na borracha natural, gerando ligações cruzadas entre diferentes cadeias do polímero através de pontes de enxofre.
08 Nas poliamidas, como o Náilon e o Kevlar, a presença de grupamentos amida é preponderante para as características de alta resistência desses

polímeros, devido a fortes interações entre as cadeias, como as ligações de hidrogênio.

- 16** O processo de polimerização por condensação envolve sempre dois monômeros diferentes e não gera subprodutos.

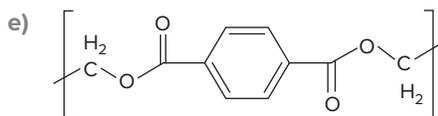
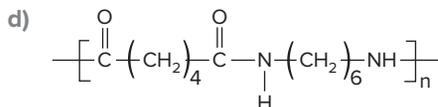
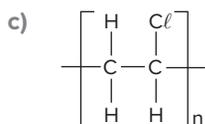
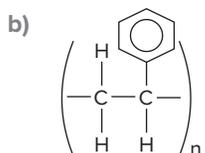
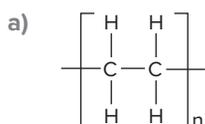
Soma:

- 31. UPE 2014** Impressoras 3D vêm revolucionando por causa da sua versatilidade. Um exemplo é a produção de exoesqueleto à base de polímeros, que podem substituir o gesso, como mostrado na figura a seguir.

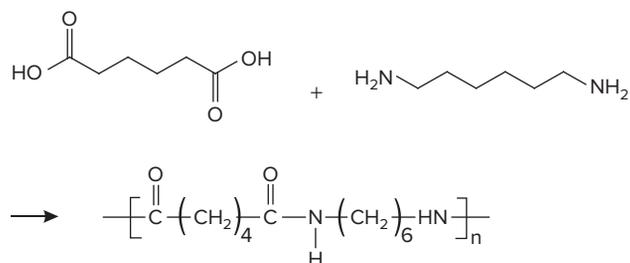


Disponível em: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/peca-impressa-em-3d-substitui-gesso-usado-em-fraturas>. (Adapt.)

O *nylon* é um material muito interessante para esse tipo de impressão, uma vez que produz peças flexíveis e muito resistentes. Um tipo de estrutura polimérica desse material é representado por



- 32. IFSC 2014** O *nylon* é uma fibra têxtil sintetizada em laboratório, que faz parte da classe dos polímeros. Atualmente, a fibra orgânica *nylon* possui uma vasta utilização, mas no início do século XX (1927) ela surgiu “meio tímida” para substituir a seda (de preço elevado). [...] Processo químico de obtenção do *nylon*.



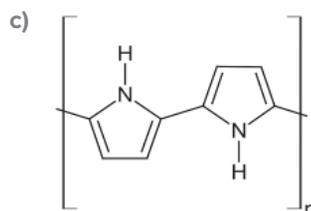
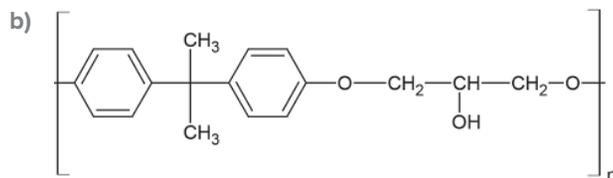
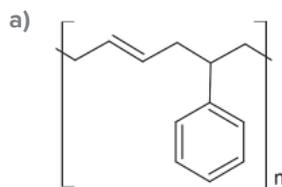
Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/nylon-um-polimero-resistente.htm>. Acesso: 1 abr. 2014.

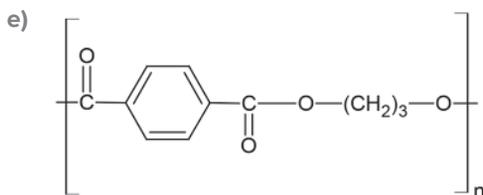
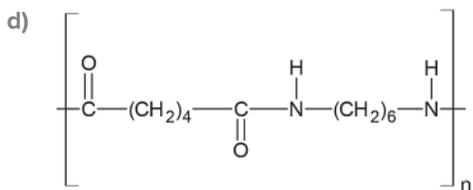
Com base no texto e na equação apresentados, assinale a alternativa **correta**.

- A soma das massas molares dos reagentes resultará na massa do polímero formado.
- A molécula resultante da reação apresentada é formada pela repetição do monômero apresentado, com fórmula estrutural igual a $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2\text{N}_2$.
- O *nylon* é um polímero de amina, ou seja, uma poliamina.
- Um dos reagentes para formar o famoso polímero é uma diamina chamada pentanodiamina.
- Um dos reagentes para formar o *nylon* é um ácido dicarboxílico chamado ácido hexanodioico.

- 33. Mackenzie-SP 2017** Os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores. O mais adequado seria chamá-los de “polímeros conjugados”, pois apresentam elétrons pi (π) conjugados.

Assinale a alternativa que contém a fórmula estrutural que representa um polímero condutor.





34. PUC-RS 2013 Analise o texto a seguir:

A sociedade moderna é bastante dependente de polímeros sintéticos. Essa dependência se manifesta em inúmeros produtos encontrados no cotidiano, a começar pelas garrafas de refrigerante, feitas de _____, e as sacolas de supermercado, feitas de _____. As juntas e tubulações por onde passa a água encanada são geralmente fabricadas com _____, um polímero que contém átomos de um halogênio em sua estrutura. O “isopor” é um produto constituído de _____, o qual pode ser dissolvido em acetona para formar uma cola muito resistente.

As palavras/expressões que preenchem correta e respectivamente as lacunas do texto estão reunidas em

- politereftalato de etileno – polietileno – policloreto de vinila – poliestireno.
- polietileno – polipropileno – polibutadieno – poliestireno.
- policarbonato – plástico verde – poliuretano – polipropileno.
- álcool polivinílico – PET – celuloide – poliamida.
- poliéster – polimetilmetacrilato – silicone – poliisopreno.

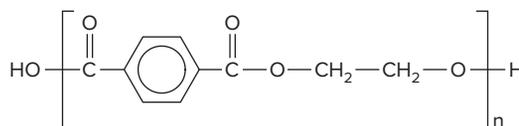
35. Enem 2014 Com o objetivo de substituir as sacolas de polietileno, alguns supermercados têm utilizado um novo tipo de plástico ecológico, que apresenta em sua composição amido de milho e uma resina polimérica termoplástica, obtida a partir de uma fonte petroquímica.

ERENO, D. Plásticos de vegetais. Pesquisa Fapesp, n. 179, jan. 2011 (adaptado).

Nesses plásticos, a fragmentação da resina polimérica é facilitada porque os carboidratos presentes

- dissolvem-se na água.
- absorvem água com facilidade.
- caramelizam por aquecimento e quebram.
- são digeridos por organismos decompositores.
- decompõem-se espontaneamente em contato com água e gás carbônico.

36. Enem 2013 O uso de embalagens plásticas descartáveis vem crescendo em todo o mundo, juntamente com o problema ambiental gerado por seu descarte inadequado. O politereftalato de etileno (PET), cuja estrutura é mostrada, tem sido muito utilizado na indústria de refrigerantes e pode ser reciclado e reutilizado. Uma das opções possíveis envolve a produção de matérias-primas, como o etilenoglicol (1,2-etanodiol), a partir de objetos compostos de PET pós-consumo.



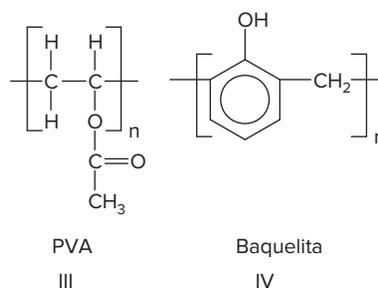
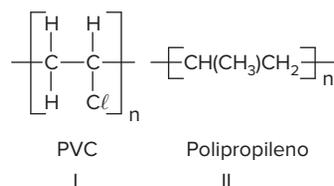
Disponível em: www.abipet.org.br. Acesso em: 27 fev. 2012 (Adapt.)

Com base nas informações do texto, uma alternativa para a obtenção de etilenoglicol a partir do PET é a

- solubilização dos objetos.
- combustão dos objetos.
- trituração dos objetos.
- hidrólise dos objetos.
- fusão dos objetos.

37. Fatec-SP A palavra “plástico” tem significado “de que pode ser moldado”. Contudo, no que diz respeito à plasticidade, os químicos dividem os polímeros em dois grupos: polímeros termoplásticos – quando aquecidos, amolecem e permitem que sejam moldados, adquirindo o formato desejado – e polímeros termofixos – ao serem aquecidos não amolecem e, caso o aquecimento continue, começam a se decompor.

A seguir, são dadas as estruturas moleculares de alguns compostos.

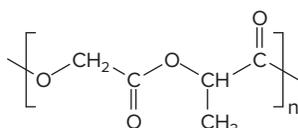


Com base nas estruturas apresentadas, pode-se afirmar que:

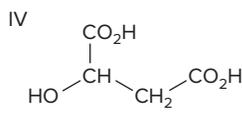
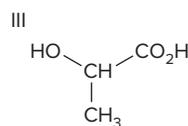
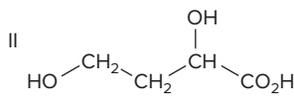
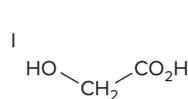
- todos são polímeros termoplásticos.
- I e II são polímeros termofixos.
- I e IV são polímeros termoplásticos.
- III e IV são polímeros termoplásticos.
- apenas IV é um polímero termofixo.

- 38. UPE 2016** Uma indústria produz uma resina utilizada para a fabricação de cabos para painéis. Essa matéria-prima é obtida pela condensação do
- etileno.
 - fenol com o metanal.
 - isopreno (2-metil 1,3-butadieno).
 - éster metílico do ácido tereftálico com o etilenglicol.
 - ácido adípico (ác. hexanodioico) com a hexametilenodiamina (hexan-1,6-diamina).

- 39. Fuvest-SP** Alguns polímeros biodegradáveis são utilizados em fios de sutura cirúrgica, para regiões internas do corpo, pois não são tóxicos e são reabsorvidos pelo organismo. Um desses materiais é um copolímero de condensação que pode ser representado pela figura:



Dentre os seguintes compostos os que dão origem ao copolímero citado são:

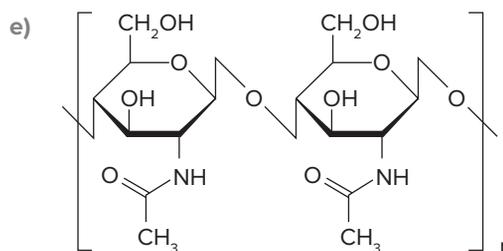
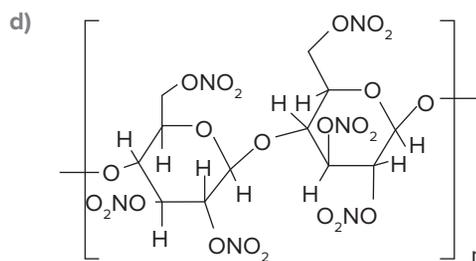
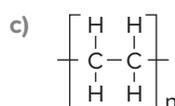
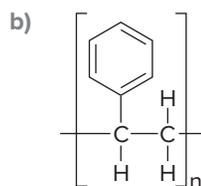
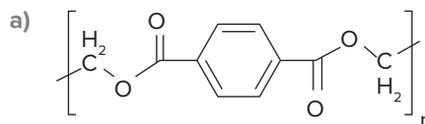


- I e III.
 - II e III.
 - III e IV.
 - I e II.
 - II e IV.
- 40. UPE 2017** Cerca de mil rolos de filmes foram queimados no incêndio que atingiu a Cinemateca Brasileira em São Paulo. O incêndio atingiu um dos quatro depósitos de armazenamento de filmes em suporte de polímero natural modificado, característico da produção cinematográfica

anterior à década de 1950. As películas eram compostas por um material que, pela sua composição físico-química, pode entrar em combustão espontânea, dependendo da temperatura no ambiente.

Adaptado de: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/cultura/noticia/2016-02/cerca-de-mil-rolos-de-filmes-sao-queimados-em-incendio-nacinemateca> (Acesso em: 10/07/2016)

Esse polímero é representado por:



Texto complementar

Reciclagem dos plásticos

Os plásticos levam muito tempo para se decompor, uma vez descartados como resíduos sólidos domésticos. São, em média, 500 anos para a decomposição de sacolas plásticas, 450 anos para fraldas descartáveis, 400 anos para embalagens de bebidas (PET), 150 anos para tampas de garrafas, 50 anos para copos plásticos, 150 anos para isopor (poliestireno expandido ou EPS). Os tipos de plásticos mais encontrados nos resíduos sólidos domiciliares são: PVC, PET, PEAD, PEBD, PP e PS.

Estima-se que o mundo utilize um milhão de sacolas plásticas por minuto. Uma forma de diminuir o volume de resíduos plásticos gerados é realizar a educação ambiental, voltada à minimização, com foco especial na redução de resíduos na fonte, propondo, por exemplo, substituir as sacolas plásticas distribuídas nos mercados por sacolas de tecido trazidas pelo próprio consumidor – o que significa aderir ao consumo sustentável. A fabricação de plásticos mais resistentes e retornáveis também é apresentada como alternativa para a redução do uso.

Uma das principais questões na reciclagem de resíduos plásticos é o sistema de coleta seletiva e triagem (considerando abrangência e eficiência), pois uma das dificuldades técnicas em se reciclar os resíduos plásticos pós-consumo está no fato de os diferentes tipos de resinas se encontrarem misturados. Uma das formas de fazer essa separação leva em conta características físicas e de degradação térmica dos plásticos. Plásticos com mesmas características são reciclados conjuntamente.

Outro ponto importante é a composição das embalagens, pois para uma eficiência do sistema de reciclagem é interessante que se usem embalagens compostas do menor número possível de resinas diferentes, bem como que se evite o uso excessivo de materiais com rótulos adesivos, aditivos, dentre outros contaminantes.

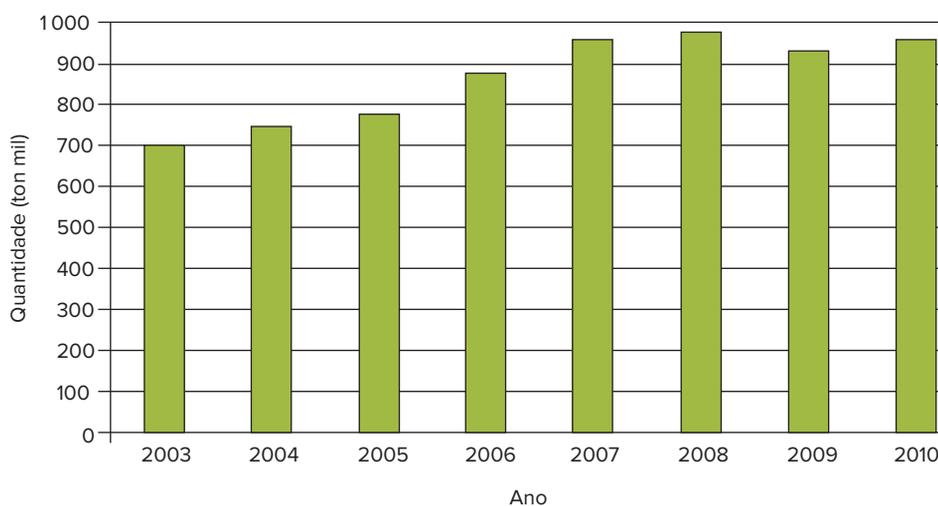
Por fim, o investimento em tecnologias de reciclagem mais avançadas, que possibilitem o processamento de vários tipos de plásticos e de embalagens compostas de várias camadas de resinas distintas, é um item a se considerar quando se objetiva processar os resíduos plásticos coletados e diminuir a quantidade desses resíduos encaminhados aos aterros sanitários. A reciclagem do plástico triado pode ser feita hoje por processo mecânico ou químico:

a) reciclagem mecânica

É o processo em que há conversão do resíduo plástico novamente em grânulos, para serem usados na fabricação de outros produtos, compostos somente de um ou de diversos tipos de resina. As etapas deste processo são:

- moagem dos plásticos (após passarem por coleta seletiva e triagem);
- lavagem com água, contendo ou não detergente;
- aglutinação (ou aglomeração) – secagem e compactação do material, com redução do volume direcionado à extrusora. O atrito do material com a máquina rotativa faz com que haja um aumento na temperatura, levando à formação de uma massa plástica;
- extrusão – fundição e homogeneização do material, tendo como produto final os *spaghettis*, tiras de plásticos a serem enviadas para fábricas de artefatos plásticos.

Segundo o Plastivida, em 2010, São Paulo contava com 324 empresas de reciclagem mecânica de plástico, de um total de 738 empresas, no Brasil. O gráfico a seguir apresenta os dados referentes à quantidade de plástico reciclado por reciclagem mecânica, no Brasil. Vale ressaltar que o PET é o que apresenta maior representatividade na indústria da reciclagem (54%). Apesar das dificuldades de gestão, especialmente na triagem e descontaminação dos resíduos, há um crescimento da indústria de reciclagem de plástico no Brasil.



Quantidade de plástico reciclado.

Fonte: Plastivida, 2010.

b) reciclagem química

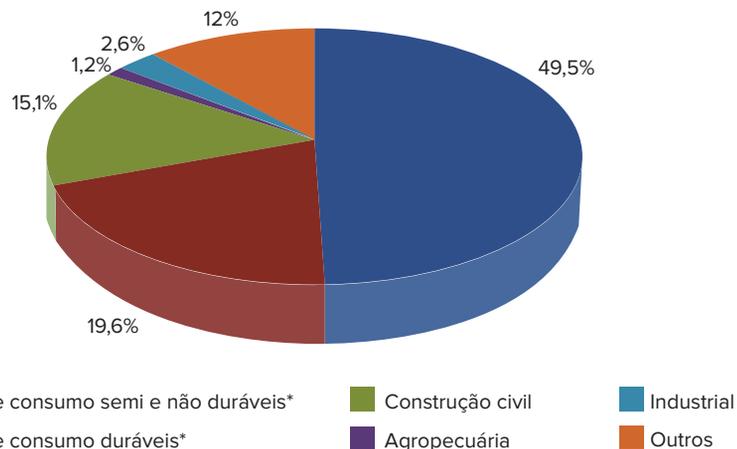
É o processo em que há utilização de compostos químicos para recuperar as resinas que compõem o resíduo plástico, mas ainda não está implantado no Brasil (Miller, 2008).

Usos do plástico reciclado

Resíduos de atividades rurais – O desenvolvimento crescente da cadeia de reciclagem dos resíduos plásticos ajuda a tornar ambientalmente mais sustentável o uso tão intenso deste material. Apesar de serem consideradas resíduos de atividades rurais, e não resíduos sólidos urbanos, as embalagens vazias de defensivos agrícolas, cujo recolhimento é exigido por lei no Brasil (Lei Federal nº 7.802, de 1989; Lei Federal nº 9.974, de 2000; e Decreto Federal nº 4.074, de 2002), são um excelente exemplo da dimensão e importância do desenvolvimento da cadeia de reciclagem dos plásticos.

O total de embalagens vazias de defensivos agrícolas recolhidas no Brasil, em 2011, correspondeu a 94% das embalagens primárias, o que torna o país referência mundial. Esta porcentagem equivale a, aproximadamente, 34 202 toneladas de plástico pós-consumo, das quais cerca de 92% foram recicladas (INPEV, 2012). São recicladas somente aquelas embalagens que passaram pelo processo de triplice lavagem na origem. As embalagens que não passaram pelo referido processo não podem ser recicladas.

Resíduos sólidos urbanos – O setor de fabricação de bens de consumo semi e não duráveis é o maior consumidor de reciclados de plástico, no Brasil, com um índice de 49,5%. Em seguida, vem o setor de produção de bens de consumo duráveis, com 19,6%, e o de construção civil, com 15,1%. A figura ilustra a distribuição dos Segmentos de Mercado da Pesquisa IRMP – índice de Reciclagem Mecânica de Plástico no Brasil – de 2010.



*Utilidades domésticas, têxtil, brinquedos, descartáveis, limpeza doméstica, calçados e acessórios.

**Automobilístico, eletroeletrônico e móveis.

Distribuição dos segmentos de mercado da IRMP no Brasil.

Fonte: PLASTIVIDA, 2010; CPLA/SMA, 2012. (Adapt.)

Quanto às embalagens de produtos alimentícios, o uso de material reciclado deve seguir as normas da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Em 2008, a ANVISA aprovou a Resolução RDC nº 20, de 26 de março de 2008, que permite o uso de PET reciclado para fins de embalagem de produtos alimentícios.

Novos plásticos

Conforme afirmado anteriormente, a origem de praticamente todo o plástico que se utiliza hoje é o petróleo, além do gás natural, ambos combustíveis fósseis não renováveis. Portanto, a busca por soluções ambientalmente sustentáveis para a cadeia do plástico passa, necessariamente, por considerar novas opções de matéria-prima de fabricação, de fontes renováveis (cana-de-açúcar, mandioca, milho e outros), bem como pelo desenvolvimento de plásticos com propriedades de (bio)degradabilidade e possibilidade de reciclagem. Algumas das características destes novos plásticos estão comparadas na tabela a seguir. Cabe aqui ressaltar que este é um segmento promissor e em plena evolução, com muitas pesquisas sendo desenvolvidas no momento, mas ainda poucas soluções comercialmente acessíveis.

Nomenclatura	Características	Vantagem/desvantagem
Bioplástico biodegradável e compostável	Fabricado a partir de matéria-prima de fonte renovável ou blenda de matéria-prima de fonte renovável e não renovável; 100% biodegradável e compostável. Exemplo: polietileno para aplicação em embalagem e na agricultura.	<ul style="list-style-type: none"> • Por ser biodegradável, pode contaminar os resíduos de plástico pós-consumo que serão triados para a reciclagem, o que é uma desvantagem em relação aos bioplásticos recicláveis; • se for fabricado a partir de blenda, a dependência de fonte não renovável é uma desvantagem em relação aos bioplásticos de fonte renovável; • a propriedade de biodegradabilidade, que implica o consumo integral dos fragmentos por micro-organismos no meio ambiente, decompondo-os em água e gás carbônico num curto período de tempo, é uma vantagem para algumas aplicações específicas.
Bioplástico reciclável	Fabricado a partir de matéria-prima de fonte renovável; reciclável e 100% compatível com polietileno produzido a partir de outras fontes. Exemplo: polietileno para aplicação em embalagem plástica.	<ul style="list-style-type: none"> • A matéria-prima de fonte renovável (ex.: cana-de-açúcar ou milho) é uma vantagem em relação ao bioplástico fabricado a partir de blenda com fonte não renovável (petróleo e gás natural); • a compatibilidade com os plásticos fabricados a partir da fonte não renovável é uma vantagem no processo de reciclagem.
Plástico oxibiodegradável	Fabricado a partir de matéria-prima de fonte não renovável; não é biodegradável – a tecnologia de fabricação emprega aditivos químicos que somente aceleram a fragmentação dos polímeros que compõem os plásticos. Exemplo: PEAD para aplicação em embalagens plásticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pode contaminar os resíduos de plástico pós-consumo que serão triados para a reciclagem; embora as pequenas partículas do plástico desapareçam a olho nu, o plástico continua presente na natureza; • os catalisadores empregados, contendo metais pesados como níquel, cobalto e manganês, e os pigmentos de tintas utilizados nos rótulos, se misturam ao solo e o contaminam, o que é uma desvantagem; • não é reciclável, o que é uma desvantagem em relação ao bioplástico reciclável.

Comparação entre plásticos produzidos com novas tecnologias.

Fonte: CPLA/SMA, 2009.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente et al. *Cadernos de educação ambiental: resíduos sólidos*. 2. ed. São Paulo: SMA, 2013. p. 90-5.

Polímeros

Polímeros (do grego *poly*: muitas; *mero*: parte) são macromoléculas (substâncias com massa molar elevada) formadas pela união (polimerização) de muitas moléculas menores denominadas monômeros.

Classificação dos polímeros

Quanto à origem

- Polímeros naturais: sintetizados por seres vivos.
- Polímeros sintéticos: obtidos industrialmente a partir de reações orgânicas de adição ou condensação.

Quanto ao comportamento mecânico

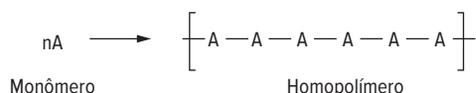
- Plásticos: materiais moldáveis, e que podem sofrer extrusão (passagem forçada através de um orifício para que adquiram forma alongada ou filamentosa).
- Elastômeros: apresentam elasticidade característica da borracha.
- Fibras: materiais poliméricos na forma de longos filamentos com grande resistência na direção da fibra.

Quanto ao comportamento térmico

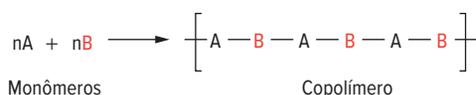
- Termoplásticos: polímeros que amolecem com o aumento da temperatura.
- Termofixos ou termorrígidos: polímeros de estrutura tridimensional que mantêm a sua estrutura (não amolecem) mesmo com o aumento da temperatura. Se o aumento de temperatura for mais intenso, eles sofrem decomposição.

Quanto à composição

- Homopolímeros: polímeros formados por um único tipo de monômero.



- Copolímeros: polímeros formados por mais de um tipo de monômero.



Quanto ao método de síntese

1. Polímeros de adição

Formados por sucessivas reações de adição. Os monômeros utilizados na produção desses polímeros apresentam, pelo menos, uma instauração na cadeia.

Polímeros vinílicos: formados por monômeros de etileno (eteno) ou a partir de um etileno substituído (radical vinil).

Monômero	Polímero
$n \text{ H}_2\text{C} = \text{CH}_2$ Etileno	$\left[\text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \right]_n$ Polietileno (PE)
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$ Propileno	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$ Polipropileno (PP)
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$ Cloreto de vinila	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$ Policloreto de vinila (PVC)
$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$ Tetrafluoretileno	$\left[\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array} \right]_n$ Teflon ou politetrafluoretileno
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}$ Estireno	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$ Poliestireno (PS)
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{O}}{\underset{\text{C}=\text{O}}{\text{CH}}}$ Acetato de vinila	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{O}}{\underset{\text{C}=\text{O}}{\text{CH}}} \right]_n$ Poliacetato de vinila (PVA)

Polímeros acrílicos: polímeros de adição cujos monômeros são derivados do ácido acrílico (ácido propenoico).

Monômero	Polímero
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{CN}}{\text{CH}}$ <p>Acrilonitrila</p>	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{CN}}{\text{CH}} \right]_n$ <p>Poliacrilonitrila</p>
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\begin{array}{c} \text{C} = \text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}}{\text{C}} \text{CN}$ <p>Cianoacrilato de metila</p>	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\begin{array}{c} \text{C} = \text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}}{\text{C}} \text{CN} \right]_n$ <p>Poli(cianoacrilato de metila)</p>

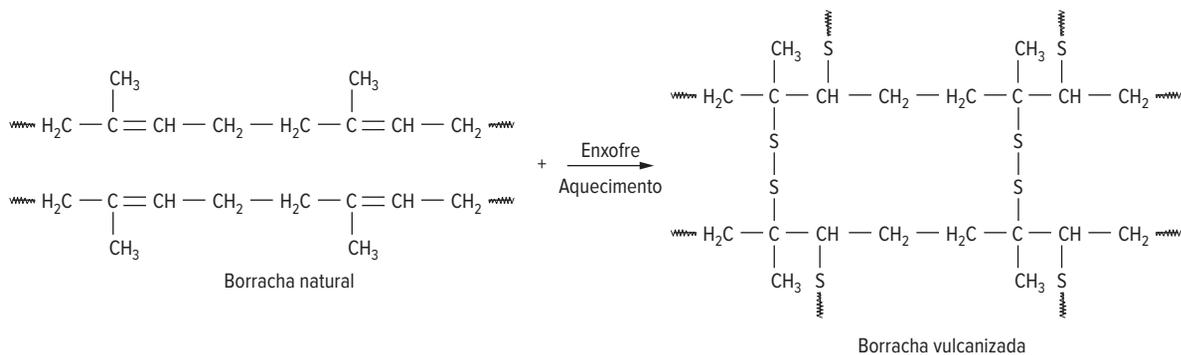
Polímeros diênicos (elastômeros): polímeros com propriedades elásticas formados a partir de um monômero com duas ligações duplas conjugadas (diêno conjugado).

Nesse tipo de polimerização de adição, ocorre a adição-1,4, na qual uma das ligações duplas migra para o meio da cadeia do monômero, conforme representado a seguir.



Monômero	Polímero
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$ <p>Metilbuta-1,3-dieno (isopreno)</p>	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$ <p>Borracha natural</p>
$n \text{ H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 + n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}$ <p>Buta-1,3-dieno</p> <p>Estireno</p>	$\left[\text{H}_2\text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$ <p>Buna S ou SBR (borracha sintética)</p>
$n \text{ H}_2\text{C} = \underset{\text{Cl}}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$ <p>Cloropreno</p>	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{Cl}}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$ <p>Neopreno</p>

Vulcanização: consiste em aquecer a borracha com enxofre (cerca de 3 a 8% em massa) sob altas pressões e temperatura. O que ocorre basicamente é a reação do enxofre com as ligações duplas, formando ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas com um, dois ou mais átomos de enxofre entre elas.



Vulcanização da borracha.

2. Polímeros de condensação

Formados por reações de substituição, nas quais ocorre a formação de uma molécula menor (H_2O , HCl etc.). Nesse tipo de polimerização, os monômeros apresentam funções orgânicas nas duas extremidades da cadeia.

Poliésteres: polímeros caracterizados pela repetição de grupos ésteres, que são produzidos normalmente a partir da reação entre monômeros com as funções ácido carboxílico e álcool.

Monômero	Polímero
$n \text{ HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ Etilenoglicol n Ácido tereftálico	 PET ou poli(tereftalato de etileno)
$n \text{ HO}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ Ácido láctico	 PLA

Poliâmidas e poliaramidas: polímeros caracterizados pela repetição de grupos da função amida, que são produzidos normalmente a partir da reação entre monômeros com as funções ácido carboxílico e amina.

Monômero	Polímero
n Ácido hexanodioico $n \text{ H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ 1,6-diamino-hexano	 Náilon-6,6
 hexano-6-lactama	 Náilon-6
$n \text{ H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$ <i>p</i> -diaminobenzeno n Cloreto de <i>p</i> -tereftaloila	 Kevlar

Outros polímeros de condensação:

Monômero	Polímero
$n \text{ HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} + n \text{ Cl}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Cl}$ <p style="text-align: center;">Bisfenol A Fosgênio</p>	$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} \right]_n$ <p style="text-align: center;">Policarbonato</p>
$n \text{ H}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})-\text{H} + n \text{ H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ <p style="text-align: center;">Fenol Metanal</p>	$\left[\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})(\text{CH}_2) \right]_n$ <p style="text-align: center;">Baquelite</p>
$n \text{ HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} + n \text{ O}=\text{C}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ <p style="text-align: center;">Etilenoglicol Di-isocianato de <i>p</i>-fenileno</p>	$\left[\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} \right]_n$ <p style="text-align: center;">Poliuretano</p>
$n \text{ Cl}-\text{Si}(\text{CH}_3)_2-\text{Cl} + n \text{ H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">Cloreto de dimetilsilício</p>	$\left[\text{Si}(\text{CH}_3)_2-\text{O} \right]_n$ <p style="text-align: center;">Silicone</p>

Quer saber mais?



Sites

<http://www.plastivida.org.br/images/temas/Tecnologia.pdf>.

Estudo sobre a decomposição de plásticos oxibiodegradáveis na natureza.

https://usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf/view.

Projeto temático sobre plásticos, suas características, usos, produção e impactos ambientais desses materiais.

http://www.fahor.com.br/publicacoes/saep/2010_analise_polimeros_biodegradaveis.pdf.

Artigo que analisa as medidas que estão sendo tomadas para reduzir o impacto de produtos plásticos no ambiente.

<http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/02/plastic.pdf>.

Artigo que descreve a classe dos plásticos inteligentes, apresentando a constituição química, informações históricas e formas de obtenção desses materiais.

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc23/a05.pdf>.

Artigo que discute as interações intermoleculares, mostrando uma possibilidade de trabalhar esses conceitos por meio de experimentos simples.

<http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/02/polimer.pdf>.

Artigo que discute o conceito de polímeros sintéticos e suas aplicações em diferentes produtos.

1. **PUC-Campinas** São muitos os compostos que apresentam cadeias carbônicas grandes, formadas por milhares de átomos, unidos entre si, formando polímeros. Entre os polímeros formados somente por átomos de carbono e de hidrogênio está:

- o PVC.
- a albumina.
- a celulose.
- o amido.
- o polipropileno.

2. **UFRRN** Em condições de catálise heterogênea, a altas temperaturas, o metano converte-se em acetileno e hidrogênio, segundo a equação:



A partir desse alcino, obtém-se uma grande variedade de compostos orgânicos que se constituem em matéria-prima para a obtenção de outros derivados, como:

- $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$
- $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COH}$
- $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{NH}_2\text{Cl} \rightarrow \text{CHClCHNH}_2$
- $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$

Entre os produtos obtidos a partir das reações apresentadas, aquele utilizado como matéria-prima na fabricação do policloreto de vinila (PVC) é:

- CH_3COH
- CHClCHNH_2
- $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$
- $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$

3. **PUC-PR** As embalagens “longa vida” reúnem, em uma única embalagem, vários materiais: 75% de papel, 20% de plástico e 5% de alumínio. O papel garante estrutura à embalagem. O polietileno protege contra umidade externa, oferece aderência entre as camadas e impede o contato do alimento com o alumínio. O alumínio evita a entrada de ar e luz, perda do aroma e contaminações.

Kit Resíduos, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, 2006.

Qual é a afirmação **incorreta**?

- A reação de adição é a soma de moléculas pequenas (monômeros) todas iguais entre si.
- O polietileno é usado para confecção de toalhas, cortinas, sacos plásticos, rolhas, baldes, canecas, garrafas, canos plásticos etc.
- Esse polímero é vinílico, o seu monômero apresenta o grupo vinila ($\text{CH}_2 = \text{CH} -$).
- O polietileno, o polipropileno, o poliestireno, o teflon, o poliéster e o náilon são polímeros de adição.
- O polietileno é largamente utilizado como isolante elétrico.

4. **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:

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

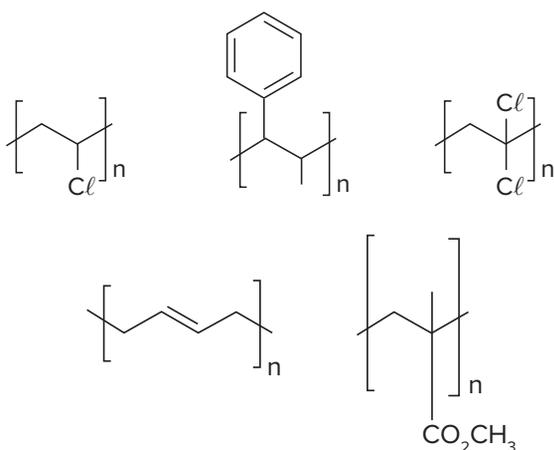
Soma:

5. **UEL-PR** O teflon $[-CF_2-CF_2-]_n$ é um polímero de alto peso molecular que possui aplicação tecnológica muito abrangente na sociedade moderna em função de suas propriedades de baixo coeficiente de atrito, baixa aderência, alta inércia química e por não apresentar baixo ponto de fusão (amolece acima de $350\text{ }^\circ\text{C}$). É aplicado em ceras, lubrificantes, tintas, frigideiras antiaderentes e como revestimento anticorrosivo, em diversas situações, na indústria. Essas propriedades podem ser explicadas pela análise do tipo de suas ligações químicas e pelas propriedades dos átomos envolvidos.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, é **correto** afirmar:

- a propriedade antiaderente pode ser justificada pela presença de átomos de flúor por toda a cadeia polimérica, que são átomos relativamente pequenos e com o valor mais alto de eletronegatividade da Tabela Periódica.
- sendo o flúor um átomo relativamente pequeno, ele pode escorregar facilmente entre as engrenagens, diminuindo o coeficiente de atrito.
- o teflon não funde, apenas amolece, devido à força da ligação iônica entre os átomos de flúor e os de carbono.
- o teflon possui grande inércia química devido ao fato de as ligações químicas envolvidas em sua molécula serem muito fracas.
- o teflon não apresenta interações do tipo Van der Waals entre suas moléculas por não apresentar hidrogênio em sua molécula.

6. **IME-RJ 2019** Considere as representações, não identificadas, dos seguintes polímeros: polibutadieno, poliestireno, poli(cloreto de vinila), poli(metacrilato de metila) e poli(cloreto de vinilideno).



Com base nessas estruturas, avalie as sentenças a seguir:

- O poli(cloreto de vinilideno) apresenta isomeria óptica enquanto o poli(cloreto de vinila) não apresenta isomeria óptica.
- O polibutadieno pode apresentar estereoisômeros *cis* e *trans*.

III. A massa molar do mero do poliestireno é maior do que a do mero do polibutadieno.

IV. A transesterificação do poli(metacrilato de metila) com etanol produz acetato de metila mais o poli(álcool vinílico).

É correto apenas o que se afirma nas sentenças:

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

7. **Unicamp-SP Marcas Esmacidas – Gel feito de látex natural é a mais recente promessa para combater rugas.** Um teste preliminar realizado com 60 mulheres de idade próxima a 50 anos indicou uma redução de 80% das rugas na região da testa e dos olhos, após quase um mês de uso diário de um gel antirugas feito de látex da seringueira.

Esses dados são parte de uma reportagem sobre farmacologia, divulgada pela *Revista n^o 157*.

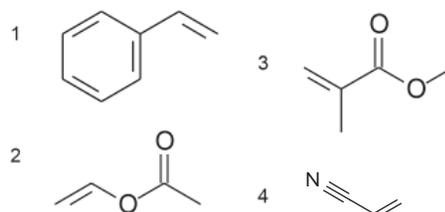
a) O látex natural, a que se refere o texto, é uma dispersão coloidal de partículas de polímeros que, após coagulação, leva à formação da borracha natural. A partir da estrutura dos monômeros fornecidos a seguir, represente dois polímeros do látex, usando 4 monômeros em cada representação.



b) Calcule a massa molar (g mol^{-1}) de um látex cuja cadeia polimérica, para efeito de cálculo, é constituída por 10.000 unidades do monômero.

8. **UCS-RS 2015** Polímeros são macromoléculas formadas por unidades químicas menores que se repetem ao longo da cadeia, chamadas monômeros. O processo de polimerização é conhecido desde 1860, mas foi somente no final do século XIX que se desenvolveu o primeiro polímero com aplicações práticas, o nitrato de celulose. A partir daí, com o conhecimento das reações envolvidas nesse processo e com o desenvolvimento tecnológico, foi possível sintetizar uma grande quantidade de novos polímeros. Atualmente, é tão grande o número desses compostos e tão comum a sua utilização, que é praticamente impossível “passar um único dia” sem utilizá-los. Os polímeros, apresentados na **COLUNA B**, são produzidos a partir da reação de polimerização dos monômeros listados na **COLUNA A**.

COLUNA A



COLUNA B

- Poliacetato de vinila
- Poliestireno
- Poliacrilonitrila
- Polimetacrilato de metila

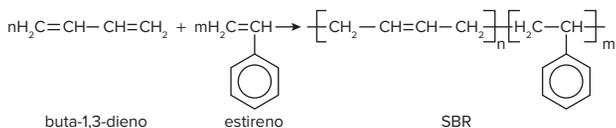
Associando a **COLUNA A** com a **COLUNA B**, de modo a relacionar o monômero que origina seu respectivo polímero, assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses, de cima para baixo.

- a) 2 – 1 – 4 – 3
- b) 1 – 2 – 4 – 3
- c) 4 – 3 – 2 – 1
- d) 3 – 2 – 4 – 1
- e) 1 – 3 – 4 – 2

9. **Unifesp** Os cientistas que prepararam o terreno para o desenvolvimento dos polímeros orgânicos condutores foram laureados com o Prêmio Nobel de Química do ano 2000. Alguns desses polímeros podem apresentar condutibilidade elétrica comparável à dos metais. O primeiro desses polímeros foi obtido oxidando-se um filme de *trans*-poliacetileno com vapores de iodo.

- a) Desenhe um pedaço da estrutura do *trans*-poliacetileno. Assinale, com um círculo, no próprio desenho, a unidade de repetição do polímero.
- b) É **correto** afirmar que a oxidação do *trans*-poliacetileno pelo iodo provoca a inserção de elétrons no polímero, tornando-o condutor? Justifique sua resposta.

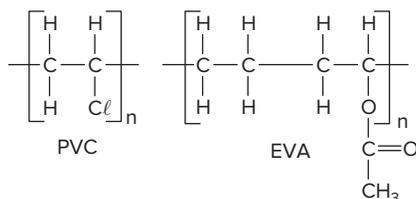
10. **UEM-PR 2018** SBR é uma borracha sintética usada na fabricação de pneus e pode ser obtida de acordo com a reação apresentada a seguir. Sobre esse assunto, assinale o que for **correto**.



- 01 SBR é um copolímero, pois é obtido a partir de dois monômeros diferentes.
- 02 SBR é um polímero de adição, obtido por meio da adição conjugada do estireno ao buta-1,3-dieno.
- 04 O aquecimento do SBR com enxofre causa uma melhora em suas propriedades elásticas, tornando-o menos sensível a mudanças de temperatura.
- 08 O aquecimento do SBR com enxofre é chamado de vulcanização.
- 16 O SBR é muito estável e não reage com o ozônio, um gás oxidante.

Soma:

11. **UFG-GO** Copolímeros de etileno com acetato de vinila (EVA) são miscíveis com policloreto de vinila (PVC). Essa mistura é empregada em solados, mangueiras e no isolamento de cabos elétricos. A estrutura desses materiais é representada a seguir.



A miscibilidade do copolímero EVA com o PVC pode ser explicada:

- a) pelo caráter polar do acetato de vinila.
- b) pelo baixo grau de ramificação do copolímero EVA.
- c) pela formação de pontes de hidrogênio.
- d) pela similaridade estrutural dos polímeros.
- e) pela diferença no grau de polimerização.

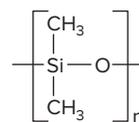
12. **Enem PPL 2017** Os polímeros são materiais amplamente utilizados na sociedade moderna, alguns deles na fabricação de embalagens e filmes plásticos, por exemplo. Na figura estão relacionadas as estruturas de alguns monômeros usados na produção de polímeros de adição comuns.



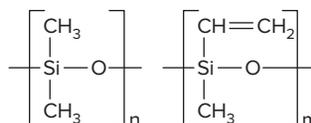
Dentre os homopolímeros formados a partir dos monômeros da figura, aquele que apresenta solubilidade em água é:

- a) polietileno
- b) poliestireno
- c) polipropileno
- d) poliacrilamida
- e) policloreto de vinila

13. **UFG-GO** A borracha de silicone MQ é um polimetilsiloxano que contém grupos metila, conforme a figura a seguir.



Com a introdução de alguns grupos vinila na molécula de MQ obtém-se a borracha metil-vinil-siliconada, VMQ.



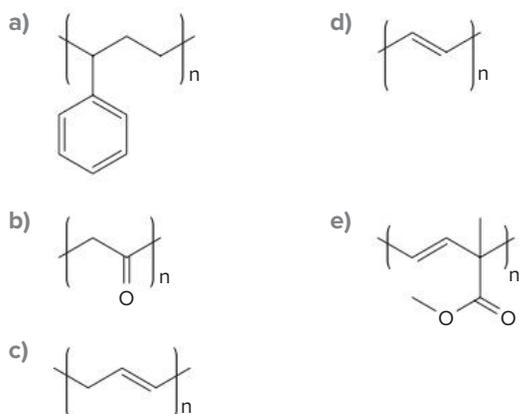
A borracha VMQ vulcaniza mais rapidamente que a borracha MQ como consequência

- a) do aumento das unidades monoméricas.
- b) da alternância entre grupos metil e vinil na cadeia polimérica.
- c) da introdução de insaturação no polímero.
- d) da maior massa molar do polímero VMQ.
- e) dos encadeamentos lineares.

14. Enem 2021 O Prêmio Nobel de Química de 2000 deu-se à descoberta e ao desenvolvimento de polímeros condutores. Esses materiais têm ampla aplicação em novos dispositivos eletroluminescentes (LEDs), células fotovoltaicas etc. Uma propriedade-chave de um polímero condutor é a presença de ligações duplas conjugadas ao longo da cadeia principal do polímero.

ROCHA FILHO, R. C. Polímeros condutores: descoberta e aplicações. *Química Nova na Escola*. n. 12, 2000 (adaptado).

Um exemplo desse polímero é representado pela estrutura



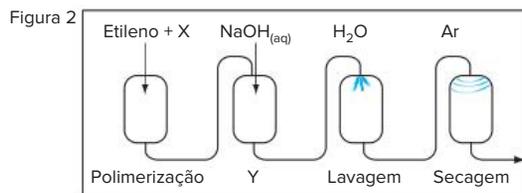
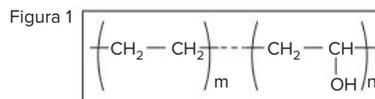
15. ITA-SP Assinale a opção que apresenta a fórmula molecular do polímero que pode conduzir corrente elétrica.

- a) $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)-}_n$
- b) -(CH=CH)-_n
- c) $\text{-(CF}_2\text{-CF}_2\text{)-}_n$
- d) $\text{-(CHCH}_3\text{-CH}_2\text{)-}_n$
- e) $\text{-(CHOH-CH}_2\text{)-}_n$

16. ITA-SP Assinale a opção que contém o polímero que melhor conduz corrente elétrica, quando dopado.

- a) Polietileno.
- b) Polipropileno.
- c) Poliestireno.
- d) Poliacetileno.
- e) Poli(tetrafluoretileno).

17. Fuvest-SP Para aumentar a vida útil de alimentos que se deterioram em contato com o oxigênio do ar, foram criadas embalagens compostas de várias camadas de materiais poliméricos, um dos quais é pouco resistente à umidade, mas não permite a passagem de gases. Esse material é um copolímero (fórmula na figura 1) e é produzido por meio de um processo de quatro etapas, esquematizado na figura 2.

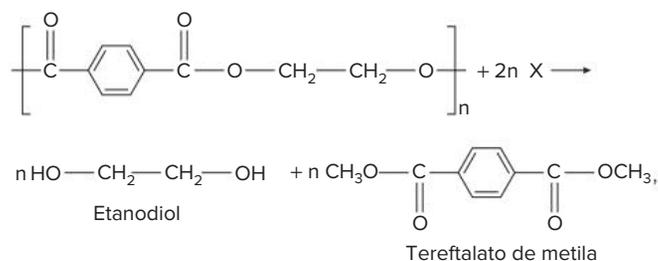


- a) Dentre os compostos, vinilbenzeno (estireno), acetato de vinila, propeno, propenoato de metila, qual pode ser o monômero X? Dê sua fórmula estrutural. (ver figura 3)
- b) Escreva a equação química que representa a transformação que ocorre na etapa Y do processo.

18. Uece A Petrobras é a maior usuária mundial de dutos flexíveis, que levam o petróleo dos poços até as plataformas. A flexibilidade é fundamental para que os dutos suportem condições hostis, como profundidade e movimentação do mar. Os dutos flexíveis são constituídos de camadas poliméricas e metálicas intercaladas. Com relação aos polímeros assinale a alternativa **correta**.

- a) Polímeros de condensação são obtidos pela reação de dois monômeros, com eliminação de uma substância mais simples. Ex.: reação de fenol e formaldeído com eliminação de água.
- b) Polímero de adição é a soma de monômeros pequenos todos diferentes entre si. Ex.: adição de etileno e cloreto de vinila.
- c) Copolímeros são polímeros obtidos a partir de monômeros pequenos e todos iguais entre si. Ex.: reação de moléculas de etileno para produzir o propileno.
- d) Nos polímeros lineares, as macromoléculas não são encadeadas. Ex.: polietileno.

19. Fuvest-SP O polímero PET pode ser preparado a partir do tereftalato de metila e etanodiol. Esse polímero pode ser reciclado por meio da reação representada por



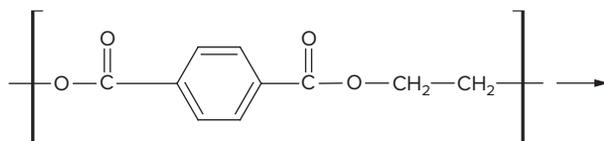
em que o composto X é:

- a) eteno.
- b) metanol.
- c) etanol.
- d) ácido metanoico.
- e) ácido tereftálico.

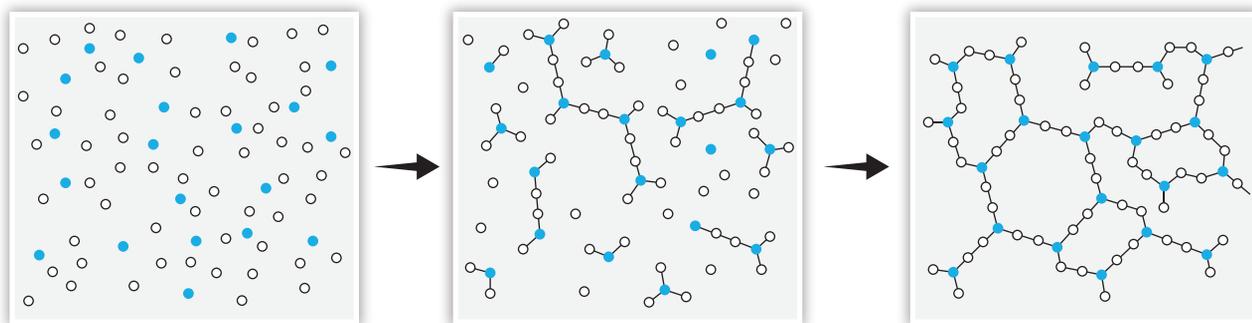
20. Unicamp-SP 2012 A questão ambiental relativa ao destino de plásticos utilizados é bastante antiga e algumas propostas têm sido feitas para contornar esse problema. A mais simples é a queima desses resíduos para aproveitamento da energia, e outra é o seu reúso após algum tratamento químico. Para responder aos itens a e b, considere a estrutura a seguir como um fragmento ($C_{10}H_8O_4$) representativo do PET.

- a) Levando em conta a equação de combustão completa do fragmento do PET, calcule a energia liberada na queima de uma garrafa PET de massa igual a 48 gramas.
- b) No tratamento químico da embalagem PET com solução de hidróxido de sódio ocorre uma reação de hidrólise que remove uma camada superficial do polímero, e que permite a reutilização da embalagem. Com base nessas informações complete a equação química de hidrólise do fragmento de PET.

► **Dica:** de entalpia de formação em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ fragmento = -476 ; $\text{CO}_2 = -394$; $\text{H}_2\text{O} = -286$



21. Fuvest-SP 2021 Observe a representação a seguir, em que os círculos brancos representam uma espécie química (molécula ou íon molecular) e os círculos coloridos, outra.



Essa representação pode ser corretamente associada à

- a) combustão de um hidrocarboneto com oxigênio em fase gasosa.
- b) formação de um polímero a partir de duas espécies de monômeros.
- c) fusão de uma mistura de dois sais com aumento da temperatura.
- d) solidificação da água pura com diminuição da temperatura.
- e) produção de anéis aromáticos em solvente orgânico.

22. Acafe-SP 2020 Microplásticos são pequenos pedaços de plástico que poluem o meio ambiente. Eles são definidos como fragmentos plásticos com menos de cinco milímetros de comprimento. Como sua degradação ocorre muito lentamente, isso aumenta a probabilidade dos microplásticos serem ingeridos, incorporados e acumulados nos corpos e tecidos de muitos organismos.

Como os componentes fundamentais dos plásticos são os polímeros, analise as afirmações.

- I. Nylon é um homopolímero da família das poliamidas utilizado na produção de roupas, carpetes e cordas para instrumentos musicais.
- II. PP, PVC e teflon são exemplos de polímeros sintéticos.
- III. PET é formado por uma reação de adição entre o ácido tereftálico e o etileno glicol.
- IV. PE pode ser reciclado por ser um polímero termofixo.

As afirmações incorretas estão em:

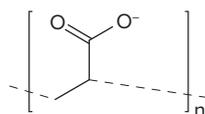
- a) I – II – III
- b) I – III – IV
- c) II – III – IV
- d) I – II – IV

23. UEM-PR 2014 Sabe-se que o descarte de polímeros no ambiente é uma preocupação mundial, devido aos graves problemas relacionados à sua decomposição. Sobre essa situação, assinale o que for correto.

- 01** O aterro sanitário é a escolha mais adequada para o descarte de silicones e de compósitos, pois esses compreendem polímeros não recicláveis.
02 As proteínas e os ácidos nucleicos são também exemplos de polímeros.
04 As fibras têxteis seda, lycra, poliéster e náilon são polímeros sintéticos termofixos.
08 A baquelite, usada em cabos de panela, é um polímero termoplástico que, ao ser aquecido, pode ser moldado mesmo após sintetizado.
16 A ebonite é obtida através da vulcanização do látex vegetal da seringueira, com 30% de compostos de enxofre.

Soma:

24. Fuvest-SP 2021 Os polímeros superabsorventes são compostos com alta capacidade de absorver água. Um desses polímeros é o poliácrlato de sódio (NaPA), mostrado na figura. O NaPA é formado a partir da polimerização de seu precursor, um ácido orgânico, seguida da neutralização dos grupos ácidos com hidróxido de sódio.

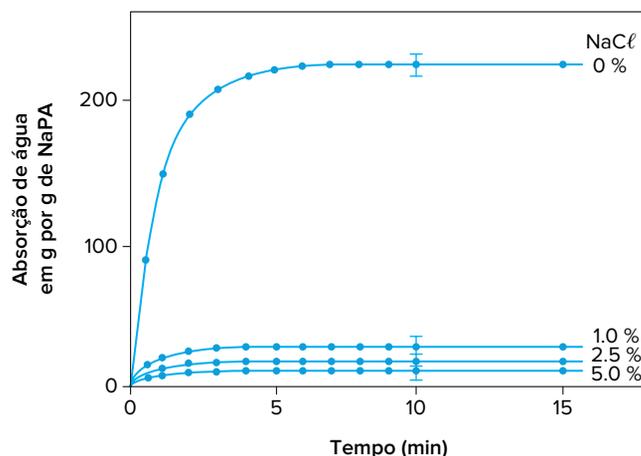


Estrutura do polímero aniônico poliácrlato

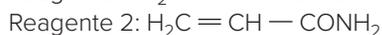
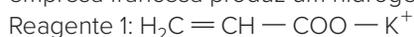
a) Desenhe o monômero precursor do poliácrlato de sódio, na forma ácida.

O gráfico ao lado mostra a capacidade de absorção de água pelo NaPA para diferentes quantidades de sal (0; 1,0; 2,5; e 5,0%). No caso desse experimento, foi usado o cloreto de sódio, mas o mesmo resultado é observado para outros sais.

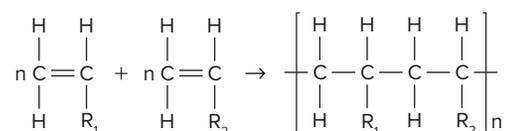
- b) O NaPA é bastante utilizado como absorvedor em fraldas descartáveis. Nesse caso, a absorção da urina pela fralda será mais ou menos eficiente do que a da água destilada? Explique.
c) Indique qual o tipo de interação mais forte que ocorre entre a água e o polímero e explique o efeito da quantidade de sal na absorção de água, representado no gráfico.



25. Famerp-SP 2020 (Adapt.) Uma estratégia para a prática da agricultura em regiões de seca é a utilização de hidro-géis, que, adicionados ao solo, acumulam umidade e aumentam a disponibilidade de água para as plantas. Uma empresa francesa produz um hidrogel à base de um copolímero formado a partir dos dois reagentes:



O copolímero é produzido por uma reação de adição, conforme o esquema:



- a) A qual função orgânica pertence o reagente 2? Qual a fórmula estrutural da substância que, por reação com uma base apropriada, produz o reagente 1?
b) Escreva a fórmula estrutural do copolímero formado pela reação entre os reagentes 1 e 2. Explique por que esse copolímero tem grande capacidade de absorver água.

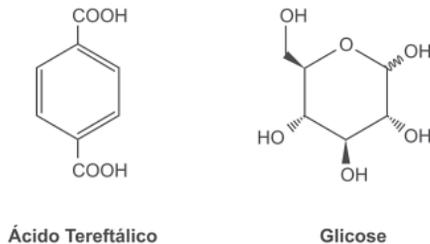
26. **Enem 2019** Uma das técnicas de reciclagem química do polímero PET [poli(tereftalato de etileno)] gera o tereftalato de metila e o etanodiol, conforme o esquema de reação, e ocorre por meio de uma reação de transesterificação.



O composto A, representado no esquema de reação, é o

- a) metano. c) éter metílico. e) anidrido etanoico.
 b) metanol. d) ácido etanoico.

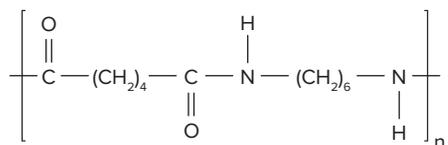
27. **Uefs-BA 2017** Polímeros são macromoléculas de origem natural ou sintética com amplo espectro de utilização, podem ser classificados de acordo com o grupo funcional característico, pela reação que os origina, no caso dos polímeros sintéticos, bem como por suas propriedades físicas.



Sabendo-se que PET ou PETE é a sigla para o poliéster poli(tereftalato de etileno) e baseando-se no conhecimento sobre polímeros e nas fórmulas estruturais representadas, é correto afirmar:

- a) A produção do PET exige a utilização de dois monômeros, o etanodiol e o ácido benzeno-1,4-dioico.
 b) A sacarose é um polímero natural, assim como a celulose e o amido, que tem como monômero a glicose.
 c) As proteínas são poliamidas classificadas como polímeros sintéticos, pois são sintetizados pelo corpo humano, a partir de aminoácidos.
 d) O polietileno e o poli(tereftalato de etileno) são classificados como polímeros de adição, porque as moléculas dos seus monômeros vão se adicionando.
 e) As macromoléculas do polietileno se mantêm unidas por interações intramoleculares de ligações entre os hidrogênios de uma cadeia e os carbonos da outra cadeia carbônica.

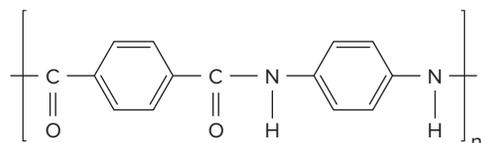
28. **FGV-SP** O náilon-6,6, estrutura representada na figura, é um polímero de ampla aplicação na indústria têxtil, de autopeças, de eletrodomésticos, de embalagens e de materiais esportivos.



Esse polímero é produzido a partir da reação do ácido hexanodioico com a 1,6-diamino-hexano, formando-se também água como subproduto. Quanto à classificação do polímero náilon-6,6 e ao tipo de reação de polimerização, é correto afirmar que se trata de:

- a) poliéster e reação de adição. d) poliamina e reação de condensação.
 b) poliéster e reação de condensação. e) poliamida e reação de condensação.
 c) poliamida e reação de adição.

29. **Uerj** O polímero denominado Kevlar apresenta grande resistência a impactos. Essa propriedade faz com que seja utilizado em coletes à prova de balas e em blindagem de automóveis. Observe sua estrutura.



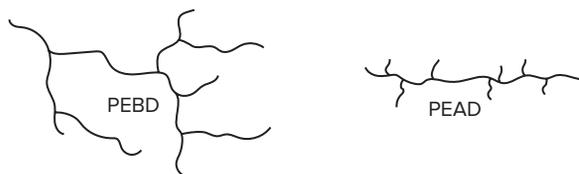
A reação química de obtenção desse polímero tem como reagentes dois monômeros, um deles de caráter ácido e outro de caráter básico.

- Indique a classificação dessa reação de polimerização.
- Considerando o monômero de caráter básico, apresente uma equação química completa que demonstre esse caráter na reação com o ácido clorídrico.

30. ITA-SP 2020 A produção de borrachas e espumas é comumente realizada pela síntese de poliuretanos. Para tal produção, a polimerização ocorre a partir de um polioli e um isocianato.

- Apresente a(s) reação(ões) químicas da polimerização e formação de poliuretano a partir de um diol e um diisocianato.
- A água, quando presente no meio, gera reação(ões) paralela(s) e é determinante na produção de espumas. Apresente essa(s) reação(ões).

31. ITA-SP 2021 O polietileno é um polímero largamente utilizado devido às suas características estruturais e às suas propriedades. Dependendo das condições reacionais e do sistema catalítico empregado na polimerização, diferentes tipos de polietileno podem ser produzidos. Dois dos principais tipos de polietileno são: polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD), ilustrados abaixo:



- Escreva a fórmula estrutural do monômero do polietileno e também do produto de polimerização com três unidades repetitivas do monômero. Qual é o nome dessa reação de polimerização?
- Como a linearidade da cadeia do polímero afeta sua rigidez? Pelo critério de linearidade, qual dos dois polímeros (PEBD ou PEAD) seria mais rígido?
- Como a cristalinidade de um polímero afeta sua transparência/opacidade? Pelo critério da cristalinidade, qual dos dois polímeros (PEBD ou PEAD) teria maior transparência?

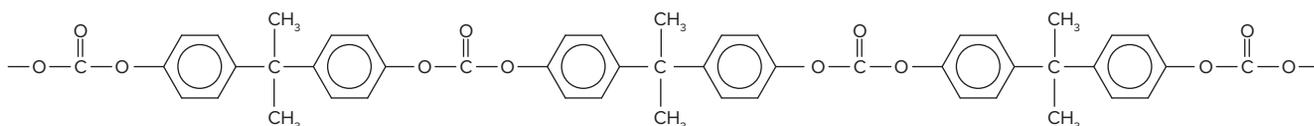
32. ITA-SP 2020 Polímeros são moléculas muito grandes constituídas por milhares de átomos. Tais macromoléculas são classificadas em duas categorias: naturais e sintéticas. Os naturais têm como exemplos as proteínas, ácidos nucleicos e borrachas, enquanto os sintéticos são compostos orgânicos tais como a polihexametileno adipamida (*Nylon*) e o poli(metacrilato de metila). Nesse contexto, considere as seguintes afirmações:

- A glicose é um álcool-aldeído que polimeriza para formar o amido e a celulose.
- A estrutura primária de um polipeptídeo é a sequência de resíduos de aminoácidos.
- Os polímeros formados por cadeias longas tendem a ter alta viscosidade.
- Os álcoois condensam com ácidos carboxílicos para formar ésteres.
- As amidas resultam da condensação de aminas e ácidos carboxílicos.

A soma dos números associados às afirmativas CORRETAS é igual a:

- | | |
|-------|-------|
| a) 8 | d) 13 |
| b) 10 | e) 15 |
| c) 12 | |

33. Unicamp-SP 2014 O policarbonato representado na figura a seguir é um polímero utilizado na fabricação de CDs e DVDs. O policarbonato, no entanto, foi banido na fabricação de mamadeiras, chupetas e vários utensílios domésticos, pela possibilidade de o bisfenol A, um de seus precursores, ser liberado e ingerido. De acordo com a literatura científica, o bisfenol A é suspeito de vários malefícios para a saúde do ser humano.



- Em contato com alguns produtos de limpeza e no aquecimento em micro-ondas, o policarbonato pode liberar unidades de bisfenol A que contaminam os alimentos. Sabendo-se que um fenol tem uma hidroxila ligada ao anel benzênico, escreva a estrutura da molécula do bisfenol A que poderia ser liberada devido à limpeza ou ao aquecimento do policarbonato.
- Represente a fórmula estrutural do fragmento do polímero da figura, que justifica o uso do termo "policarbonato" para esse polímero.



Texto para as questões **1** e **2**.

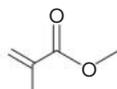
No procedimento estético chamado bioplastia, é feito o implante de substâncias para aumentar o volume ou modelar determinadas áreas do corpo humano. Na bioplastia comumente são usadas microesferas de polimetilmetacrilato (PMMA), que devem ter determinadas características de tamanho e pureza a fim de garantir uma aplicação segura para o paciente. Porém, infelizmente há registros de casos de óbito de pacientes que tiveram complicações após tratamentos com injeção de polimetilmetacrilato, como o relatado no texto a seguir.

Após o caso da bancária Lilian Calixto, de 46 anos, que morreu depois de realizar um preenchimento nos glúteos com polimetilmetacrilato (PMMA), a polícia do Rio investiga outros dois casos semelhantes. Ao serem socorridas, as vítimas apresentavam falta de ar, o que sugere embolia pulmonar.

JUNQUEIRA, Flávia. "Trombose e embolia: riscos da imperícia e do uso inadequado de substância para aumento dos glúteos". *Extra*, 25 jul. 2018. Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/rio/trombose-embolia-riscos-da-impericia-do-uso-inadequado-de-substancia-para-aumento-dos-gluteos-22916635.html>. Acesso em: 7 jan. 2022.

EM13CNT104

1. O PMMA é obtido a partir do metacrilato de metila, utilizando catalisador e as condições adequadas de temperatura e pressão.



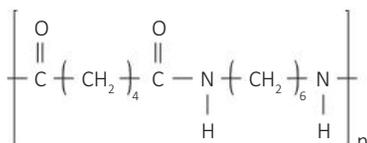
Escreva a reação de formação do PMMA e classifique-a.

EM13CNT303

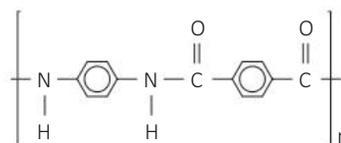
2. A aplicação de PMMA no corpo humano é feita por meio da injeção de um líquido viscoso que contém esferas de PMMA dispersas e será absorvido pelo organismo. Segundo a reportagem apresentada, essa aplicação pode ter causado danos em um órgão distante na região em que o PMMA foi aplicado. Considerando que o PMMA realmente foi responsável por esse dano, elabore uma hipótese que explique esse fato.

EM13CNT307

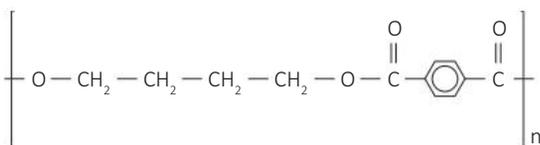
3. Analise as estruturas dos polímeros a seguir:



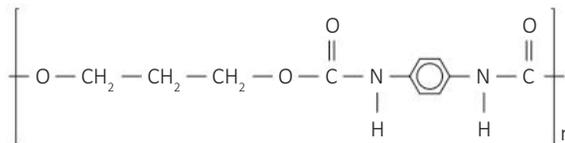
A



C



B



D

Qual desses polímeros forma uma estrutura com maior resistência mecânica? Por quê?



Oleksandra Naumenko/Shutterstock.com

FRENTE 1

CAPÍTULO

11

Bioquímica

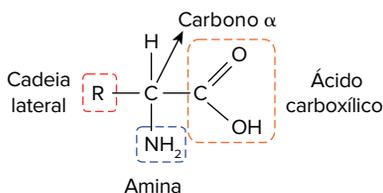
A ingestão de proteínas é de extrema importância para o bom funcionamento do corpo. Elas são abundantes em alimentos de origem animal, mas também podem ser encontradas em alimentos vegetais, como castanhas.

As proteínas ingeridas sofrem hidrólise no sistema digestivo, transformando-se em aminoácidos, que formam outros compostos importantes para o funcionamento do corpo, como enzimas, anticorpos, neurotransmissores, entre outros.

Aminoácidos

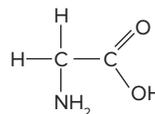
Substâncias orgânicas que possuem em sua fórmula estrutural pelo menos um grupo amina e um grupo carboxila. Embora existam mais de 300 aminoácidos diferentes na natureza, apenas vinte deles são encontrados como constituintes das proteínas e são denominados **aminoácidos primários**.

Todos os vinte aminoácidos primários são α -aminoácidos, ou seja, têm um grupo amina no carbono adjacente à carboxila (carbono alfa (α)) e são diferenciados uns dos outros por suas cadeias laterais (**R**), conforme representado na estrutura a seguir.



Fórmula geral de um α -aminoácido.

O α -aminoácido mais simples é a glicina (ácido aminoetanoico), cuja cadeia lateral é um hidrogênio.



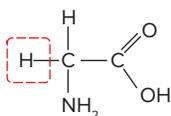
Fórmula estrutural da glicina.

Atenção

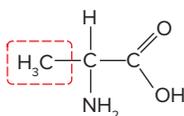
Com exceção da glicina, cujo grupo R é um hidrogênio, os demais aminoácidos primários apresentam, no mínimo, um carbono quiral, que é exatamente o carbono alfa (α).

Os α -aminoácidos estão agrupados de acordo com a característica de sua cadeia lateral (R), que varia em estrutura e carga elétrica, e influencia a solubilidade dos aminoácidos em água. A seguir são apresentados o nome e a abreviação, a estrutura e a classificação em relação ao grupo R dos vinte α -aminoácidos primários.

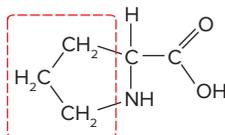
Aminoácidos com grupo R alifáticos e apolares



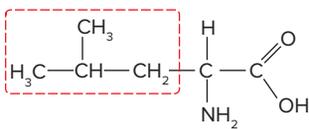
Glicina (Gly)



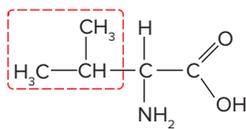
Alanina (Ala)



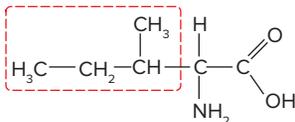
Prolina (Pro)



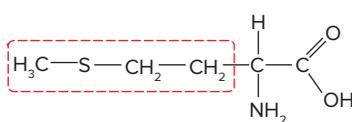
Leucina (Leu)



Valina (Val)

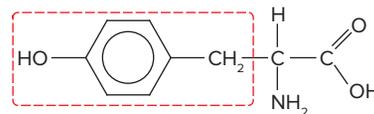


Isoleucina (Ile)

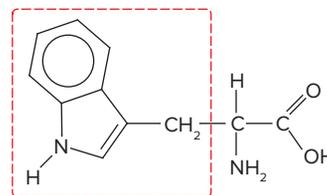


Metionina (Met)

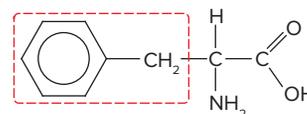
Aminoácidos com grupo R aromáticos



Tirosina (Try)

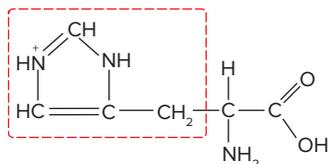


Triptofano (Trp)

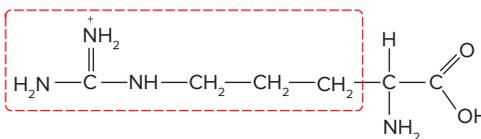


Fenilalanina (Phe)

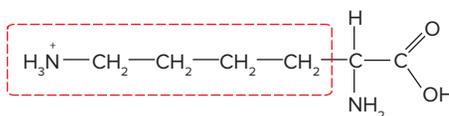
Aminoácidos com grupo R carregados positivamente (aminoácidos básicos)



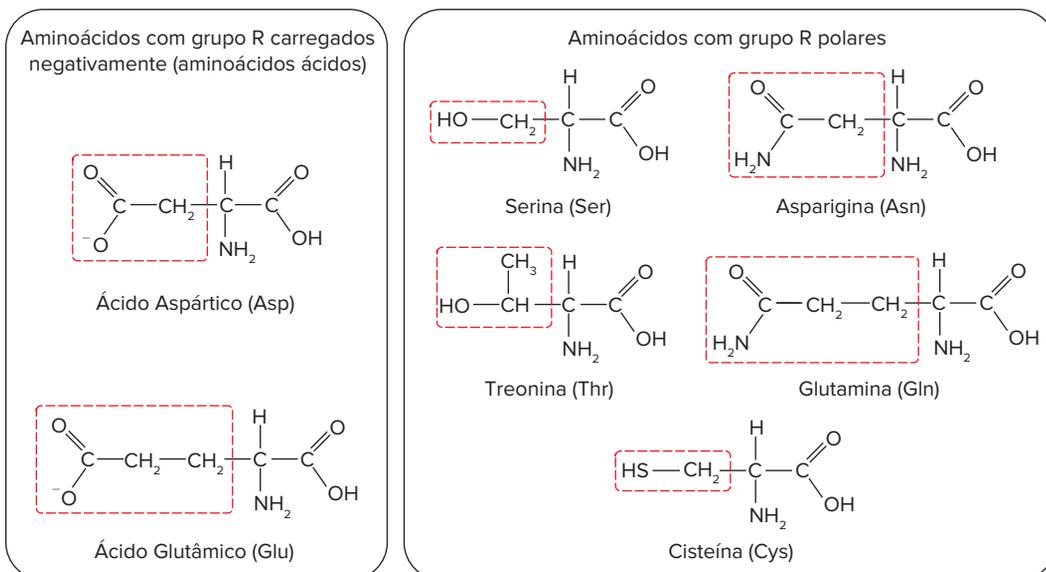
Histidina (His)



Arginina (Arg)



Lisina (Lys)



Nome, abreviatura e classificação dos vinte α -aminoácidos primários.

Os aminoácidos com grupo R apolar, sejam eles alifáticos ou aromáticos, são hidrofóbicos e, portanto, tendem a ser pouco solúveis em água. Já os aminoácidos com grupo R polar são hidrofílicos, ou seja, são mais solúveis em água, porque contêm grupos funcionais, como a hidroxila e o grupo amida, que realizam ligações de hidrogênio com a água. O aminoácido cisteína é um caso à parte, pois a polaridade do grupo $-SH$ é muito pequena.

Os aminoácidos classificados como ácidos são os que têm pelo menos mais um grupo ácido em sua cadeia lateral; os classificados como básicos apresentam pelo menos mais um grupo amina.

Saiba mais

A fenilcetonúria (PKU) é uma doença congênita (a pessoa já nasce com a doença), genética (causada por mudança no DNA), herdada tanto do pai quanto da mãe. É ocasionada por falta de capacidade do fígado em transformar a fenilalanina [...] em outro aminoácido chamado tirosina.

[...]

Quando o fígado não transforma a fenilalanina em tirosina, a fenilalanina aumenta muito no organismo [...]. Quando esse aumento passa de determinada quantidade, a fenilalanina causa alteração no cérebro e a pessoa torna-se doente. Depois de alterado o cérebro não volta mais ao normal. [...]

Durante a gestação, enquanto a criança está no útero o organismo da mãe faz a transformação da fenilalanina em tirosina. Isso faz com que os níveis de fenilalanina no feto fiquem dentro dos limites considerados normais e necessários. Portanto, a criança com fenilcetonúria nasce sem qualquer manifestação da doença. A doença só será percebida meses depois do nascimento, em geral entre os três e seis meses de vida. [...] Assim, o exame de triagem neonatal, realizado em todos os recém-nascidos, e conhecido como “teste do pezinho”, é muito importante para o diagnóstico e para o início do tratamento o mais cedo possível, já nos primeiros dias de vida.

[...]

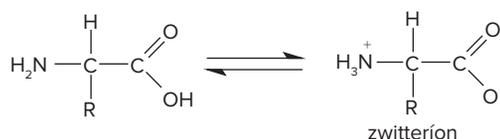
O tratamento da fenilcetonúria é feito com o uso de uma dieta especial que controla a quantidade de fenilalanina que a pessoa pode comer, com proibição do uso dos alimentos ricos em proteínas e controle da quantidade de ingestão de vários outros alimentos. [...]

Fenilcetonúria. Núcleo de Ações e Pesquisas em Apoio Diagnóstico da Faculdade de Medicina da UFMG. Disponível em: www.nupad.medicina.ufmg.br/topicos-em-saude/fenilcetonuria/. Acesso em: 20 jan. 2022.

Propriedades acidobásicas dos aminoácidos

Quando as moléculas de aminoácidos são dissolvidas em água (meio neutro), os grupos carboxila e amina apresentam caracteres ácido e básico, respectivamente. Isso ocorre porque o grupo amina tem a tendência de receber prótons (H^+), produzindo um grupo de carga positiva, e o grupo carboxila tende a doar prótons (H^+), produzindo um grupo de carga negativa.

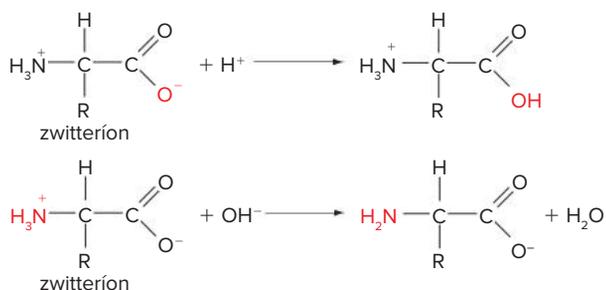
Nessas condições, os aminoácidos, quando dissolvidos em água, sofrem neutralização intramolecular, formando um íon dipolar, também conhecido como zwitterion (do alemão, “íon híbrido”).



Neutralização intramolecular de um aminoácido.

Essa característica dos aminoácidos permite que sofram reação tanto com ácido quanto com base. Em soluções básicas, o zwitterion tende a perder próton, formando um íon de carga negativa, ao passo que, em soluções ácidas, recebe um próton, formando um íon de carga positiva.

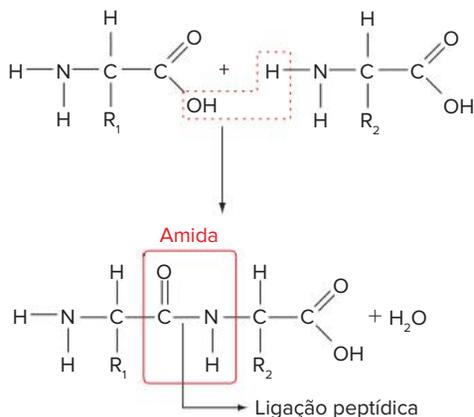
Substâncias com esse comportamento duplo (ácido-base) são ditas **anfóteras**.



Comportamento anfótero dos aminoácidos.

A ligação peptídica, peptídeos e proteínas

Nos peptídeos e nas proteínas, os aminoácidos são unidos covalentemente por ligações peptídicas, que são formadas a partir de uma reação de condensação com eliminação de água entre o grupo α -carboxila de um aminoácido e o grupo α -amino de outro aminoácido. Observe que, com a formação da ligação peptídica, forma-se também um grupo da função amida.



Formação de uma ligação peptídica.

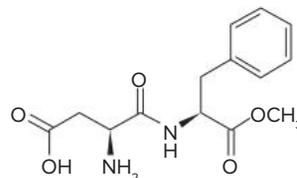
A molécula formada a partir de dois aminoácidos chama-se **dipeptídeo**. Um tripeptídeo pode ser obtido pela união de três aminoácidos, originando duas ligações peptídicas; um tetrapeptídeo, pela união de quatro aminoácidos; um pentapeptídeo, pela união de cinco aminoácidos; e assim por diante.

Quando poucos aminoácidos se unem, a estrutura é chamada **oligopeptídeo**; quando muitos aminoácidos se unem (dez ou mais), o produto formado é chamado **polipeptídeo**.

Saiba mais

[...]

O aspartame, criado nos Estados Unidos em 1965, é um éster de um dipeptídeo formado pela união de dois aminoácidos: ácido aspártico e fenilalanina. [...]



[...] Ao ser ingerido, ele é degradado pelo tubo digestivo e, além de voltar a ter sua formação química original (ácido aspártico e fenilalanina), se transforma também em metanol, que é um álcool. [...]

Segundo o comitê científico de alimentação e saúde das Nações Unidas, o consumo diário de aspartame não deve ultrapassar 40 mg para cada quilo do peso corporal. Isso significa que um adulto de 70 kg pode ingerir, com segurança, até 2 800 mg de aspartame por dia, o que representa aproximadamente 15 a 20 saquinhos ou 60 a 80 gotas de adoçante. Como o aspartame é cerca de 200 vezes mais doce que o açúcar branco normal, ultrapassar essa quantidade na alimentação diária é muito difícil. [...]

Em nota técnica, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) explica o efeito de cada uma das substâncias contidas no aspartame e informa que não existem razões para a adoção de uma medida sanitária restritiva em relação a esse adoçante.

Metanol – segundo a Anvisa, embora exista a preocupação sobre a toxicidade dessa substância ao organismo, a quantidade de metanol liberada pela digestão do aspartame é muito pequena. Mesmo nas doses próximas às máximas recomendadas, o consumo de metanol no aspartame será 200 vezes inferior às taxas consideradas tóxicas ao ser humano. Em frutas cítricas, tomate e seus derivados, por exemplo, o metanol se apresenta em doses mais elevadas do que no aspartame, e é metabolizado naturalmente pelo organismo.

Ácido aspártico – a Anvisa informa que essa substância está presente em alimentos proteicos que fazem parte da dieta normal da população e não exige restrições. Por exemplo, um hambúrguer de 100 g pode conter até 40 vezes a quantidade de ácido aspártico presente em uma lata de refrigerante (350 mL) com aspartame.

Fenilalanina – na população em geral, esse aminoácido contido no aspartame não causa nenhum risco. No entanto, atenção especial deve ser dada às pessoas com **fenilcetonúria** – doença genética rara em que o organismo não consegue metabolizar a fenilalanina. Assim como o aspartame, as pessoas com fenilcetonúria devem restringir outros tipos de alimentos que contenham fenilalanina, como feijão, soja, leite e seus derivados. [...]

José Antonio Miguel Marcondes. “Consumo de aspartame faz mal à saúde?”. *Hospital Sírio-Libanês*, 21 nov. 2017. Disponível em: www.hospitalsiriolibanes.org.br/sua-saude/Paginas/consumo-aspartame-faz-mal-saude.aspx. Acesso em: 20 jan. 2022.

Frequentemente, um polipeptídeo de massa molecular superior a 10 000 unidades de massa atômica (u) recebe o nome de proteína (do grego, *protos*: primeiro).

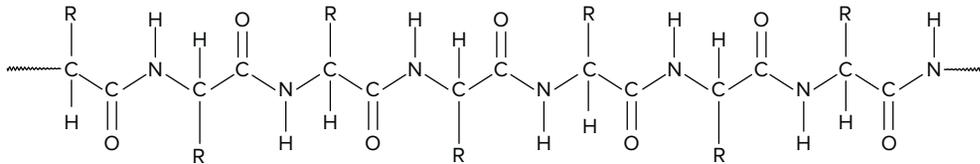
As proteínas são copolímeros de condensação (poliamidas naturais) formados por até vinte α -aminoácidos diferentes e que, por serem substâncias orgânicas muito grandes, apresentam estruturas mais complexas que a de substâncias orgânicas menores.

Estrutura das proteínas

As proteínas são geralmente descritas em quatro níveis de organização denominados estruturas primária, secundária, terciária e quaternária.

Estrutura primária

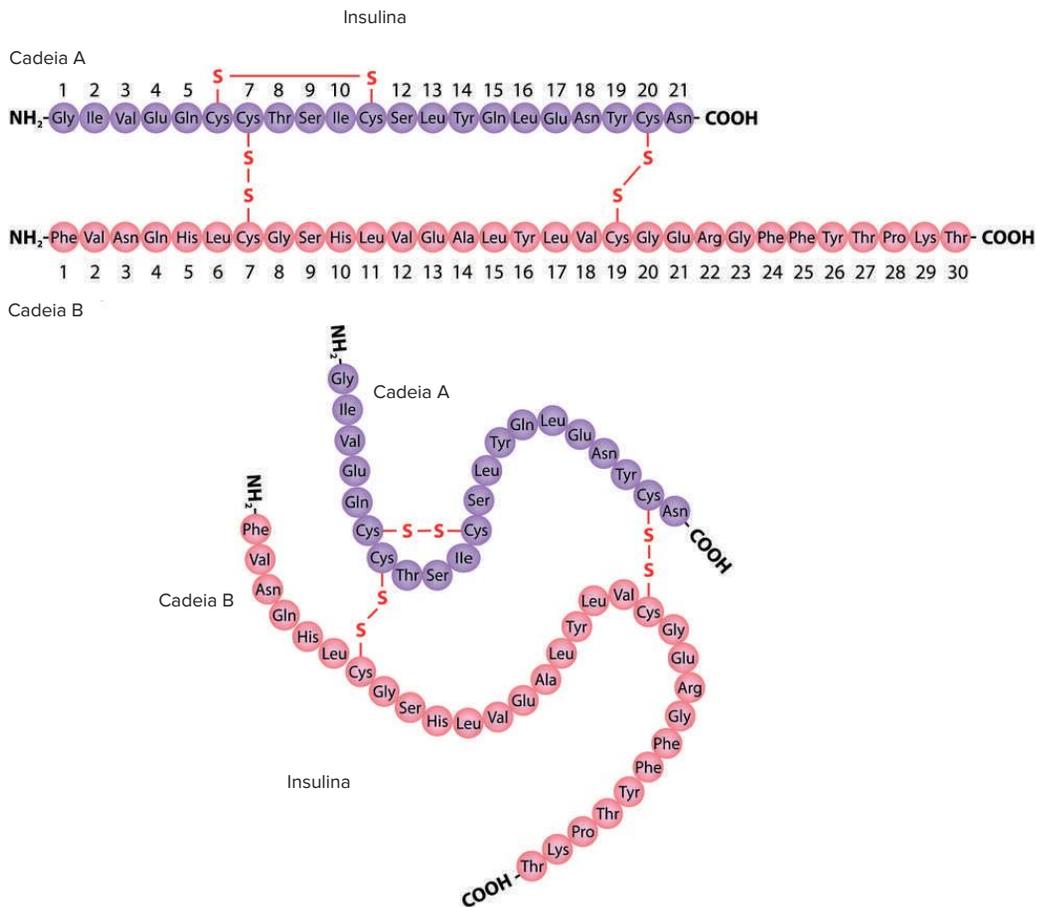
Sequência de aminoácidos que compõe uma proteína.



Estrutura primária da proteína.

Compreender a estrutura primária das proteínas é importante, pois ao analisá-la é possível verificar quais são e a sequência dos aminoácidos que compõe a proteína. Essas informações são importantes, já que, após o mapeamento genético, foi possível identificar que algumas falhas na sequência desses aminoácidos podem ocasionar perda ou prejuízo da sua função normal.

A figura a seguir ilustra a estrutura primária da insulina humana. Observe que ela é constituída por duas cadeias polipeptídicas, unidas entre si por pontes de dissulfeto.



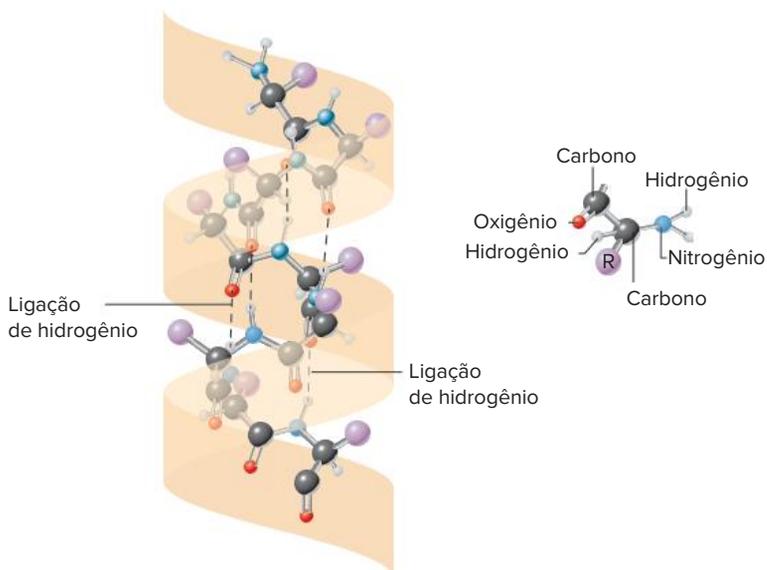
ALLIA MEDICAL MEDIA/SHUTTERSTOCK.COM

Estrutura primária da insulina humana.

Estrutura secundária

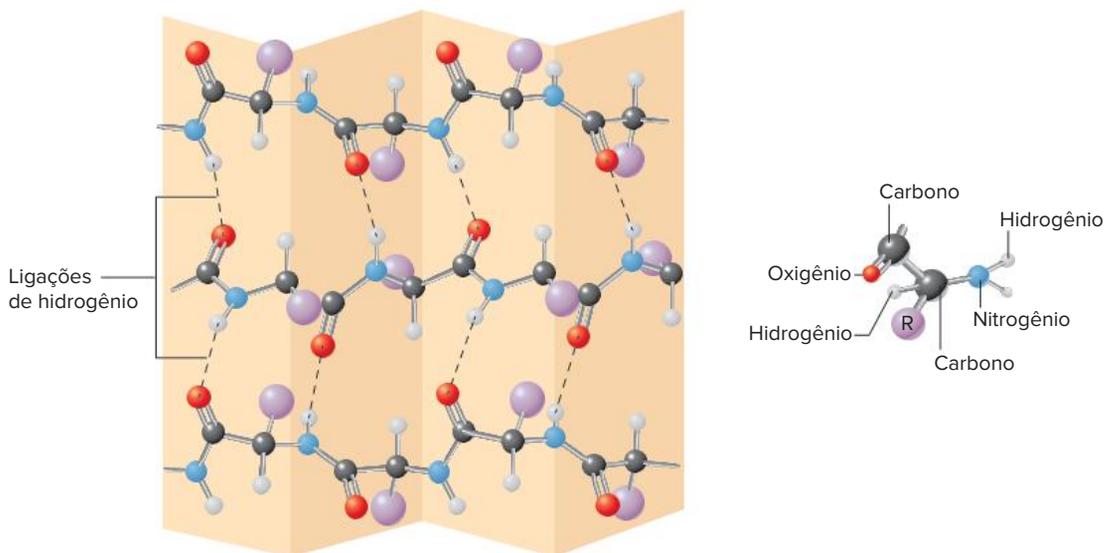
Refere-se aos arranjos regulares mantidos por ligações de hidrogênio entre aminoácidos que estão próximos uns aos outros na sequência linear. Dois arranjos particularmente estáveis são a **hélice alfa (α)** e a **folha beta (β) pregueada**.

A principal diferença entre elas é o arranjo tridimensional de suas ligações de hidrogênio. A estrutura hélice alfa é formada quando uma parte da cadeia polipeptídica gira em uma espiral no sentido horário. Cada volta da espiral tem cerca de quatro aminoácidos, e cada grupo N–H realiza ligação de hidrogênio intramolecular com um grupo C = O do quarto aminoácido da sequência.



Estrutura hélice alfa.

A estrutura folha beta pregueada é formada quando a cadeia polipeptídica dobra sobre si mesma alinhando-se de forma paralela, em que ocorrem ligações de hidrogênio entre os grupos C = O e os grupos N–H das cadeias vizinhas.



Estrutura folha beta pregueada.

Estrutura terciária

É o formato tridimensional que uma cadeia polipeptídica adquire após ser dobrada e enrolada sobre si mesma. As proteínas normalmente adotam conformações espaciais que maximizam a sua estabilidade.

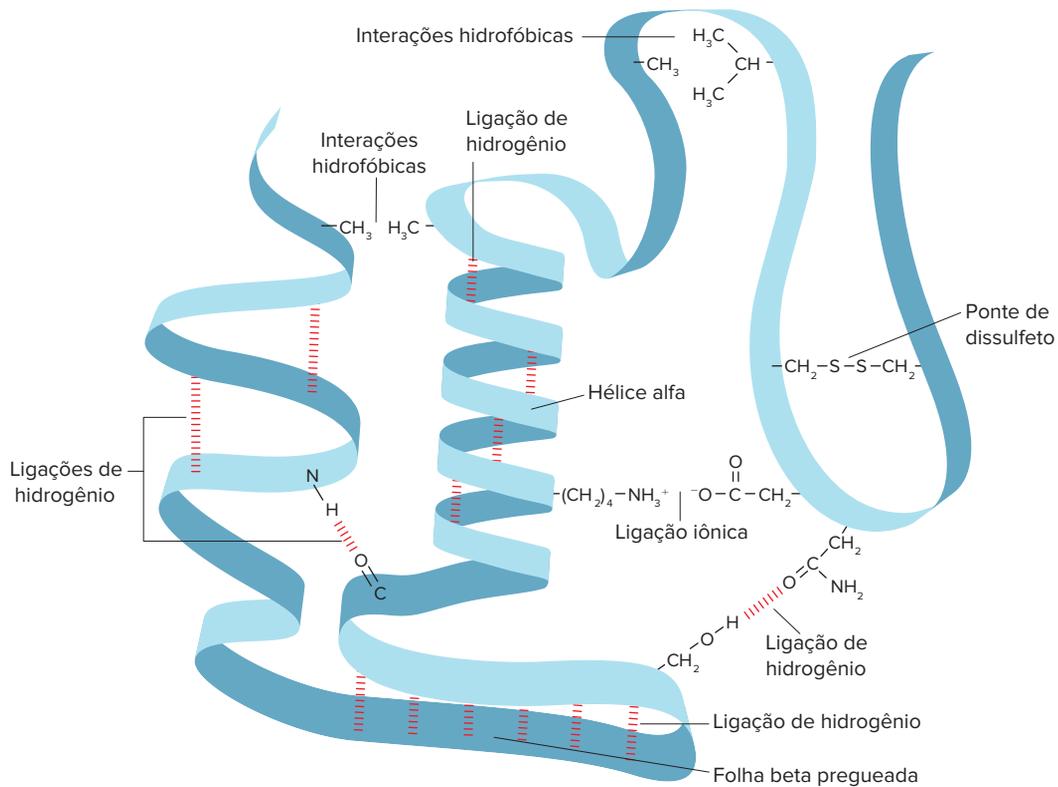
A estrutura terciária das proteínas globulares é mantida por um conjunto de quatro forças de interações principais que ocorrem entre os grupos R de aminoácidos.

1. Pontes de dissulfetos: ligação covalente formada por meio de uma reação de oxidação entre os grupos –SH de dois aminoácidos cisteína, relativamente distantes na sequência de aminoácidos.

2. Interações hidrofóbicas: os aminoácidos com grupos R hidrofóbicos tendem a ficar no interior da molécula polipeptídica, local em que conseguem se associar a outros aminoácidos hidrofóbicos.

3. Interações iônicas: ocorrem quando grupos carregados negativamente, como o grupo $-\text{COO}^-$, presente na cadeia lateral de alguns aminoácidos, interage com grupos carregados positivamente, como o grupo $-\text{NH}_3^+$, presente na cadeia lateral de outros aminoácidos.

4. Ligações de hidrogênio: ocorrem entre grupos R contendo o grupo $-\text{OH}$ ou $-\text{NH}_2$ com grupos carbonila ou carboxila de outros aminoácidos distantes.

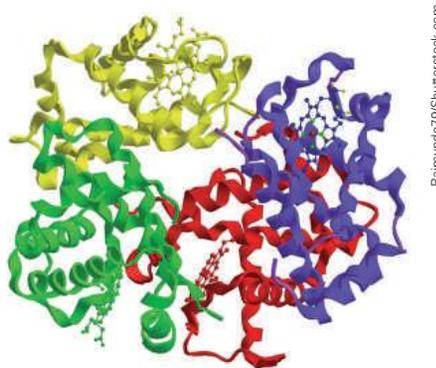


Estrutura terciária de uma proteína e suas interações.

Estrutura quaternária

Formada quando uma proteína é constituída por duas ou mais cadeias polipeptídicas chamadas subunidades, que se unem para formar um complexo proteico. A maneira pela qual essas cadeias se arranjam em uma estrutura tridimensional é denominada estrutura quaternária da proteína.

A hemoglobina, por exemplo, é uma proteína que apresenta estrutura quaternária formada por quatro subunidades diferentes.

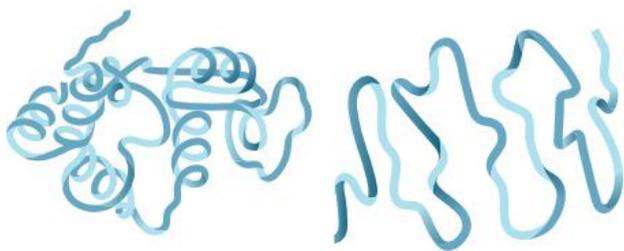


Estrutura quaternária da hemoglobina.

Desnaturação das proteínas

Toda proteína tem alguma função específica dentro de um sistema orgânico vivo. Sua estrutura tridimensional é de fundamental importância para que ela exerça sua função adequadamente. As forças que mantêm uma proteína na sua forma tridimensional são relativamente fracas, e, sob condições de aquecimento moderado, por exemplo, essas interações podem enfraquecer e romper, fazendo com que a proteína perca seu formato tridimensional natural.

Esse processo é denominado **desnaturação**.



Proteína nativa

Proteína desnaturada

Proteína nativa e proteína desnaturada.

Um exemplo comum de desnaturação é o cozimento de um ovo: no aquecimento, a proteína globular albumina presente na clara é desnaturada, mudando de uma solução límpida para um sólido branco.

No processo de desnaturação proteica, as estruturas secundárias e terciárias são perdidas, mas a estrutura primária permanece inalterada, ou seja, a sequência e a quantidade de aminoácidos presentes na proteína não sofrem alteração.

Como as enzimas são proteínas globulares que apresentam estrutura terciária e, às vezes, quaternária, estão sujeitas à desnaturação. Quando as moléculas passam por esse processo, perdem sua ação de catalisador, pois seu formato tridimensional muda, e o substrato não mais se encaixa no sítio ativo da enzima.

Além do aquecimento, outros fatores, como variação brusca no pH, solventes orgânicos, solução de ureia e detergentes, podem causar a desnaturação da proteína.

Lipídeos

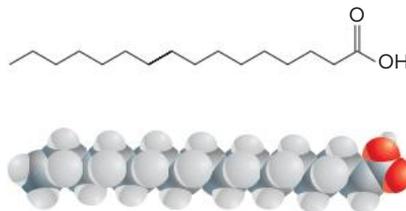
Grupo de compostos orgânicos que inclui os óleos, as gorduras, os fosfolipídeos, as ceras, os hormônios esteroides etc.

Os óleos e as gorduras são os lipídeos mais importantes, pois são as principais formas de armazenamento de energia na maioria dos organismos vivos. Esses lipídeos apresentam estruturas semelhantes e são sintetizados por organismos vivos a partir de ácidos graxos e glicerol.

Ácidos graxos

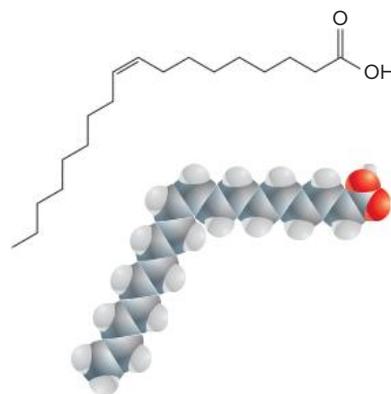
Trata-se de ácidos carboxílicos de cadeia longa usados pelos seres vivos na síntese de triacilgliceróis. Normalmente, os ácidos graxos apresentam doze ou mais carbonos em sua cadeia, no entanto, o ácido butanoico também é considerado um ácido graxo, pois é encontrado em triacilgliceróis da manteiga.

Os ácidos graxos podem ser divididos em três grupos: **saturados**, apresentam apenas ligações simples entre os carbonos; **monoinsaturados**, têm apenas uma ligação dupla entre carbonos; **poli-insaturados**, têm duas ou mais ligações duplas entre carbonos.



Ácido graxo saturado.

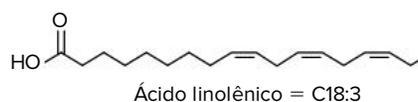
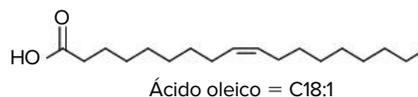
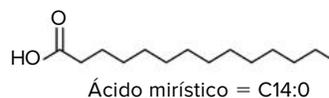
Os ácidos graxos saturados à temperatura ambiente (25 °C) são geralmente sólidos, já os insaturados costumam ser líquidos. Isso acontece devido à estrutura molecular desses compostos, pois os ácidos graxos saturados apresentam cadeias retas e “empacotam” mais eficientemente que ácidos graxos insaturados, pois as ligações duplas encontradas nas cadeias são sempre *cis*, promovendo uma curva na cadeia e impedindo o empacotamento eficiente.



Ácido graxo monoinsaturado.

! Atenção

Uma nomenclatura simplificada para ácidos graxos especifica a quantidade de carbonos na cadeia e a quantidade de insaturações com uma separação por dois-pontos, por exemplo, o ácido mirístico, saturado e com 14 carbonos, é abreviado C14:0; o ácido oleico, com 18 carbonos e uma ligação dupla, é C18:1; já o ácido linolênico, com 18 carbonos e três ligações duplas, é abreviado para C18:3.



Ácidos graxos essenciais

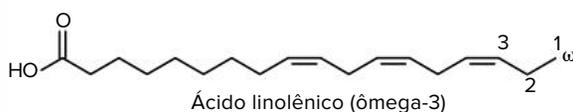
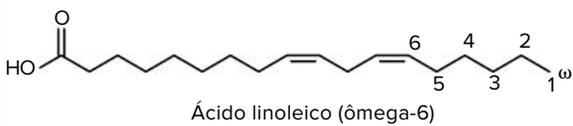


Os ácidos graxos essenciais para a alimentação humana são o ácido linoléico (ômega-6) e o ácido linolênico (ômega-3).

As denominações ômega-3 (ω -3) e ômega-6 (ω -6) indicam a posição da primeira ligação dupla entre carbonos quando numeramos a cadeia do ácido graxo pela extremidade oposta ao grupo carboxila ($-\text{COOH}$). O carbono do grupo metila, isto é, o mais distante do grupo carboxila, é chamado carbono ômega (ω) e recebe o número 1.

O ômega-3 é um ácido graxo essencial presente em óleos vegetais, tais como óleo de canola e óleo de linhaça e em peixes oleosos, como salmão e cavala. O ômega-6, outro ácido graxo essencial, pode ser encontrado em óleos como o de girassol e soja ou em produtos feitos com esses óleos, tais como o creme vegetal.

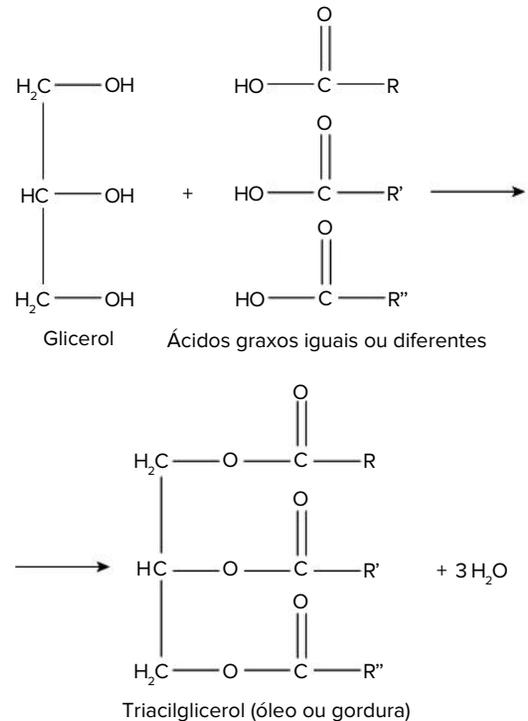
O ômega-3 e o ômega-6 contribuem para a saúde do seu coração, ajudando a manter os níveis de colesterol adequados. Eles podem colaborar para manter o seu sistema cardiovascular fluindo como deveria.



Triacilgliceróis

São as gorduras de origem animal, como a banha, o sebo e os óleos de vegetais, como os de amendoim, de soja etc. Os triacilgliceróis líquidos à temperatura ambiente

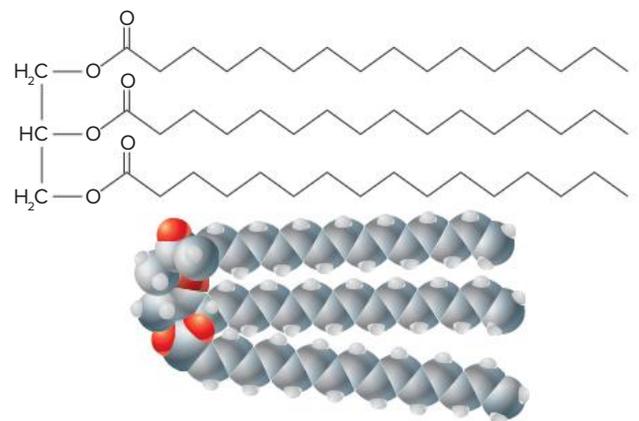
geralmente são chamados de óleos; os sólidos são chamados de gorduras. Quimicamente, ambos são triésteres de ácidos graxos e glicerol. Como o glicerol tem três grupos hidroxila, os triacilgliceróis formam três grupos ésteres com três ácidos graxos.



Reação de formação de um triacilglicerol.

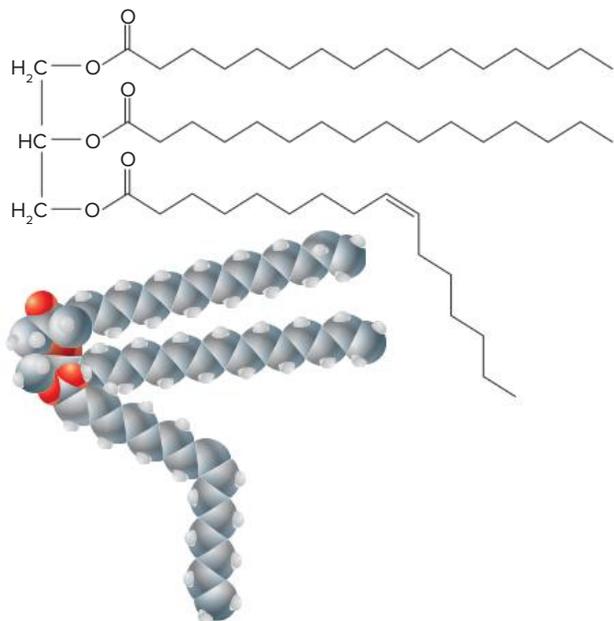
O estado físico dos lipídeos está relacionado com a quantidade de insaturações presentes nas moléculas dos ácidos graxos. Os óleos são derivados predominantemente de ácidos graxos insaturados, e as gorduras, de ácidos graxos saturados.

Triacilgliceróis que contêm o mesmo tipo de ácido graxo em todas as três posições são denominados triacilgliceróis simples, como o tripalmitato de glicerina.



Tripalmitato de glicerina.

A maioria dos triacilgliceróis de ocorrência natural é mista, pois têm duas cadeias de ácidos graxos iguais e uma terceira diferente.



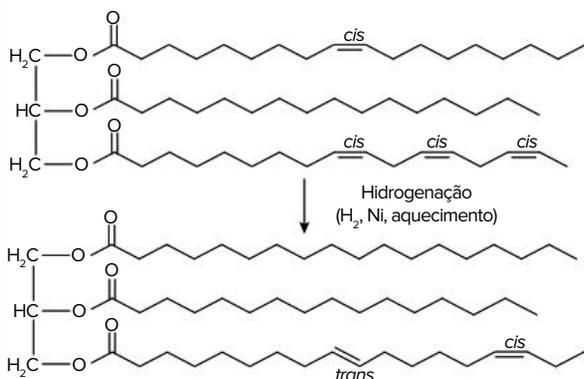
Triacilglicerol com uma cadeia insaturada.

Saiba mais

Hidrogenação parcial de triacilgliceróis

A conhecida gordura vegetal hidrogenada, presente em alimentos como biscoitos e bolos, é fabricada pelo processo de hidrogenação parcial de óleos vegetais. Esse processo envolve a hidrogenação parcial de algumas ligações duplas presentes nas cadeias dos triacilgliceróis para formar alguns ácidos graxos saturados, melhorando a textura e estendendo o tempo de prateleira do produto, pois os óleos poli-insaturados tendem a sofrer autoxidação, que os torna rançosos. No entanto, a hidrogenação parcial tem um efeito indesejado: o processo converte parte das ligações duplas *cis* em ligações duplas *trans*, um processo denominado isomerização.

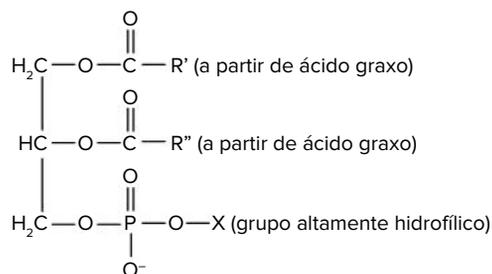
Hoje existem várias evidências de que o consumo de gorduras *trans* leva à maior incidência de doenças cardiovasculares.



Fosfolipídeos

As membranas lipídicas são constituídas de fosfolipídeos, e os principais são os fosfoglicerídeos, que diferem dos triacilgliceróis por conterem um grupo hidroxila ($-\text{OH}$)

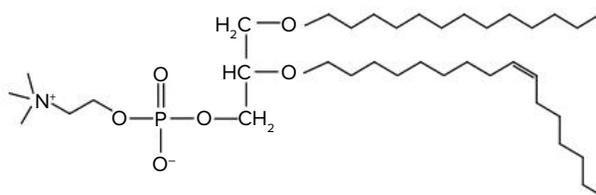
terminal do glicerol esterificado com ácido fosfórico em vez de ácido graxo.



Estrutura geral de um fosfoglicerídeo.

Os fosfoglicerídeos são anfífilos; em geral, a parte hidrofóbica (cauda) contém um ácido graxo saturado de 16 ou 18 carbonos na posição 1 do glicerol e um ácido graxo insaturado com 18 ou 20 carbonos na posição 2 do glicerol. Já a parte hidrofílica (cabeça) tem o grupo fosfato, que está unido ao glicerol por uma ligação fosfodiéster e apresenta carga negativa em pH neutro.

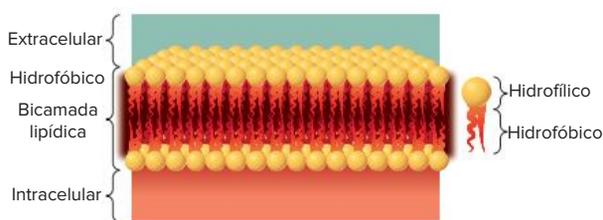
A natureza do grupo X pode variar bastante. Nas células de animais e plantas, são particularmente abundantes as **lecitinas** fosfoglicerídeos, que contêm o grupo colina, e as **cefalinas**, que contêm o grupo etanolamina.



Fosfatidilcolina, uma lecitina.

Em alimentos como a maionese, a lecitina é adicionada como um agente emulsificante para evitar que a gordura e a água se separem em duas camadas.

Uma das funções biológicas mais importantes dos fosfolipídeos é a formação da bicamada lipídica (que constitui o tecido principal das membranas celulares), funcionando como uma barreira entre dois compartimentos aquosos, o intracelular e o extracelular.



Representação esquemática de uma bicamada lipídica.

Carboidratos

Também conhecidos por hidratos de carbono, açúcares ou glicídios, os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na natureza. São formados por carbono, oxigênio e hidrogênio e sua fórmula mínima é $\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$.

Alguns carboidratos, como açúcares e amido, servem como fonte de energia química para os organismos vivos;

outros, como a celulose, servem como constituintes de tecidos de sustentação em plantas.

Carboidratos podem ser definidos quimicamente como compostos orgânicos de função mista, poliálcool-aldeído (aldoses) ou poliálcool-cetona (cetoses), ou qualquer outra substância que gere esses compostos de função mista quando hidrolisada.

Existem três classes principais de carboidratos: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

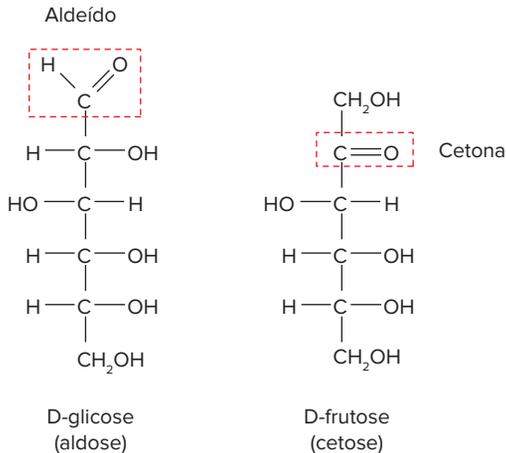
Monossacarídeos ou oses

São os carboidratos mais simples. Correspondem às unidades básicas dos carboidratos, portanto não sofrem hidrólise.

São classificados em poliálcool-aldeído (**aldose**) ou poliálcool-cetona (**cetose**) e apresentam de três a sete átomos de carbono.

Monossacarídeos com três, quatro, cinco, seis e sete carbonos na cadeia são chamados, respectivamente, de trioses, tetroses, pentoses, hexoses e heptoses.

Entre os monossacarídeos mais importantes, estão as hexoses de fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$, como a glicose e a frutose.

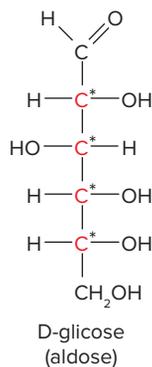


Monossacarídeos.

Observe que a glicose e a frutose são isômeros de função, pois apresentam a mesma fórmula molecular ($C_6H_{12}O_6$) e funções orgânicas diferentes.

Atenção

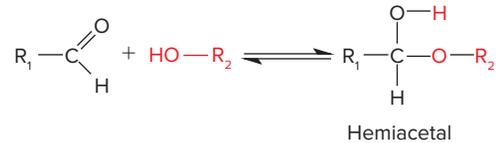
Os monossacarídeos têm carbonos quirais e, portanto, atividade óptica.



Estrutura cíclica dos monossacarídeos

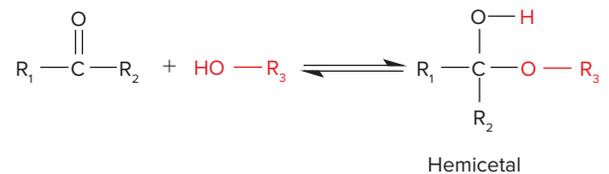
Os monossacarídeos de cinco e seis carbonos, quando em solução, existem predominantemente em suas formas cíclicas.

A formação do ciclo, nas aldoses, é resultado da reação entre um grupo hidroxila com o grupo carbonila do aldeído, formando um grupo funcional denominado hemiacetal.



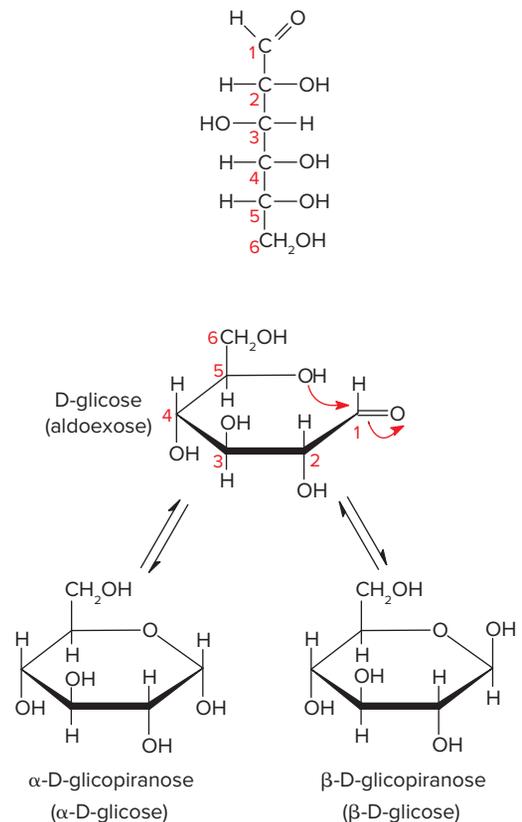
Formação do grupo hemiacetal.

Nas cetoses, o ciclo é formado quando uma hidroxila reage com o grupo carbonila da cetona, formando um novo grupo funcional denominado hemiacetal.



Formação do grupo hemiacetal.

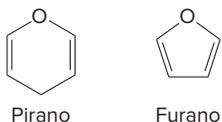
A figura a seguir ilustra a ciclização da glicose com a formação do grupo hemiacetal. Por conveniência, a glicose cíclica é representada pela fórmula de projeção de *Haworth*, em que o ciclo é colocado no plano.



Ciclização da glicose.

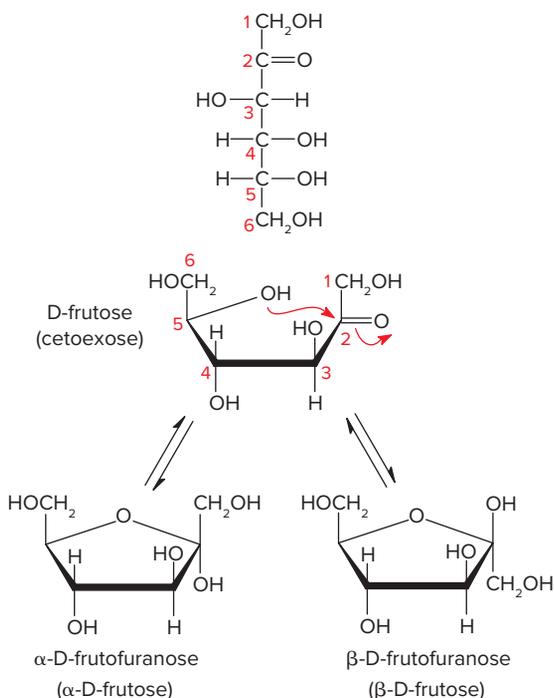
Atenção

Frequentemente são usados os termos piranose e furanose para se referir às estruturas cíclicas dos monossacarídeos, em razão da semelhança entre estas e o pirano e o furano.



Note que, após a reação de ciclização, a função carbonila transformou-se em uma hidroxila, que pode estar abaixo do plano do anel (α -D-glicose) ou acima do plano do anel (β -D-glicose).

A frutose apresenta uma ciclização parecida, no entanto, o ciclo formado é semelhante ao furano.



Ciclização da frutose.

Da mesma forma que na glicose, a função carbonila transformou-se em uma hidroxila, que pode estar abaixo do plano do anel (α -D-frutose) ou acima do plano do anel (β -D-frutose).

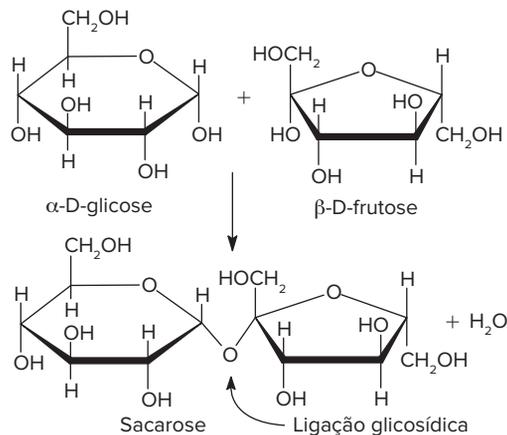
Oligossacarídeos

Cadeias curtas compostas de até dez monossacarídeos unidos covalentemente por uma ligação chamada **glicosídica**. Os principais oligossacarídeos são os **dissacarídeos**, carboidratos constituídos por duas unidades de monossacarídeos.

Os dissacarídeos mais comuns são a sacarose, a lactose e a maltose, todos de fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Sacarose

Também conhecida como açúcar de mesa, é um dissacarídeo formado pela união de glicose e frutose. Observe a formação da sacarose a partir da α -D-glicose e da α -D-frutose.



Formação da sacarose.

Saiba mais

Açúcar invertido

O açúcar comum é constituído pelo dissacarídeo conhecido como sacarose. Essa molécula é formada pela junção de uma glicose e uma frutose.

Quando a sacarose é colocada em meio aquoso, ela sofre uma reação chamada de hidrólise, que leva à quebra da ligação glicosídica e formação de glicose e frutose. Na indústria essa reação é catalisada por enzimas, principalmente a enzima invertase.

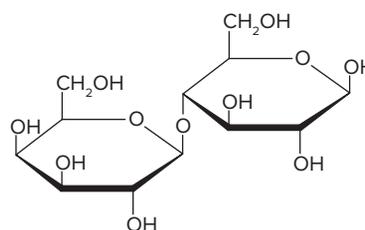
Comparado ao açúcar comum, o açúcar invertido é mais doce e não apresenta tendência a cristalizar. Essa característica é interessante para a indústria de alimentos, principalmente a de refrigerantes.

O nome dado a esse açúcar não está relacionado às suas propriedades organolépticas ou nutricionais, e sim a uma propriedade físico-química. Originalmente, ao incidir um feixe de luz polarizada sobre a sacarose, esse feixe sofre um desvio para a direita, ou seja, a sacarose é uma molécula dextrógira. Após a hidrólise da sacarose, ou seja, a formação de frutose e glicose a partir da sacarose, essa mistura passa a desviar a luz polarizada para a esquerda. Assim, o açúcar invertido é um composto levógiro.

Uma substância natural com as características do açúcar invertido produzido industrialmente é o mel de abelhas.

Lactose

Também conhecida como açúcar do leite, é um dissacarídeo formado pela união de galactose e glicose de ocorrência natural encontrada no leite e derivados.

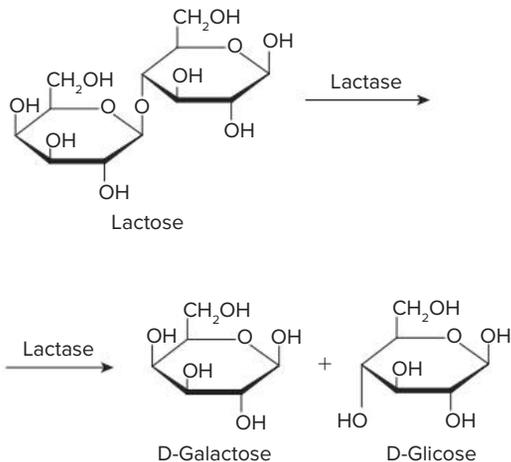


Lactose.

Intolerância à lactose



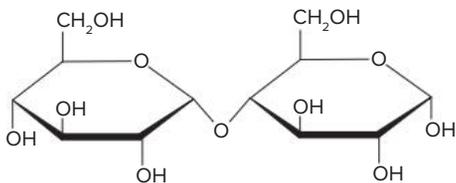
Intolerância à lactose é o nome que se dá à incapacidade parcial ou completa de digerir o açúcar existente no leite e seus derivados. A enzima lactase é produzida no intestino delgado e tem a finalidade de catalisar a hidrólise da lactose em glicose e galactose.



A galactose produzida nesse processo é convertida, no fígado, em glicose, que é posteriormente metabolizada para a produção de energia. Em razão da deficiência da enzima lactase, a lactose ingerida começa a se acumular no organismo e, por fim, é degradada por bactérias presentes no intestino, produzindo ácido láctico e gases com CO₂ e H₂. O aumento de ácido láctico e outros subprodutos ácidos causam cólica, náuseas, dor abdominal, diarreia e gases.

• **Maltose**

Constituída por duas unidades de α-D-glicose. Esse dissacarídeo não é encontrado livre na natureza. É obtido a partir da hidrólise do amido.



Maltose.

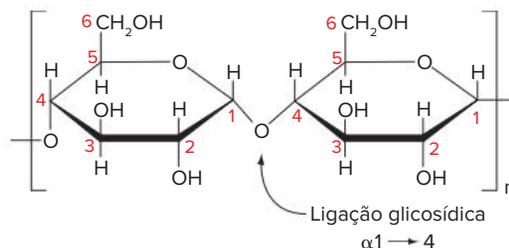
Polissacarídeos

São polímeros naturais resultantes da união de 20 ou mais unidades de monossacarídeos.

Os principais polissacarídeos são o amido e o glicogênio, que são as principais formas de armazenamento de carboidratos nos vegetais e nos animais, respectivamente, e a celulose, um polissacarídeo estrutural dos vegetais.

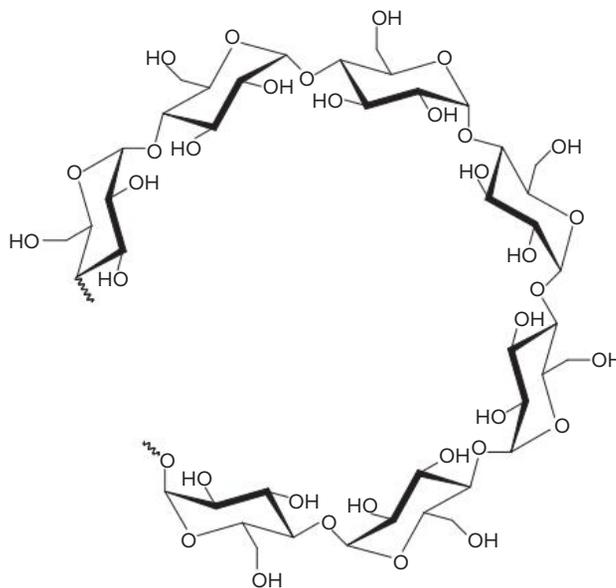
• **Amido**

Encontrado em grande quantidade na natureza, é um homopolímero de condensação de α-D-glicose. Sua fórmula molecular é (C₆H₁₀O₅)_n. As ligações glicosídicas entre as moléculas de glicose ocorrem entre as hidroxilas ligadas aos carbonos 1 e 4 de diferentes moléculas de glicose.



Ligação glicosídica do amido.

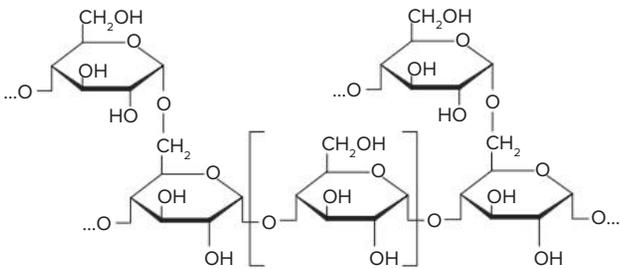
A ligação glicosídica do tipo (α → 1,4) faz com que os resíduos de glicose se disponham sequencialmente em uma estrutura espiral formando longos tubos mantidos por ligações de hidrogênio intramoleculares.



Estrutura espiral do amido.

• **Glicogênio**

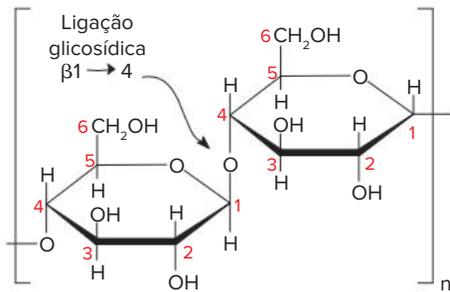
Principal polissacarídeo de armazenamento energético das células animais. É um homopolímero de condensação formado por unidades de α-D-glicose unidas por ligações glicosídicas (α → 1,4) com ligações (α → 1,6) nas ramificações. Sua fórmula molecular é (C₆H₁₀O₅)_n. A principal diferença entre o amido e o glicogênio reside no maior grau de ramificação do segundo em relação ao primeiro.



Estrutura do glicogênio.

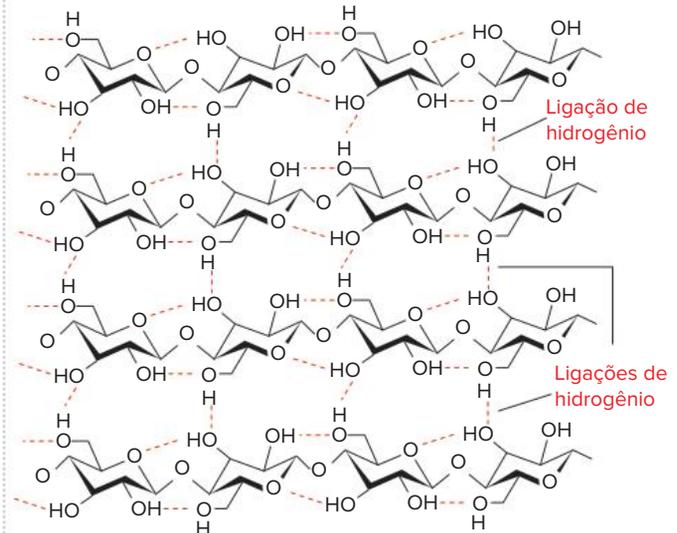
• **Celulose**

Substância resistente e fibrosa encontrada praticamente em todos os vegetais. Trata-se de um homopolímero de condensação formado por unidades de **β-D-glicose** unidas por ligações glicosídicas do tipo (β → 1,4), cuja fórmula molecular é (C₆H₁₀O₅)_n.



Ligação glicosídica (β → 1,4) na celulose.

A disposição dos resíduos de glicose nesse polímero permite um arranjo linear, assim as ligações de hidrogênio podem se formar entre as cadeias vizinhas. Essa disposição linear com várias cadeias dispostas lado a lado, estabilizadas por ligações de hidrogênio entre as cadeias vizinhas, confere a essa estrutura uma natureza rígida e fibrosa que a torna útil para alguns produtos comerciais.



Estrutura linear da celulose.

Revisando

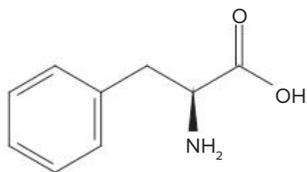
Nos itens de **1 a 10**, complete adequadamente cada uma das frases a seguir.

1. Aminoácidos são compostos de função mista: _____ e _____.
2. A condensação do grupo –NH₂ de um aminoácido com o grupo –COOH de outro aminoácido dá origem a uma ligação denominada _____.
3. Proteínas são _____ formadas pela união de muitos _____.
4. Enzimas são _____ com função _____. Caso uma enzima seja aquecida, ela pode sofrer _____ e perder sua atividade.
5. Hidratos de carbono, carboidratos e sacarídeos (ou açúcares) são compostos que possuem na sua maioria a fórmula mínima _____.
6. Os dois principais monossacarídeos encontrados na natureza são a _____ e a _____.
7. O dissacarídeo mais importante, a sacarose, é formado pela união de uma molécula de _____ com uma de _____ por meio de uma ligação _____.
8. O amido e a celulose são _____ formadas pela união de muitas moléculas de _____.
9. Ácidos graxos são ácidos _____ de cadeia _____.

10. A principal forma de armazenamento de energia em nosso organismo é a gordura, ou _____. Esses compostos pertencem à função _____, em que o álcool é sempre o _____.
11. Associe as colunas.
- a) Amido () Função de reserva energética, encontrado em plantas.
 b) Glicogênio () Função estrutural, encontrada em plantas.
 c) Celulose () Função de reserva energética, encontrado em animais.

Exercícios propostos

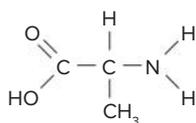
1. **PUC-Rio** Nossos corpos podem sintetizar onze aminoácidos em quantidades suficientes para nossas necessidades. Não podemos, porém, produzir as proteínas para a vida a não ser ingerindo os outros nove, conhecidos como aminoácidos essenciais.



Assinale a alternativa que indica apenas funções orgânicas encontradas no aminoácido essencial fenilalanina, mostrada na figura.

- a) Álcool e amida.
 b) Éter e éster.
 c) Ácido orgânico e amida.
 d) Ácido orgânico e amina primária.
 e) Amina primária e aldeído.

2. **IFSC 2015**



Sobre a molécula apresentada, assinale a alternativa **correta**.

- a) A molécula apresentada é um aminoácido.
 b) A molécula apresenta dois carbonos na sua cadeia principal.
 c) O nome correto dessa molécula é ácido amino-metil-etanoico.
 d) Essa molécula apresenta sete ligações simples e uma ligação dupla.
 e) A molécula apresenta cadeia carbônica heterogênea e insaturada.

3. **Unesp 2022**

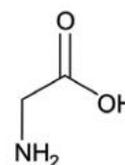
Etanolamina no espaço

Uma equipe internacional e multidisciplinar, envolvendo astrofísicos, astroquímicos e bioquímicos, detectou pela primeira vez no espaço interestelar a substância prebiótica etanolamina.

A etanolamina ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), uma molécula que contém quatro dos seis elementos químicos essenciais à vida, faz parte dos fosfolipídios, moléculas que compõem as membranas celulares, e pode servir como precursora do aminoácido glicina.

(www.inovacaotecnologica.com.br. Adaptado.)

A fórmula estrutural da glicina está representada a seguir.

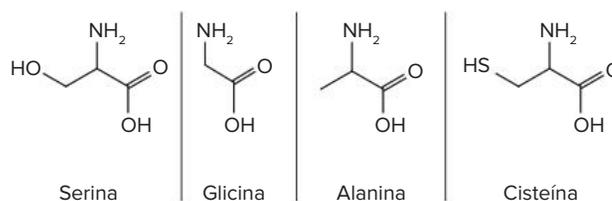


glicina

A transformação da molécula de etanolamina em glicina envolve uma reação de

- a) oxidação. d) redução.
 b) isomerização. e) adição.
 c) esterificação.

4. **Uerj 2012** Os aminoácidos que possuem um centro quiral apresentam duas formas enantioméricas. Observe, a seguir, a estrutura química de quatro aminoácidos.

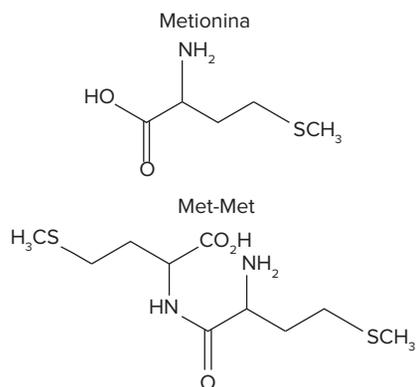


O único desses aminoácidos que não apresenta enantiômeros é:

- a) serina
 b) glicina
 c) alanina
 d) cisteína

5. **UFRGS 2017** Em 2016, foi inaugurada a primeira fábrica mundial para a produção de uma nova fonte de metionina especificamente desenvolvida para alimentação de camarões e outros crustáceos. Esse novo produto, Met-Met, formado pela reação de duas moléculas de metionina na forma racêmica, tem uma absorção mais lenta que a DL-metionina, o que otimiza

a absorção da metionina e de outros nutrientes no sistema digestivo dos camarões.



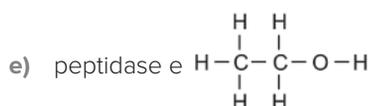
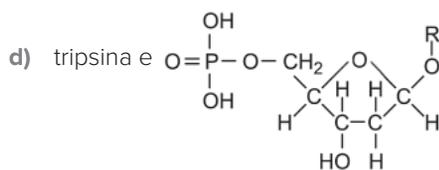
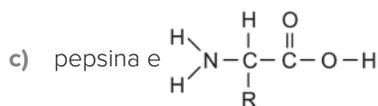
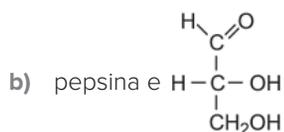
A Metionina e o Met-Met são, respectivamente,

- um aminoácido e um dipeptídeo.
- um aminoácido e uma proteína.
- um sacarídeo e um lipídeo.
- um monossacarídeo e um dissacarídeo.
- um monoterpene e um diterpene.

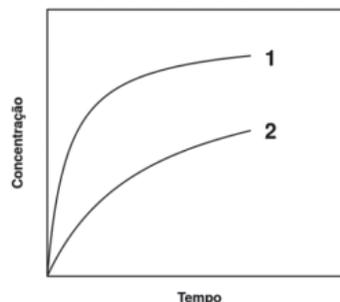
6. **Unesp 2020** Brasil já é o segundo país que mais realiza a cirurgia bariátrica, que reduz o tamanho do estômago. O paciente consegue emagrecer porque perde a fome radicalmente – a quantidade de comida consumida cai a um quarto, em média, por falta de espaço. Apesar dos avanços técnicos e das facilidades, a cirurgia está longe de ser uma intervenção simples.

(Natalia Cuminale. "Emagrecer na faca". Veja, 13.03.2019. Adaptado.)

Além de aumentar a sensação de saciedade, mesmo com pequena ingestão de alimentos, a redução do estômago também reduz a quantidade de suco gástrico secretado pela parede estomacal, comprometendo a digestão do alimento nessa porção do aparelho digestório. A principal enzima digestória do suco gástrico e a estrutura química dos monômeros das moléculas sobre as quais atua são



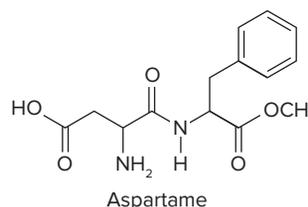
7. **Unicamp 2019** Recentemente, o FDA aprovou nos EUA a primeira terapia para o tratamento da fenilcetonúria, doença que pode ser identificada pelo teste do pezinho. Resumidamente, a doença leva ao acúmulo de fenilalanina no corpo, já que ela deixa de ser transformada em tirosina, em função da deficiência da enzima fenilalanina hidroxilase (PAH). As curvas do gráfico a seguir podem representar o processo metabólico da conversão de fenilalanina em tirosina em dois indivíduos: um normal e outro que apresenta a fenilcetonúria.



Considerando o gráfico e as características da doença, é correto afirmar que o eixo y corresponde à concentração de

- tirosina e a curva 1 pode ser correlacionada a um indivíduo que apresenta a fenilcetonúria.
- fenilalanina e a curva 1 pode ser correlacionada a um indivíduo que apresenta a fenilcetonúria.
- tirosina e a curva 2 pode ser correlacionada a um indivíduo que apresenta a fenilcetonúria.
- fenilalanina e a curva 2 pode ser correlacionada a um indivíduo que apresenta a fenilcetonúria.

8. **UEM 2017** O aspartame é um aditivo alimentar utilizado para substituir o açúcar comum, sendo este cerca de 200 vezes mais doce que a sacarose. Com base na estrutura química do aspartame, assinale o que for **correto**.



- A molécula do aspartame é um dipeptídeo.
- Na estrutura do aspartame está presente uma amina secundária.
- Quando a molécula do aspartame é tratada com solução aquosa de H_2SO_4 e aquecida, ocorre a hidrólise do grupo amida e do grupo éster.
- Quando o aspartame é dissolvido em água, ocorre a formação de um íon dipolar.
- O aspartame pode ser classificado como uma proteína.

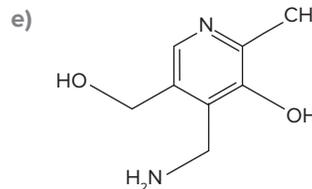
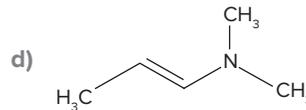
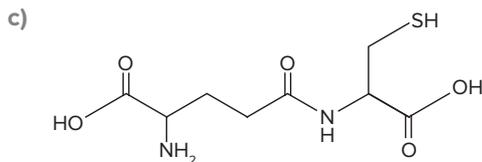
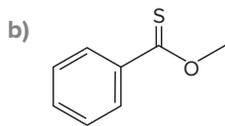
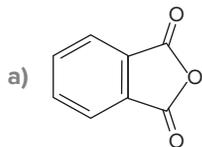
Soma:

9. **Uema 2014** Dieta das proteínas: mais músculos, menos barriga. A dieta das proteínas é uma aliada e tanto para emagrecer, acabar com os pneuzinhos e ainda turbinar os músculos. E o melhor: tudo isso sem perder o pique nem passar fome.

Fonte: Disponível em: <http://www.corpoacorpo.uol.br>.
Acesso em: 7 mar. 2013.

As proteínas, substâncias indispensáveis para uma dieta saudável, são formadas pela união de um número muito grande de α -aminoácidos. Sobre essa união, pode-se dizer que as proteínas são compostos formados

- por α -aminoácidos hidrofóbicos, apenas.
 - pela reação de precipitação de α -aminoácidos.
 - pela combinação de cinco α -aminoácidos diferentes, apenas.
 - pela reação de polimerização (por condensação) de α -aminoácidos.
 - por substâncias orgânicas de cadeia simples e baixa massa molecular.
10. **Uece 2020** O uso de álcool em gel para higiene das mãos, como prevenção da COVID-19 é considerado eficaz por ser um eficiente desinfetante de superfícies e antisséptico de pele. Para esse propósito, o grau alcoólico recomendado é 70% v/v, condição que propicia a desnaturação de proteínas e de estruturas lipídicas da membrana celular, ocasionando a consequente destruição dos microrganismos. Considerando o enunciado acima, assinale a afirmação verdadeira.
- Álcool em gel é representado pela fórmula química C_2H_5OH .
 - Proteínas são constituídas por uma ou mais cadeias de aminoácidos.
 - 70% v/v representa a concentração molar em volume.
 - Os lipídios são também denominados de carboidratos.
11. **Mackenzie-SP** Os peptídeos são compostos resultantes da união de aminoácidos, por intermédio de uma ligação peptídica. Assim, os aminoácidos se unem por meio do alfa-amino, grupo de um aminoácido com o grupo carboxila, de um segundo aminoácido, com a liberação de uma molécula de água. Alguns desses peptídeos são denominados biologicamente ativos, pois atuam diretamente no metabolismo humano, como é o caso da vasopressina e da oxitocina. De acordo com essas informações, o composto que apresenta uma ligação peptídica em sua estrutura é



12. **UEM 2012** A substituição de um hidrogênio alfa do ácido acético por um grupo amina ($-NH_2$) gera o aminoácido glicina. Uma outra substituição de um hidrogênio alfa da glicina pelo radical $-CH_2SH$ gera o aminoácido cisteína. A partir dessas informações e outras características dos aminoácidos é **correto** afirmar que
- 01 a formação de um peptídeo a partir de dois aminoácidos envolve uma reação de desidratação e o estabelecimento de uma função amida.
 - 02 todos os alfa-aminoácidos existentes podem ser gerados a partir da substituição de um hidrogênio alfa da glicina por um grupamento R específico.
 - 04 exceto a glicina, todos os alfa-aminoácidos são substâncias quirais.
 - 08 diferentes proteínas apresentam seqüências e quantidades diferentes de alfa-aminoácidos, e isso determina a sua função biológica.
 - 16 o processo de desnaturação de uma proteína ocorre somente quando há a quebra de todas as suas ligações peptídicas.

Soma:

13. **UFU 2018** O colágeno é abundante no organismo dos animais vertebrados. É o principal componente da pele, dos ossos, dos tendões, da cartilagem, dos vasos sanguíneos e dos dentes. Cada uma de suas moléculas são formadas por três camadas polipeptídicas.



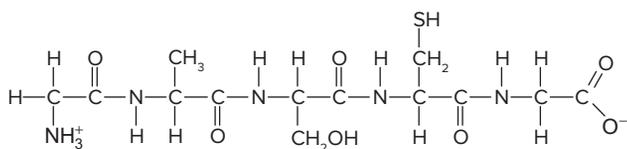
Disponível em: <https://www.portalselecao.ufu.br/servicos/ArquivoAdministrativo/download/8860e834a67da41edd6ffe8a1c58fa55>. Acesso em 30/03/2018.

Baseando-se nas informações acima, o colágeno é um tipo de

- proteína fibrosa responsável por conferir elasticidade aos tecidos.
- lipídio pouco solúvel em água, organizado em fibras resistentes.
- carboidrato formado por ligações peptídicas nos tecidos.
- aminoácido responsável pela flacidez da pele.

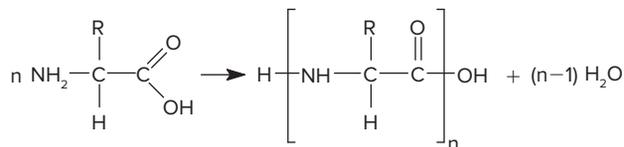
- 14. CPS-SP 2020** Na alimentação humana, a preservação da saúde depende dos nutrientes utilizados pelo organismo, pois tanto os de origem vegetal quanto animal são importantes na obtenção de energia, na formação de novas células e na regulação do metabolismo celular. Considere que, após uma determinada refeição, com o processo digestivo totalmente realizado, verificou-se que as substâncias absorvidas pelo sistema digestório, em maior quantidade foram os aminoácidos, que certamente foram obtidos dos alimentos, que predominavam nessa refeição, tais como
- batata e mandioca.
 - arroz e salada de folhas.
 - macarrão.
 - polenta frita.
 - contrafilé na brasa.

- 15. Fuvest-SP** A hidrólise de um peptídeo rompe a ligação peptídica, originando aminoácidos. Quantos aminoácidos diferentes se formam na hidrólise total do peptídeo representado a seguir?



- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

- 16. UFMG** A estrutura primária das proteínas é formada pela polimerização de sequências definidas de aminoácidos, conforme representado pela equação a seguir.



Essa estrutura primária é mantida unida por:

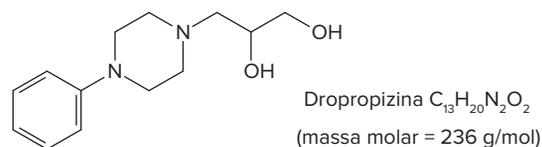
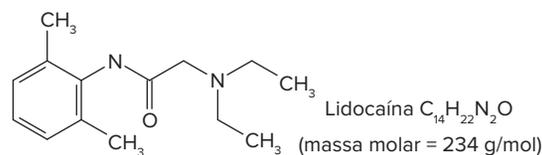
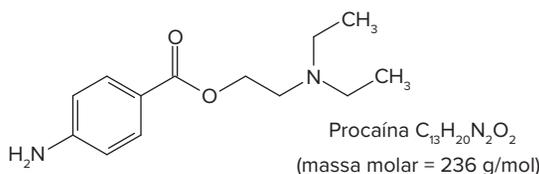
- ligações de hidrogênio.
- ligações iônicas.
- ligações covalentes.
- ligações de Van der Waals.

- 17. Uerj 2019** Na produção industrial dos comercialmente chamados leites “sem lactose”, o leite integral é aquecido a altas temperaturas. Após o resfriamento, adiciona-se ao leite a enzima lactase. Com esse processo, o produto gera menos desconforto aos intolerantes à lactose, que é o carboidrato presente no leite integral.

Na fabricação do produto, descrita no texto, aguardar o resfriamento do leite tem a finalidade de evitar o seguinte processo em relação à lactase:

- ativação
- maturação
- desnaturação
- hidrogenação

- 18. Fuvest-SP** Os três compostos a seguir têm uso farmacológico.



Considere as afirmações a seguir.

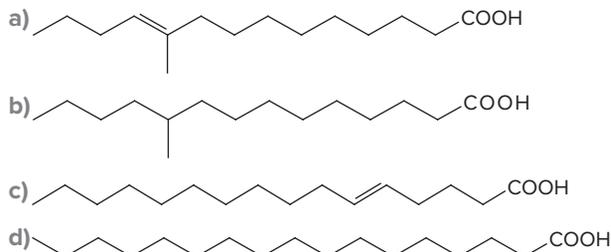
- Nas moléculas dos três compostos, há ligações peptídicas.
 - A porcentagem em massa de oxigênio na dropropizina é praticamente o dobro da porcentagem do mesmo elemento na lidocaína.
 - A procaina é um isômero da dropropizina.
- Está **correto** somente o que se afirma em:
- I.
 - II.
 - III.
 - I e II.
 - II e III.

- 19. Uerj** Quando ingerimos mais carboidratos do que gastamos, seu excesso é armazenado: uma parte sob a forma de glicogênio, e a maior parte sob a forma de gorduras.

As gorduras são, na sua maioria, ésteres derivados de ácidos carboxílicos de longa cadeia alifática, não ramificada. Essa cadeia contém um número par de carbonos – consequência natural do modo como se dá a síntese das gorduras nos sistemas biológicos.

MORRISON, R.; BOYD, R. *Química orgânica*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981. (Adapt.)

Um ácido carboxílico, com as características estruturais citadas no texto, apresenta a seguinte fórmula:



20. UCPel-RS 2021 Um dos produtos mais utilizados na fabricação de doces e salgados é a margarina e a manteiga. Ambas são produtos caracterizados por

- terem origem em ácidos graxos predominantemente insaturados.
- reagirem com bases como o NaOH produzindo apenas sais de ácidos graxos.
- possuírem triglicerídeos que podem ser obtidos por esterificação de ácidos graxos.
- apresentarem a função éter em sua estrutura.
- serem oriundos da hidrogenação de óleos vegetais.

21. UFU 2011 Antigamente era mais comum entre as famílias armazenar óleos usados em frituras para fabricação de sabão. Além do óleo, utilizam-se também água e soda cáustica (hidróxido de sódio, NaOH), que eram aquecidos até que a mistura adquirisse a consistência do sabão desejado. A respeito dessa reação assinale a alternativa incorreta.

- O óleo é um tipo de lipídio imiscível em água.
- O sabão remove gorduras e, ao mesmo tempo, dissolve-se em água, pois parte de sua cadeia é polar e parte apolar.
- O hidróxido de sódio possui características básicas.
- A reação de formação do sabão é chamada de esterificação.

22. Unicamp-SP 2020 Uma pesquisa comparou o desempenho de lavagem (Figura 1) de duas diferentes formulações de sabão líquido em diferentes temperaturas. Esse estudo comparou um sabão convencional, que contém apenas protease, com outro em que 10% do surfactante foi substituído por 1% de uma mistura multienzimática de protease, lipase e amilase. A Figura 2 resume a diferença entre os dois tipos de sabão quanto ao impacto ambiental por lavagem: a barra “Enzima” refere-se ao impacto na produção das enzimas; a barra “Surfactante” refere-se ao impacto decorrente do menor uso de surfactante convencional na formulação multienzimática para se obter o mesmo

desempenho de lavagem; a barra “Temperatura” refere-se ao impacto relativo à temperatura de lavagem, ou seja, ao se efetuar a lavagem a 15 °C em vez de 30 °C.

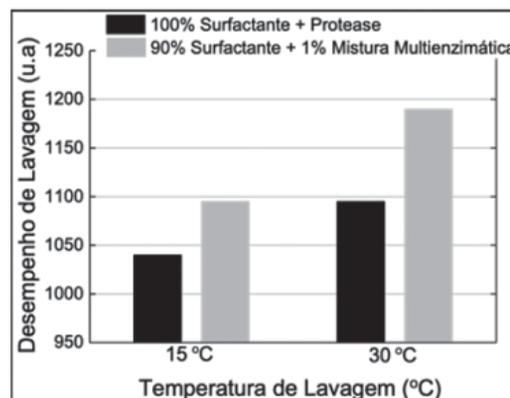


Figura 1

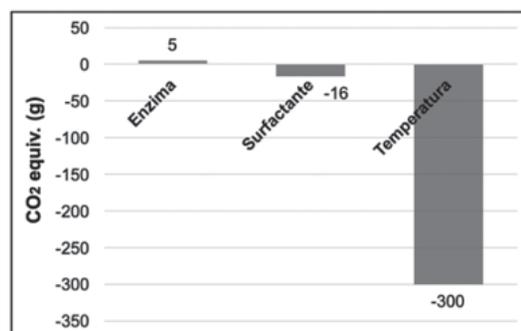


Figura 2

- Considerando-se as informações dadas, manchas de que grupos de substâncias poderiam ser mais facilmente removidas com o uso do sabão multienzimático em comparação com o sabão convencional? Cite os grupos e, para cada grupo, dê um exemplo de material que causa manchas.
- Do ponto de vista ambiental, qual seria a principal vantagem do uso do sabão multienzimático em comparação com o sabão convencional? Justifique sua resposta levando em conta os dados apresentados nas Figuras 1 e 2.

23. UCS-RS 2015 Trinta por cento da população mundial está acima do peso. A humanidade está perdendo a guerra contra a gordura. Mas se se existisse uma solução quase milagrosa para conter a onda de obesidade? Talvez exista. É o que revela o resultado de uma experiência realizada por cientistas americanos, que criaram uma bactéria capaz de impedir o ganho de peso. É uma versão mutante da *Escherichia coli*, uma bactéria que faz parte da nossa flora intestinal. Pesquisadores colocaram um gene a mais nesse micro-organismo e, graças a isso, ela passou a sintetizar *N-acilfosfatidiletanolamina*. Esse hormônio é normalmente produzido pelo corpo humano, e tem uma função simples: informar ao cérebro que a pessoa comeu o suficiente. Um grupo de ratos recebeu a “superbactéria”, misturada com água, e tinha alimentação à vontade, podendo comer o quanto quisessem. Mas, depois de oito

semanas, os níveis de obesidade diminuiram. Os ratos não só não engordaram; eles haviam perdido peso. Tudo porque a bactéria mutante se instalou no organismo deles e começou a produzir o tal hormônio, reduzindo a vontade de comer em excesso. Depois que os ratos pararam de receber a bactéria modificada, o efeito durou mais quatro semanas e não houve efeitos colaterais. Agora, os pesquisadores querem testar a descoberta em seres humanos. Se ela funcionar, será possível criar uma bebida probiótica contendo a tal bactéria mutante – que as pessoas beberiam para emagrecer.

Fonte: *Superinteressante*, Edição 339, Nov. 2014, p. 10. “Bactéria transgênica impede a obesidade”. (Adapt.)

Em relação às gorduras, considere as afirmativas a seguir.

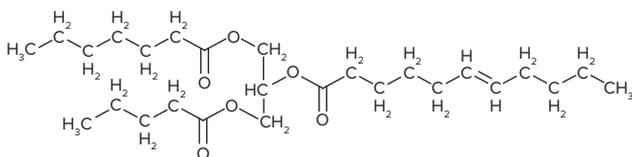
- I. As gorduras, à temperatura ambiente, podem ser sólidas ou líquidas, sendo constituídas apenas por ésteres de ácidos graxos insaturados.
- II. O fato de a gordura ser uma substância de reserva torna-se ainda mais evidente em animais que vivem em situações ambientais extremas, como é o caso dos ursos que são obesos para poderem enfrentar longos períodos de hibernação.
- III. A ação de limpeza de um sabão sobre a gordura das mãos deve-se à alta polaridade do grupo carboxilato, que o torna solúvel em água, e à baixa polaridade da cadeia carbônica, que o torna solúvel na gordura.

Das proposições apresentadas,

- 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.

24. Unimontes-MG Óleos vegetais e gorduras animais ou vegetais são misturas constituídas principalmente por triacilgliceróis. Estes, quando hidrolisados totalmente, resultam em moléculas de ácidos graxos livres (AGL) e glicerol. A composição dos óleos ou gorduras é, em geral, expressa em porcentagem de AGL.

A estrutura química a seguir é de uma molécula de triacilglicerol:



Em relação ao triacilglicerol, é **correto** afirmar que a sua hidrólise completa resulta em

- a) uma molécula de AGL, com insaturação no carbono 6.
- b) uma molécula de AGL saturada com 6 carbonos.
- c) duas moléculas de glicerol, $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$.
- d) uma molécula de AGL saturada com 8 carbonos.

25. UFSC 2020 Um hábito comum a muitos brasileiros consiste em preparar, pela manhã, um copo de leite

com achocolatado para “quebrar o jejum”. Considere as informações abaixo, coletadas nos rótulos de uma caixa de leite integral e de um achocolatado.

	Leite integral (conteúdo de um copo de 200 mL)	Achocolatado (conteúdo de uma porção de 20 g)
Carboidratos	8,8 g	17 g
Proteínas	6,8 g	0,7 g
Gorduras saturadas	4,3 g	0,1 g
Gorduras trans	0 g	0,1 g
Sódio	98 mg	7,0 mg
Cálcio	258 mg	272 mg
Ferro	4,2 mg	2,6 mg

Sobre o assunto e considerando as informações acima, é correto afirmar que:

- 01** as gorduras saturadas são formadas por moléculas que contêm, em sua estrutura, ligações duplas entre átomos de carbono, o que favorece a solubilidade em água e dificulta o acúmulo dessas gorduras no organismo.
- 02** as gorduras *trans* constituem uma classe particular de gorduras insaturadas que, em função de sua conformação molecular, acumulam-se facilmente no organismo e originam, por exemplo, obstruções em veias e artérias.
- 04** as proteínas atuam como catalisadores em reações biológicas e são formadas por átomos de metais ligados a cadeias de ácidos graxos.
- 08** os açúcares são carboidratos que podem estar presentes naturalmente em alimentos como leite e achocolatados ou ser adicionados a eles.
- 16** em uma caixa com 1,00 L de leite, há 1,4 g de metais dissolvidos.
- 32** um copo com 20 g de achocolatado dissolvido em 200 mL de leite possibilita a ingestão de 4,5 g de gorduras e 281,6 mg de metais.

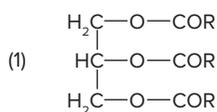
Soma:

26. Famerp-SP 2020 Um exame *antidoping* confirmou que Ben Johnson, corredor dos 100 metros, utilizou, nos Jogos Olímpicos de 1988, a substância estanozolol, um tipo de esteroide proibido em competições por ter efeito anabolizante na musculatura. A substância utilizada pelo atleta é um tipo de:

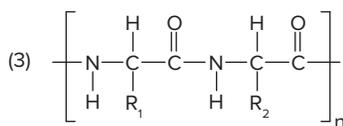
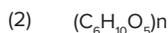
- a) proteína, que acelera o metabolismo das fibras musculares.
- b) lipídio, que estimula a síntese proteica nas fibras musculares.

- c) lipídio, que aumenta a síntese de LDL e melhora a atividade cardíaca.
- d) ácido nucleico, que ativa os genes responsáveis pela força muscular.
- e) proteína, que favorece a retenção de água utilizada no metabolismo muscular.

27. **UFPE** A seguir são dadas as fórmulas de alguns constituintes nutricionais encontrados em diversos alimentos.



R = radical alquila de cadeia longa



R₁ = R₂ = H ou outros substituintes

1, 2 e 3 são conhecidos, respectivamente, como:

- a) ácidos graxos, hidrocarbonetos e aminoácidos.
- b) carboidratos, ácidos graxos e proteínas.
- c) ésteres graxos, carboidratos e proteínas.
- d) ácidos graxos, carboidratos e hidrocarbonetos.
- e) ésteres graxos, hidrocarbonetos e proteínas.

28. **UEMG 2017** Relacione os itens da primeira coluna às informações apresentadas na segunda.

Coluna I	Coluna II
I. Proteínas	() A celulose é um dos seus representantes.
II. Carboidratos	() Constituintes majoritários de óleos vegetais refinados.
III. Lipídeos	() Contém bases nitrogenadas.
IV. Ácidos nucleicos	() Apresenta várias ligações peptídicas.

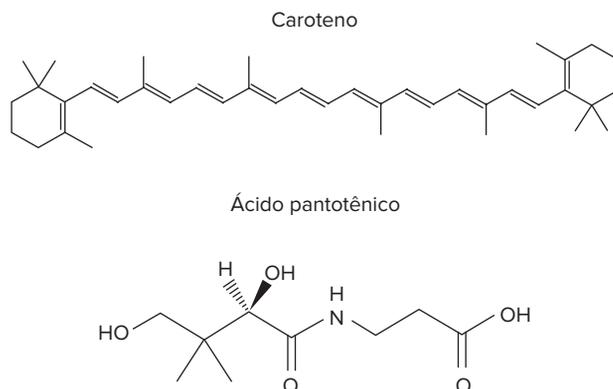
A sequência **correta** é

- a) I, III, IV e II.
- b) I, IV, III e II.
- c) II, III, IV e I.
- d) II, IV, III e I.

29. **PUC-RS 2014** Analise o texto apresentado, que contém lacunas, e as fórmulas a seguir.

A carne de panela é um prato muito apreciado da culinária tradicional, mas em geral é bastante gorduroso, o que o torna inconveniente para muitas pessoas. Para obter uma carne de panela saborosa e com pouca gordura, uma possibilidade é cozinhá-la normalmente, com bastante molho, e deixá-la esfriar; depois, levar à geladeira.

Devido a sua _____, a gordura forma placas sólidas por cima do molho, podendo ser facilmente removida. Depois, é só aquecer novamente e tem-se uma carne de panela saborosa e pouco gorda. Esse método é bom para retirar a gordura e o colesterol (sempre presente na gordura animal), mas há uma desvantagem. É que muitos nutrientes são constituídos de moléculas de baixa polaridade, dissolvendo-se preferencialmente em _____. Por isso, são perdidos na remoção das placas, o que poderia levar, por exemplo, à perda do _____.



Os termos que completam corretamente as lacunas são:

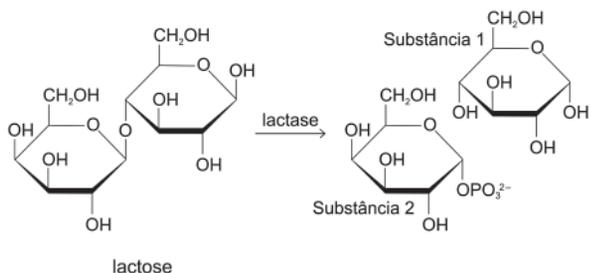
- a) massa e volume molares – carboidratos – caroteno
- b) polaridade e densidade – hidrocarbonetos – ácido pantotênico
- c) temperatura de fusão – água – caroteno
- d) massa e volume molares – proteínas – ácido pantotênico
- e) polaridade e densidade – lipídeos – caroteno

30. **UEM-PR 2012** Tendo em vista que o consumo excessivo de alimentos gordurosos é prejudicial à saúde, um vestibulando, quando foi ao mercado, leu a seguinte inscrição no rótulo de uma determinada margarina: “Fabricada com óleos vegetais hidrogenados”. Sobre esse assunto, é **correto** afirmar que

- 01 são chamados de ácidos graxos de cadeia saturada aqueles que apresentarem dupla-ligação entre um ou mais pares de carbonos da cadeia, sendo considerados um óleo.
- 02 uma dieta saudável deve conter certa quantidade de gorduras e óleos, pois são necessários para o organismo absorver as vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K).
- 04 glicerídeos são constituídos por moléculas do álcool glicerol, ligadas a uma, a duas, ou a três moléculas de ácidos graxos.
- 08 óleos e gorduras são glicerídeos e diferem quanto ao ponto de fusão: óleos são líquidos à temperatura ambiente e gorduras são sólidas.
- 16 através de uma reação química, por adição de hidrogênio às moléculas de óleos vegetais, obtêm-se produtos de consistência pastosa à temperatura ambiente.

Soma: _____

- 31. Famerp-SP 2019** A remoção da lactose de leite e derivados, necessária para que pessoas com intolerância a essa substância possam consumir esses produtos, é feita pela adição da enzima lactase no leite, que quebra a molécula de lactose, formando duas moléculas menores, conforme a equação:



As substâncias 1 e 2 produzidas na quebra da lactose pertencem ao grupo de moléculas conhecidas como

- a) glicerídeos. d) aminoácidos.
 b) lipídeos. e) glicídios
 c) polímeros.
- 32. UFRGS 2013** A respeito de biomoléculas, considere as afirmações a seguir.
- I. O açúcar extraído da cana-de-açúcar é a sacarose, que é um dissacarídeo composto de glicose e frutose.
 - II. Os ácidos graxos insaturados contêm, na sua estrutura, pelo menos uma ligação dupla carbono-carbono.
 - III. As ligações peptídicas são rompidas no processo de desnaturação de proteínas.

Quais estão **corretas**?

- a) Apenas II. d) Apenas I e III.
 b) Apenas III. e) I, II e III.
 c) Apenas I e II.

- 33. UFPel-RS** A FENADOCE é um evento de âmbito nacional, realizado anualmente, no qual se ressalta a tradição doceira de Pelotas. O componente mais importante de doces é o açúcar comum, ou sacarose. A sacarose, conhecida também por açúcar de cana, está presente em vários vegetais e, em nível industrial, a sua obtenção é feita principalmente a partir da cana-de-açúcar e da beterraba. Podemos afirmar que a sacarose:

- a) é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.
 b) é um monossacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.
 c) é um heterosídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.
 d) é um monossacarídeo formado por duas moléculas de glicose.
 e) é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de lactose.

- 34. UFRGS 2019** A reação de Maillard é uma reação química entre um aminoácido e um carboidrato redutor, originando compostos que conferem sabor, odor e

cor aos alimentos. O aspecto dourado dos alimentos, após assados, é o resultado da reação de Maillard. Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, exemplos de aminoácido e carboidrato.

- a) Glicerina e açúcar
 b) Ácido acético e sacarose
 c) Amônia e amido
 d) Triptofano e glicina
 e) Alanina e glicose

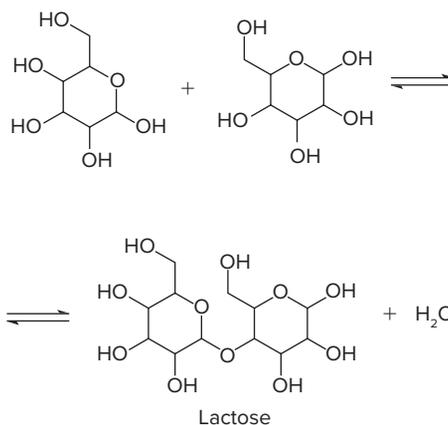
- 35. Uerj 2020** Algumas embalagens de alimentos apresentam no rótulo a informação "contém glúten", obrigatória por resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

O glúten apresenta, em sua composição, uma molécula que não deve ser consumida por portadores da doença celíaca, uma enfermidade autoimune crônica do intestino delgado.

Essa molécula do glúten, inadequada para os celíacos, é classificada como:

- a) lipídeo. c) proteína.
 b) vitamina. d) carboidrato.

- 36. UEM-PR 2016** Com base na reação de formação da lactose, assinale o que for **correto**.

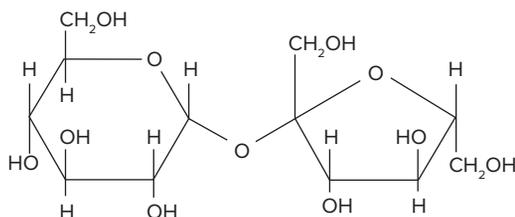


- 01** Todos os carbonos presentes na estrutura da lactose são quirais.
02 A lactose é um dissacarídeo formado por duas moléculas de hexoses.
04 Os álcoois presentes nas estruturas da galactose e da glicose são álcoois secundários.
08 A lactose é formada a partir de uma reação de desidratação intermolecular de álcoois.
16 A estrutura química da lactose pode ser classificada como cadeia heterogênea, saturada, mista e alicíclica.

Soma:

- 37. UCS-RS 2016** Uma pesquisa, divulgada em agosto deste ano pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revelou que aproximadamente um terço das crianças brasileiras com menos de 2 anos toma refrigerante ou suco artificial. De acordo com a Sociedade Brasileira de Pediatria, os refrigerantes e

os sucos artificiais são ricos em açúcares e contraindicados para crianças nessa faixa etária. Atualmente, a obesidade infantil é um problema mundial e o Brasil não foge à regra. O consumo em excesso dessas bebidas pode levar ao diabetes na adolescência e na fase adulta. Uma das principais substâncias químicas encontradas nessas bebidas é a sacarose, cuja estrutura química encontra-se representada a seguir.



Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/08/1671619-quase-13-das-criancas-commenos-de-2-anos-bebem-refrigerante-aponta-ibge.shtml>. Acesso em: 20 ago. 2015. (Adapt.)

Em relação à sacarose, considere as proposições a seguir.

- I. É um açúcar redutor, de fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$, que não pode ser hidrolisado por soluções ácidas diluídas.
- II. É solúvel em água, devido ao rompimento da ligação entre as unidades de glicose e frutose.
- III. É um dissacarídeo, de caráter polar, e que apresenta na sua estrutura apenas átomos de carbono hibridizados na forma sp^3 .

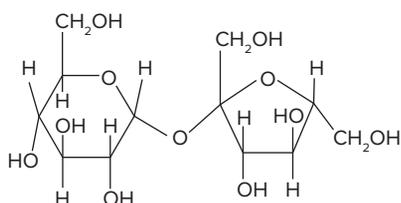
Das proposições apresentadas,

- a) apenas I está correta.
- b) apenas II está correta.
- c) apenas III está correta.
- d) apenas I e II estão corretas.
- e) apenas II e III estão corretas.

38. UFSM-RS 2014 A tecnologia ambiental tem direcionado as indústrias à busca da redução dos desperdícios nos processos de produção. Isso implica a redução ou o reaproveitamento de resíduos. Os resíduos são vistos como desperdício, pois é material que foi comprado e está sendo jogado fora, o que reduz a competitividade econômica de um processo. Dentre os mais estudados em busca de reaproveitamento estão os resíduos da agroindústria, bagaços, palhas e cascas. Esses componentes integram uma biomassa rica em glicose, frutose e celulose, produtos com alto valor para indústrias químicas e de alimentos. Qual a relação estrutural entre os monossacarídeos citados no texto e a celulose?

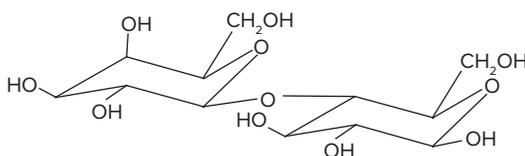
- a) Glicose e frutose formam a sacarose que, por sua vez, é o monômero constituinte da celulose.
- b) A frutose é o monômero formador da celulose.
- c) Glicose e frutose são constituintes da celulose.
- d) A glicose é o monômero formador da celulose.
- e) Glicose, frutose e celulose são monossacarídeos distintos.

39. UEPB 2013 A fermentação do caldo de cana hidrolisa a sacarose para obter uma aldo-hexose e uma ceto-hexose. Sabendo que a fórmula estrutural da celulose está apresentada abaixo, qual das alternativas a seguir apresenta corretamente o produto de sua hidrólise?



- a) Glicose e glicose.
- b) Glicose e frutose.
- c) Glicose e levrose.
- d) Galactose e galactose.
- e) Frutose e frutose.

40. Uespi 2012 A lactose, também chamada de açúcar do leite, é um dissacarídeo e possui fórmula estrutural:

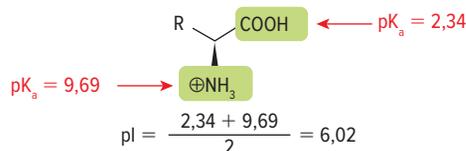


A lactose é hidrolisada pela ação da lactase, uma enzima do suco intestinal, produzindo:

- a) ribose e sacarina.
- b) glicina e alanina.
- c) glicose e galactose.
- d) guanina e glicose.
- e) frutose e glicerina.

Ponto isoelétrico

Cada aminoácido tem um valor de pH específico em que a concentração da forma zwitteriônica atinge o seu valor máximo. Esse pH é chamado de **ponto isoelétrico (pI)**, e cada aminoácido tem o seu próprio pI. Para aminoácidos que não possuem uma cadeia lateral ácida nem básica, o pI é simplesmente a média dos dois valores de pK_a . O exemplo visto a seguir mostra o cálculo para o pI da alanina.

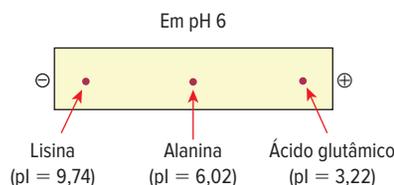


Para aminoácidos com cadeias laterais ácidas ou básicas, o pI é a média dos dois valores de pK_a que correspondem com os grupos semelhantes. Por exemplo, o pI da lisina é determinado pelos dois grupos amino, enquanto o pI do ácido glutâmico é determinado pelos dois grupos ácido carboxílico.

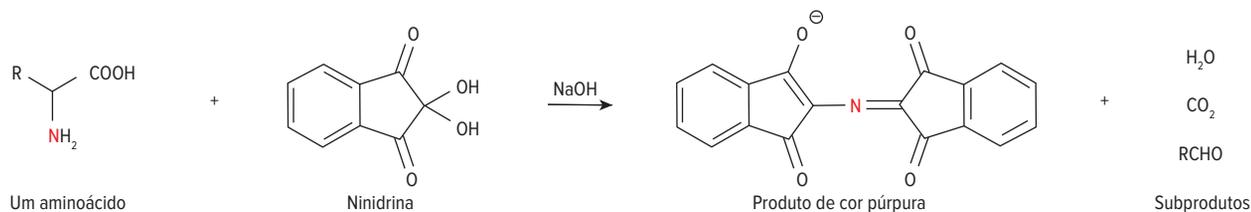


Separação de aminoácidos por eletroforese

Os aminoácidos podem ser separados entre si por várias técnicas. Um desses métodos, chamado de **eletroforese**, depende da diferença de valores de pI e pode ser usado para determinar o número de diferentes aminoácidos presentes em uma mistura. Na prática, algumas gotas da mistura são aplicadas sobre um gel, ou um papel-filtro, que é colocado em uma solução tamponada entre dois eletrodos. Quando um campo elétrico é aplicado, os aminoácidos se separam baseados em seus valores de pI diferentes. Se o pI de um aminoácido for maior do que o pH da solução, o aminoácido existirá predominantemente sob uma forma que tem uma carga positiva e irá migrar na direção do catodo. Quanto maior a diferença entre o pI e o pH, mais rápido ele vai migrar. Um aminoácido com um pI que é menor do que o pH da solução irá existir predominantemente sob uma forma que tem carga negativa e migrará para o anodo. Quanto maior a diferença entre o pI e o pH, mais rápido ele vai migrar. Se os dois aminoácidos têm valores de pI muito semelhantes (tais como glicina e a leucina), o aminoácido com a massa molecular maior irá mover-se mais lentamente, porque a carga tem de transportar uma massa maior.



Os aminoácidos são incolores, de modo que é necessária uma técnica de detecção a fim de visualizar a localização dos vários pontos. O método mais comum consiste em tratar o gel, ou o papel-filtro, com uma solução contendo ninidrina seguido por aquecimento em um forno. A ninidrina reage com os aminoácidos produzindo um produto de cor púrpura.



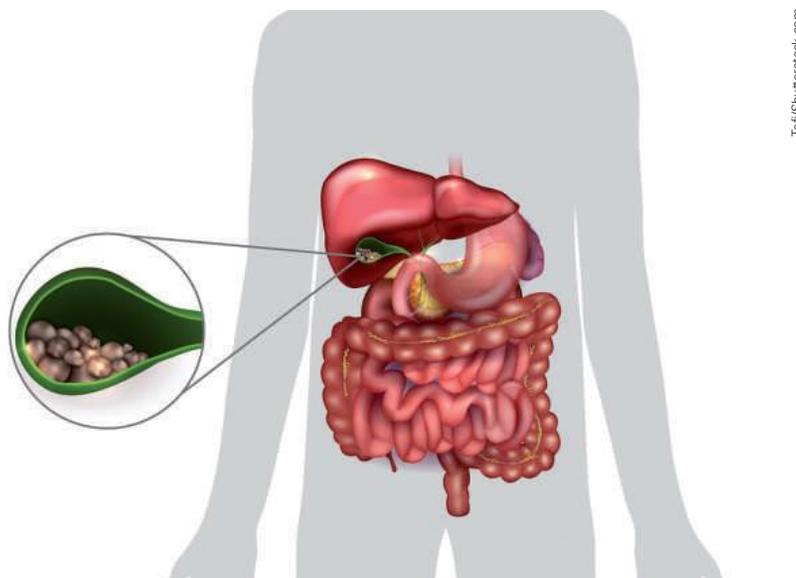
O átomo de nitrogênio do aminoácido é finalmente incorporado no produto púrpura, e o resto do aminoácido é degradado em alguns subprodutos (água, dióxido de carbono e um aldeído). A substância púrpura é obtida independentemente da natureza do aminoácido, desde que o aminoácido seja primário (isto é, não é a prolina). O número de manchas púrpura indica o número de diferentes tipos de aminoácidos presentes.

A eletroforese não pode ser utilizada para separar grandes quantidades de aminoácidos. Ela é usada apenas como um método analítico para a determinação do número de aminoácidos em uma mistura. A fim de separar realmente uma mistura completa de aminoácidos, são utilizadas outras técnicas de laboratório, tais como cromatografia de coluna.

A forma do colesterol e seu papel no corpo humano

O colesterol é essencial para a vida. Ele é vital, pois é o principal constituinte das membranas celulares. Ele é também o material inicial para a produção de sais biliares (que ajudam a digerir alimentos gordurosos), a vitamina D e os hormônios sexuais, como o estrogênio e a testosterona. O corpo humano adulto contém cerca de 150 g de colesterol, que está presente na corrente sanguínea e em cada célula do corpo.

Aproximadamente 80% do colesterol é produzido no fígado, e a nossa alimentação supre os 20% restantes. A concentração de colesterol na corrente sanguínea é importante, pois seus valores elevados podem aumentar o risco de doenças cardíacas coronarianas e problemas arteriais ao longo de todo o corpo.



Tefi/Shutterstock.com

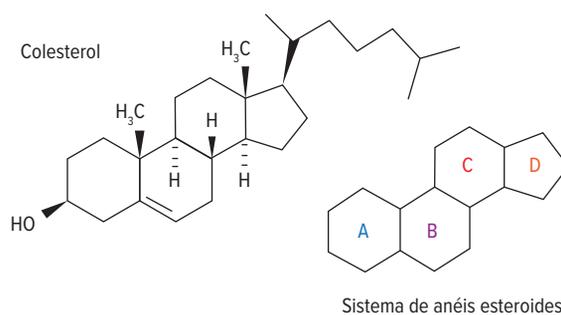
O colesterol é encontrado nas pedras da vesícula, que são materiais semelhantes aos minerais, formadas na vesícula biliar do corpo. Pedras na vesícula variam em tamanho de poucos milímetros a alguns centímetros.



disara/Shutterstock.com

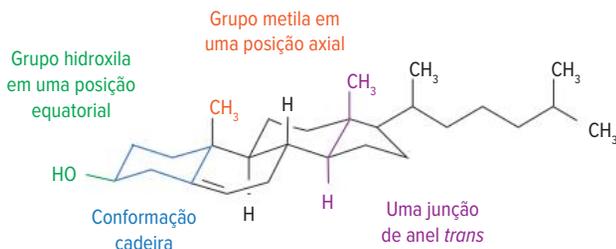
O colesterol está presente em produtos de origem animal, como carne, peixe, leite e gemas de ovos. Ele não é encontrado em plantas.

Colesterol é membro de uma família de produtos naturais chamados de esteroides. Todos os esteroides têm uma estrutura química semelhante, na qual três anéis de ciclo-hexano estão ligados a um anel de ciclopentano. Esses quatro anéis são denominados A a D na ilustração vista a seguir.



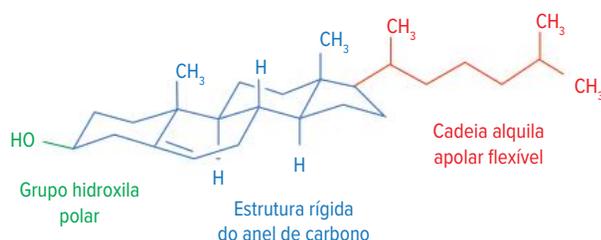
O sistema de anéis esteroides do colesterol.

Os anéis de ciclo-hexano A e C no colesterol adotam a conformação cadeira, e o anel de ciclopentano (anel D) adota uma conformação de envelope aberto, de modo a minimizar a tensão. O anel B é um ciclo-hexano, e a presença da ligação C=C aplana a estrutura da metade do anel. Isso é denominado **conformação meia cadeira**.

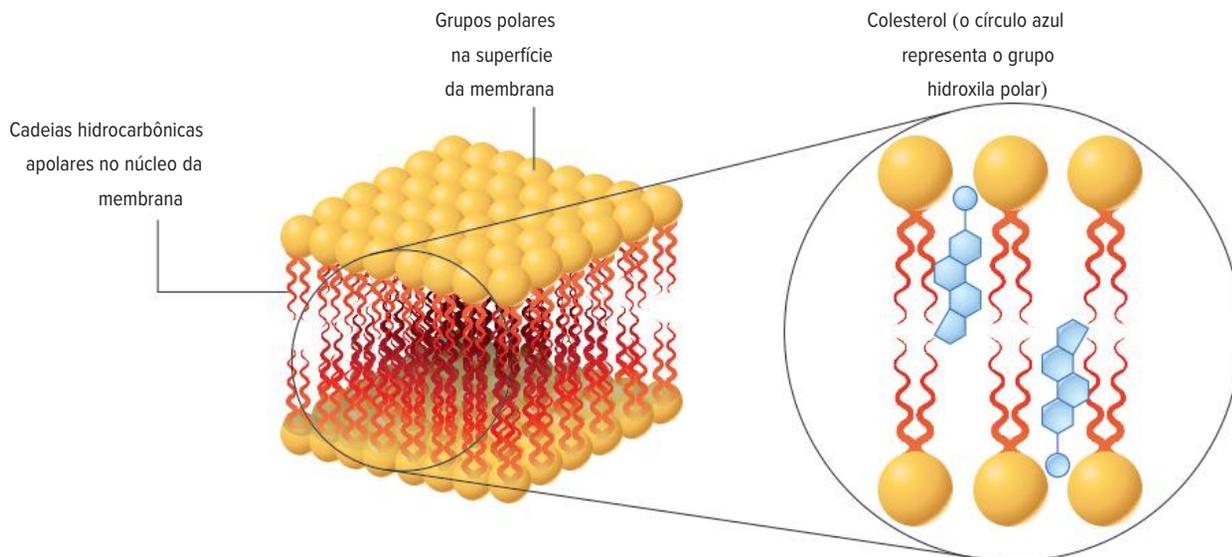


Nas junções de anéis (onde os anéis se encontram) do colesterol, os grupos metila, de tamanho pequeno, e os átomos de hidrogênio estão em posições axiais. Para minimizar a tensão estérica, os dois grupos na junção dos anéis estão em lados opostos da molécula. Assim, diz-se que a junção dos anéis tem estereoquímica *trans*. (Isso é o oposto da estereoquímica *cis*, quando os dois grupos estão do mesmo lado da molécula.)

As ligações C–C no sistema de anéis do colesterol não podem girar livremente, de modo que o sistema de anéis fornece uma estrutura carbônica rígida que separa o grupo hidroxila polar da cadeia alquílica apolar.



Na natureza, quando uma molécula de colesterol se insere em uma membrana celular, a superfície da membrana se torna mais rígida. Isso ocorre porque o grupo –OH se alinha com os grupos polares na superfície da membrana. Isso posiciona o sistema de anéis rígidos do colesterol próximos à superfície da membrana. A quantidade de colesterol em uma membrana celular pode modificar a resistência da membrana, o que por sua vez determina a sua função biológica.

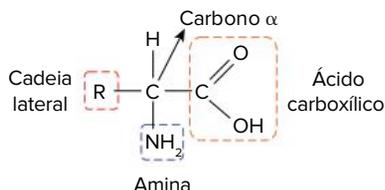


Moléculas de colesterol dentro de uma membrana celular.

BURROWS, Andrew et al. *Química: introdução à Química Inorgânica, Orgânica e Físico-Química*. Trad. Edilson Clemente da Silva et al. Rio de Janeiro: LTC, 2012. p. 60-1.

Aminoácidos e proteínas

Aminoácidos são substâncias orgânicas que têm pelo menos um grupo amina e um grupo carboxila em sua estrutura. Todos os 20 aminoácidos primários são α -aminoácidos, ou seja, têm um grupo amina no carbono adjacente à carboxila (carbono alfa (α)) e são diferenciados uns dos outros por suas cadeias laterais (**R**).



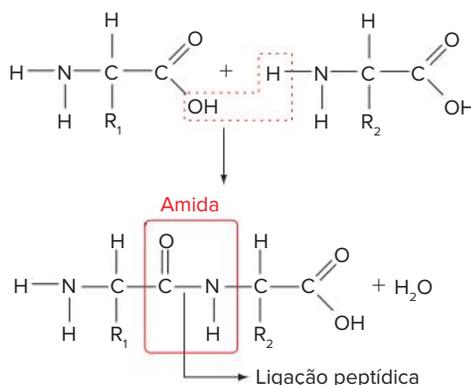
Em decorrência do caráter ácido do grupo carboxila e do caráter básico do grupo amina, quando os aminoácidos são dissolvidos em água (meio neutro), o grupo amina tem a tendência de receber prótons (H^+), produzindo um grupo de carga positiva, e o grupo carboxila tende a doar prótons (H^+), produzindo um grupo de carga negativa. Dessa forma, os aminoácidos, quando dissolvidos em água, sofrem neutralização intramolecular, formando um íon dipolar, também conhecido como zwitteríon.



Substâncias com esse comportamento duplo (ácido-base) são ditas *anfóteras*.

A ligação peptídica, peptídeos e proteínas

Nos peptídeos e nas proteínas, os aminoácidos são unidos covalentemente por ligações peptídicas, que são formadas a partir de uma reação de condensação com eliminação de água entre o grupo α -carboxila de um aminoácido e o grupo α -amino de outro aminoácido.



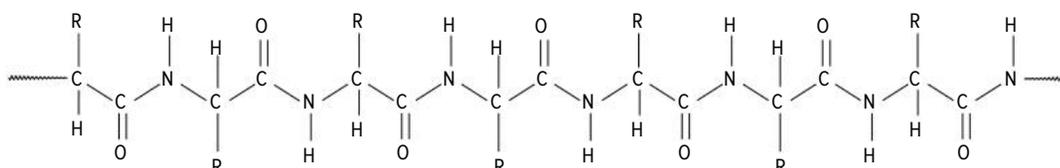
As proteínas são copolímeros de condensação (poliamidas naturais) formados por até 20 α -aminoácidos diferentes e, por serem substâncias orgânicas muito grandes, têm estruturas mais complexas que a de substâncias orgânicas pequenas.

Estrutura das proteínas

As proteínas são geralmente descritas em quatro níveis de organização denominados estruturas primária, secundária, terciária e quaternária.

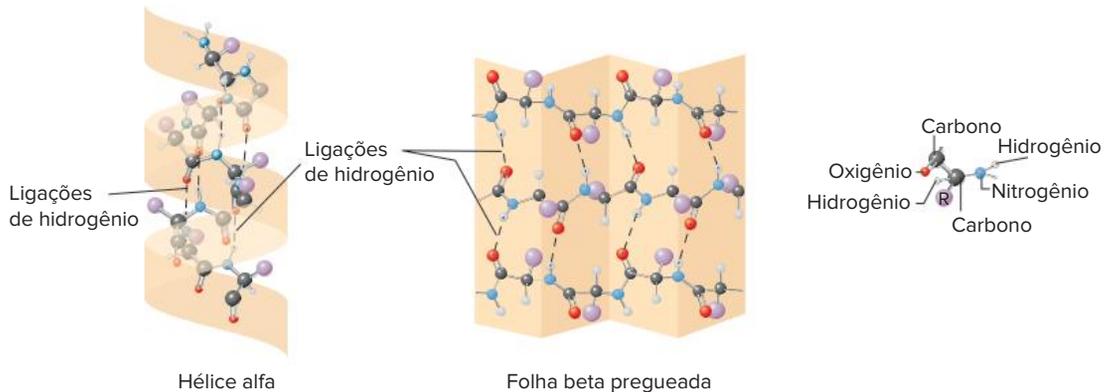
- **Estrutura primária**

É a sequência de aminoácidos que compõe uma proteína



• Estrutura secundária

Refere-se aos arranjos regulares mantidos por ligações de hidrogênio entre aminoácidos que estão próximos uns aos outros na sequência linear. Dois arranjos particularmente estáveis são a **hélice alfa (α)** e a **folha beta (β) pregueada**.



• Estrutura terciária

É o formato tridimensional que uma cadeia polipeptídica adquire após ser dobrada e enrolada sobre si mesma. As proteínas normalmente adotam conformações espaciais que maximizam a sua estabilidade.

A estrutura terciária das proteínas globulares é mantida por um conjunto de quatro forças de interações principais, que ocorrem entre os grupos R de aminoácidos:

- Pontes de dissulfetos: ligações covalentes entre átomos de enxofre de grupos cistinas.
- Interações hidrofóbicas: atração entre grupos R hidrofóbicos.
- Interações iônicas: atração entre íons de grupos R carregados eletricamente.
- Ligações de hidrogênio: formadas entre grupos R contendo grupo -NH_2 ou -OH com grupos R de aminos distantes.

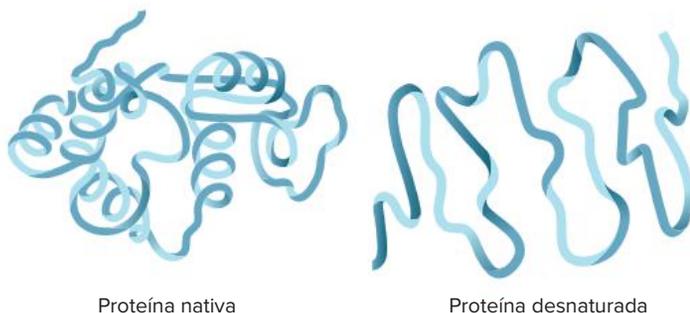
• Estrutura quaternária

Formada quando uma proteína é constituída por duas ou mais cadeias polipeptídicas chamadas subunidades, que se unem para formar um complexo proteico. A maneira pela qual essas cadeias se arranjam em uma estrutura tridimensional é denominada estrutura quaternária da proteína.

Desnaturação das proteínas

As forças que mantêm uma proteína na sua forma tridimensional são relativamente fracas, e, sob condições de aquecimento moderado, essas interações podem enfraquecer a um ponto que a proteína pode desdobrar e perder seu formato tridimensional natural. Esse processo é denominado **desnaturação**.

Além do aquecimento, outros fatores como variação brusca no pH, solventes orgânicos, solução de ureia e detergentes podem causar a desnaturação da proteína.



Lipídeos

Grupo de compostos orgânicos que inclui os óleos, as gorduras, os fosfolipídeos, as ceras, os hormônios esteroides etc.

Ácidos graxos

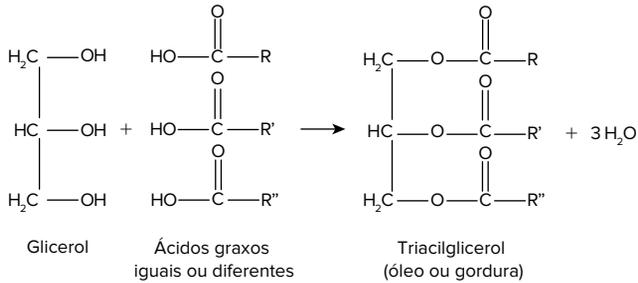
Ácidos carboxílicos de cadeia longa usados pelos seres vivos na síntese de triacilgliceróis.

Os ácidos graxos podem ser divididos em três grupos: **saturados** – possuem apenas ligações simples entre os carbonos; **monoinsaturados** – possuem apenas uma ligação dupla entre carbonos; **poli-insaturados** – possuem duas ou mais ligações duplas entre carbonos.

Triacilgliceróis

Trata-se das gorduras de origem animal, como a banha e o sebo, e dos óleos de vegetais, como óleo de amendoim, óleo de soja etc. Os triacilgliceróis que são líquidos à temperatura ambiente geralmente são chamados óleos; os que são sólidos são chamados gorduras. Quimicamente, ambos são triésteres de ácidos graxos e glicerol.

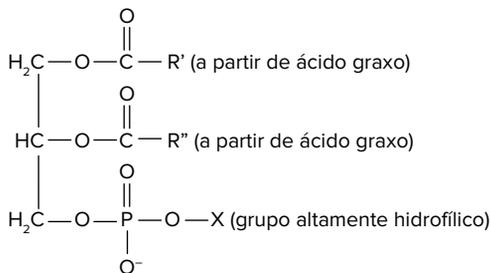
Como o glicerol tem três grupos hidroxila, os triacilgliceróis formarão três grupos ésteres com três ácidos graxos.



Reação de formação de um triacilglicerol.

Fosfolipídeos

As membranas lipídicas são constituídas de fosfolipídeos, o principal constituinte dos fosfoglicerídeos, que diferem dos triacilgliceróis por conterem um grupo hidroxila (-OH) terminal do glicerol esterificado com ácido fosfórico em vez de ácido graxo.



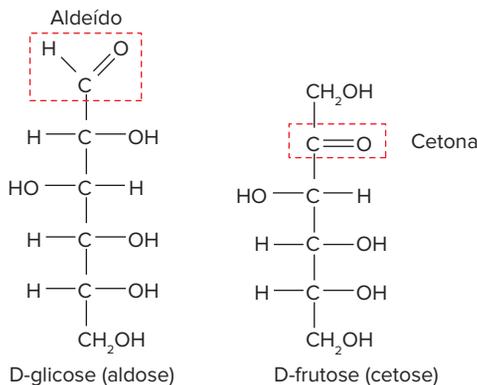
Estrutura geral de um fosfoglicerídeo.

Carboidratos

Também conhecidos por hidratos de carbono, açúcares ou glicídios, os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na natureza. São formados por carbono, oxigênio e hidrogênio e sua fórmula mínima é $\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$. Existem três classes principais de carboidratos: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

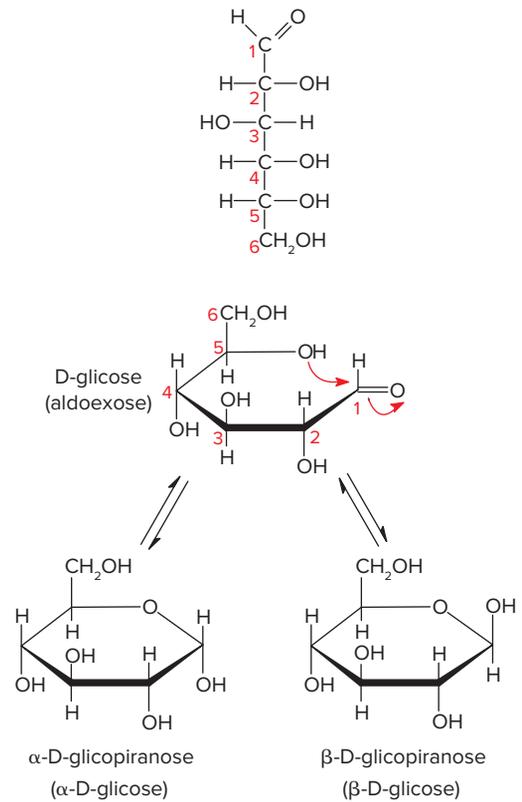
Monossacarídeos ou oses

São os carboidratos mais simples. Correspondem às unidades básicas dos carboidratos e, portanto, não sofrem hidrólise. São classificados em poliálcool-aldeído (*aldose*) ou poliálcool-cetona (*cetose*) e apresentam de três a sete átomos de carbono.



Monossacarídeos.

Estrutura cíclica dos monossacarídeos

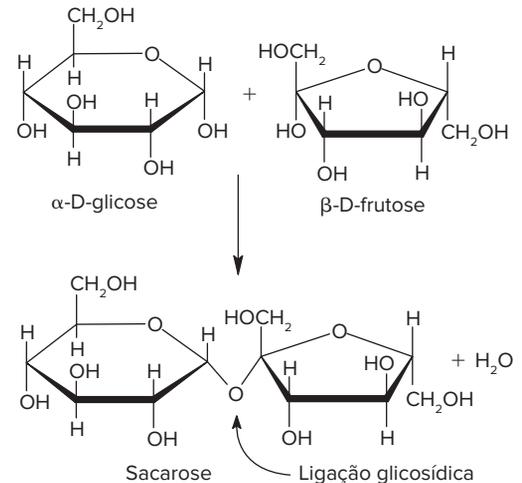


Ciclicação da glicose.

Oligossacarídeo

Cadeias curtas compostas de até dez monossacarídeos, unidos covalentemente por uma ligação chamada glicosídica. Os principais oligossacarídeos são os dissacarídeos, carboidratos constituídos por duas unidades de monossacarídeos.

Os dissacarídeos mais comuns são a sacarose (glicose + frutose), a lactose (galactose + glicose) e a maltose (glicose + glicose), todos de fórmula molecular $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.



Formação da sacarose.

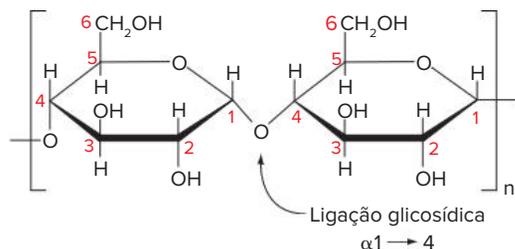
Polissacarídeos

Polímeros naturais resultantes da união de 20 ou mais unidades de monossacarídeos.

Os principais polissacarídeos são o amido e o glicogênio, as principais formas de armazenamento de carboidratos nos vegetais e nos animais, respectivamente, e a celulose, um polissacarídeo estrutural dos vegetais.

Amido

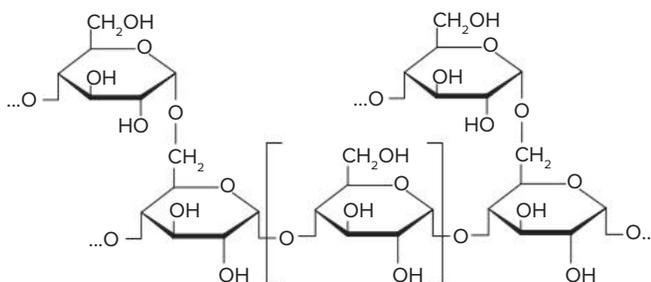
É um homopolímero de condensação de α -D-glicose. Sua fórmula molecular é $(C_6H_{10}O_5)_n$. As ligações glicosídicas entre as moléculas de glicose ocorrem entre as hidroxilas ligadas aos carbonos 1 e 4 de diferentes moléculas de glicose.



Ligação glicosídica do amido.

• Glicogênio

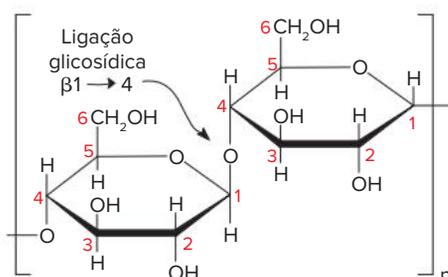
Homopolímero de condensação formado por unidades de α -D-glicose unidas por ligações glicosídicas ($\alpha = 1,4$) com ligações ($\alpha = 6$) nas ramificações. Sua fórmula molecular é $(C_6H_{10}O_5)_n$. A principal diferença do amido e do glicogênio está relacionada ao maior grau de ramificação do segundo em relação ao primeiro.



Estrutura do glicogênio.

• Celulose

Homopolímero de condensação formado por unidades de β -D-glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo ($\beta = 1,4$), cuja fórmula molecular é $(C_6H_{10}O_5)_n$.



Ligação glicosídica ($\beta = 1,4$) na celulose.

Quer saber mais?



Site

Revista Pesquisa Fapesp

Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/tag/bioquimica/>.

Artigos e outros recursos multimídia relacionados ao assunto de Bioquímica da Revista Pesquisa Fapesp.



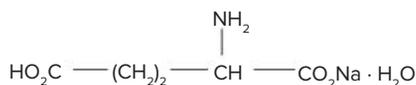
Livro

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Livro de referência sobre Bioquímica.

Exercícios complementares

1. **Uece 2015** Pesquisadores estão testando tratamentos para a calvície, cultivando cabelo em uma placa de Petri. Duas moléculas distintas parecem promissoras para possíveis tratamentos para a perda capilar: um peptídeo de levedura e um antioxidante chamado isoflavona. Com relação a esse tratamento, assinale a opção correta.
- Os peptídeos são biomoléculas formadas pela ligação de dois ou mais aminoácidos através de ligações peptídicas estabelecidas entre um grupo amina de um aminoácido, e um grupo carboxilo do outro aminoácido.
 - Um antioxidante é uma molécula capaz de inibir a oxidação de outras moléculas. As reações de oxidação evitam a formação de radicais livres.
 - Uma placa de Petri é um recipiente retangular, achatado, de vidro ou plástico, que os profissionais de laboratório utilizam para desenvolver meios de cultura bacteriológicos e para reações em escala reduzida.
 - Os peptídeos são resultantes do processamento de aminoácidos e podem possuir na sua constituição duas ou mais proteínas.
2. **UEL-PR** O glutamato monossódico monoidratado, aditivo utilizado como reforçador de sabor em alimentos, tem a seguinte fórmula estrutural.



A análise dessa fórmula leva a concluir que esse aditivo:

- é insolúvel em água.
- apresenta átomo de carbono assimétrico.
- é sal derivado de aminoácido.

Dessas conclusões, somente:

- I é correta.
- II é correta.
- III é correta.
- I e II são corretas.
- II e III são corretas.

3. **IME-RJ 2019** Assinale a alternativa correta:
- A estrutura primária de uma proteína é definida pela ordem em que os aminoácidos adenina, timina, citosina e guanina se ligam entre si.
 - A estrutura secundária de uma proteína é definida por conformações locais de sua cadeia principal que assumem padrões específicos, tais como hélices α e folhas β .
 - A estrutura terciária de uma proteína é definida pelo modo conforme duas ou mais cadeias polipeptídicas se agregam entre si.

- As enzimas são proteínas que atuam como catalisadores biológicos e que se caracterizam pela sua capacidade de reagir, simultaneamente, com milhares de substratos de grande diversidade estrutural.
- A glicose, a ribose e a frutose são enzimas que devem ser obrigatoriamente ingeridas na dieta dos seres humanos, uma vez que nossos organismos não conseguem sintetizá-las.

4. **IME-RJ 2018** Assinale a alternativa correta.
- Os glicídios são ésteres de ácidos graxos.
 - Existem três tipos de DNA: o mensageiro, o ribossômico e o transportador.
 - Alanina, valina, cisteína, citosina e guanina são exemplos de aminoácidos.
 - As reações de hidrólise alcalina dos triacilgliceróis são também denominadas reações de saponificação.
 - As proteínas são sempre encontradas em uma estrutura de dupla hélice, ligadas entre si por intermédio de ligações peptídicas.

5. **UEL-PR** Entre os compostos a seguir, o que por hidrólise produz aminoácido é:
- hidrato de carbono.
 - gordura animal.
 - gordura vegetal.
 - proteína.
 - alcaloide.

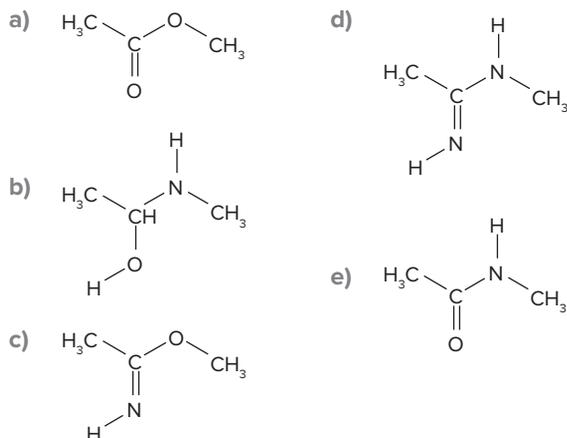
6. **UFRGS 2020** Na coluna da direita, são apresentados compostos de origem natural (fontes renováveis); na da esquerda, o principal componente desses compostos. Associe adequadamente a coluna da direita à da esquerda.
- | | |
|---------------|--------------------|
| (1) Glicídios | () Melão de cana |
| (2) Proteínas | () Cera de abelha |
| (3) Lipídios | () Amido de milho |
| | () Clara de ovo |
| | () Banha de porco |

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

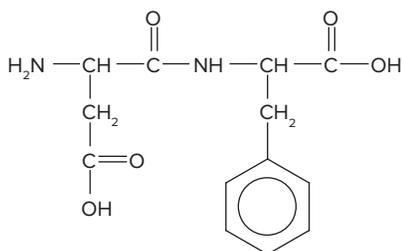
- 1 - 3 - 1 - 2 - 3.
- 1 - 3 - 3 - 2 - 3.
- 2 - 3 - 1 - 3 - 1.
- 2 - 1 - 1 - 2 - 3.
- 3 - 1 - 2 - 3 - 1.

7. **UFRGS** As proteínas alimentares ingeridas pelos animais não são absorvidas como tais. Eles as degradam por meio de enzimas, rearranjam-nas e assim produzem suas próprias proteínas. Os animais ingerem alimentos proteicos para suprir seu organismo de:
- ácidos carboxílicos.
 - açúcares.
 - glicéridios.
 - aminoácidos.
 - glicogênio.

8. **UFPE** A ligação peptídica é formada pela reação entre um ácido carboxílico e uma amina, liberando água. Qual das estruturas a seguir representa o produto orgânico da reação entre o ácido etanoico (ácido acético) e a metilamina?

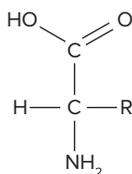


9. **Uerj** O esquema a seguir representa a fórmula estrutural de uma molécula formada pela ligação peptídica entre dois aminoácidos essenciais, o ácido aspártico e a fenilalanina.



As fórmulas moleculares dos aminoácidos originados pela hidrólise dessa ligação peptídica são:

- a) $C_4H_8N_2O_3 - C_9H_{12}O_3$ c) $C_4H_7NO_3 - C_9H_{11}NO_3$
 b) $C_4H_8N_2O_4 - C_9H_{12}O_2$ d) $C_4H_7NO_4 - C_9H_{11}NO_2$
10. **ITA-SP 2018** Aminoácidos são compostos orgânicos que contêm um grupo amina e um grupo carboxílico. Nos α -aminoácidos, os dois grupos encontram-se nas extremidades da molécula e entre eles há um átomo de carbono, denominado carbono- α , que também está ligado a um grupo R, conforme a figura.



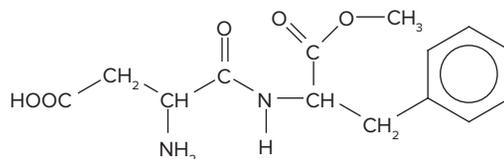
Considere os seguintes aminoácidos:

- I. Alanina, em que $R = CH_3$.
 II. Asparagina, em que $R = CH_2CONH_2$.
 III. Fenilalanina, em que $R = CH_2C_6H_5$.
 IV. Glicina, em que $R = H$.
 V. Serina, em que $R = CH_2OH$.

Assinale a opção que contém o(s) aminoácido(s) que possui(em) grupo(s) R polar(es).

- a) Alanina e Fenilalanina
 b) Asparagina e Glicina
 c) Asparagina e Serina
 d) Fenilalanina
 e) Glicina, Fenilalanina e Serina

11. **UEPG-PR** Sobre o adoçante artificial aspartame, cuja molécula está representada na estrutura a seguir, assinale o que for **correto**.



- 01 A molécula do aspartame apresenta as funções ácido carboxílico e éster.
 02 A hidrólise do aspartame no estômago produz metanol.
 04 O composto apresenta átomo de carbono quiral.
 08 O composto é constituído por dois aminoácidos ligados.
 16 A molécula do aspartame apresenta as funções amina e amida.

Soma:

12. **UFPE-RS** A mídia, de um modo geral, ultimamente vem dando destaque aos chamados "alimentos funcionais", isto é, alimentos que, ingeridos regularmente, podem prevenir ou retardar o aparecimento de determinadas doenças, inclusive o envelhecimento precoce. Muito se tem ouvido falar sobre os peixes possuírem ômega-3, um tipo de gordura que combate o LDL – considerado como o "mau colesterol", responsável pelo desenvolvimento de doenças coronarianas – e as frutas serem ricas em vitaminas. Faz parte da manchete a informação de que os vegetais folhosos contêm fibras, as quais ajudam no funcionamento dos intestinos. Enfim, uma alimentação saudável tem sido a tônica, devendo envolver não só a ingestão de carboidratos, proteínas e gorduras, mas também vitaminas e sais minerais, como o cálcio e o ferro, cujas carências podem estimular, respectivamente, o surgimento de osteoporose e de anemia.

Cada alimento tem sua importância para o organismo, sendo dignos de realce aqueles que contêm os chamados antioxidantes, tais como a vitamina C, pois esses conseguem evitar a formação dos maiores inimigos da saúde: os radicais livres. Por isso, nas refeições, é aconselhável a ingestão de um suco natural de fruta e não de um refrigerante feito à base de açúcar, o qual, gaseificado, se constitui em uma solução supersaturada de gás carbônico, a qual é engarrafada sob pressão.

Sobre as proteínas mencionadas no texto, considere as seguintes afirmativas.

- I. Elas são polímeros de alfa aminoácidos.
 II. Quando hidrolisadas, elas produzem glicerina (propanotriol) e ácidos graxos.

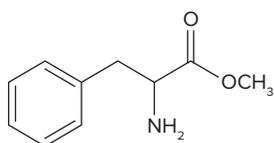
III. Em suas estruturas, os monômeros se unem através de ligações peptídicas.

IV. Elas são polímeros cuja unidade monômera é o monossacarídeo glicose.

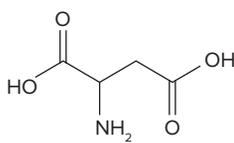
Dessas afirmativas, estão **corretas** apenas:

- a) I e III. c) II, III e IV. e) I, II e IV.
b) II e III. d) I e IV.

13. **UFPR 2017** Peptídeos são formados pela combinação de aminoácidos, por meio de ligações peptídicas. O aspartame, um adoçante cerca de 200 vezes mais doce do que a sacarose (açúcar de mesa), é um peptídeo formado pela combinação entre fenilalanina na forma de éster metílico e ácido aspártico. O aspartame é formado pela ligação peptídica entre o grupo amino da fenilalanina com o grupo ácido carboxílico do ácido aspártico, em que uma molécula de água é liberada na reação em que se forma essa ligação.

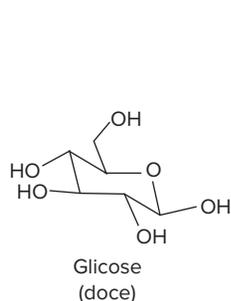


Fenilalanina
(na forma do éster)



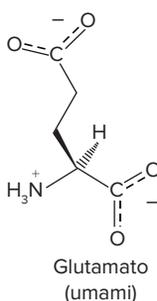
Ácido aspártico

- a) Apresente a estrutura do aspartame (notação em bastão).
b) Identifique na estrutura do aspartame a ligação peptídica citada.
c) Qual é a função química que corresponde à ligação peptídica?
14. **Uerj 2013** Na presença de certos solventes, as proteínas sofrem alterações tanto em sua estrutura espacial quanto em suas propriedades biológicas. No entanto, com a remoção do solvente, voltam a assumir sua conformação e propriedades originais. Essas características mostram que a conformação espacial das proteínas depende do seguinte tipo de estrutura de suas moléculas:
- a) primária. c) terciária.
b) secundária. d) quaternária.
15. **USCS-SP 2016** Os humanos são capazes de sentir cinco tipos diferentes de sabores: doce, salgado, umami, amargo e azedo. As figuras mostram uma substância representante de cada tipo de sabor.

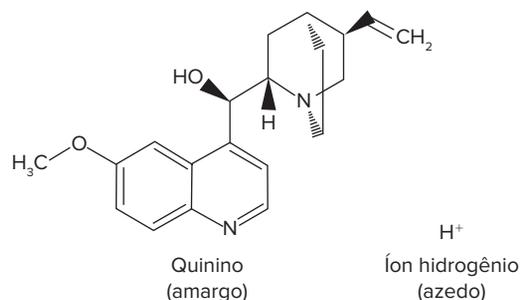


Glicose
(doce)

Na⁺
Íon sódio
(salgado)



Glutamato
(umami)

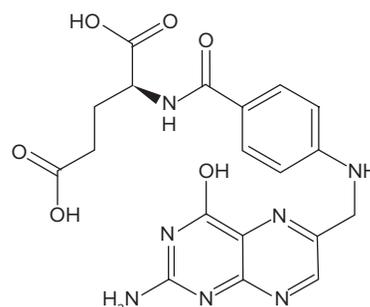


Quinino
(amargo)

H⁺
Íon hidrogênio
(azedo)

Disponível em: www.quimica.net. (Adapt.)

O ácido glutâmico, derivado do glutamato, faz parte da molécula de ácido fólico, cuja estrutura está representada na figura.



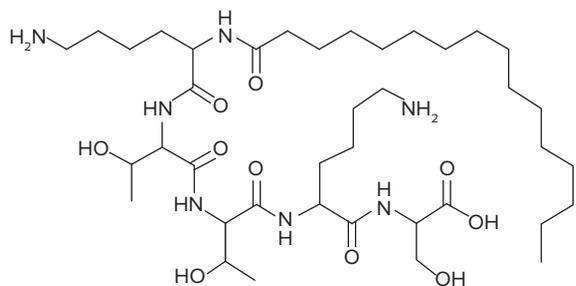
Ácido fólico

- a) Quais as funções químicas orgânicas comuns às moléculas responsáveis pelos sabores doce e amargo?
b) Dê o nome da ligação que une a molécula de ácido glutâmico ao restante da cadeia orgânico-ácido fólico. Em que tipo de macromolécula de interesse biológico tal ligação é comumente encontrada?
16. **Cefet-MG 2020** As proteínas são macromoléculas formadas por um conjunto de aminoácidos unidos entre si pelas ligações peptídicas. A sequência desses aminoácidos determina o tipo de proteína que será sintetizada, bem como sua forma funcional, o que permite atuarem, especificadamente, em diferentes vias metabólicas.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-proteina.htm>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.

Em um estado febril, a elevação da temperatura corpórea leva a uma perda das funções das proteínas por causar

- a) aceleração do metabolismo.
b) quebra das ligações peptídicas.
c) alteração da estrutura tridimensional.
d) mudança no número de aminoácidos.
17. **UPE 2014** Fazer a pele produzir mais colágeno é a meta de muitos dos mais modernos produtos de beleza. Cremes faciais, que utilizam a substância mostrada a seguir, têm conseguido esse feito. O arranjo de sua longa cadeia cria nanofitas planas. Apesar de o mecanismo exato sobre a sua ação na pele ainda ser desconhecido, acredita-se que a superfície larga e plana, formada pelas nanofitas, poderia facilitar o acúmulo de colágeno.



Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/revista/common/0,emi189299-17770,00-segredo+dos+cremes+antirruga+esta+nas+nanoparticulas.html>. (Adapt.)

O texto traz uma abordagem sobre

- a síntese de um oligossacarídeo a partir de produtos de beleza.
- a produção de um polissacarídeo na pele, estimulada pelo uso de cremes.
- o estímulo da biossíntese do colágeno por uma proteína contida no creme.
- o aumento da concentração de uma proteína pela ação de um derivado de um pentapeptídeo.
- a decomposição de macromoléculas causadoras de rugas pela ação de nanofitas dos cosméticos.

18. Fuvest-SP As surfactinas são compostos com atividade antiviral. A estrutura de uma surfactina é mostrada na figura 1. Os compostos da figura 2 participam da formação dessa substância.

Na estrutura dessa surfactina, reconhecem-se ligações peptídicas.

Figura 1

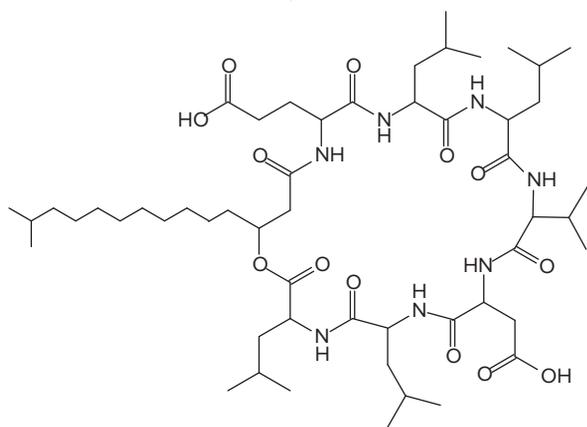
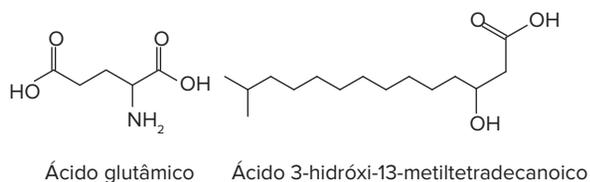
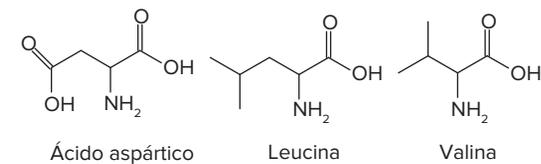


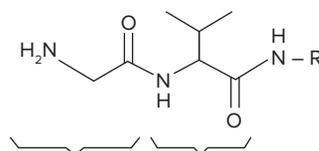
Figura 2



Na construção dessa estrutura, o ácido aspártico, a leucina e a valina teriam participado na proporção, em mols, respectivamente, de:

- 1 : 2 : 3
- 3 : 2 : 1
- 2 : 2 : 2
- 1 : 4 : 1
- 1 : 1 : 4

19. Fuvest-SP 2012 Peptídeos são formados por seqüências de aminoácidos, como exemplificado para o peptídeo a seguir:

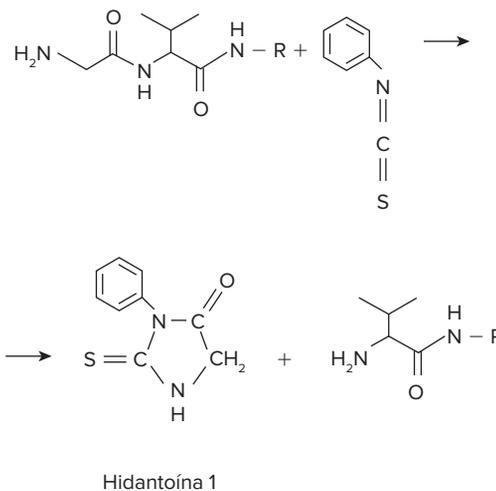


1º aminoácido 2º aminoácido

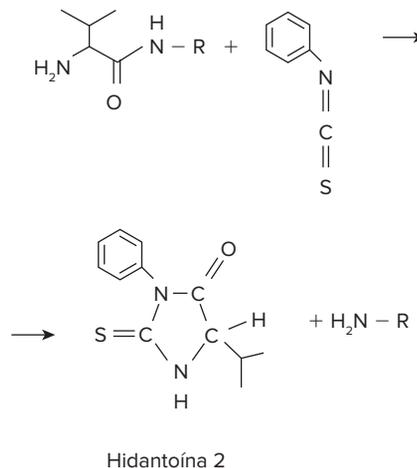
em que R representa o restante da cadeia do peptídeo

Para identificar os dois primeiros aminoácidos desse peptídeo e também a seqüência de tais aminoácidos, foram efetuadas duas reações químicas. Na primeira reação, formaram-se uma hidantoína e um novo peptídeo com um aminoácido a menos. Esse novo peptídeo foi submetido a uma segunda reação, análoga à anterior, gerando outra hidantoína e outro peptídeo:

Primeira reação:



Segunda reação:



O mesmo tipo de reação foi utilizado para determinar a sequência de aminoácidos em um outro peptídeo de fórmula desconhecida, que é formado por apenas três aminoácidos. Para tanto, três reações foram realizadas, formando-se três hidantoínas, na ordem indicada na página de resposta.

Preencha a tabela da página de resposta, escrevendo

- as fórmulas dos três aminoácidos que correspondem às três respectivas hidantoínas formadas;
- a fórmula estrutural do peptídeo desconhecido formado pelos três aminoácidos do item a.

20. Fuvest-SP 2016 A gelatina é uma mistura de polipeptídeos que, em temperaturas não muito elevadas, apresenta a propriedade de reter moléculas de água, formando, assim, um gel. Esse processo é chamado de gelatinização. Porém, se os polipeptídeos forem hidrolisados, a mistura resultante não mais apresentará a propriedade de gelatinizar. A hidrólise pode ser catalisada por enzimas, como a bromelina, presente no abacaxi.

Em uma série de experimentos, todos à mesma temperatura, amostras de gelatina foram misturadas com água ou com extratos aquosos de abacaxi. Na tabela a seguir, foram descritos os resultados dos diferentes experimentos.

Experimento	Substrato	Reagente	Resultado observado
1	Gelatina	Água	Gelatinização
2	Gelatina	Extrato de abacaxi	Não ocorre gelatinização
3	Gelatina	Extrato de abacaxi previamente fervido	Gelatinização

- Explique o que ocorreu no experimento 3 que permitiu a gelatinização, mesmo na presença do extrato de abacaxi.
Na hidrólise de peptídeos, ocorre a ruptura das ligações peptídicas. No caso de um dipeptídeo, sua hidrólise resulta em dois aminoácidos.
- Complete o esquema da figura 2, escrevendo as fórmulas estruturais planas dos dois produtos da hidrólise do peptídeo representado na figura 1.

Figura 1

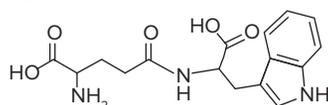
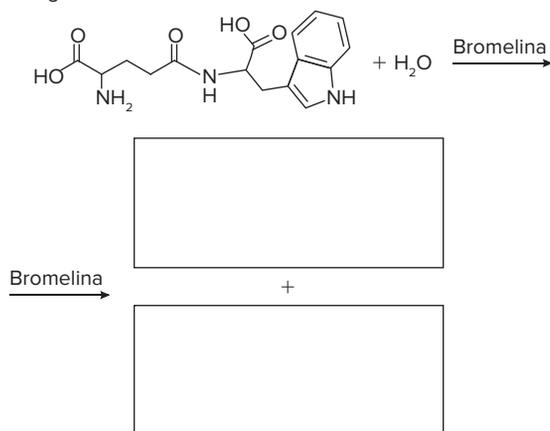
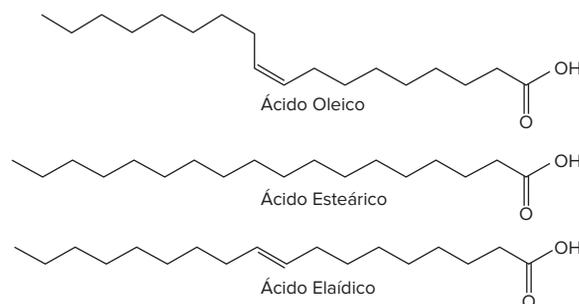


Figura 2



21. UFJF-MG 2019 Os lipídios são compostos com importante valor nutricional por apresentarem considerável valor energético, transportarem ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis, além de serem parcialmente responsáveis pela estrutura de membranas celulares. Observe abaixo a estrutura molecular de três lipídios:



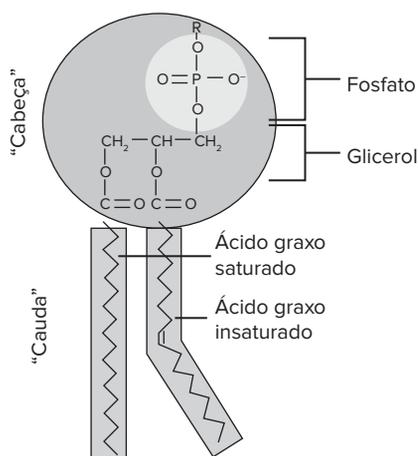
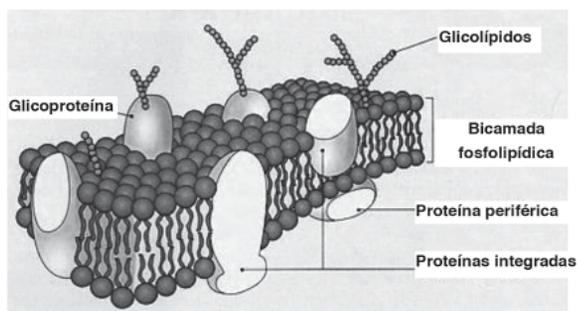
Com relação a estes compostos, responda:

- Qual é o nome da reação química que ocorre com o ácido oleico na presença de um catalisador, que origina o ácido esteárico?
 - Que tipo de isomeria ocorre entre o ácido oleico e o ácido elaídico?
 - Indique cada um dos isômeros.
- 22. UFJF/Pism-MG 2021** O colesterol, um tipo importante de lipídeo encontrado nos organismos animais, pode ser obtido na alimentação ou sintetizado pelo fígado. Embora possa causar, quando em excesso no sangue, problemas cardiovasculares, o colesterol é muito importante para o organismo humano. Sobre o colesterol, assinale a resposta CORRETA.
- Faz parte da constituição do citoesqueleto celular.
 - Participa da síntese de DNA e de RNA.
 - É transformado em proteína pelo organismo.
 - Tem função enzimática, atuando em vários tipos de substratos.
 - Faz parte da constituição das membranas plasmáticas e é precursor na síntese da testosterona e progesterona.

23. UFSC 2019 O modelo do mosaico fluido foi proposto na década de 1970 para explicar a estrutura da membrana plasmática. O modelo prevê que a membrana possui, entre outras substâncias, duas camadas formadas por fosfolípidios, com “cabeças” orientadas para os meios extracelular e intracelular. Essas moléculas estão em constante deslocamento, formando um modelo fluido.

Disponível em: <https://www.biologianet.com/biologia-celular/modelo-mosaico-fluido.htm>. [Adaptado]. Acesso em: 12 abr. 2019.

As representações esquemáticas da membrana plasmática e da estrutura geral de um fosfolípido são mostradas abaixo:



Disponível em: <https://courses.lumenlearning.com/introchem/chapter/phospholipids> e em: <https://biologiavegetal.com/aula-21-efeito-da-temperatura-sobre-a-permeabilidade-das-membranas-celulares>. Acesso em: 12 abr. 2019.

Sobre o assunto e com base nas informações acima, é correto afirmar que:

- 01 a interação entre as “caudas” de moléculas de fosfolípidios é facilitada pelo estabelecimento de ligações de hidrogênio entre os átomos presentes nas cadeias de ácidos graxos.
- 02 nos fosfolípidios a “cabeça” é polar e, portanto, possui elevada afinidade por moléculas de água.
- 04 o glicerol e o fosfato, que constituem a “cabeça” do fosfolípido, unem-se por meio de ligações iônicas, o que permite a interação com centros metálicos de enzimas e facilita o transporte destas para o meio intracelular.
- 08 a “cauda” dos fosfolípidios é hidrofílica e interage com íons Na⁺ e K⁺ na membrana plasmática devido a seu caráter polar, atuando no transporte desses nutrientes para o interior das células.

16 o caráter polar das moléculas de fosfolípidios sugere que a membrana plasmática seja um eficaz impermeabilizante que impede a passagem de substâncias do meio extracelular para o meio intracelular.

32 o fosfolípido é uma molécula capaz de interagir com substâncias polares e também com substâncias apolares.

Soma:

24. Unicamp-SP 2021 A partícula viral do novo coronavírus (SARS-CoV-2), conhecida como vírion, é constituída por poucas proteínas, uma fita de RNA e um envelope derivado de estruturas celulares, como membrana plasmática e organelas. A Organização Mundial de Saúde recomenda hábitos de higiene para prevenção da contaminação ao SARS-CoV-2, incluindo lavar com frequência as mãos com água e sabão.

(Adaptado de <https://www.bbc.com/portuguese/geral-52096406>. Acessado em 25/07/2020.)

Considerando seus conhecimentos sobre vírus, assinale a alternativa que justifica a recomendação apresentada no texto.

- a) As poucas proteínas que compõem o nucleocapsídeo são diluídas em contato com sabão e água, na qual existe pouca tensão superficial, e, portanto, a partícula viral não é capaz de infectar a célula humana.
- b) O envelope viral é formado por lipídios, moléculas anfipáticas, que, em contato com sabão e água (moléculas apolar e polar respectivamente), têm sua estrutura rompida, inativando assim a partícula viral.
- c) A fita de RNA é formada por nucleotídeos que contêm ribose, açúcar e fosfato, e, em contato com sabão e água, têm sua capacidade de integração ao DNA da célula humana bloqueada.
- d) As organelas, constituídas por lipídios, carboidratos e proteínas, em contato com sabão e água, são clivadas e perdem a capacidade de produzir moléculas essenciais ao metabolismo viral.

25. UFRJ A leitura de rótulos dos alimentos é um hábito recomendado aos consumidores com o objetivo de controlar a quantidade da alimentação. Um exemplo é o controle do teor de ácidos graxos saturados consumidos. A Associação Americana do Coração recomenda dieta em que o teor de calorias correspondente aos ácidos graxos saturados não ultrapasse 10% das calorias totais consumidas. Os ácidos graxos saturados contribuem para o aumento do colesterol.

- a) A margarina é um alimento que contém ácidos graxos saturados. Uma dieta recomendada para homens limita o consumo médio diário de todos os alimentos em 1 800 kcal. Quantos gramas de margarina podem ser ingeridos por dia nessa dieta, supondo que 80% do total de ácidos graxos saturados sejam de outras fontes e que a combustão metabólica de gorduras gera, em média, 9 kcal/g?

Informações nutricionais de uma margarina (cada 100 g)

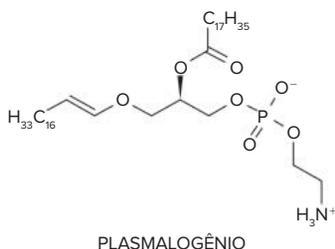
Energia	360 kcal	
Metal não metabolizado	60 g	
Lipídeos	40 g	100%
	Poli-insaturados	50%
	Monoinsaturados	25%
	Saturados	25%
Colesterol	0 g	
Proteínas	0 g	
Carboidratos	0 g	

b) Na fabricação de margarinas, óleos vegetais líquidos (uma mistura de ésteres de ácidos graxos mono e poli-insaturados) são hidrogenados. Durante a hidrogenação, são formados ácidos graxos *trans* como subprodutos que, ao contrário dos isômeros *cis* de ocorrência natural, elevam os níveis de colesterol. Explique por que as gorduras insaturadas apresentam isomeria *cis-trans* e as gorduras saturadas não.

26. IME-RJ 2020 Assinale a alternativa correta.

- Serina, ácido aspártico e ácido glutâmico são exemplos de triacilgliceróis.
- Os triacilgliceróis são encontrados somente em vegetais, sendo os principais responsáveis pela realização da fotossíntese.
- A hidrólise alcalina de um triacilglicerol misto produz glicerol e uma mistura de sais de ácido carboxílico.
- A principal diferença estrutural entre um sabão e um detergente consiste no fato de, em geral, o primeiro ser um sal de sódio do sulfato de alquila, enquanto o segundo é um sal de ácido carboxílico de cadeia longa.
- Os triacilgliceróis podem ser divididos em gorduras (cuja hidrólise gera uma mistura de ácidos graxos) e óleos (que não podem ser hidrolisados).

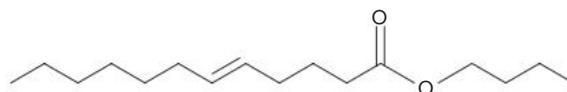
27. USF-SP 2018 (Adapt.) Os lipídios desempenham inúmeras funções, como composição das membranas celulares, fornecimento de energia, isolamento térmico, entre outras. Também podem acarretar, quando em excesso, danos ao organismo. Tais biomoléculas possuem inúmeras subclassificações, dentre as quais temos os plasmalogênios, cuja estrutura é apresentada a seguir. Essa subclassificação representa a metade dos fosfolipídios do coração.



Explique, com base na estrutura molecular apresentada, o porquê de os fosfolipídios serem substâncias anfífilas e o motivo dessa característica ser extremamente importante para a composição das membranas celulares.

28. FPP-PR 2020 Os lipídios constituem uma classe de biomoléculas com inúmeras aplicações. Desde relações ao fornecimento de energia até atuações como isolante térmico as moléculas lipídicas influenciam diretamente no bom funcionamento de um organismo. Quimicamente os lipídios são considerados ésteres de cadeia longa e sua hidrólise forma outras substâncias orgânicas.

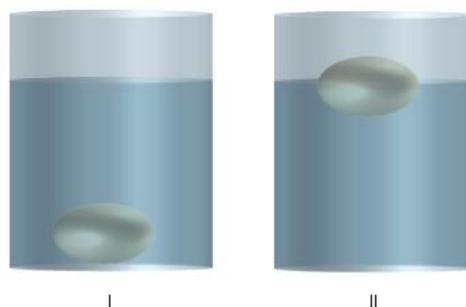
Considere a cadeia lipídica apresentada a seguir.



A partir da estrutura apresentada, é CORRETO afirmar que

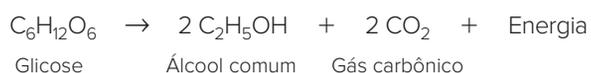
- a hidrólise formaria um álcool insaturado e o ácido butanoico.
- não existe a possibilidade de a substância existir como isômeros espaciais.
- possivelmente se trata de uma molécula bastante solúvel em água.
- existem dois elétrons pi em toda a estrutura.
- a hidrólise formaria um ácido graxo insaturado e o butan-1-ol.

29. Enem No processo de fabricação de pão, os padeiros, após prepararem a massa utilizando fermento biológico, separam uma porção de massa em forma de “bola” e a mergulham em um recipiente com água, aguardando que ela suba, como pode ser observado, respectivamente, em I e II, no esquema a seguir. Quando isso acontece, a massa está pronta para ir ao forno.



Um professor de Química explicaria esse procedimento da seguinte maneira:

A bola de massa torna-se menos densa que o líquido e sobe. A alteração da densidade deve-se à fermentação, processo que pode ser resumido pela equação:



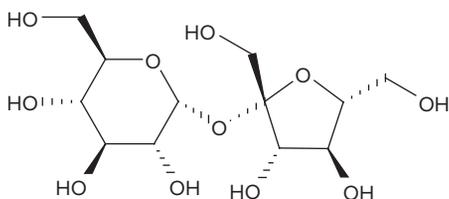
Considere as afirmações a seguir.

- I. A fermentação dos carboidratos da massa de pão ocorre de maneira espontânea e não depende da existência de qualquer organismo vivo.
- II. Durante a fermentação, ocorre produção de gás carbônico, que vai se acumulando em cavidades no interior da massa, o que faz a bola subir.
- III. A fermentação transforma a glicose em álcool. Como o álcool tem maior densidade do que a água, a bola de massa sobe.

Dentre as afirmativas, apenas:

- a) I está correta. c) I e II estão corretas. e) III está correta.
 b) II está correta. d) II e III estão corretas.

30. UFSM-RS Considere a estrutura molecular da sacarose.



Então, é **correto** afirmar que ela é:

- a) um monossacarídeo. c) formada por piranose e furanose. e) uma piranose apenas.
 b) uma furanose apenas. d) formada por pentoses.

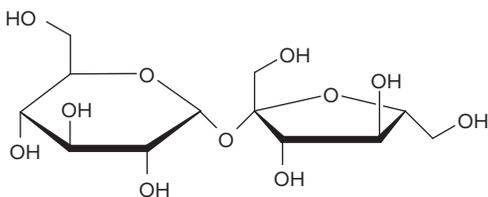
31. ITA-SP Considere as afirmações.

- I. Proteínas são polímeros constituídos por aminoácidos unidos entre si através de pontes de hidrogênio.
- II. Celuloses são polímeros formados a partir de unidades de glicose.
- III. Borrachas vulcanizadas contêm enxofre na forma de ligações cruzadas entre cadeias poliméricas vizinhas.
- IV. Polietileno é um polímero termofixo.
- V. Baquelite é um polímero muito utilizado na confecção de cabos de painéis.

Estão **corretas** apenas as afirmações:

- a) I, II, III e IV. b) I, II, III e V. c) I, IV e V. d) II, III e V. e) III e IV.

32. UFPI Na forma de melaço ou rapadura, o açúcar da cana, sacarose, é uma das principais fontes energéticas para o povo nordestino. Quimicamente, a sacarose é um dímero de glicose, uma aldose; e frutose, uma cetose. Dada a estrutura da sacarose, a seguir, escolha a alternativa que apresenta os dois monômeros que constituem a sacarose.



- a) $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)H} + \text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CH}_2\text{OH}$
- b) $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)H} + \text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CH}_2\text{OH}$
- c) $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)H} + \text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)CH}_3$
- d) $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)CH}_3 + \text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)CH}_2\text{OH}$
- e) $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)H} + \text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH(OH)-C(=O)CH}_2\text{OH}$

33. UEM-PR 2020 Assinale o que for correto.

- 01 Os glicérides são ésteres que derivam de um álcool (o glicerol) e de diferentes ácidos carboxílicos de cadeia longa, denominados ácidos graxos.
- 02 Gorduras são sólidas ao passo que óleos são líquidos porque elas apresentam uma quantidade maior de ácidos graxos insaturados do que os óleos.
- 04 Da união de dois aminoácidos é gerado um dipeptídeo e da união de n aminoácidos (n muito grande) são geradas proteínas.
- 08 A estrutura quaternária de uma proteína se dá pelo arranjo tridimensional formado pelas ligações de hidrogênio entre grupos N–H e C=O próximos.
- 16 O amido é um dissacarídeo de reserva em vegetais.

Soma:

34. Unirio Quanto mais se investiga mais assustador fica o escândalo dos remédios falsificados. [...] A empresa é acusada de ter produzido quase 1 milhão de comprimidos de farinha como sendo o medicamento Androcur, usado no tratamento de câncer de próstata.

Veja, set. 1998.

O principal componente químico da farinha é o amido, que é um:

- a) lipídeo.
- b) poliéter.
- c) peptídeo.
- d) poliéster.
- e) polissacarídeo.

35. Enem PPL 2019 Atualmente, uma série de dietas alimentares têm sido divulgadas com os mais diferentes propósitos: para emagrecer, para melhorar a produtividade no trabalho e até mesmo dietas que rejuvenescem o cérebro. No entanto, poucas têm embasamento científico, e o consenso dos nutricionistas é que deve ser priorizada uma dieta balanceada, constituída de frutas e vegetais, uma fonte de carboidrato, uma de ácido graxo insaturado e uma de proteína. O quadro apresenta cinco dietas com supostas fontes de nutrientes.

Supostas fontes de nutrientes de cinco dietas.

Dieta	Carboidrato	Ácido graxo insaturado	Proteína
1	Azeite de oliva	Peixes	Carne de aves
2	Carne de aves	Mel	Nozes
3	Nozes	Peixes	Mel
4	Mel	Azeite de oliva	Carne de aves
5	Mel	Carne de boi	Azeite de oliva

A dieta que relaciona adequadamente as fontes de carboidrato, ácido graxo insaturado e proteína é a

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

36. IME-RJ 2013 Dentre as opções abaixo, escolha a que corresponde, respectivamente, às classes das moléculas: hemoglobina, amido, DNA, ácido palmítico.

- a) Proteína, glicídio, ácido nucleico, lipídio.
- b) Ácido nucleico, glicídio, lipídio, proteína.
- c) Proteína, proteína, lipídio, ácido nucleico.
- d) Glicídio, proteína, ácido nucleico, lipídio.
- e) Glicídio, lipídio, ácido nucleico, proteína

37. UCS-RS 2021 A Bioquímica é o ramo da Biologia que estuda os processos químicos que ocorrem nos organismos. Entre os assuntos estudados na Bioquímica estão a estrutura, a organização, a análise e a manipulação de moléculas e de reações químicas de importância biológica. Grande parte do estudo da Bioquímica envolve conhecer profundamente as composições químicas e as características moleculares de macromoléculas, tais como glicídios, lipídios e proteínas.

Em relação a essas macromoléculas, é correto afirmar que

- a) os glicídios são formados por átomos de carbono, nitrogênio e oxigênio e, por isso, são também chamados de carboidratos.
- b) a glicose é um exemplo de polissacarídeo extremamente importante como fonte de energia nas células animais.
- c) um exemplo de lipídio de importância biológica são os fosfolipídios componentes da membrana plasmática, constituído por um glicérideo combinado a dois grupos de monossacarídeos.
- d) as enzimas são proteínas que funcionam como catalisadores biológicos, acelerando as reações químicas.
- e) as ligações peptídicas são conexões que ocorrem entre os ácidos graxos para a formação de um fosfolipídio.

38. FCMMG 2020 Proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos (DNA e RNA) são biopolímeros essenciais para a vida. Em relação a esses biopolímeros, foram feitas as seguintes afirmativas:

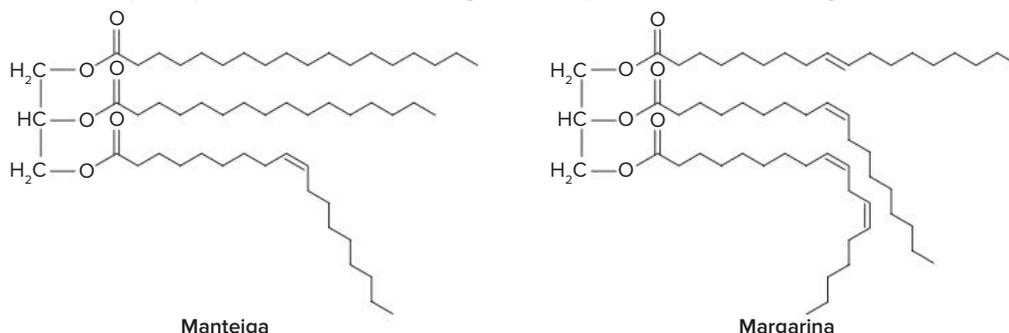
- I. Ácido nucleico desoxirribonucleico (DNA) é o responsável pelo armazenamento de informação genética.
- II. Glicérides são os óleos – compostos saturados – e as gorduras – espécies insaturadas.
- III. Aminoácidos são substâncias quirais e seus polímeros constituem as proteínas.
- IV. Glicídeos, como glicose, são aldeídos ou cetonas monohidroxilados, sendo fonte de energia.

Estão CORRETAS as afirmativas:

- a) II, III e IV apenas.
- b) I, III e IV, apenas.
- c) II e IV, apenas.
- d) I e III, apenas.

EM13CNT307

1. Uma modificação frequente feita por cozinheiros caseiros é a troca de manteiga por margarina nas mais variadas receitas. Estruturas típicas presentes nesses dois ingredientes podem ser vistos a seguir.



Apesar de essa troca funcionar bem para vários tipos de preparações, ela é especialmente pouco recomendada no caso de se estar fazendo uma massa de torta do tipo que não é assada, mas sim que ganha firmeza quando colocada na geladeira. Por quê?



Leia o texto a seguir para responder às questões **2** e **3**.

Vacinas conjugadas são aquelas em que um produto imunologicamente menos potente, por exemplo, um polissacarídeo, é juntado a um outro produto imunologicamente mais potente, por exemplo, uma proteína, conseguindo-se dessa maneira que o primeiro produto adquira características de potência imunológica que antes não possuía (por exemplo, vacinas conjugadas contra o hemófilo, contra o pneumococo e contra o meningococo C). As proteínas usadas para a conjugação (toxóide tetânico, toxina diftérica avirulenta, proteína de membrana externa de meningococo) estão presentes em mínimas concentrações e não conferem proteção às respectivas doenças. [...]

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual dos centros de referência para imunobiológicos especiais. Brasília, 2006, p. 35. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_centro_referencia_imunobiologicos.pdf. Acesso em: 7 jan. 2022.

EM13CNT303

2. O texto cita diferentes tipos de biomoléculas e diz que eles são diferentes também em seu potencial imunogênico. O tipo menos potente, citado no texto, é um exemplo de
- a) lipídeo. b) aminoácido. c) carboidrato. d) proteína. e) ácido graxo.

EM13CNT310

3. Observe a tabela a seguir, obtida em um estudo realizado em um hospital de Salvador antes e depois da campanha vacinal contra o meningococo C.

Distribuição dos casos de Doença Meningocócica por faixa etária dos pacientes internados no HCM nos períodos pré e pós-vacinal – Salvador – 2005-2012

Faixa etária	Períodos	
	Pré-vacinal	Pós-vacinal
0 a 5 anos	119	14
10 a 14 anos	39	20
15 a 19 anos	35	11
20 a 24 anos	26	19
Faixa etária não contemplada	127	78
Total	346 (n)	142 (n)

Fonte: NUNES, Ceuci de L. X.; BARRETO; Francesca M. G.; SACRAMENTO, Jéssica R. do. Impacto da vacinação contra o meningococo c na ocorrência de doença meningocócica em hospital especializado. *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 37, suplemento 1, p. 108-121, jan./mar. 2013. Disponível em: http://files.bvs.br/upload/S/0100-0233/2013/v37nSupl_1/a3428.pdf. Acesso em: 7 fev. 2020.

Essa vacina (assim como as demais citadas no texto) fazem parte do Programa Nacional de Imunização brasileiro, que é mundialmente conhecido por disponibilizar vacinas sem custo a toda a população de um território tão vasto. Baseando-se na tabela apresentada, discorra sobre a importância de um programa de vacinas gratuitas.



Plataforma para a extração de petróleo, localizada na Baía de Guanabara (RJ).

FRENTE 1

CAPÍTULO

12

Recursos orgânicos

Apesar de ser conhecido desde a Pré-História, o petróleo só passou a ter importância após a Primeira Revolução Industrial, devido à evolução tecnológica que ocorreu na época. Isso provocou um aumento na demanda de energia, tornando necessária a busca por novas fontes.

No Brasil, o primeiro poço de petróleo foi perfurado na primeira metade do século XX, na Bahia. Atualmente, a Bacia de Santos, que abrange desde o litoral sul do estado do Rio de Janeiro até o norte do estado de Santa Catarina, é a região que mais produz petróleo.

Introdução

Os recursos naturais são compostos existentes na natureza que são úteis para o ser humano, gerando bem-estar e conforto. Eles podem ser extraídos de forma direta ou indireta e transformados para seu melhor aproveitamento.

Os recursos orgânicos podem ser classificados de acordo com a sua obtenção:

- Bióticos são os recursos obtidos da biosfera (de origem vegetal ou animal).
- Abióticos são os obtidos do reino mineral (terra, água ou ar).

Eles também podem ser classificados quanto à sua renovabilidade:

- Renováveis são os recursos orgânicos que podem ser renovados ou recuperados, com ou sem a interferência humana (florestas, luz solar ou vento).
- Não renováveis são aqueles que não podem ser recuperados em um curto espaço de tempo (petróleo ou minério).

Os recursos orgânicos são uma parte dos recursos naturais, ou seja, de tudo que é classificado como recursos naturais, os recursos orgânicos são aqueles que apresentam em sua composição substâncias orgânicas. O petróleo é um dos recursos orgânicos mais importantes para nossa sociedade atualmente. Ele é utilizado como combustível e serve de matéria-prima para uma grande quantidade de produtos plásticos, por exemplo.

Petróleo

O petróleo (do latim *petrus*, “pedra”, e *oleum*, “óleo”) é um líquido inflamável, geralmente escuro, viscoso, com densidade menor que a da água, formado por uma mistura complexa de hidrocarbonetos de massa molecular

variada. Além dos hidrocarbonetos, são encontradas também quantidades pequenas de nitrogênio, oxigênio e compostos de enxofre.

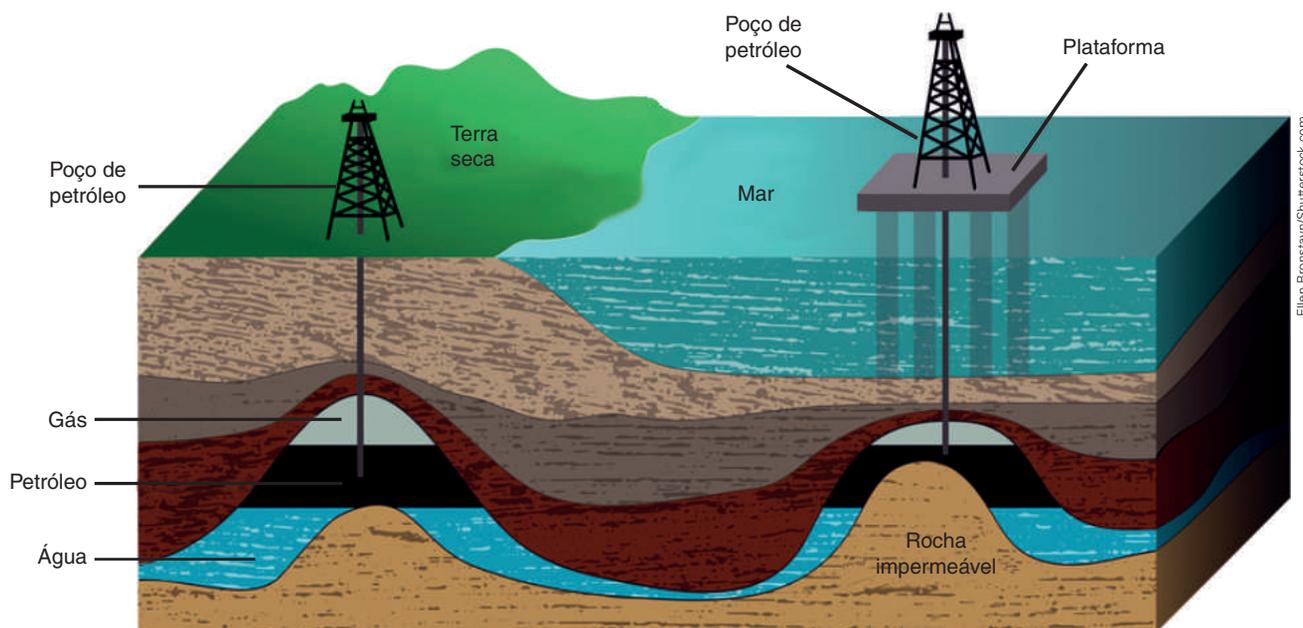


ihorLu/Shutterstock.com

Petróleo bruto.

A teoria mais aceita hoje é a de que o petróleo se formou pela decomposição de vegetais e animais aquáticos, principalmente marinhos, que foram soterrados há milhões de anos. Ao longo do tempo, essa camada orgânica, sob condições de altas pressões e temperaturas e na presença de pequena quantidade de oxigênio, sofreu alterações químicas bastante complexas, transformando-se em petróleo e gás natural.

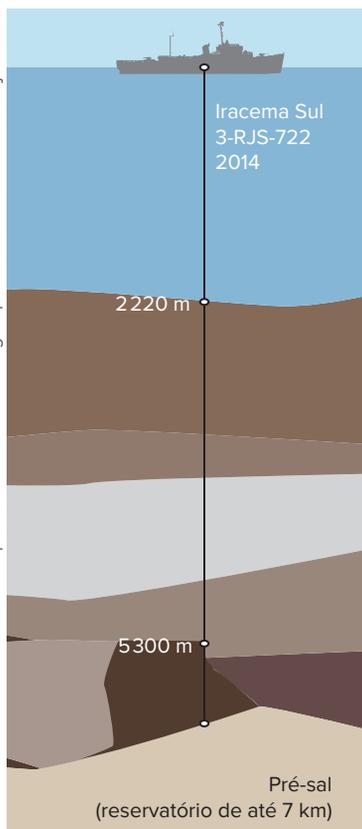
Nos poços de petróleo são encontrados gás natural, petróleo e água salgada. Quando se perfura um poço petrolífero, o petróleo jorra espontaneamente, em consequência da grande pressão interna dos depósitos. Porém, após algum tempo, a pressão torna-se insuficiente para fazê-lo chegar à superfície e sua extração passa a ser realizada por meio de bombas.



Ellen Bronstajn/Shutterstock.com

Estrutura do poço de petróleo e extração.

Fonte: PETROBRAS. Tecnologias pioneiras do pré-sal. Disponível em: <https://presal.ino.sites-petrobras.com.br/tecnologias-pioneiras/#1>. Acesso em: 24 jan. 2017.



Entenda como se formou o pré-sal

O pré-sal é uma sequência de rochas sedimentares formadas há mais de 100 milhões de anos no espaço geográfico criado pela separação do antigo continente Gondwana. Mais especificamente, pela separação dos atuais continentes Americano e Africano, que começou há cerca de 150 milhões de anos. Entre os dois continentes formaram-se, inicialmente, grandes depressões, que deram origem a grandes lagos. Ali foram depositadas, ao longo de milhões de anos, as rochas geradoras de petróleo do pré-sal. Como todos os rios dos continentes que se separavam corriam para as regiões mais baixas, grandes volumes de matéria orgânica foram ali se depositando.

À medida que os continentes se distanciavam, os materiais orgânicos então acumulados nesse novo espaço foram sendo cobertos pelas águas do Oceano Atlântico, que então se formava. Dava-se início, então, à formação de uma camada de sal que atualmente chega a 2 mil metros de espessura. Essa camada de sal depositou-se sobre a matéria orgânica acumulada, retendo-a por milhões de anos, até que processos termoquímicos a transformassem em hidrocarbonetos (petróleo e gás natural).

No atual contexto exploratório brasileiro, a possibilidade de ocorrência do conjunto de rochas com potencial para gerar e acumular petróleo na camada pré-sal encontra-se na chamada província pré-sal, um polígono de aproximadamente 800 km de extensão por 200 km de largura, no litoral entre os estados de Santa Catarina e Espírito Santo.

As jazidas dessa província ficam a 300 km da região Sudeste, que concentra 55% do Produto Interno Bruto (soma de toda a produção de bens e serviços do país). A área total da província do pré-sal (149 mil km²) corresponde a quase três vezes e meia o estado do Rio de Janeiro.

SAIBA mais sobre o Pré-sal. *Petrobras*, 1 jul. 2014. Disponível em: https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p_materia=976531. Acesso em: 26 jan. 2022.

A proporção de hidrocarbonetos na fase líquida é bastante variável, e, de acordo com a predominância de determinados hidrocarbonetos, o petróleo é classificado em:

Parafínico: quando existe predominância de alcanos. Esse tipo de petróleo produz os seguintes subprodutos:

- Gasolina de baixo índice de octanagem;
- Querosene de alta qualidade;
- Óleo *diesel* com boas características de combustão;
- Óleos lubrificantes de alto índice de viscosidade, elevada estabilidade química e alto ponto de fluidez;
- Resíduos de refinação com elevada percentagem de parafina.

Naftênico: quando existe predominância de ciclanos. Esse tipo de petróleo produz os seguintes subprodutos:

- Gasolina de alto índice de octanagem;
- Óleos lubrificantes de baixo resíduo de carbono;
- Resíduos asfálticos na refinação.

Aromático: quando existe predominância de hidrocarbonetos aromáticos. Esse tipo de petróleo é raro e produz os seguintes subprodutos:

- Gasolina de alto índice de octanagem;
- Solventes de excelente qualidade;
- Resíduos asfálticos na refinação.

Como o petróleo extraído (petróleo bruto) contém diferentes tipos de impurezas, deve-se submetê-lo a dois processos mecânicos de purificação: **decantação** – para separar a água salgada – e **filtração** – para separar as impurezas sólidas, como areia e argila.

Após esses dois processos obtém-se o petróleo cru, que é encaminhado para o processo de refino.

Refino do petróleo

O refino do petróleo consiste em um conjunto de processos físicos e químicos que visam à transformação do óleo cru (petróleo) em derivados de valor comercial como o GLP, o *diesel*, a gasolina, o querosene e os óleos lubrificantes.

Destilação fracionada

É um processo de fracionamento do petróleo em misturas mais simples, denominadas frações. Esse processo se baseia nas diferentes temperaturas de ebulição das frações do petróleo.

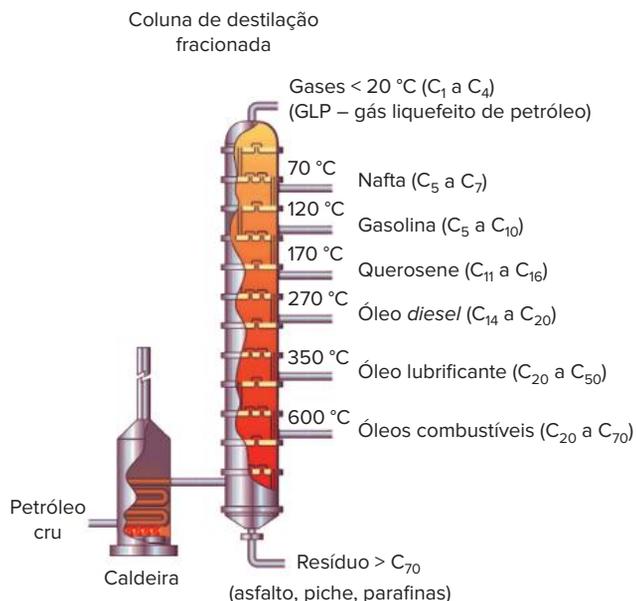
O petróleo é aquecido em fornalhas a temperaturas próximas de 400 °C e introduzido em torres de fracionamento. A torre pode possuir até 50 bandejas, cada uma delas com uma temperatura diferente, que vai diminuindo conforme a altura aumenta.



Torre de fracionamento de uma refinaria.

Os hidrocarbonetos de massa molar elevada permanecem no estado líquido e são recolhidos no fundo da coluna. As demais frações passam para o estado gasoso subindo pela torre, e, quando uma dessas frações atinge uma bandeja cuja temperatura seja inferior à sua temperatura de ebulição, ela condensa e é retirada da coluna. As frações resultantes continuam subindo até a próxima bandeja, onde o processo se repete e outra fração é condensada e retirada. O processo ocorre sucessivamente ao longo de toda a coluna, de modo que cada uma das frações é liquefeita em uma das bandejas e coletada separadamente.

A figura a seguir mostra algumas frações que são retiradas do petróleo e sua constituição.

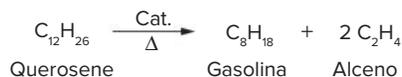


Coluna de fracionamento do petróleo.

Com a destilação fracionada de cada barril de petróleo (aproximadamente 159 L), obtém-se cerca de 18% de gasolina. No entanto, a demanda por gasolina é tão grande que essa quantidade não é suficiente para atender às necessidades do mercado. Para aumentar a quantidade de gasolina e de outras frações importantes, usa-se o **craqueamento catalítico**.

Craqueamento catalítico

O processo de craqueamento, também conhecido como **pirólise**, é um processo químico que transforma frações mais pesadas em outras mais leves por meio da quebra de moléculas dos compostos reagentes, fazendo uso de altas temperaturas e catalisadores.

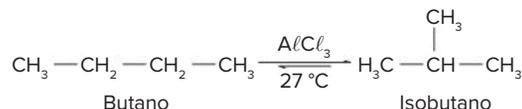


Pirólise do querosene.

Dessa forma, aumenta-se o rendimento da gasolina e se originam matérias-primas importantes para a indústria petroquímica, principalmente para a fabricação de polímeros.

Isomerização

É um processo que utiliza aquecimento e catalisadores para converter alcanos de cadeia normal em alcanos ramificados.

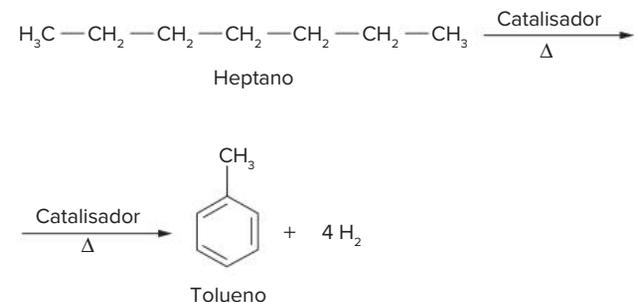


Isomerização do butano.

Os alcanos ramificados são utilizados para aumentar a octanagem da gasolina.

Reforma catalítica

A reforma catalítica tem como objetivo transformar alcanos em hidrocarbonetos aromáticos.



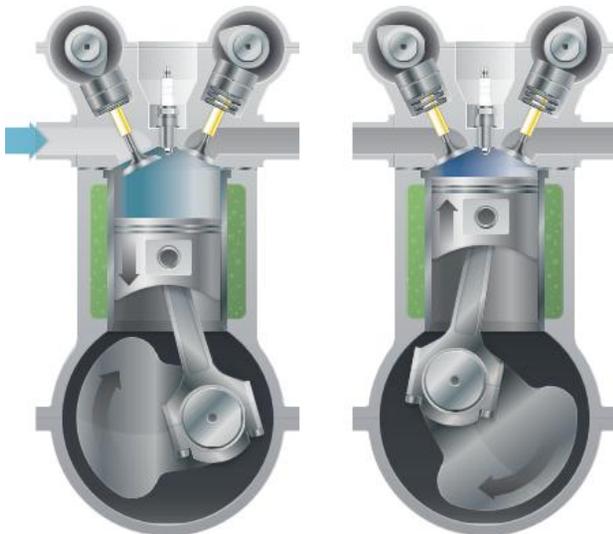
Exemplo de aromatização de um alcano.

Esse processo, também conhecido como **aromatização**, visa à produção de gasolina de alta octanagem e de produtos aromáticos para utilização na indústria petroquímica.

O índice de octanagem e a gasolina

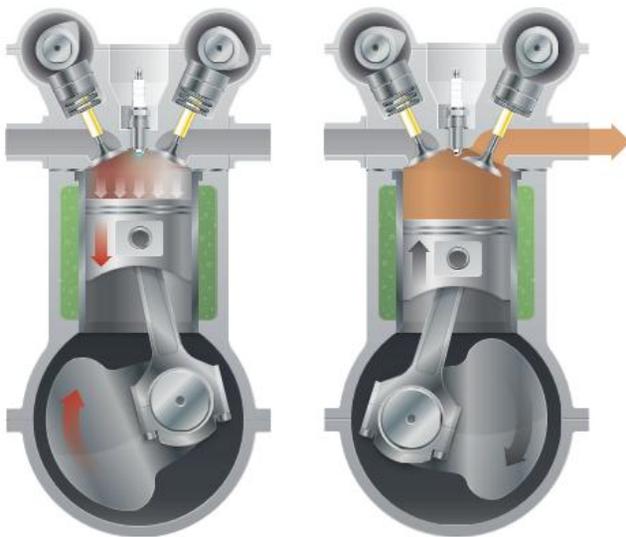
A gasolina utilizada nos motores de combustão interna dos automóveis é constituída por uma mistura de hidrocarbonetos que possuem em média de cinco a dez átomos de carbono em suas moléculas.

O funcionamento de um motor a gasolina é dividido em quatro tempos (ciclo Otto), representados a seguir.



1 ADMISSÃO

2 COMPRESSÃO



3 EXPLOSÃO

4 EXAUSTÃO

Funcionamento de um motor quatro tempos.

1º tempo – Admissão: A válvula de admissão abre, o pistão desce e aspira para dentro do motor a mistura ar atmosférico e vapor de gasolina (combustível + comburente).

2º tempo – Compressão: A válvula de admissão fecha, o pistão sobe e comprime a mistura combustível + comburente.

3º tempo – Explosão: Quando o pistão chega ao final de seu percurso, a vela de ignição solta uma faísca que provoca a explosão da mistura, deslocando o pistão para baixo.

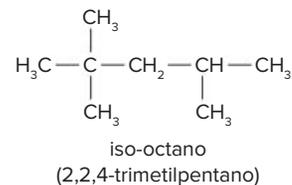
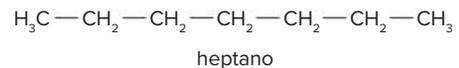
4º tempo – Exaustão: A válvula de exaustão abre, o pistão sobe novamente e expulsa os gases formados na combustão. Após o fechamento da válvula de exaustão, abre novamente a válvula de admissão e o processo recomeça.

Para o bom funcionamento do motor, é fundamental que a explosão da mistura ocorra apenas quando a vela de ignição liberar a faísca.

Se a gasolina utilizada for de baixa qualidade, pode ocorrer explosão prematura da mistura ar + combustível durante a compressão, ou seja, antes de o movimento de compressão do pistão se completar. Nessas condições, ocorre diminuição da potência do motor e se produz um barulho característico, conhecido popularmente por “batida de pino”.

Para medir a qualidade da gasolina, utiliza-se o chamado **índice de octanagem**, uma grandeza que mede a resistência à compressão da mistura ar + combustível.

O índice de octanagem foi criado a partir de dois hidrocarbonetos: o **heptano** e o **iso-octano (2,2,4-trimetilpentano)**.



Fórmula estrutural do heptano e do iso-octano.

Ao heptano, devido à sua baixa resistência à compressão, foi atribuído, arbitrariamente, o valor **zero** de octanagem. Ao iso-octano, que possui elevada resistência à compressão, foi atribuído, arbitrariamente, o valor **cem** de octanagem.

No Brasil, a gasolina comum possui índice de octanagem de 87. Isso significa que, no motor, essa gasolina se comporta da mesma forma que uma mistura formada por 87% de iso-octano e 13% de heptano.

Note que o índice de octanagem não indica as quantidades de heptano e iso-octano na gasolina, e sim o comportamento em relação à resistência à compressão.

Em motores de alto desempenho, que trabalham com uma taxa de compressão maior, utiliza-se gasolina com índices de octanagem maiores. É possível aumentar o índice de octanagem da gasolina acrescentando aditivos antidetonantes, como chumbo tetraetila, MTBE (metil-terc-butil-éter), tolueno, etanol. O chumbo tetraetila não é mais utilizado devido aos problemas ambientais causados pelo chumbo.

No Brasil, a gasolina possui cerca de 27% em volume de etanol, aumentando, assim, a octanagem da gasolina comercializada.

Gás natural

O gás natural é um combustível fóssil, encontrado em reservatórios profundos no subsolo, associado ou não a jazidas de petróleo.

É essencialmente composto de metano (CH_4), com teores normalmente acima de 90%, etano (C_2H_6), com teores de até 8%, e propano (C_3H_8), usualmente com teores abaixo de 2%.

Atualmente o gás natural é utilizado como combustível industrial, em residências e em automóveis (GNV), devido ao fato de possuir alto poder calorífico, ser mais barato e menos poluente que a gasolina ou o álcool.

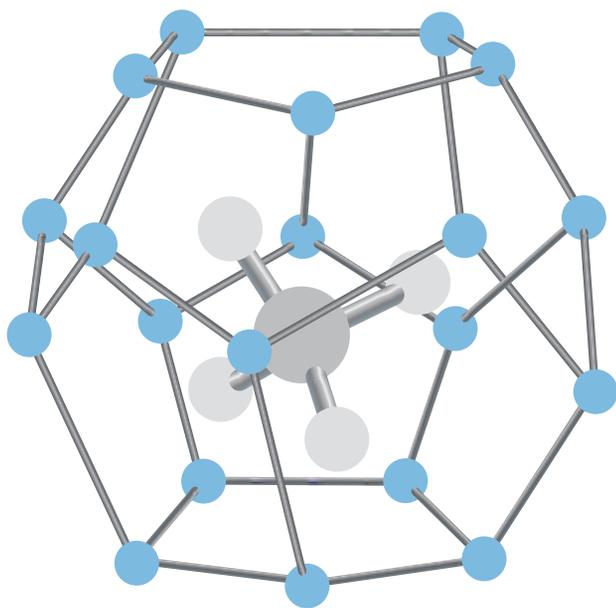
Saiba mais

Gelo que queima

Gelo que queima? Sim, isso existe. Ele é chamado de *hidrato de metano* e existe em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades energéticas dos Estados Unidos durante muitos anos. Contudo, os cientistas ainda têm de encontrar uma maneira de extraí-lo sem causar um desastre ambiental.

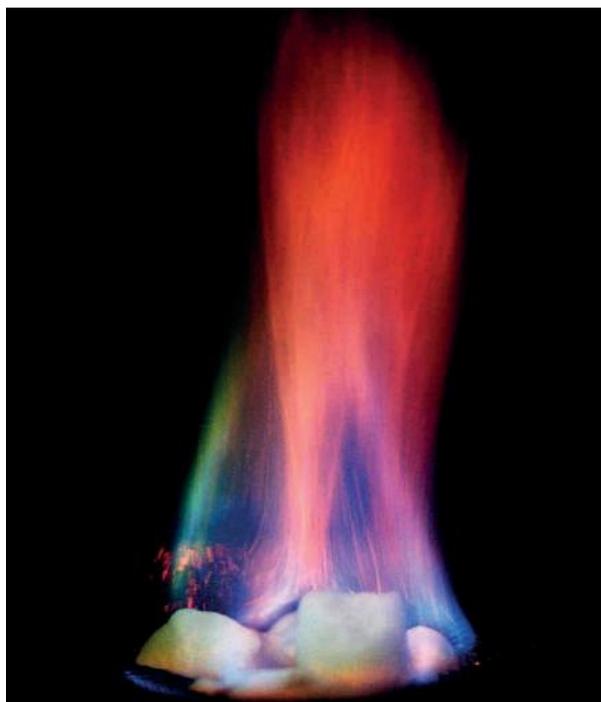
Algumas bactérias nos sedimentos do assoalho oceânico consomem matéria orgânica e liberam metano. Em condições de pressão elevada e temperatura baixa, o metano forma hidrato de metano, que é constituído por moléculas simples do gás natural aprisionadas em cavidades cristalinas formadas por moléculas de água congeladas. Uma amostra de hidrato de metano tem a aparência de um cubo de gelo acinzentado, mas, se colocarmos um fósforo aceso nele, o cubo queimará.

As empresas petrolíferas sabem da existência do hidrato de metano desde os anos 1930, quando começaram a usar gasodutos para transportar gás natural em climas frios. Se a água não for cuidadosamente removida antes de o gás entrar no gasoduto, depósitos de hidrato de metano se formarão, impedindo o fluxo do gás.



Hidrato de metano. A molécula de metano é aprisionada em uma cavidade de moléculas de água congeladas (esferas azuis menores) mantidas juntas por ligações de hidrogênio.

A reserva total de hidrato de metano nos oceanos é estimada em 10^{13} toneladas de conteúdo carbônico, cerca de duas vezes a quantidade de carbono existente nas reservas mundiais de carvão, petróleo e gás natural. Contudo, a exploração da energia armazenada no hidrato de metano é um tremendo desafio para a engenharia. Acredita-se que o hidrato de metano atue como um cimento que aglutina os sedimentos do assoalho oceânico. Mexer nos depósitos de hidrato poderia causar deslocamentos no fundo dos oceanos, que provocariam a liberação do metano para a atmosfera. Esse acontecimento traria sérias consequências para o ambiente, porque o metano é um potente gás-estufa. De fato, alguns cientistas têm especulado que a súbita liberação de hidrato de metano para a atmosfera pode ter acelerado o fim da última Idade do Gelo, há cerca de 10 000 anos. À medida que o grande lençol de gelo dos continentes se fundia, os níveis dos mares subiram mais de 90 m, submergindo as regiões árticas, ricas em hidrato de metano. A água relativamente quente dos oceanos teria fundido os hidratos, liberando uma enorme quantidade de metano, o que teria levado ao aquecimento global.



SCIENCE SOURCE/FOTOGARENA

CHANG, Raymond; GOLDSBY, Kenneth A. *Química*. Tradução de M. Pinheiro. 11. ed. São Paulo: AMGH, 2013. p. 1040.

Carvão mineral

É um combustível fóssil natural, formado por restos de vegetação que se acumularam há milhões de anos em pântanos rasos. Com o passar do tempo, esses depósitos foram sendo cobertos por argila e areia, provocando um soterramento gradual, o que causou o aumento da pressão e da temperatura sobre a matéria orgânica depositada. Nesse processo, o oxigênio e grande parte do hidrogênio foram consumidos, e o aumento da concentração de carbono transformou esse depósito em uma massa negra homogênea.



Carvão mineral.

De acordo com a maior ou menor intensidade da carbonização, o carvão mineral pode ser classificado como turfa, linhito, carvão betuminoso e sub-betuminoso (os dois últimos designados como hulha) e antracito.

Na etapa inicial, a massa vegetal acumulada após algumas dezenas de milhares de anos transforma-se em **turfa**, com cerca de 60% de carbono. Passadas mais algumas dezenas de milhares de anos, a turfa se transforma em **linhito**, com cerca de 70% de carbono. Na etapa seguinte, o linhito transforma-se em **hulha**, com cerca de 80% de carbono, e, na etapa final, a hulha é transformada em **antracito**, com cerca de 90% de carbono.

Quanto maior o teor de carbono, maior o poder energético. Atualmente, o principal uso do carvão mineral se faz na geração de eletricidade, por meio de sua combustão em usinas termoelétricas. Essa tecnologia está bem desenvolvida e é economicamente competitiva.

A turfa, devido ao seu baixo teor de carbono, nem sempre pode ser aproveitada como combustível, e por isso é empregada para aumentar a composição de matéria orgânica dos solos.

Pirólise ou destilação seca da hulha

Graças a suas impurezas, a hulha pode ser utilizada na síntese de milhares de substâncias de uso industrial.

A hulha é aquecida em retortas a cerca de 1 000 °C, na ausência de oxigênio. Nesse processo, são obtidas quatro frações: uma gasosa, duas líquidas e uma sólida.

- **Fração gasosa:** gás de hulha, gás de rua ou gás de iluminação, pois, no passado, foi muito utilizado como combustível de lampiões para iluminar as ruas. Composto por: H_2 (~50%), CH_4 (~30%) e outros gases em quantidades menores, tais como C_2H_6 , CO e N_2 .
- **Fração líquida leve (águas amoniacais):** solução aquosa de compostos nitrogenados, derivados da amônia (NH_3). Empregada industrialmente na fabricação de adubos e fertilizantes agrícolas.
- **Fração líquida pesada (alcatrão de hulha):** líquido viscoso, escuro, insolúvel em água, semelhante ao petróleo. Formado por uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos. Após ser obtido, o alcatrão de hulha é submetido à destilação fracionada, produzindo:
 - **Óleo leve:** como benzeno, tolueno e xilenos.
 - **Óleo médio:** fenol, naftaleno, piridinas.
 - **Óleo pesado:** cresóis, anilina, naftóis.
 - **Óleo verde ou antracênico:** antraceno, fanatreno.
- **Fração sólida (carvão coque):** um sólido amorfo e poroso, com alto teor de carbono. Utilizado como agente redutor na obtenção do ferro em indústrias siderúrgicas.

Xisto betuminoso

O xisto betuminoso ou folhelho betuminoso é uma rocha sedimentar rica em material orgânico, formada por resíduos vegetais soterrados há milhões de anos.



Xisto betuminoso ou folhelho betuminoso.

Quando submetido ao aquecimento, obtém-se dessa rocha um óleo semelhante ao petróleo (**óleo de xisto**), que depois de destilado produz gasolina, óleo *diesel*, óleo combustível, nafta, gás combustível etc.

Existe também o gás natural extraído do xisto (**gás de xisto**), que é basicamente metano preso em uma camada profunda de rochas. Para extraí-lo, é necessário perfurar o solo até a reserva e empregar água e produtos químicos sob pressão para fraturar a rocha e liberar o gás.

X DA QUESTÃO

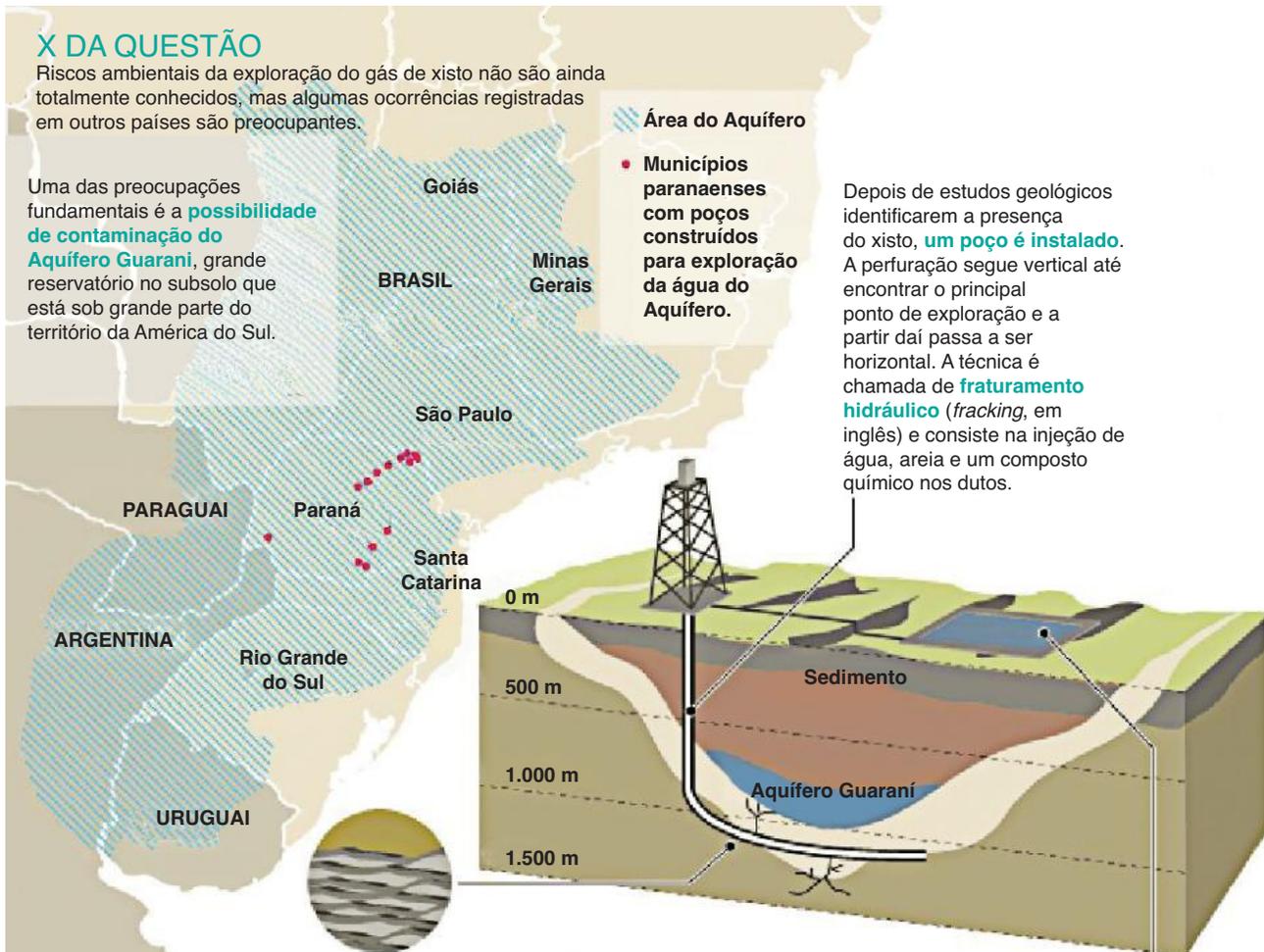
Riscos ambientais da exploração do gás de xisto não são ainda totalmente conhecidos, mas algumas ocorrências registradas em outros países são preocupantes.

Uma das preocupações fundamentais é a **possibilidade de contaminação do Aquífero Guarani**, grande reservatório no subsolo que está sob grande parte do território da América do Sul.

Área do Aquífero

- **Municípios paranaenses com poços construídos para exploração da água do Aquífero.**

Depois de estudos geológicos identificarem a presença do xisto, **um poço é instalado**. A perfuração segue vertical até encontrar o principal ponto de exploração e a partir daí passa a ser horizontal. A técnica é chamada de **fraturamento hidráulico** (*fracking*, em inglês) e consiste na injeção de água, areia e um composto químico nos dutos.



O gás está entre os grãos de folhelho, que é uma rocha sedimentar fina, porosa e impermeável. Há a presença de folhelho em profundidades variadas – desde exposta na superfície como a mais de mil metros da superfície. Contudo, quanto mais perto da superfície, maior a probabilidade de o gás já ter vazado.

Boa parte do fluido retorna à superfície, como condutor do gás. A água contaminada é depositada em piscinas de decantação e contenção. Além de o processo de descontaminação da água ser difícil e caro, **há também o risco de que os fluidos injetados na terra e o gás liberado contaminem os lençóis freáticos.**

Fonte: Redação. Infografia: *Gazeta do Povo*.

Extração do gás de xisto.

Biocombustíveis

São fontes de energia renováveis, provenientes de biomassas. Biomassa é todo recurso renovável oriundo da matéria orgânica, por exemplo, bagaço da cana, óleo vegetal, estrume de gado e restos de madeira.

Os biocombustíveis liberam na atmosfera uma quantidade significativamente menor de poluentes em relação aos combustíveis não renováveis. Os principais biocombustíveis são: etanol, biodiesel e biogás.

Etanol

A forma mais simples e comum de obter o etanol é por meio da fermentação de carboidratos. O etanol é utilizado em motores de combustão interna em substituição à gasolina.

O Brasil utiliza o etanol combustível desde o fim da década de 1970, sendo pioneiro nessa prática e detendo a tecnologia mais avançada e mais eficiente na obtenção do etanol a partir da fermentação da sacarose da cana-de-açúcar. Atualmente, é um dos países que mais utilizam o produto e o segundo maior produtor mundial.

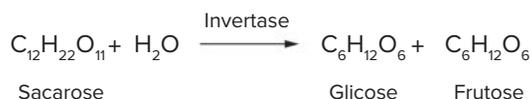


Plantação de cana-de-açúcar.

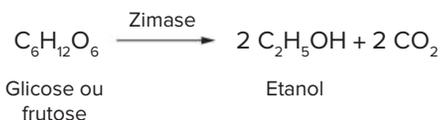
Após a colheita da cana madura, realiza-se um processo de limpeza para retirar as impurezas. No passo seguinte, a cana é picada e moída várias vezes, obtendo-se o caldo da cana ou **garapa**. O resíduo que sobra desse ciclo é denominado bagaço e tem várias utilidades.

A partir da coleta do caldo é realizado um aquecimento para eliminar a água e formar um líquido viscoso, rico em açúcar, denominado **melaço**, do qual se pode obter tanto o açúcar como o álcool.

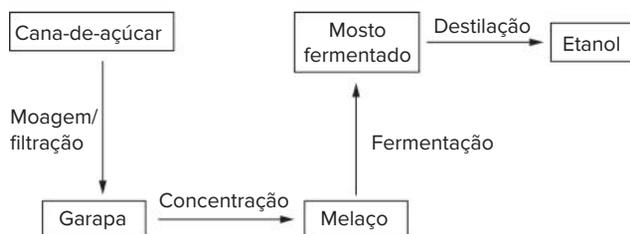
Para a obtenção do álcool, o melaço é colocado na presença da levedura do gênero *Saccharomyces* em condições favoráveis à fermentação. A *Saccharomyces*, na presença da sacarose, possui uma enzima denominada *invertase*, que hidrolisa a sacarose, produzindo glicose e frutose.



Em seguida, ocorre a **fermentação**, processo no qual a glicose e a frutose são convertidas em álcool pela ação da enzima *zimase*.



O etanol é separado da mistura fermentada por destilação na forma de uma mistura azeotrópica com água (etanol 96% e água 4% em volume).

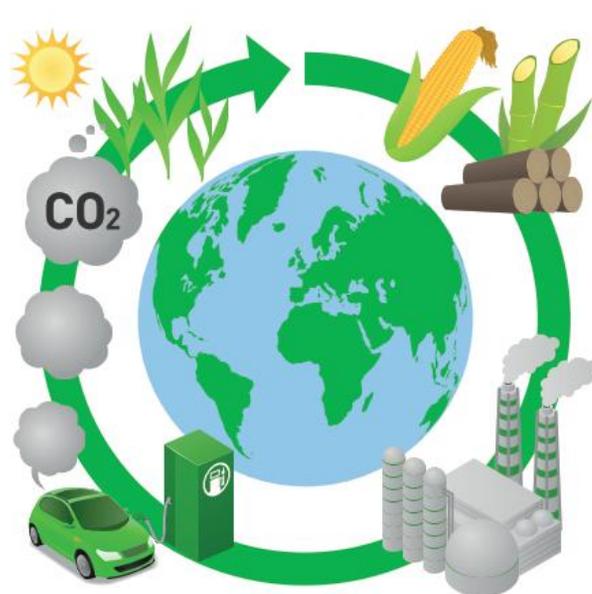


Esquema geral de produção de etanol por fermentação.

O bagaço é utilizado na queima em caldeiras, para gerar o vapor que aciona geradores, produzindo a energia elétrica a ser empregada nas próprias usinas para o funcionamento das máquinas. O bagaço pode também retornar ao campo, onde é usado como cobertura do solo ou serve para alimentação animal.

Outra utilização que vem sendo desenvolvida para o bagaço é a produção do etanol de segunda geração, a partir da hidrólise da celulose presente no bagaço e posterior fermentação da glicose obtida na hidrólise.

Apesar de a combustão do etanol em motores de automóveis também liberar CO₂ na atmosfera, não se considera que haja aumento na quantidade desse gás, pois esse etanol é obtido da cana-de-açúcar, que realiza a fotossíntese capturando CO₂ da atmosfera.



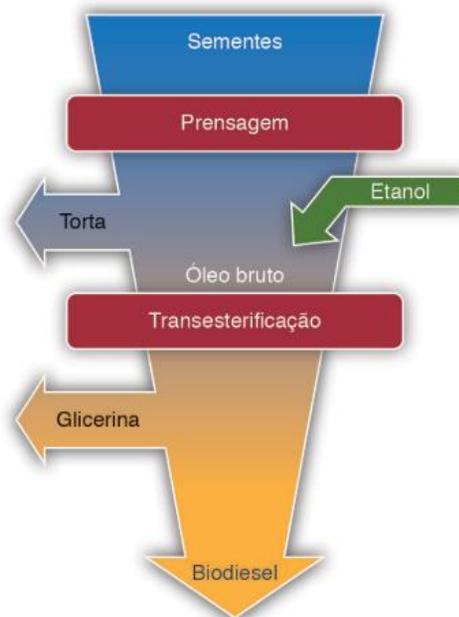
Ciclo do CO₂ na produção e queima do etanol combustível.

Biodiesel

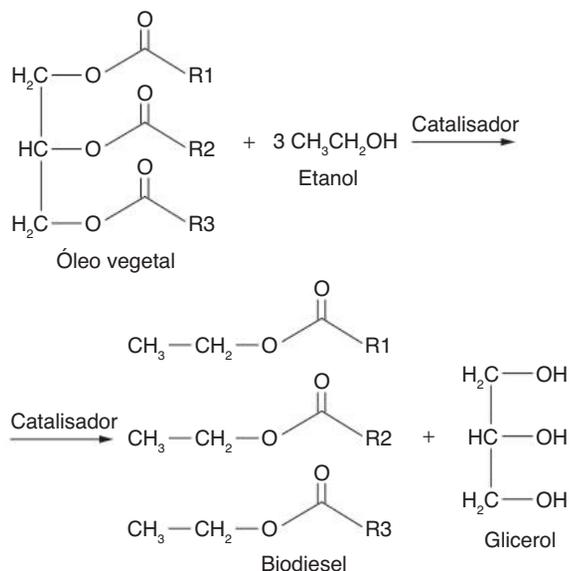
O biodiesel é um combustível renovável que pode substituir total ou parcialmente o óleo *diesel* obtido pelo refinamento do petróleo.

Assim como o etanol, o biodiesel apresenta a vantagem de não aumentar a quantidade de CO₂ na atmosfera quando sofre combustão; ambos são produzidos a partir de óleos vegetais.

O biodiesel é obtido pela **transesterificação** de triglicerídeos presentes em óleos vegetais com um álcool (etanol ou metanol).



Produção de biodiesel.



Transesterificação do óleo vegetal com etanol.

No Brasil, a legislação atual prevê que o percentual de biodiesel adicionado ao *diesel* deve ser de 12%.

Biogás

O biogás é um dos produtos da decomposição anaeróbia (ausência de oxigênio gasoso) da matéria orgânica, que se dá pela ação de determinadas espécies de bactérias.

Trata-se de uma mistura gasosa composta principalmente de metano (50% a 70% do volume de gás produzido) e dióxido de carbono (25% a 50% do volume de gás produzido).

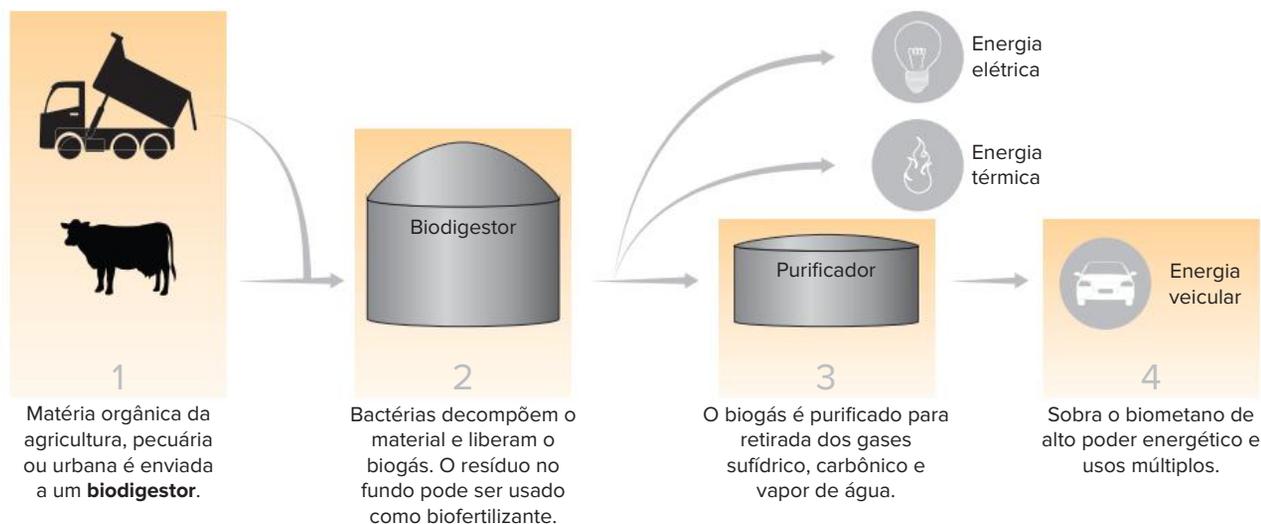
Devido à sua composição, o biogás é apresentado como alternativa de substituição ao gás natural.

Na produção do biogás podem ser aproveitados materiais como esterco, restos de alimentos, resíduos de madeira, palha, bagaço de vegetais e lixo. Essa fonte energética pode ser utilizada como combustível para fogões, motores e na geração de energia elétrica.

Em aterros sanitários, o aproveitamento do biogás pode ser feito instalando-se drenos que atinjam todas as camadas do lixo e que possibilitem sua captação.

O biogás também pode ser produzido de forma artificial. Para tanto, utiliza-se um equipamento chamado **bio-digestor anaeróbico**.

Como pode ser usado o biogás



Fonte: DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT GMBH. *Guia de referências para a cobertura jornalística de energias renováveis*. Brasília, set. 2016. p. 13. Disponível em: <http://fenaj.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Guia-Jornalistico-Energias-Renovaveis.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2022. (Adapt.)

Produção e utilização do biogás.

Revisando

1. Como o petróleo é classificado e quais são os principais produtos obtidos de cada tipo de petróleo?

2. Relacione as colunas:

- | | |
|-----------------------------|--|
| I. Destilação fracionada | 1. Separação em frações do petróleo, baseada na diferença da temperatura de ebulição dos componentes |
| II. Craqueamento catalítico | 2. Transformação de alcanos em hidrocarbonetos aromáticos |
| III. Isomerização | 3. Transformação de frações pesadas em frações mais leves |
| IV. Reforma catalítica | 4. Conversão de alcanos de cadeia normal em alcanos de cadeias ramificadas |

Qual das alternativas a seguir é a correta?

- a) I/1, II/2, III/4, IV/3
- b) I/2, II/3, III/1, IV/4
- c) I/1, II/3, III/4, IV/2
- d) I/4, II/2, III/1, IV/3

3. O que é o índice de octanagem?

4. O que são biocombustíveis?

Exercícios propostos

- 1. Enem PPL 2020** Algumas espécies de bactérias do gênero *Pseudomonas* desenvolvem-se em ambientes contaminados com hidrocarbonetos, pois utilizam essas moléculas como substratos para transformação em energia metabólica. Esses microrganismos são capazes de transformar o octano em moléculas menos tóxicas, tornando o ambiente mais propício para desenvolvimento de fauna e flora. Essas bactérias poderiam ser utilizadas para recuperar áreas contaminadas com
 - a) petróleo.
 - b) pesticidas.
 - c) lixo nuclear.
 - d) gases tóxicos.
 - e) metais pesados.
- 2. UFSM-RS** O petróleo é fundamental ao conforto da nossa sociedade de consumo. Entretanto, em bombásticas notícias sobre derramamentos em mares e oceanos, torna-se vilão terrível. O petróleo bruto não é miscível com a água, pois seus constituintes:
 - a) são formados principalmente por átomos de carbono e hidrogênio em moléculas apolares.
 - b) possuem muitos grupos funcionais capazes de formar ligações de hidrogênio com a água.
 - c) formam substâncias iônicas contendo átomos de C, O e H.
 - d) possuem muitos grupos funcionais hidrofílicos.
 - e) são formados por átomos de carbono, hidrogênio e nitrogênio com muitas ligações peptídicas.

3. **Enem** Para compreender o processo de exploração e o consumo dos recursos petrolíferos, é fundamental conhecer a gênese e o processo de formação do petróleo descritos no texto a seguir.

O petróleo é um combustível fóssil, originado provavelmente de restos de vida aquática acumulados no fundo dos oceanos primitivos e cobertos por sedimentos. O tempo e a pressão do sedimento sobre o material depositado no fundo do mar transformaram esses restos em massas viscosas de coloração negra denominadas jazidas de petróleo.

TUNDISI. *Usos de energia*. São Paulo: Atual Editora, 1991. (Adapt.)

As informações do texto permitem afirmar que:

- a) o petróleo é um recurso energético renovável a curto prazo, em razão de sua constante formação geológica.
 - b) a exploração de petróleo é realizada apenas em áreas marinhas.
 - c) a extração e o aproveitamento do petróleo são atividades não poluentes dada sua origem natural.
 - d) o petróleo é um recurso energético distribuído homogeneamente, em todas as regiões, independentemente da sua origem.
 - e) o petróleo é um recurso não renovável a curto prazo, explorado em áreas continentais de origem marinha ou em áreas submarinas.
4. **UCB-DF 2017** Uma das preocupações centrais de qualquer governo de um Estado é a questão energética. Sem energia a sociedade não consegue produzir alimentos ou qualquer outro produto, não consegue se transportar utilizando automóveis ou aviões, perde a capacidade de comunicação por meio da eletrônica e da computação, sem falar da perda da energia elétrica. Assim, acerca da correlação entre a energia e o cotidiano, assinale a alternativa correta.
- a) O petróleo é uma substância composta por diversas substâncias simples, tais como hidrocarbonetos.
 - b) A gasolina e o *diesel*, por exemplo, são materiais retirados do petróleo por destilação fracionada.
 - c) A utilização de biocombustíveis como o etanol não melhora a questão ambiental, uma vez que a respectiva combustão ainda libera gás carbônico para a atmosfera.
 - d) A utilização de usinas nucleares não carrega consigo qualquer risco para o meio ambiente.
 - e) As reações que ocorrem no Sol, e que liberam quantidade abundante de energia para o sistema solar, são estritamente químicas e não nucleares.
5. **IFPE 2016** O petróleo é uma mistura de várias substâncias, que podem ser separadas por um método adequado. A gasolina, o querosene e o óleo *diesel* são algumas das frações do petróleo.

Plataforma marítima de extração de petróleo



TITO; CANTO. *Química*. 5. ed. São Paulo: Moderna, 2009. v. 1. p. 53.

Analise cada alternativa a seguir e indique a única verdadeira.

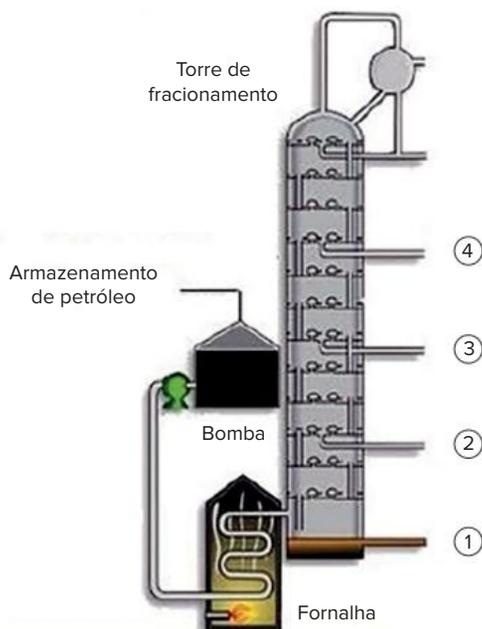
- a) A gasolina vendida em Recife é de excelente qualidade por ser considerada uma substância pura.
 - b) A combustão completa da gasolina libera um gás que contribui para o aquecimento global.
 - c) O petróleo é inesgotável e é considerado um material renovável.
 - d) Um determinado aluno deixou cair acidentalmente 1 litro de gasolina dentro de um aquário contendo 8 litros de água e verificou a formação de um sistema homogêneo.
 - e) O processo de extração do petróleo através da plataforma marítima é totalmente seguro; não se tem conhecimento, até hoje, de nenhum acidente que tenha causado danos aos seres vivos.
6. **UEL-PR** Dentre as frações de destilação do petróleo representadas a seguir, as que têm maior número de átomos de carbono por molécula são:
- a) o asfalto e o piche.
 - b) a gasolina e o querosene.
 - c) a nafta e os óleos minerais.
 - d) a gasolina e o gás liquefeito do petróleo.
 - e) o óleo *diesel* e o querosene.
7. **Enem 2018** O petróleo é uma fonte de energia de baixo custo e de larga utilização como matéria-prima para uma grande variedade de produtos. É um óleo formado de várias substâncias de origem orgânica, em sua maioria hidrocarbonetos de diferentes massas molares. São utilizadas técnicas de separação para obtenção dos componentes comercializáveis do petróleo. Além disso, para aumentar a quantidade de frações comercializáveis, otimizando o produto de origem fóssil, utiliza-se o processo de craqueamento. O que ocorre nesse processo?
- a) Transformação das frações do petróleo em outras moléculas menores.
 - b) Reação de óxido-redução com transferência de elétrons entre as moléculas.

- c) Solubilização das frações do petróleo com a utilização de diferentes solventes.
- d) Decantação das moléculas com diferentes massas molares pelo uso de centrífugas.
- e) Separação dos diferentes componentes do petróleo em função de suas temperaturas de ebulição.

8. Cefet-MG 2019 O gás metano, produzido pela decomposição da matéria orgânica, é abundante em aterros sanitários, lixões, estações de tratamento de esgotos, e também é produzido pela criação de gado. Esse gás tem maior impacto ambiental do que o dióxido de carbono e as estratégias para seu controle, diferente do CO_2 , visam à redução da sua emissão e não à sua retirada da atmosfera por ser

- a) bem vista pelo setor agropecuário a redução das criações de animais.
- b) compreensível a alteração de hábitos e comportamentos humanos por leis restritivas.
- c) viável e mais simples inibir o processo de decomposição do que inibir a respiração que emite o CO_2 .
- d) pouco comum o sequestro desse gás por processos biológicos, ao contrário do que ocorre com o dióxido de carbono.

9. UFRN 2013 O Rio Grande do Norte é o maior produtor de petróleo do Brasil em terra. O petróleo bruto é processado nas refinarias para separar seus componentes por destilação fracionada. Esse processo é baseado nas diferenças das temperaturas de ebulição das substâncias relativamente próximas. A figura a seguir representa o esquema de uma torre de destilação fracionada para o refinamento do petróleo bruto. Nela, os números de 1 a 4 indicam as seções nas quais as frações do destilado são obtidas. Na tabela, são apresentadas características de algumas das frações obtidas na destilação fracionada do petróleo bruto.

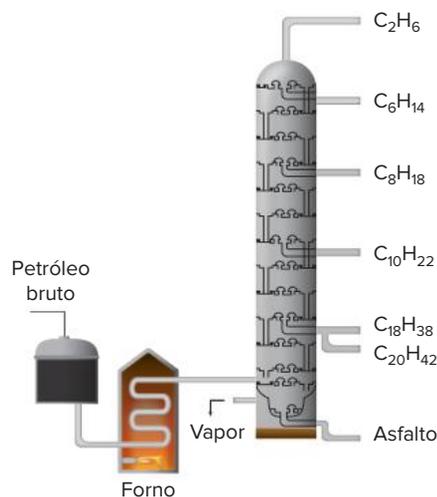


Fração	Número de átomos de carbono na molécula	Faixa da temperatura de ebulição (°C)
Gasolina	5 a 10	40 a 175
Querosene	11 a 12	175 a 235
Óleo combustível	13 a 17	235 a 305
Óleo lubrificante	Acima de 17	Acima de 305

Para a análise da qualidade da destilação, um técnico deve coletar uma amostra de querosene na torre de destilação. Essa amostra deve ser coletada

- a) na Seção 3.
- b) na Seção 2.
- c) na Seção 1.
- d) na Seção 4.

10. Uerj Os vários componentes do petróleo são separados por um processo denominado destilação fracionada. Em sua destilação, alguns hidrocarbonetos são separados na ordem indicada no esquema a seguir.



SILVA, R. H.; SILVA, E. B. *Curso de Química*. São Paulo: Harbra, 1992. (Adapt.).

A ordem de destilação desses componentes do petróleo está justificada pela seguinte afirmação:

- a) Os alcanos são os hidrocarbonetos mais voláteis.
- b) Os hidrocarbonetos são líquidos de baixo ponto de ebulição.
- c) O aumento da massa molar dos hidrocarbonetos provoca uma maior volatilidade.
- d) O ponto de ebulição dos hidrocarbonetos aumenta com o aumento da massa molar.

11. UnirG-TO 2020 Análise feita pela Marinha e pela Petrobras na massa de coloração escura que poluiu as praias do Nordeste apontou que se trata da substância de hidrocarboneto, conhecida como piche, que é um dos produtos da destilação do petróleo. Além do piche, outro produto não volátil também resultante da destilação fracionada do petróleo é o

- a) querosene.
- b) asfalto.
- c) diesel.
- d) óleo lubrificante.

12. UEM-PR 2016 Assinale o que for **correto**.

- 01 O gás liquefeito de petróleo (GLP) é uma das primeiras frações a serem obtidas no processo de destilação fracionada, sendo composto por hidrocarbonetos de cadeia longa ($C_{18} - C_{25}$).
- 02 Uma das teorias mais aceitas atualmente para a origem do petróleo admite que este veio a se formar a partir de matéria orgânica.
- 04 O petróleo é um óleo normalmente escuro, formado quase que exclusivamente por hidrocarbonetos. Além dos hidrocarbonetos, há pequenas quantidades de substâncias contendo nitrogênio, oxigênio e enxofre.
- 08 O craqueamento catalítico converte óleos de cadeia grande em moléculas menores, que podem ser usadas para compor, entre outros produtos, a gasolina.
- 16 A ramificação das cadeias carbônicas dos compostos que formam a gasolina não é algo desejável, uma vez que isso diminui a octanagem do combustível.

Soma:

13. IFSC 2016 A Petrobras bateu mais um recorde mensal na extração de petróleo na camada do pré-sal. Em julho, a produção operada pela empresa chegou a 798 mil barris por dia (bpd), 6,9% acima do recorde histórico batido no mês anterior. No dia 8 de julho, também foi atingido recorde de produção: foram produzidos 865 mil barris por dia (bpd). Essa produção não inclui a extração de gás natural.

Fonte: Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/08/pre-sal-novo-recorde-na-producao-de-petroleo-mensal>.

Com base no assunto da notícia apresentada, assinale a alternativa **correta**.

- a) O gás natural é uma mistura de gases, sendo que o principal constituinte é o metano, de fórmula molecular CH_4 .
- b) O petróleo é utilizado somente para a produção de combustíveis e poderia ser totalmente substituído pelo etanol, menos poluente.
- c) A camada do pré-sal se encontra normalmente próxima a vulcões onde, há milhares de anos, o petróleo se originou a partir de substâncias inorgânicas.
- d) As substâncias que compõem o petróleo são hidrocarbonetos como: ácidos graxos, éteres e aldeídos.
- e) As diferentes frações do petróleo são separadas em uma coluna de destilação, onde as moléculas menores como benzeno e octano são retiradas no topo e as moléculas maiores como etano e propano são retiradas na base da coluna.

14. UCS-RS 2015 O pré-sal é uma faixa que se estende ao longo de 800 quilômetros entre os Estados de Santa Catarina e do Espírito Santo, abaixo do leito do mar, e engloba três bacias sedimentares (Espírito Santo, Campos e Santos).

O petróleo encontrado nessa área está a profundidades que superam os 7.000 metros, abaixo de uma extensa camada de sal que conserva sua qualidade. A meta da Petrobras é alcançar, em 2017, uma produção diária superior a um milhão de barris de óleo nas áreas em que opera.

Disponível em: http://www.istoe.com.br/reportagens/117228_PRE+SAL+UM+BILHETE+PREMIADO. Acesso em: 2 mar. 2015. (Adapt.)

Em relação ao petróleo e aos seus derivados, assinale a alternativa **correta**.

- a) A refinação do petróleo é a separação de uma mistura complexa de hidrocarbonetos em misturas mais simples, com um menor número de componentes, denominadas frações do petróleo. Essa separação é realizada por meio de um processo físico denominado destilação simples.
- b) Os antidetonantes são substâncias químicas que, ao serem misturadas à gasolina, aumentam sua resistência à compressão e conseqüentemente o índice de octanagem.
- c) O craqueamento do petróleo permite transformar hidrocarbonetos aromáticos em hidrocarbonetos de cadeia normal, contendo em geral o mesmo número de átomos de carbono, por meio de aquecimento e catalisadores apropriados.
- d) A gasolina é composta por uma mistura de alcanos, que são substâncias químicas polares e que apresentam alta solubilidade em etanol.
- e) A combustão completa do butano, um dos principais constituintes do gás natural, é um exemplo de reação de oxirredução, na qual o hidrocarboneto é o agente oxidante e o gás oxigênio presente no ar atmosférico é o agente redutor.

15. UEM-PR 2012 O uso de biomassa como fonte de energia verde (os biocombustíveis) tem recebido muita atenção por reduzir os danos ao ambiente quando produzida de modo sustentável. Dentre os biocombustíveis destacam-se o etanol e o biodiesel. No Brasil, a maior parte do etanol é produzida a partir da cana-de-açúcar. Sobre esse assunto, assinale o que for **correto**.

- 01 O etanol é utilizado também industrialmente, como solvente, na produção de perfumes e de bebidas; é um composto orgânico com um ou mais grupos hidroxila ligado(s) diretamente a um anel aromático.
- 02 No desenvolvimento sustentável, um recurso renovável pode ser consumido em velocidade maior do que a sua reposição natural.
- 04 Nos automóveis, a combustão do etanol é completa, formando monóxido de carbono e água.
- 08 A fermentação do melaço ocorre pelas enzimas produzidas pelo *Saccharomyces cerevisiae*, resultando em etanol e gás carbônico.
- 16 O metanol é obtido do petróleo e do carvão mineral. É altamente tóxico e pode ser utilizado como combustível.

Soma:

16. IFCE 2020 Por todos os problemas associados aos combustíveis fósseis, os cientistas vêm se esforçando para procurar fontes energéticas alternativas. Ao contrário dos combustíveis fósseis, não libera gás carbônico em sua utilização a fonte energética

- energia gerada em termoelétricas.
- etanol.
- biodiesel.
- gás natural obtido de biodigestor.
- energia eólica.

17. Uece 2020 As descobertas no pré-sal incluem-se entre as mais importantes em todo o mundo na última década. Essa província é composta por grandes acumulações de óleo leve, de excelente qualidade e com alto valor comercial. Uma realidade que coloca o Brasil em uma posição estratégica frente à grande demanda mundial de energia. O volume produzido por poço no pré-sal da Bacia de Santos está muito acima da média da indústria de óleo e gás: cerca de 36 mil barris de petróleo por dia, em média. No que diz respeito ao petróleo, é correto afirmar que

- se trata de um combustível fóssil correspondente a uma substância oleosa, cuja densidade é superior à da água e é inflamável.
- constitui uma mistura de hidrocarbonetos – moléculas de carbono e hidrogênio – que se encontram em estado sólido, em temperatura e pressão ambiente.
- de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP –, na composição química do petróleo só existem carbono e hidrogênio.
- seus derivados são obtidos a partir do refino realizado por meio de processos químicos, como craqueamento, reforma, alquilação, hidrotratamento, entre outros.

18. Unesp A queima dos combustíveis fósseis (carvão e petróleo), assim como dos combustíveis renováveis (etanol, por exemplo), produz CO_2 , que é lançado na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa e possível aquecimento global. Por qual motivo o uso do etanol é preferível ao da gasolina?

- O etanol é solúvel em água.
- O CO_2 produzido na queima dos combustíveis fósseis é mais tóxico do que aquele produzido pela queima do etanol.
- O CO_2 produzido na queima da gasolina contém mais isótopos de carbono-14 do que aquele produzido pela queima do etanol.
- O CO_2 produzido na queima do etanol foi absorvido recentemente da atmosfera.
- O carbono do etanol é proveniente das águas subterrâneas.

19. Insper-SP 2019 Uma cidade do interior do Brasil, que tem sua economia baseada no agronegócio, com a produção de cana-de-açúcar e de suínos, pretende ampliar a iluminação de rua e recebeu diversos projetos para instalação de geradores de energia elétrica.

Projeto	Descrição das principais etapas do projeto	Composição ou combustível
I	Coleta do biogás formado por dejetos da criação de suínos. Instalação de geradores movidos à queima de biogás.	Preponderantemente CH_4
II	Produção de bioetanol. Instalação de geradores movidos à queima de bioetanol.	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
III	Produção de biodiesel com base em óleo de cozinha. Instalação de geradores movidos à queima de biodiesel.	$\text{R}_1 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{O} - \text{R}_2 \end{array}$ R ₁ e R ₂ são cadeias carbônicas
IV	Instalação de uma usina termelétrica baseada na combustão de gás natural.	Preponderantemente CH_4

A respeito dos combustíveis que eles propõem usar, é correto afirmar que

- biocombustíveis e gás natural são combustíveis renováveis.
- o biogás e o bioetanol são hidrocarbonetos obtidos de diferentes origens.
- os geradores que empregam a queima de biocombustíveis não emitem gás de efeito estufa.
- o biodiesel e o gás natural são hidrocarbonetos que diferem no tamanho da cadeia carbônica.
- o biogás formado por dejetos de suínos é um gás de efeito estufa.

20. PUC-RS 2012 A sociedade moderna emprega enormes quantidades de combustíveis como fonte de energia, o que tem dado origem a diversos problemas ambientais, entre eles a chuva ácida. Além disso, o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera é motivo de preocupação, pois esse gás tem sido reiteradamente apontado como um dos responsáveis pelo aquecimento global.

Em relação a esse tema, é **correto** afirmar que

- o hidrogênio é um combustível fóssil encontrado junto com o petróleo e o gás natural, e seu uso acarreta aumento do teor de dióxido de carbono atmosférico.
- a queima de carvão, mineral ou vegetal, está associada a emissões de dióxido de carbono, mas somente o carvão mineral pode conter altos teores de enxofre e contribuir para a chuva ácida.
- o metanol produzido a partir da nafta é um álcool, e sua queima não implica aumento de dióxido de carbono na atmosfera.
- o etanol derivado da cana-de-açúcar é um biocombustível, e por esse motivo sua queima não causa emissões de dióxido de carbono.
- o gás natural, também conhecido como gás de cozinha, é um combustível fóssil, e, apesar de não ser poluente, sua queima emite dióxido de carbono.

País revoluciona o uso e a produção de biocombustível

O Brasil está na fronteira do desenvolvimento e do conhecimento tecnológico quando o assunto refere-se aos biocombustíveis. O país é exportador de tecnologia e de matéria-prima para as mais diversas nações. Mas afinal, o que são biocombustíveis e por que o Brasil faz parte da vanguarda dessa produção?

Os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural usados em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis etc.) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor etc.). Há dezenas de espécies vegetais no Brasil das quais se podem produzir o biodiesel, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

Este tipo de combustível renovável é pesquisado desde o início do século 20, principalmente na Europa. Eles estão presentes no cotidiano do brasileiro há mais de 80 anos. Entretanto, foi na década de 1970, após a primeira crise do petróleo, que sua produção e uso ganharam grande dimensão. Na época, foi criado o Pro-Álcool, que introduziu o etanol de cana-de-açúcar em larga escala na matriz de combustíveis brasileira.

Biodiesel

Os dois principais biocombustíveis líquidos utilizados no país são o etanol (extraído de cana-de-açúcar e utilizado nos veículos leves) e, mais recentemente, o biodiesel (produzido a partir de óleos vegetais ou gorduras animais, utilizado principalmente em ônibus e caminhões).

O biodiesel avançou significativamente no país a partir de 2004. Hoje o Brasil conta com indústria de biodiesel consolidada, com usinas aptas a produzi-lo e comercializá-lo, e com capacidade instalada superior a seis milhões de metros cúbicos.

Atualmente, a Alemanha, os Estados Unidos e o Brasil são os maiores mercados mundiais de biodiesel. Outros importantes mercados são a França, a Espanha, a Itália e a Argentina.

Etanol

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais e o maior exportador de etanol. Atualmente, o etanol brasileiro representa a melhor e mais avançada opção para a produção sustentável de biocombustíveis em larga escala no mundo. O país é o candidato natural a liderar a produção economicamente competitiva e a exportação mundial porque tem o menor custo de produção e o maior rendimento em litros por hectare.

Em relação ao meio ambiente, o etanol reduz as emissões de gases de efeito estufa em cerca de 90% e a poluição atmosférica nos centros urbanos. Além disso, a produção tem baixo consumo de fertilizantes e defensivos e apresenta níveis relativamente baixos de perdas do solo.

O Brasil utiliza o etanol como aditivo da gasolina desde a década de 1920. Oficialmente, o combustível produzido a partir da cana-de-açúcar foi adicionado à gasolina a partir de um decreto assinado em 1931. Entretanto, somente com a criação do programa Pro-Álcool, em 1975, é que o Brasil estabeleceu definitivamente a indústria do etanol combustível.

Os investimentos nos veículos *flex-fuel* e o fortalecimento da cadeia produtiva levaram a um grande crescimento no mercado doméstico de etanol, invertendo a tendência de queda do consumo de etanol ainda na Safra 2003/2004.

Lenha e carvão vegetal

Boa parte da lenha extraída no país é transformada em carvão vegetal, um produto mais nobre e com maior concentração de carbono. O Brasil é a única nação no mundo que faz uso extensivo do carvão vegetal na indústria siderúrgica.

Carvão vegetal na siderurgia

O carvão vegetal é usado na siderurgia como fonte de calor e como redutor do minério de ferro.

O Brasil é o maior produtor mundial de gusa via carvão vegetal. Cerca de 60% desse gusa produzido é exportado.

Devido às características do carvão vegetal, de baixos teores de enxofre e cinza, o gusa produzido é de melhor qualidade do que aquele produzido via carvão mineral. Para uma produção de uma tonelada de gusa, são necessários cerca de três metros cúbicos de carvão – 3 mdc.

Boa parte do carvão é proveniente de desmatamentos, legais ou ilegais. [...]

PAÍS revoluciona o uso e a produção de biocombustível. *Portal Brasil*, 28 jul. 2014.

Disponível em: www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/pais-revoluciona-o-uso-e-a-producao-de-biocombustivel. Acesso em: 2 fev. 2018.

Resumindo

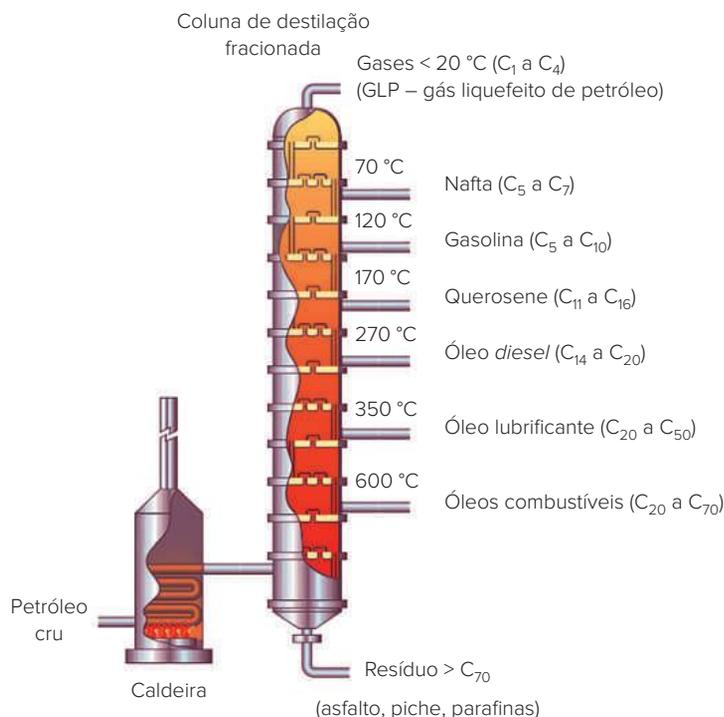
Recursos orgânicos são recursos naturais que podem ser bióticos (obtidos da biosfera) ou abióticos (obtidos do reino mineral), renováveis ou não renováveis. São fontes de compostos orgânicos cuja principal aplicação tem sido como fonte de energia.

Petróleo: é um líquido inflamável, geralmente escuro, viscoso, com densidade menor que a da água, formado por uma mistura complexa de hidrocarbonetos de peso molecular variado. A proporção de hidrocarbonetos na fase líquida é bastante variável, e, de acordo com a predominância de determinados hidrocarbonetos, o petróleo é classificado em:

- **Parafínico:** quando existe predominância de alcanos.
- **Naftênico:** quando existe predominância de ciclanos.
- **Aromático:** quando existe predominância de hidrocarbonetos aromáticos.

Como o petróleo extraído contém diferentes tipos de impurezas (petróleo bruto), deve-se submetê-lo a dois processos mecânicos de purificação: **decantação** – para separar a água salgada – e **filtração** – para separar as impurezas sólidas, como areia e argila. Após esses dois processos, obtém-se o petróleo cru, que é encaminhado para o processo de refino.

- **Refino do petróleo:** consiste em um conjunto de processos físicos e químicos que visam à transformação do óleo cru (petróleo) em derivados de valor comercial como o GLP, o *diesel*, a gasolina, o querosene, os óleos lubrificantes, entre outros.
- **Destilação fracionada:** é um processo de fracionamento do petróleo em misturas mais simples, denominadas frações. Esse processo se baseia nas diferentes temperaturas de ebulição das frações do petróleo.



- **Craqueamento catalítico:** também conhecido como **pirólise**, é um processo químico que transforma frações mais pesadas em outras mais leves por meio da quebra de moléculas dos compostos reagentes, fazendo uso de altas temperaturas e catalisadores.
 - **O índice de octanagem e a gasolina:** para medir a qualidade da gasolina, utiliza-se o chamado índice de octanagem, uma grandeza que mede a resistência à compressão da mistura ar + combustível.

O índice de octanagem foi criado a partir de dois hidrocarbonetos: o heptano e o iso-octano (2,2,4-trimetilpentano).

Ao heptano, devido à sua baixa resistência à compressão, foi atribuído, arbitrariamente, o valor **zero** de octanagem. Ao iso-octano, que possui elevada resistência à compressão, foi atribuído, arbitrariamente, o valor **cem** de octanagem. No Brasil, a gasolina comum possui índice de octanagem de 87. Isso significa que essa gasolina no motor se comporta da mesma forma que uma mistura formada por 87% de iso-octano e 13% de heptano.

Gás natural: é um combustível fóssil, encontrado em reservatórios profundos no subsolo, associado ou não a jazidas de petróleo. Composto basicamente de metano (com teores normalmente acima de 90%) e etano (com teores de até 8%), é utilizado como combustível industrial, em residências e em automóveis (GNV).

Carvão mineral: é um combustível fóssil natural, não renovável, extraído por meio do processo de mineração.

De acordo com a maior ou menor intensidade da carbonização, o carvão mineral pode ser classificado como **turfa** (cerca de 60% de carbono), **linhito** (cerca de 70% de carbono), **hulha** (cerca de 80% de carbono) e **antracito** (cerca de 90% de carbono).

- **Pirólise ou destilação seca da hulha:** a hulha é aquecida em retortas a cerca de 1 000 °C, na ausência de oxigênio. Nesse processo, são obtidas quatro frações:
 - **Fração gasosa:** gás de hulha, gás de rua ou gás de iluminação. Composto de: H₂ (~50%), CH₄ (~30%) e outros gases em quantidades menores, tais como C₂H₆, CO, N₂.
 - **Fração líquida leve (águas amoniacais):** solução aquosa de compostos nitrogenados, derivados da amônia (NH₃). Empregada industrialmente na fabricação de adubos e fertilizantes agrícolas.
 - **Fração líquida pesada (alcatrão de hulha):** líquido viscoso, escuro, insolúvel em água, semelhante ao petróleo. Formado por uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos. Após ser obtido, o alcatrão de hulha é submetido à destilação fracionada, produzindo:
 - Óleo leve:** como benzeno, tolueno e xilenos.
 - Óleo médio:** fenol, naftaleno, piridinas.
 - Óleo pesado:** cresóis, anilina, naftóis.
 - Óleo verde ou antracênico:** antraceno, fanatreno.

- **Fração sólida (carvão coque):** um sólido amorfo e poroso, com alto teor de carbono. Utilizado como agente redutor na obtenção do ferro em indústrias siderúrgicas.

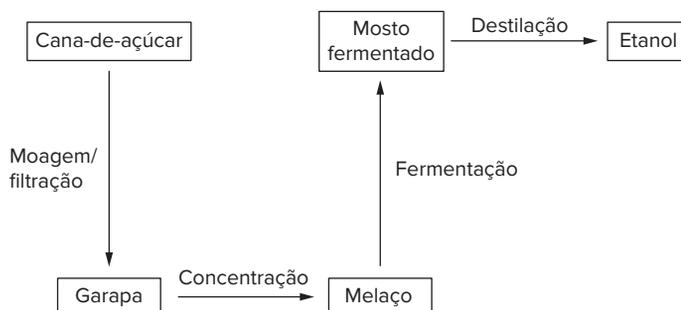
Xisto ou folhelho betuminoso: é uma rocha sedimentar rica em material orgânico. Quando submetido ao aquecimento, obtém-se dessa rocha um óleo semelhante ao petróleo (**óleo de xisto**), que, depois de destilado, produz gasolina, óleo *diesel*, óleo combustível, nafta, gás combustível etc.

Existe também o gás natural extraído do xisto (**gás de xisto**), que é basicamente metano preso em uma camada profunda de rochas. Para extraí-lo, é necessário perfurar o solo até a reserva e empregar água e produtos químicos sob pressão para fraturar a rocha e liberar o gás.

Etanol: é um combustível renovável utilizado em motores de combustão interna em substituição à gasolina. A forma mais simples e comum de obter o etanol é por meio da fermentação de carboidratos.

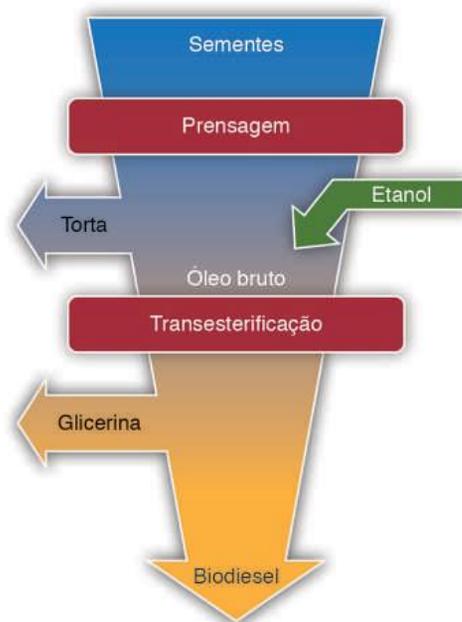


No Brasil, é obtido a partir da fermentação da sacarose da cana-de-açúcar.



O etanol é separado da mistura fermentada por destilação na forma de uma mistura azeotrópica com água (etanol 96% e água 4% em volume).

Biodiesel: é um combustível renovável que pode substituir total ou parcialmente o óleo *diesel* utilizado em motores a *diesel*. Obtido pela **transesterificação** de triglicerídeos presentes em óleos vegetais com um álcool (etanol ou metanol).



Biogás: é um dos produtos da decomposição anaeróbia (ausência de oxigênio gasoso) da matéria orgânica, que se dá por meio da ação de determinadas espécies de bactérias. Trata-se de uma mistura gasosa composta principalmente de metano (50% a 70% do volume de gás produzido) e dióxido de carbono (25% a 50% do volume de gás produzido). Pode ser obtido em biodigestores. Devido à sua composição, o biogás é apresentado como uma alternativa de substituição ao gás natural.

Quer saber mais?



Sites

<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural>.
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=petroleo-gas-natural-nao-fosseis&id=010115090803#.Wksok1WnHIU>.

Artigos sobre a produção de petróleo e gás natural e que discutem as teorias de formação desses combustíveis no planeta.

<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/unidade-de-industrializacao-do-xisto-six.htm>.

Artigo sobre o xisto, apresentando informações gerais, breve história do seu surgimento e outros tópicos, como características técnicas.

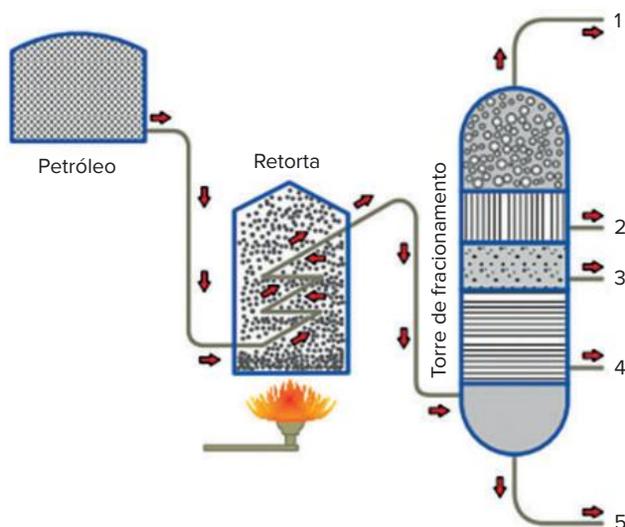
<https://www.biodieselbr.com/destaques/2005/combustivel-renovavel.htm>.

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/121716/1/Paginasdepolagr0320062p.6478.pdf>.

Artigos que tratam sobre os biocombustíveis, em especial o biodiesel e o etanol, sua produção e suas vantagens e desvantagens em relação aos combustíveis fósseis.

Exercícios complementares

1. **Unifesp 2017** A figura mostra o esquema básico da primeira etapa do refino do petróleo, realizada à pressão atmosférica, processo pelo qual ele é separado em misturas com menor número de componentes (fracionamento do petróleo).



Petrobras. *O petróleo e a Petrobras em perguntas e respostas*, 1986. (Adapt.)

- a) Dê o nome do processo de separação de misturas pelo qual são obtidas as frações do petróleo e o nome da propriedade específica das substâncias na qual se baseia esse processo.
- b) Considere as seguintes frações do refino do petróleo e as respectivas faixas de átomos de carbono: gás liquefeito de petróleo (C_3 a C_4); gasolina (C_5 a C_{12}); óleo combustível ($> C_{20}$); óleo *diesel* (C_{12} a C_{20}); querosene (C_{12} a C_{16}). Identifique em qual posição (1, 2, 3, 4 ou 5) da torre de fracionamento é obtida cada uma dessas frações.
2. **Enem PPL 2015** O quadro apresenta a composição do petróleo.

Fração	Faixa de tamanho das moléculas	Faixa de ponto de ebulição (°C)	Usos
Gás	C_1 a C_5	-160 a 30	Combustíveis gasosos
Gasolina	C_5 a C_{12}	30 a 200	Combustível de motor
Querosene	C_{12} a C_{18}	180 a 400	<i>Diesel</i> e combustível de alto-forno
Lubrificantes	Maior que C_{16}	Maior que 350	Lubrificantes
Parafinas	Maior que C_{20}	Sólidos de baixa fusão	Velas e fósforos
Asfalto	Maior que C_{30}	Resíduos pastosos	Pavimentação

BROWN, T. L. *et al. Química: a ciência central*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Para a separação dos constituintes com o objetivo de produzir a gasolina, o método a ser utilizado é a

- filtração.
- destilação.
- decantação.
- precipitação.
- centrifugação.

3. **Enem PPL 2019** Na perfuração de uma jazida petrolífera, a pressão dos gases faz com que o petróleo jorre. Ao se reduzir a pressão, o petróleo bruto para de jorrar e tem de ser bombeado. No entanto, junto com o petróleo também se encontram componentes mais densos, tais como água salgada, areia e argila, que devem ser removidos na primeira etapa do beneficiamento do petróleo.

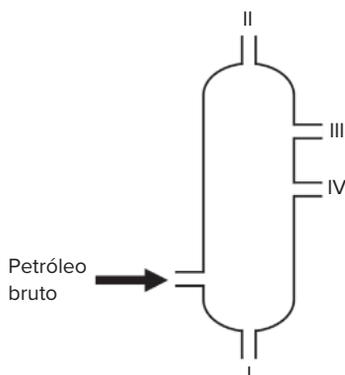
A primeira etapa desse beneficiamento é a:

- decantação.
- evaporação.
- destilação.
- floculação.
- filtração.

4. **Unicamp-SP 2017** “Pode arredondar?” Esta é uma pergunta que frentistas de postos de combustíveis fazem durante o abastecimento, quando o travamento automático da bomba é acionado. O fabricante do veículo faz a recomendação de não arredondar, pensando na preservação do veículo, mas o dono do posto pede que o frentista arredonde, para vender mais combustível. Por outro lado, pensando na saúde do frentista, prejudicada pela exposição aos vapores de combustível, pode-se afirmar corretamente que:

- a) Qualquer que seja a resposta do consumidor, até o travamento automático ou passando do automático, a saúde do frentista será prejudicada, pois sempre haverá eliminação de vapores durante o abastecimento.
- b) A resposta mais adequada do consumidor seria “sim”, porque a quantidade de vapores eliminados no abastecimento é a mesma, e o prejuízo à saúde do frentista é o mesmo, independentemente do volume de combustível adicionado ao tanque.
- c) A resposta mais adequada do consumidor seria “não”, pois somente a partir do travamento automático é que há eliminação de vapores durante o abastecimento e só depois disso há prejuízo para a saúde do frentista.
- d) A resposta mais adequada do consumidor seria “sim”, porque não haverá eliminação de vapores durante o abastecimento e assim nunca haverá prejuízo para a saúde do frentista.

5. **Mackenzie-SP 2015** A destilação fracionada é um processo de separação no qual se utiliza uma coluna de fracionamento, separando-se diversos componentes de uma mistura homogênea, que apresentam diferentes pontos de ebulição. Nesse processo, a mistura é aquecida e os componentes com menor ponto de ebulição são separados primeiramente pelo topo da coluna. Tal procedimento é muito utilizado para a separação dos hidrocarbonetos presentes no petróleo bruto, como está representado na figura a seguir.



Assim, ao se realizar o fracionamento de uma amostra de petróleo bruto os produtos recolhidos em I, II, III e IV são, respectivamente,

- a) gás de cozinha, asfalto, gasolina e óleo *diesel*.
- b) gás de cozinha, gasolina, óleo *diesel* e asfalto.
- c) asfalto, gás de cozinha, gasolina e óleo *diesel*.
- d) asfalto, gasolina, gás de cozinha e óleo *diesel*.
- e) gasolina, gás de cozinha, óleo *diesel* e asfalto.

6. **ITA-SP 2018** Considere as seguintes proposições:

- I. A propriedade básica associada ao fracionamento do petróleo é o ponto de ebulição.
- II. Em geral, no craqueamento térmico do petróleo ocorre formação de radicais livres por meio da quebra de ligação homolítica, enquanto que no craqueamento catalítico ocorre a ruptura heterolítica.
- III. Metano não é produzido na destilação fracionada do petróleo.
- IV. Indústria petroquímica é o termo utilizado para designar o ramo da indústria química que utiliza derivados de petróleo como matéria-prima para a fabricação de novos materiais, como medicamentos, fertilizantes e explosivos.
- V. Os rendimentos de derivados diretos do petróleo no processo de destilação fracionada não dependem do tipo de petróleo utilizado.

Das proposições acima são CORRETAS

- a) apenas I, II e IV.
- b) apenas I, III, IV e V.
- c) apenas I, III e V.
- d) apenas II, IV e V.
- e) todas.

7. **UEM/PAS-PR 2015** O petróleo, uma combinação complexa de hidrocarbonetos, composta na sua maioria de hidrocarbonetos alifáticos, cíclicos e aromáticos, é uma das mais importantes fontes de energia. Além disso, é uma importante matéria-prima que permite a obtenção de novas substâncias de interesse na sociedade, como plásticos e tintas, entre outros produtos. Com base nessas informações, assinale o que for **correto**.

- 01 No processo de fracionamento do petróleo, a gasolina, formada por hidrocarbonetos contendo de 5 a 10 átomos de carbono, sai da coluna de fracionamento antes da fração contendo querosene, formado por hidrocarbonetos contendo de 11 a 22 átomos de carbono.
- 02 Polímeros sintéticos de condensação podem ser obtidos a partir do resíduo de petróleo.
- 04 Os cicloalcanos com anéis de cinco e seis átomos de carbono são mais abundantes no petróleo, devido à maior estabilidade química desses anéis em relação aos de três e quatro membros.
- 08 O petróleo é utilizado como fonte de matéria-prima devido à alta reatividade química dos alcanos presentes, sendo que esses podem ser transformados em outras substâncias a partir de reações de substituição nucleofílica, adição e eliminação.
- 16 O craqueamento tem por objetivo melhorar o processo de refino do petróleo.

Soma:

8. **UEM-PR 2013** Uma fonte de energia primária, fornecida diretamente pela natureza, é o gás natural. É **correto** afirmar que o gás natural
- 01 Tem como seu principal constituinte o metano (CH_4), podendo apresentar outros componentes, como o etano (C_2H_6) e o propano (C_3H_8).
- 02 Apresenta um consumo mundial decrescente de maneira acelerada nas últimas décadas, devido à demanda de outras fontes de energia primária.
- 04 É utilizado no Brasil, nos últimos anos, para substituir o óleo combustível na indústria, o óleo *diesel* e a gasolina nos transportes e para a geração de termelétricidade, como na usina de Araucária, no Paraná.
- 08 Emite, na combustão, mais partículas de CO e SO_2 do que outras fontes de energia primária, como o carvão mineral ou os derivados de petróleo.
- 16 É um combustível fóssil encontrado em estruturas geológicas sedimentares, sendo, portanto, esgotável.

Soma:

9. **FGV-SP 2014** De acordo com dados da Agência Internacional de Energia (AIE), aproximadamente 87% de todo o combustível consumido no mundo é de origem fóssil. Essas substâncias são encontradas em diversas regiões do planeta, no estado sólido, líquido e gasoso e são processadas e empregadas de diversas formas.

Disponível em: www.brasilescola.com/geografia/combustiveis-fosseis.htm. (Adapt.)

Por meio de processo de destilação seca, o *combustível I* dá origem à matéria-prima para a indústria de produção de aço e alumínio.

O *combustível II* é utilizado como combustível veicular, em usos domésticos, na geração de energia elétrica e também como matéria-prima em processos industriais.

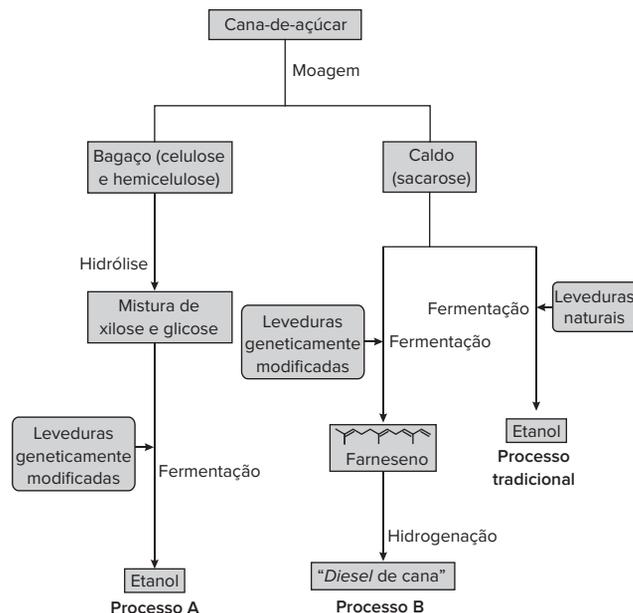
O *combustível III* é obtido por processo de destilação fracionada ou por reação química, e é usado como combustível veicular.

Os *combustíveis* de origem fóssil *I*, *II* e *III* são, correta e respectivamente,

- carvão mineral, gasolina e gás natural.
- carvão mineral, gás natural e gasolina.
- gás natural, etanol e gasolina.
- gás natural, gasolina e etanol.
- gás natural, carvão mineral e etanol.

10. **Fuvest-SP 2014** No processo tradicional, o etanol é produzido a partir do caldo da cana-de-açúcar por fermentação promovida por leveduras naturais, e o bagaço de cana é desprezado. Atualmente, leveduras geneticamente modificadas podem ser utilizadas em novos processos de fermentação para a produção de biocombustíveis. Por exemplo, no processo A, o bagaço de cana, após hidrólise da celulose e da hemicelulose, também pode ser transformado em etanol.

No processo B, o caldo de cana, rico em sacarose, é transformado em farneseno, que, após hidrogenação das ligações duplas, se transforma no “*diesel* de cana”. Esses três processos de produção de biocombustíveis podem ser representados por:



Com base no descrito, é **correto** afirmar:

- No Processo A, a sacarose é transformada em celulose por micro-organismos transgênicos.
 - O Processo A, usado em conjunto com o processo tradicional, permite maior produção de etanol por hectare cultivado.
 - O produto da hidrogenação do farneseno não deveria ser chamado de “*diesel*”, pois não é um hidrocarboneto.
 - A combustão do etanol produzido por micro-organismos transgênicos não é poluente, pois não produz dióxido de carbono.
 - O Processo B é vantajoso em relação ao Processo A, pois a sacarose é matéria-prima com menor valor econômico do que o bagaço de cana.
11. **Unicamp-SP 2014** A matriz energética brasileira tem se diversificado bastante nos últimos anos, em razão do aumento da demanda de energia, da grande extensão do território brasileiro e das exigências ambientais. Considerando-se as diferentes fontes para obtenção de energia, pode-se afirmar que é vantajoso utilizar
- resíduos orgânicos, pois o processo aproveita matéria disponível e sem destino apropriado.
 - carvão mineral, pois é um recurso natural e renovável.
 - energia hidrelétrica, pois é uma energia limpa e sua geração não causa dano ambiental.
 - energia nuclear, pois ela usa uma fonte renovável e não gera resíduo químico.

12. UFPR 2013 Nos últimos dois anos, a imprensa divulgou notícias sobre o risco de explosão oferecido por condomínios de luxo e um *Shopping Center* de São Paulo. Os estabelecimentos foram construídos sobre antigos lixões. Nesses casos, o órgão responsável, ligado à Secretaria de Meio Ambiente, autuou os estabelecimentos, exigindo providências quanto à instalação de sistema de extração de gases.

Em relação a esse risco, considere as seguintes afirmativas:

1. O risco de explosão deve-se principalmente à presença de metano, produzido por micro-organismos em condições anaeróbicas, na decomposição do material orgânico presente no lixão.
2. Os gases oferecem risco de explosão porque reagem vigorosamente com agentes oxidantes fortes.
3. O gás metano é facilmente detectado pelo odor característico.
4. Os gases que oferecem risco de explosão apresentam alta densidade, formando lençóis nos compartimentos de subsolo, como garagens subterrâneas.

Assinale a alternativa **correta**.

- a) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

13. UCS-RS 2019

Os elevados níveis de poluição atmosférica se transformaram em um problema nacional na Polônia. De acordo com as organizações ambientais, a economia do país continua dependendo quase que exclusivamente do carvão mineral, uma vez que essa matriz energética é responsável pela geração de 85% da eletricidade do país.

Os poloneses respiram um ar com quase 30 vezes mais partículas cancerígenas do que há 10 anos, e as autoridades são incapazes de frear uma situação que provoca todos os anos 50 mil mortes prematuras no país por doenças relacionadas à qualidade ruim do ar, de acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS).

No dia 22 de fevereiro de 2018, o Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE) condenou a Polônia por superar os limites de contaminação do ar por concentrações de partículas inaláveis PM10 em várias regiões e aglomerações, de forma contínua. Essas partículas são compostas por uma mistura de várias substâncias tóxicas, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, metais pesados e furano.

Segundo a OMS, das 50 cidades mais poluídas da Europa, 33 estão na Polônia. A maioria delas está situada em áreas mineradoras da Silésia, mas também é possível perceber a poluição em zonas florestais das montanhas, ao sul, e perto do Mar Báltico, no Norte.

Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/efe/2018/03/04/poluicao-atmosferica-se-transforma-em-problema-nacional-na-polonia.htm>. Acesso em: 17 ago. 18. (Parcial e adaptado.)

Analise as afirmativas abaixo e, em seguida, assinale a alternativa correta.

- a) O carvão mineral é combustível sólido e renovável, formado a partir da matéria orgânica proveniente de vegetais e animais depositados em bacias sedimentares, e pela ação da temperatura e da pressão, em um processo denominado metamorfização.
- b) A queima do carvão mineral é responsável pela poluição da atmosfera com óxidos de enxofre e nitrogênio, que são responsáveis pelo efeito estufa e pelas inversões térmicas, além de contribuir para o aumento do buraco da camada de ozônio.
- c) A hulha é um tipo de carvão mineral que, ao ser aquecido a elevadas temperaturas e na ausência de gás oxigênio, dá origem a uma fração sólida denominada “coque”.
- d) A piritita é um dos principais subprodutos da exploração do carvão mineral, e a sua lixiviação pelas chuvas pode aumentar o pH das águas de bacias hidrográficas circunvizinhas às minas de extração.
- e) A variação da entalpia envolvida na combustão completa do carvão mineral é positiva, uma vez que a reação é exotérmica.

14. Unesp 2020 O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, que, hoje, é o insumo básico de uma ampla variedade de produtos e serviços de valor agregado, como o etanol e a bioeletricidade. A principal atratividade do etanol é o grande benefício para o meio ambiente: estima-se que, em substituição à gasolina, seja possível evitar até 90% das emissões de gases do efeito estufa. Já a bioeletricidade, mais novo e importante produto do setor sucroenergético, é produzida a partir do bagaço e da palha da cana-de-açúcar, permitindo o aproveitamento desses resíduos para a geração de energia.

(www.unica.com.br. Adaptado.)

- a) Uma das razões pelas quais a combustão do etanol é benéfica ao meio ambiente é o fato de ele ser obtido de fonte renovável. Explique por que a queima de um combustível de fonte renovável, como o etanol, em comparação à queima de combustíveis fósseis, contribui para uma menor concentração de CO₂ na atmosfera. Justifique se a produção de bioeletricidade a partir da utilização da palha e do bagaço da cana-de-açúcar aumenta ou diminui essa concentração de CO₂ na atmosfera.
- b) Nas usinas, a cana-de-açúcar é moída para a extração do caldo de cana, ou garapa, matéria-prima para a síntese do etanol. Que processo biológico resulta na síntese desse combustível a partir da garapa? Além do etanol, que gás é produzido ao longo desse processo?

- 15. UEM-PR 2012** A respeito do petróleo, dos produtos obtidos a partir dele e de fontes alternativas de energia, assinale o que for **correto**.
- 01** O biodiesel é um éster de cadeia alquílica longa, como, por exemplo, o etanoato de octadecila.
- 02** O gás natural veicular (GNV) recebe esse nome pois vem de fontes renováveis e não emite CO₂ quando utilizado em motores de carros.
- 04** O GNV é composto principalmente de metano, enquanto o GLP (gás liquefeito de petróleo) é composto principalmente de propano e butano.
- 08** Uma das vantagens da substituição do *diesel* pelo biodiesel é a eliminação de emissão de dióxido de enxofre causada pelos motores a *diesel*.
- 16** O biogás é obtido em biodigestores a partir de resíduos agrícolas, como madeira, bagaço de cana-de-açúcar. Esse gás é composto principalmente de metano.

Soma:

- 16. Enem 2016** Algumas práticas agrícolas fazem uso de queimadas, apesar de produzirem grandes efeitos negativos. Por exemplo, quando ocorre a queima da palha de cana-de-açúcar, utilizada na produção de etanol, há emissão de poluentes como CO₂, SO_x, NO_x e materiais particulados (MP) para a atmosfera. Assim, a produção de biocombustíveis pode, muitas vezes, ser acompanhada da emissão de vários poluentes.

CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D.; PEREIRA, E. A. Biocombustível: o mito do combustível limpo. *Química Nova na Escola*, n. 28, maio 2008. (Adapt.)

Considerando a obtenção e o consumo desse biocombustível, há transformação química quando

- a) o etanol é armazenado em tanques de aço inoxidável.
- b) a palha de cana-de-açúcar é exposta ao sol para secagem.
- c) a palha da cana e o etanol são usados como fonte de energia.
- d) os poluentes SO_x, NO_x e MP são mantidos intactos e dispersos na atmosfera.
- e) os materiais particulados (MP) são espalhados no ar e sofrem deposição seca.
- 17. UPF-RS 2021** O engenheiro químico brasileiro Sérgio Campos Trindade faleceu no dia 18 de março de 2020, aos 79 anos, em Nova Iorque (Estados Unidos da América), em decorrência de complicações associadas à Covid-19. Grande incentivador da energia renovável, Trindade atuava como consultor em negócios sustentáveis. Era membro do Comitê Científico para Problemas do Ambiente (*Scope*, na sigla em inglês) – agência intergovernamental associada à Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura (Unesco), na qual atuou em parceria com pesquisadores do Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia (BIOEN). Recebeu em 2007 o Prêmio Nobel da Paz ao lado de outros integrantes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Em seu último

artigo, publicado no *Journal Biofuels*, Trindade faz uma revisão das principais conclusões do relatório *Scope* e apresenta uma série de ideias sobre como avançar na expansão sustentável da bioenergia.

(Fonte: <http://agencia.fapesp.br/especialista-em-bioenergia-sergio-trindade-morre-aos-79-anos/32793/>)

Analise as afirmativas:

- I. O uso da bioenergia representa uma alternativa sustentável ao uso de fontes não renováveis, que causam inúmeros impactos deletérios ao meio ambiente.
- II. O bioetanol, o biodiesel, a biomassa e o gás natural são produzidos a partir da bioenergia.
- III. O uso de combustíveis provenientes da bioenergia reduz a emissão de gases como o dióxido de carbono (CO₂(g)), um dos responsáveis do efeito estufa.
- IV. Uma amostra de água de chuva com concentração de íons OH⁻ igual a 10⁻⁵ mol/L é classificada como uma solução ácida.

Está incorreto o que se afirma apenas em:

- a) I, II e III. c) IV. e) II e IV.
b) II. d) III e IV.

18. IFPE 2020

Entenda o vazamento de petróleo nas praias do Nordeste

SÃO PAULO – Um vazamento de petróleo cru se espalha pelos nove Estados do Nordeste. O poluente foi identificado em uma faixa de mais de 2 mil quilômetros da costa brasileira. O governo federal afirma que análises já apontaram ser petróleo cru, de origem desconhecida e de tipo não produzido no Brasil. As manchas já foram encontradas em todos os Estados nordestinos: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. O poluente foi identificado em uma faixa de mais de 2 mil quilômetros da costa brasileira.

A análise feita pela Marinha e pela Petrobras “apontou que a substância é petróleo cru, ou seja, não se origina de nenhum derivado de óleo”. Conforme o órgão, a substância é o hidrocarboneto, conhecido como piche, e é a mesma em todos os pontos analisados.

CORDEIRO, Felipe. Entenda o vazamento de petróleo nas praias do Nordeste. *O Estado de S. Paulo*. Disponível em: <https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,entenda-o-vazamento-de-petroleo-empraias-do-nordeste,70003026922>. Acesso em: 27 out. 2019 (adaptado).

Quanto ao petróleo, é CORRETO afirmar que

- a) contém o benzeno, hidrocarboneto que é tóxico, altamente irritante e que possui cheiro forte característico.
- b) é um material pouco viscoso, mais denso que a água, formado pela mistura de esteres.
- c) é miscível com a água, o que dificulta sua separação em caso de acidentes ambientais no oceano.
- d) é um combustível renovável não gerador de efeito estufa e que não tem sua origem de matéria prima fóssil.
- e) contém o etanol, composto orgânico, inflamável e utilizado como combustível.

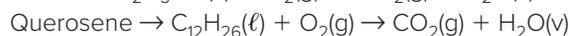
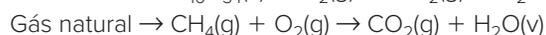
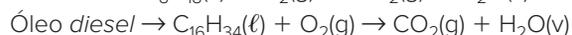
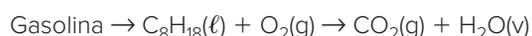
19. Unicamp-SP 2022 O crescente interesse em combustíveis renováveis, derivados tanto da cana-de-açúcar quanto da cana de energia, tem impulsionado estudos no sentido de permitir o maior aproveitamento desses dois tipos de cana na produção de bioetanol de primeira e segunda geração, sendo este último um biocombustível produzido a partir de fibras presentes na cana. Em um simpósio brasileiro sobre bioetanol e biorrefino, realizado em 2017, foram apresentados dados relativos à produção de bioetanol a partir de cana de açúcar e cana de energia. Um pequeno extra-tosses dados encontra-se na tabela a seguir.

Característica	Cana-de-açúcar	Cana de energia
Teor de fibra (%)	14	25
Massa de fibra (t/ha)	11	45
Teor de açúcar (%)	14	8
Massa de açúcar (t/ha)	11	14

Comparando-se os dados, pode-se concluir que a vantagem da cana de energia em relação à cana-de-açúcar reside em uma maior produção de bioetanol de:

- primeira e de segunda geração; o aumento maior se dá na produção de bioetanol de segunda geração, tendo como base a produtividade por hectare.
- segunda geração, produção essa que compensa a diminuição na produção de bioetanol de primeira geração, tendo como base a produtividade por hectare.
- primeira geração, produção essa que compensa a diminuição na produção de bioetanol de segunda geração, tendo como base os teores indicados.
- primeira e de segunda geração; o aumento maior se dá na produção de bioetanol de primeira geração, tendo como base os teores indicados.

20. IFSP 2016 O efeito estufa tem causado grande preocupação para os ambientalistas. O aumento da temperatura global apresenta consequências bastante desastrosas para a natureza (fauna e flora) e mesmo para o ser humano. Os combustíveis apresentam uma parcela de contribuição para o aumento da concentração do gás CO_2 , que é um dos principais gases causadores do efeito estufa. Os principais combustíveis utilizados na indústria automobilística são a gasolina (C_8H_{18}), o óleo *diesel* ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$, predominantemente) e o gás natural (CH_4), que são de origem fóssil, e o etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), que tem como uma das suas fontes a cana-de-açúcar. O querosene (origem fóssil, predominantemente $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$) é utilizado como combustível em aeronaves. A seguir, estão as reações de combustão desses combustíveis. Observe-as.



Considerando uma massa de 1 kg de cada combustível, assinale a alternativa que apresenta qual, dentre esses, é o **maior** contribuinte para o efeito estufa.

Dados: massas molares: C = 12 g/mol, H = 1 g/mol, O = 16 g/mol.

- Gasolina.
- Óleo *diesel*.
- Gás natural.
- Etanol.
- Querosene.

BNCC em foco



Texto para as questões de **1 a 3**.

Em 2017, um senador propôs um projeto de lei que trata da política de substituição dos automóveis movidos a combustíveis fósseis e altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro) para dispor sobre a vedação à comercialização e a circulação de automóveis movidos a combustíveis fósseis. O projeto tem por objetivo a redução drástica de veículos automotivos movidos a gasolina e *diesel*: após a sua implementação, apenas veículos colecionáveis, oficiais, diplomáticos e aqueles comprados antes da data-limite prevista na nova lei poderão circular pelo país utilizando esses dois combustíveis. Segundo o requerimento, novas tecnologias relacionadas a transporte deverão ser implementadas em sua totalidade até 2030 no território nacional.

EM13CNT309

- Descreva duas tecnologias alternativas que podem substituir os automóveis movidos a combustíveis fósseis.

EM13CNT309

- A justificativa para o projeto proposto pelo senador trata da preocupação com as mudanças climáticas e a emissão de gases poluentes que resultam do uso de combustíveis fósseis. Descreva um problema ambiental que pode ser minimizado caso ocorra a diminuição da produção e do uso de carros movidos a combustíveis fósseis em todo o planeta.

EM13CNT309

- A proibição de carros movidos a gasolina e a *diesel* pode acabar com o uso do petróleo. Essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.



Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, localizada na cidade de Angra dos Reis (RJ).

FRENTE 2

CAPÍTULO

9

Radioatividade

O fenômeno da radioatividade, quando utilizado de forma responsável, é bastante útil para a sociedade e pode ser aplicado na produção de energia elétrica em usinas nucleares; na manipulação de radioisótopos, usados principalmente para tratamentos oncológicos; na irradiação de alimentos para aumentar o tempo de prateleira etc.

Breve histórico e definição de radioatividade

Em 1875, Crookes, com seus tubos de raios catódicos, fez com que elétrons se chocassem com substâncias que, excitadas, emitiam luz. Essas substâncias foram chamadas de fluorescentes, e o exemplo mais típico é o sulfeto de zinco (ZnS). Existem também as substâncias fosforescentes, que, quando excitadas, emitem luz até um longo tempo depois de cessada a excitação.

Anos mais tarde, adotou-se o seguinte raciocínio: se as substâncias fluorescentes emitem luz quando excitadas (somente durante a excitação) e as fosforescentes também (durante e algum tempo após a excitação), será que existe alguma substância capaz de emitir ondas eletromagnéticas sem se excitar?

A resposta é sim e veio no ano de 1896 com o cientista francês Henri Becquerel. Ele descobriu uma substância, o sulfato duplo de urânio e potássio ($K_2(UO_2)(SO_4)_2$), que emitia ondas mesmo no escuro (sem excitação), durante longo intervalo de tempo.

As descobertas de Becquerel foram estimuladas pela descoberta dos raios X no ano anterior. Esses raios X eram emitidos sob forte excitação e Becquerel desejava saber se isso seria possível sem ela. Para tanto, tomou o $K_2(UO_2)(SO_4)_2$ e o envolveu em papel preto. Mesmo assim, o composto foi capaz de imprimir chapas fotográficas em condições desprovidas de excitação e por alguns dias. Conclusão: há substâncias que emitem radiações sem excitação, e estas vinham do $K_2(UO_2)(SO_4)_2$.

O casal Pierre Curie e Marie Sklodowska Curie já havia descoberto que todos os minérios de urânio apresentavam essas mesmas características. Foi assim que determinaram o primeiro elemento químico radioativo: o urânio. Os raios emitidos foram inicialmente chamados de raios de Becquerel e, somente depois, de radioatividade.

Todavia, foi na tentativa de isolar o elemento urânio que se descobriram outros elementos radioativos, como o polônio (homenagem de Marie Curie ao seu país natal, Polônia), que é 400 vezes mais radioativo que o urânio, e o rádio, que é 900 vezes mais radioativo que o urânio. Assim, uma série de elementos radioativos e todos os seus isótopos foram descobertos.

Ao longo da história, destacam-se Rutherford, em suas experiências com polônio e emissões de partículas α na construção de uma nova teoria de estrutura atômica; Chadwick, em 1932, que determinou a existência do nêutron com uma reação nuclear, e Irene Joliot Curie e seu marido, respectivamente filha e genro do casal Curie, que, em 1934, fizeram a primeira transmutação nuclear produzindo radionuclídeo artificial, bombardeando boro com partículas α . Esse trabalho de transmutação foi um importante avanço no campo da radioatividade. Sua continuidade e o seu aperfeiçoamento devem-se ao cientista Seaborg, que fez transmutações nucleares com o auxílio de gigantescos aceleradores de partículas e, com isso, acabou sintetizando dez novos elementos transurânicos.

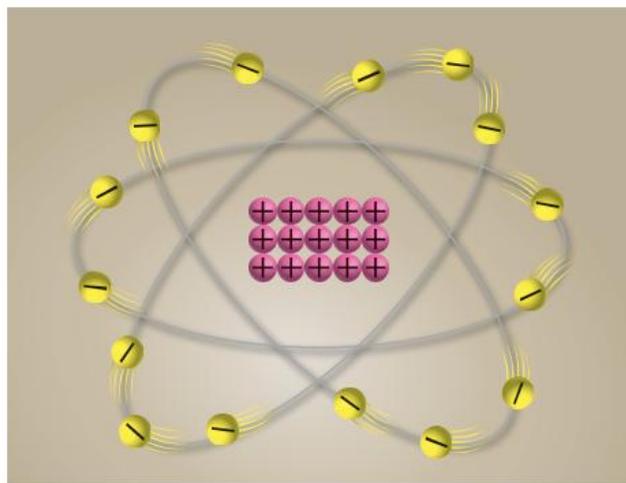
Devemos também destacar os processos de fusão e fissão nucleares, que foram desenvolvidos durante a corrida armamentista do século passado.

Várias outras importantes descobertas foram feitas ao longo do século XX e serão comentadas neste capítulo. Porém, o destaque maior é para Marie Curie, que quebrou tabus e se firmou como a primeira mulher de peso no campo da ciência. Extremamente respeitada, faleceu vítima das constantes exposições à radiação e deixou como legado um conhecimento vasto e profundo que até hoje é objeto de estudo de pesquisas científicas.

Mas, afinal, o que vem a ser radioatividade?

Radioatividade é a parte da ciência que estuda reações em que ocorrem alterações do núcleo dos átomos, chamadas de reações radioativas ou nucleares.

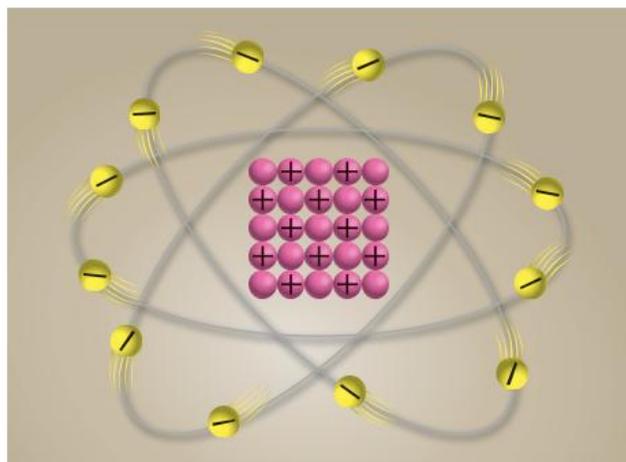
Para entender o que motivam esses fenômenos, suponha um átomo que obedece ao modelo de Rutherford, mas que só tenha elétrons e prótons, como mostrado a seguir.



Átomo de Rutherford, composto somente de prótons e elétrons.

Como se vê, o núcleo é um emaranhado de partículas positivas que, por forças de repulsão eletrostática entre cargas iguais, tenderia à autodestruição, explodindo. Como isso não ocorre com a maioria dos átomos em nosso planeta, podemos prever que o núcleo dos átomos não é assim. Porém, é importante saber que um excessivo número de cargas positivas emaranhadas causa enorme instabilidade ao núcleo de um átomo.

Mas, em 1932, o cientista Chadwick descobriu a existência de nêutrons no núcleo dos átomos. Assim, devemos pensar no modelo de Rutherford como mostrado a seguir.



Átomo de Rutherford, levando em consideração a existência de nêutrons.

Note que os nêutrons se intercalam entre prótons, diminuindo sensivelmente as forças de repulsão eletrostática entre eles, e consequentemente aumentando a estabilidade dos núcleos. É essa a grande função dos nêutrons: dar estabilidade ao núcleo. Sendo assim, a relação entre número de nêutrons e número de prótons em um átomo não deve ser muito baixa (menor que 1), pois o nuclídeo será instável. Em contrapartida, mesmo com a existência dos nêutrons, átomos com um grande número de prótons têm uma força de repulsão eletrostática acumulada muito grande, principalmente nas partículas localizadas na periferia dos núcleos. É por isso que elementos com número atômico grande (geralmente maior que 82) tendem a ser muito instáveis e, portanto, radioativos. Para que esses elementos atinjam a sua estabilidade, é imprescindível que fiquem menores. Para tanto, faz-se necessário emitir partículas nucleares (isto é, livrar-se de algumas). Essas emissões são chamadas de radioativas, e podem ser de **partículas** (α e β , principalmente) ou de **ondas** (radiações γ , principalmente). Isso significa que toda emissão radioativa ocorre no sentido de aumentar a estabilidade do núcleo.

Emissões α , β , γ e outras

Existem dezenas de emissões radioativas conhecidas e catalogadas. Isto não significa que todos os tipos de emissões estejam descobertas ou catalogadas, uma vez que são objeto de estudo dos tempos atuais. Analisaremos apenas as emissões principais, descobertas nos primórdios do estudo de radioatividade. Vamos estudá-las por meio da análise de uma experiência clássica, esquematizada na figura a seguir.

O material radioativo é colocado em uma cavidade dentro de um bloco de chumbo (que impede a passagem das radiações). Pelo orifício da cavidade, as emissões são direcionadas para a chapa. Devido aos desvios que ocorrem pela passagem no orifício, é colocado um direcionador, que consiste em uma placa de chumbo com orifício central. Logo após, há um capacitor de placas planas e paralelas, que subdivide as emissões em três partes bem distintas. Essas três partes podem ser observadas com bastante nitidez e são separadas umas das outras. Vamos analisá-las.

As emissões que atingiram a chapa em (I) sofreram desvio para o lado da placa negativa do capacitor. Isso indica que foram atraídas pela placa e, portanto, são positivas. Mas o desvio que sofreram (representado pela distância x) é bem menor que o desvio sofrido pelas partículas que atingiram a chapa em (III), o que consiste em um forte indicativo de que as partículas positivas são bem mais pesadas. Essa foi a primeira impressão dos cientistas a respeito das emissões (I): partículas positivas e pesadas. Mais tarde, denominaram essas emissões de partículas α . As partículas α são constituídas de dois prótons e dois nêutrons, podendo ser, portanto, representadas por:

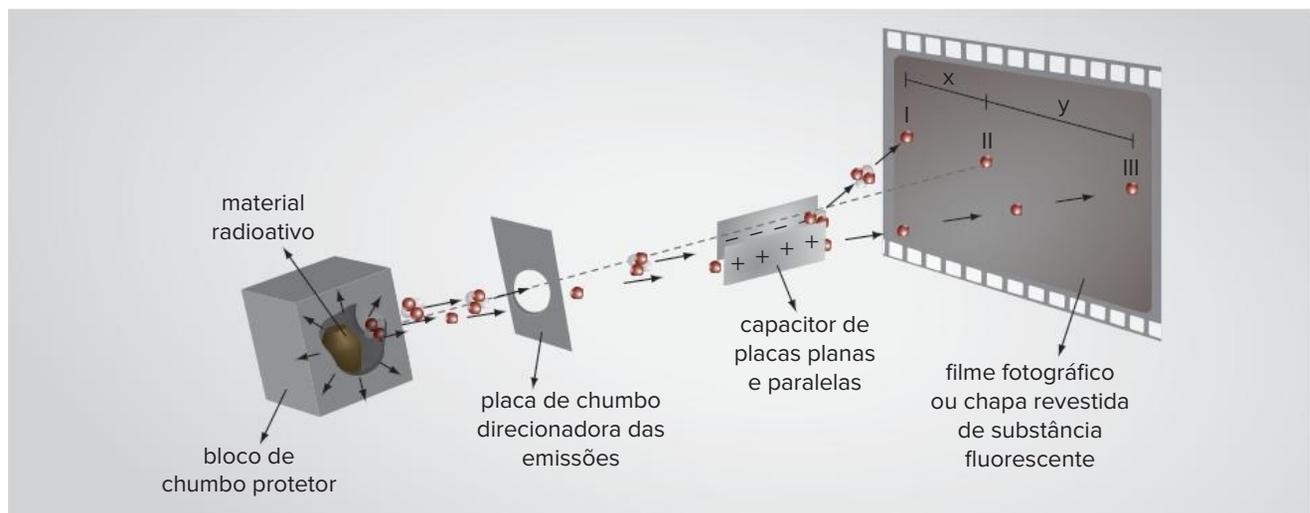


Como podemos observar, as partículas α nada mais são do que núcleos de átomos de He. Portanto, como o átomo de He é o que possui maior energia de ionização, é de se esperar que os íons ${}^4_2\text{He}^{2+}$ (partículas α) sejam extremamente ávidos por elétrons. Quando uma partícula é lançada ao ar, quase que instantaneamente, captura elétrons e se transforma em He, que é um gás nobre. Assim, sua sobrevivência é baixíssima. Quanto ao seu poder de penetração, ele também é baixo. Se uma partícula α tem um poder de penetração no ar de não mais que 5 cm, basta uma pequena e fina folha de papel para barrar essas partículas.

É importante dizer que a experiência da figura a seguir só pode ser realizada a baixas pressões, já que o poder de penetração das partículas α no ar atmosférico é tão baixo que elas nem sequer chegariam à chapa.

Devido também à sua inércia (massa) ser muito grande, as partículas α têm uma velocidade baixa em relação às outras emissões radioativas, na ordem de 20 a 30 mil km/s.

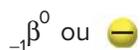
As emissões que atingiram a chapa em (II) não sofreram desvio ao passar pelo campo elétrico produzido pelo capacitor, ou seja, são neutras. Mais tarde, descobriu-se que essas emissões não eram partículas como as emissões em (I) e (III), mas sim ondas eletromagnéticas, emitidas por núcleos radioativos. Essas ondas foram denominadas emissões γ , e, como ondas, são desprovidas de carga e massa. Podendo ser representadas por:



Experiência que mostra as três principais emissões radioativas (α , β e γ).

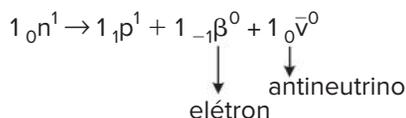
Como ondas eletromagnéticas (as emissões γ) têm uma velocidade de propagação igual à da luz (300 000 km/s), são, portanto, as emissões mais rápidas. Além disso, têm um poder de penetração altíssimo por serem desprovidas de massa, e só são freadas por placas grossas de chumbo ou paredes de concreto muito grossas.

As emissões que impressionaram a chapa em (III) sofreram o maior desvio entre as três emissões. Como o desvio foi para o lado positivo, essas partículas foram atraídas pela placa positiva do capacitor, sendo assim partículas negativas. Devido ao desvio y ter sido grande, é de se esperar que a massa dessas partículas seja bem menor do que a massa das partículas α . Essas partículas negativas e de massa pequena foram denominadas partículas β , e podem ser representadas por:



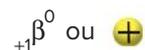
Como se vê, a partícula β nada mais é do que um elétron, uma partícula subatômica de carga negativa e de massa 1 836 vezes menor que a massa de um próton ou de um nêutron. Como A (número de massa) = $p + n$, $A = 0$ para um elétron. Com uma massa pequena, as partículas β propagam-se com boa velocidade, de até 270 000 km/s, e têm um bom poder de penetração, pois são freadas somente por meios materiais bastante densos, como lâminas de metal comum.

Mas como pode um elétron ser emitido do núcleo de um átomo, que só possui prótons e nêutrons? Por causa da reação nuclear que pode ser equacionada da seguinte forma:



O nêutron (${}_{0}n^1$) de um núcleo instável transforma-se em um próton (${}_{1}p^1$), que fica no núcleo, em um elétron (${}_{-1}\beta^0$), que é emitido e chamado de partícula β , e em um antineutrino, uma outra emissão de partícula, sem carga e com número de massa nulo. É importante salientar que antineutrino e emissões gama não são as mesmas entidades. O antineutrino é uma partícula e as emissões gama são ondas eletromagnéticas.

Ainda merece menção uma outra emissão radioativa, chamada de pósitron, que é um próton com número de massa zero, e pode ser representado por:



Com isso, podemos resumir as principais emissões radioativas na tabela ao final da página.

Todos os tipos de emissões radioativas podem ser nocivas aos seres humanos, já que, por onde passam, ionizam átomos e moléculas de forma violenta. É justamente essa ionização brutal que pode gerar anomalias como o crescimento anormal do número de células, provocando doenças. Porém, é sabido que as emissões mais nocivas são aquelas com alto poder de penetração, como as emissões γ . Os malefícios causados por exposição à radiação são inúmeros, começando por catarata e hematomas, náuseas, enjoos e vômitos, e, em casos mais graves, levando a síndromes genéticas, além de causar alguns tipos de câncer e até mesmo levar um indivíduo à morte.

Agora que já estudamos as emissões radioativas, vamos entender como ocorrem as reações nucleares.

Reações nucleares

As reações nucleares são aquelas em que os núcleos dos átomos sofrem alterações. Elas podem ser divididas em:

- reações com emissões radioativas ou decaimentos radioativos;
- transmutações nucleares;
- fusões nucleares;
- fissões nucleares.

As duas primeiras serão estudadas logo a seguir e as duas seguintes no próximo subitem. Todas elas obedecem aos mesmos dois princípios: *princípio da conservação das cargas* e *princípio da conservação do número de massa*. Não podemos falar em princípio da conservação das massas, porque a massa em reações nucleares não se conserva. Há, na realidade, pequenas variações responsáveis pela enorme liberação de energia em reações nucleares. No entanto, essas pequenas variações não alteram o número de massa.

Agora, pelas leis da radioatividade, leis de Soddy e de Soddy-Fajans-Russel, estudaremos os decaimentos radioativos por emissão de α , β e γ .

Emissão	Representação	Aspecto	Carga	Número de massa	Velocidade	Poder de penetração
α	${}_{2}\alpha^4$		+2	4	20 000 a 30 000 km/s	muito baixo
β	${}_{-1}\beta^0$		-1	0	até 270 000 km/s	médio
γ	${}_{0}\gamma^0$	onda eletromagnética	0	0	300 000 km/s	alto
pósitron	${}_{+1}\beta^0$		+1	0	-	-

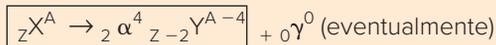
Comparativo das principais emissões radioativas.

Primeira lei ou lei de Soddy (emissões α)

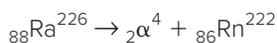
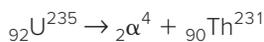
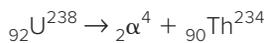
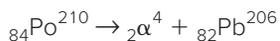
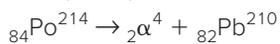
Definindo radionuclídeo como um núcleo emissor de radiação, podemos enunciar essa lei como:

Quando um radionuclídeo emite uma partícula α , seu número atômico diminui 2 unidades e seu número de massa diminui 4 unidades.

Este enunciado vai ao encontro dos dois princípios fundamentais mencionados anteriormente. Veja a seguinte equação, que traduz a lei:



Primeiro, é importante salientarmos que as emissões γ são eventuais e jamais são emitidas sem as partículas α ou β . As emissões γ são, portanto, consequência não obrigatória das emissões das partículas α e/ou β . Como γ tem carga e número de massa nulos, não é conveniente arriscarmos escrevê-lo em reações de decaimentos radioativos. É por isso que convenientemente vamos omiti-lo. Veja alguns exemplos concretos de emissões de partículas α , observando que sempre obedecem aos dois princípios fundamentais:



! Atenção

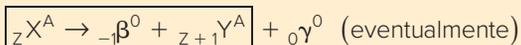
Lembre-se de que algumas dessas emissões de partículas α podem emitir concomitantemente raios γ , que foram convenientemente omitidos.

Segunda lei ou lei de Soddy-Fajans-Russel (emissões β)

O enunciado desta lei é:

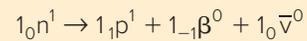
Quando um radionuclídeo emite uma partícula β , seu número atômico aumenta uma unidade e seu número de massa permanece inalterado.

Note que, novamente, os princípios mencionados anteriormente não foram desobedecidos. Veja a equação de reação que retrata esta lei:

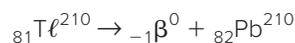
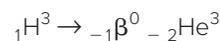
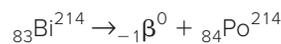
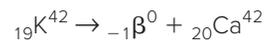
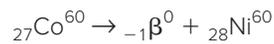


Já explicamos anteriormente porque elétrons podem ser expelidos de núcleos instáveis. Isto se deve ao fato

de um nêutron transformar-se em um próton (que fica no núcleo e aumenta o seu número atômico de uma unidade) e em um elétron (que é a partícula ${}_{-1} \beta^0$ emitida), além do antineutrino, por meio da equação:



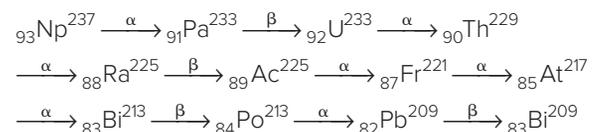
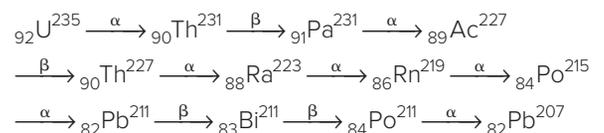
Observe que, para essa transformação, o equilíbrio de cargas e de números de massa também foi mantido. Assim, vamos à análise de exemplos mais concretos:



! Atenção

Observe os equilíbrios de cargas e números de massa; note também que as emissões γ (eventuais) foram convenientemente omitidas por razões já explicadas.

Até aqui, vimos uma única emissão (na realidade a primeira emissão de cada radionuclídeo). Mas o natural é que os decaimentos sejam sucessivos, até porque, na maioria das vezes, núcleos instáveis emitem partículas α ou β e geram outros núcleos instáveis. Sucessivamente, os decaimentos vão ocorrendo até que seja gerado o primeiro núcleo estável. Veja dois exemplos práticos:



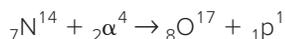
Primeiro, é necessário notar o equilíbrio em todas as emissões. Ainda, é importante perceber que as emissões sucessivas finalizaram com Pb^{207} e Bi^{209} , que, portanto, devem ser estáveis. Com isso, cada radionuclídeo pertencente à mesma série de emissões sucessivas se tornará o mesmo isótopo estável de um dado elemento e, por isso, dizemos que todos esses radionuclídeos pertencem à mesma série ou família radioativa. Todos os radionuclídeos podem ser divididos em quatro grupos ou séries distintas, que podem terminar com ${}_{82} \text{Pb}^{206}$, ${}_{82} \text{Pb}^{207}$, ${}_{82} \text{Pb}^{208}$ ou ${}_{83} \text{Bi}^{209}$.

Famílias radioativas são grupos de núclídeos que, por uma série de emissões sucessivas, formam o mesmo núclídeo estável.

Transmutações nucleares

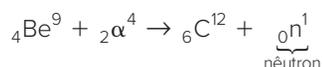
Transmutações nucleares são reações nucleares provocadas por bombardeamento de partículas aos núclídeos.

As primeiras transmutações foram feitas em 1914 por Ernest Rutherford. Nelas, átomos de nitrogênio eram bombardeados por partículas α . Veja:

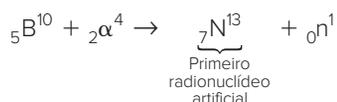


Foi também por meio das transmutações nucleares que se destacaram cientistas como Chadwick, em 1932, com a descoberta do nêutron; o casal Curie, em 1934, filha e genro de Pierre e Marie Curie, com a primeira transmutação produzindo radionuclídeo artificial; e Seaborg, entre 1950 e 1951, que sintetizou dez novos elementos químicos transurânicos, um salto tecnológico dos mais grandiosos já experimentados pela humanidade.

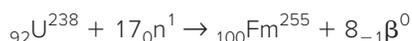
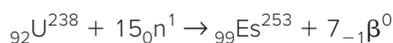
No caso de Chadwick, a descoberta do nêutron deveu-se à seguinte transmutação representada por:



Para o casal Curie, a descoberta veio por meio da transmutação representada por:



E, para Seaborg, as transmutações sintetizaram os primeiros elementos químicos transurânicos. Veja duas destas transmutações:



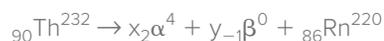
Os bombardeamentos nas reações de transmutação nuclear são feitos geralmente com partículas α , ou com prótons ou com nêutrons.

Exercícios resolvidos

1. Quantas partículas α e β são emitidas para transformar o ${}_{90}\text{Th}^{232}$ em ${}_{86}\text{Rn}^{220}$?

Resolução:

Para este tipo de problema, devemos montar a seguinte equação, onde x é o número de partículas emitidas e y é o número de partículas β .



Pelo equilíbrio de cargas, temos:

$$90 = 2x + (-1)y + 86 \Rightarrow 2x - y = 4 \quad (\text{I})$$

Pelo equilíbrio de números de massa, temos:

$$232 = 4x + 0y + 220 \Rightarrow x = 3 \quad (\text{II})$$

De (II) em (I), temos: $2 \cdot 3 - y = 4 \Rightarrow y = 2$

Portanto, são emitidas três partículas α e duas partículas β .

2. Quantas partículas α e β são emitidas para transformar o ${}_{84}\text{Po}^{218}$ em ${}_{83}\text{Bi}^{210}$?

Resolução:

Procedendo da mesma forma, temos:



Pelo equilíbrio de cargas, temos:

$$84 = 2x + (-1)y + 83 \Rightarrow 2x - y = 1 \quad (\text{I})$$

Pelo equilíbrio de números de massa, temos:

$$218 = 4x + 0y + 210 \Rightarrow x = 2 \quad (\text{II})$$

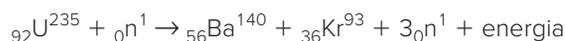
De (II) em (I), temos: $2 \cdot 2 - y = 1 \Rightarrow y = 3$

Portanto, são emitidas duas partículas α e três partículas β .

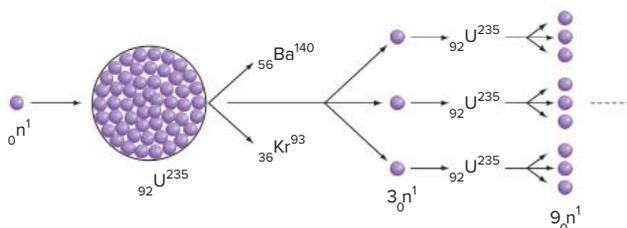
Fissão nuclear

Fissão nuclear é o processo de transmutação nuclear que quebra um núcleo grande em outros menores, com grande liberação de energia.

Esse é o processo nuclear mais empregado atualmente, pois é o processo que faz funcionar as usinas nucleares em todo o mundo, com o intuito de obtenção de energia; além de ser o processo que desencadeia a detonação da bomba atômica, que possui um poder destrutivo milhões de vezes maior que o do trinitrotolueno (TNT). Existe a fissão de vários radionuclídeos, embora as fissões com urânio enriquecido (${}_{92}\text{U}^{235}$) sejam as mais comuns. Vejamos os principais exemplos de fissões nucleares nas equações a seguir:



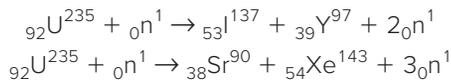
Esquemáticamente:



Reação em cadeia da fissão nuclear do urânio enriquecido.

Note como esta reação de fissão nuclear pode fugir totalmente ao controle. Inicialmente, um único nêutron chocou-se com o núcleo do átomo de ${}_{92}\text{U}^{235}$ (urânio enriquecido), gerando dois núcleos menores (Ba e Kr) e mais três nêutrons. Mas é justamente o bombardeamento dos nêutrons que desencadeia a reação de fissão. Como agora o número de nêutrons é maior, serão três urânios a serem quebrados, com a liberação do triplo de energia. Posteriormente, nove, vinte e sete, oitenta e um etc. até que a energia liberada possa ser tão grande que o sistema

entre em colapso e exploda. É isso o que ocorre nas bombas atômicas; mas, nas usinas nucleares, o homem já conhece a tecnologia do controle desse processo. Com isso, as chances de explosão durante a geração de energia são mínimas, apesar de possíveis.

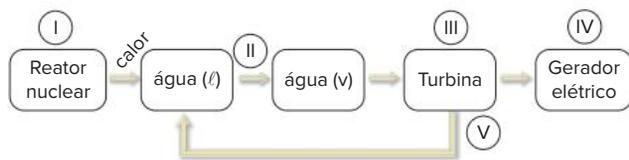


! Atenção

Note que esta é uma reação em cadeia, pois produz maior número de nêutrons do que consome.

Mas como funciona uma usina nuclear?

Veja o esquema simplificado adiante.



Esquema simplificado do funcionamento de uma usina nuclear.

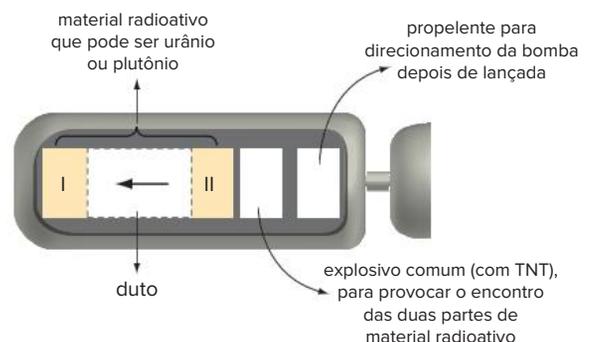
- I. Dentro do reator nuclear ocorre a reação de fissão do urânio enriquecido (${}_{92}\text{U}^{235}$), que libera enorme quantidade de energia térmica, que é transferida para a água líquida. Nesse caso, houve transformação de energia nuclear em energia térmica.
- II. A água líquida passa para o estado de vapor por absorção do calor proveniente do reator nuclear. Esses vapores, através de um duto, passam com grande velocidade pelas paletas de uma turbina, as quais começam a girar com enorme frequência.
- III. A energia cinética do vapor de água é transferida para as paletas da turbina, que estão ligadas a um gerador elétrico. Nesse momento, parte da energia nuclear está convertida em energia mecânica.
- IV. Como a turbina está ligada a um gerador elétrico, há a transformação de energia mecânica da turbina em energia elétrica.
- V. Os vapores de água passam por um resfriamento (que geralmente ocorre na água do mar ou de um rio), condensam-se, para receber novamente o calor do reator, e vaporizam-se, para mover a turbina e completar esse processo, que é cíclico para a água.

No Brasil, a energia nuclear representa apenas uma pequena porcentagem da energia produzida, mas, em outros países, como a França, a porcentagem de energia proveniente de fonte nuclear supera os 70%. O maior problema com relação a esse tipo de energia é o que fazer com o lixo gerado, que é altamente radioativo e, portanto, precisa ser armazenado em locais com regras rígidas de segurança. Normalmente, estoca-se o lixo em galões de chumbo, que são enterrados, até que a radioatividade chegue a níveis abaixo dos críticos. Infelizmente isso pode durar décadas, e os recipientes devem ser suficientemente resistentes para permanecer fechados por mais de 100 anos.



O mais grave acidente nuclear da história ocorreu na usina de Chernobyl, localizada na cidade de Pripyat, antiga União Soviética. Após a explosão, o local foi abandonado.

Uma bomba atômica nada mais é do que uma pequena parte de uma usina nuclear em que a fissão nuclear ocorre sem nenhum controle. Dentro da bomba, haverá o mesmo processo de fissão que ocorre em um reator, só que sem a necessidade de segurança para evitar vazamentos. O esquema simplificado é mostrado adiante.

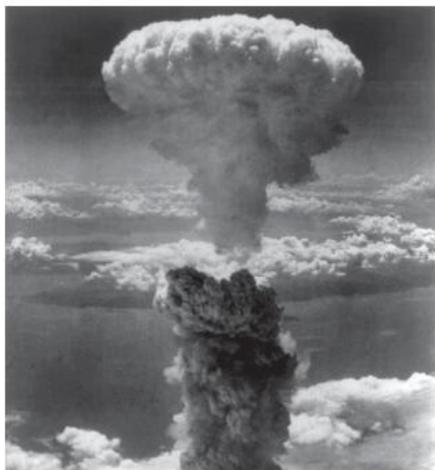


Esquema simplificado de uma bomba atômica.

Mas qual a razão do material radioativo estar subdividido em I e II? Como já mencionamos, a reação de fissão nuclear é uma reação em cadeia, que vai ocorrendo com velocidade que cresce em uma progressão geométrica (sendo essa a razão de tão violenta explosão). Entretanto, para que a reação em cadeia se autossustente, é preciso que haja uma massa mínima de material radioativo capaz de gerar calor e nêutrons suficientes para provocar a fissão das próximas partículas. A esta massa mínima dá-se o nome de **massa crítica**. Portanto, quando o material radioativo está acima da massa crítica, ocorre a explosão nuclear, mas, quando está abaixo, nada ocorre. Sendo assim, a detonação da bomba depende da união das partes I e II, que é motivada pela detonação de explosivos comuns, que empurrarão a parte II em direção à parte I, para que a massa agregada torne-se maior que a crítica.

Várias bombas atômicas foram detonadas para efeito de testes nucleares, mas somente duas para fins bélicos. No mês de agosto de 1945, a primeira bomba foi detonada em Hiroshima e a segunda em Nagasaki. Nos momentos de suas explosões, o número de mortes instantâneas agregadas superou 140 000; esse número, porém, é muito maior quando se consideram os efeitos posteriores da exposição à radiação.

Os efeitos de uma explosão nuclear são inúmeros. No momento da explosão, a temperatura pode chegar a 3200 °C. Há uma onda de choque posterior, onde o vento se locomove com uma velocidade mais de duas vezes superior à do som. Para quem sobrevive, resta a morte lenta e penosa ocasionada pelos efeitos da radiação, como casos de câncer tardios, malformação ou síndrome dos descendentes gerados. A nuvem de poeira e radioatividade que se forma a partir do cogumelo atômico bloqueia os raios solares, causando o chamado “inverno nuclear”, devido à queda de temperatura nos dias seguintes.



Reprodução

Foto do cogumelo atômico.



Reprodução



Fotos aéreas de Nagasaki, antes e depois da bomba.

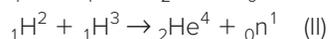
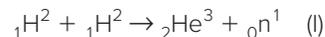
Fusão nuclear

Fusão nuclear é a união efetiva de dois núcleos menores em um núcleo maior, com grande liberação de energia.

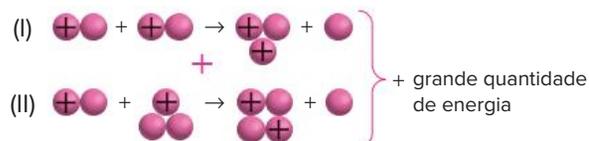
É por meio deste processo nuclear que as estrelas emitem energia e pelo qual ocorrem as explosões das poderosíssimas bombas de hidrogênio. Os processos de fusão nuclear liberam muito mais energia que os processos de fissão. Como a energia liberada é grande

demais, o ser humano não consegue manter a reação sob seu controle com boa segurança, o que inviabiliza, pelo menos por ora, a utilização do processo de fusão em usinas para obtenção de energia. Se isso algum dia for possível, a produtividade das usinas será muito maior que a de hoje, com um lixo nuclear bem menos agressivo do que aquele produzido em fissões nucleares. Geralmente, as fusões ocorrem entre isótopos do hidrogênio.

Veja alguns exemplos:



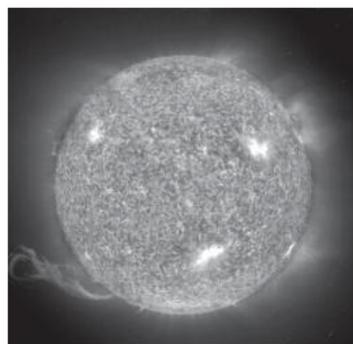
Esquemáticamente:



! Atenção

Para os processos de fusão nuclear também vale a conservação das cargas e dos números de massa.

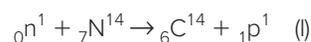
Estas são as reações de fusão nuclear que ocorrem nas estrelas (que as tornam “vivas”) e nas bombas H. Quando o hidrogênio em uma estrela é totalmente consumido, a estrela morre, pois deixa de liberar energia. O calor que aquece o nosso planeta e fornece energia a todo o sistema vivo vem dessa reação.



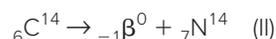
Reprodução

O Sol e as suas reações de fusão nuclear.

Porém, esta não é a única consequência em nosso planeta das reações de fusão que ocorrem no Sol. Os nêutrons liberados nessas reações chegam ao nosso planeta por meio dos raios cósmicos e, em consequência, temos a seguinte transmutação nuclear:



Essa é uma reação muito importante no cotidiano atual. O carbono-14 produzido é radioativo e, ao longo do tempo, vai se transformando lentamente em nitrogênio não radioativo, por meio do seguinte decaimento radioativo representado pela equação:



O Sol, alimentando a Terra com nêutrons, mantém a proporção de carbono-14 em relação a todos os carbonos em torno de 10 ppb (10 partes por bilhão), proporção que

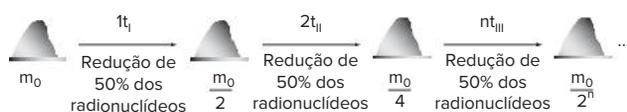
se mantém estável devido ao equilíbrio das reações I e II. Como o carbono-14 se incorpora ao CO_2 do ar atmosférico na mesma proporção, o qual, por sua vez, se incorpora, por meio da fotossíntese, aos vegetais e, conseqüentemente, a todos os seres vivos, então cada indivíduo vivo mantém a proporção de carbono-14 em 10 ppb. Quando morre, deixa de incorporar carbono-14, sendo que a quantidade restante em seu corpo ou células mortas vai diminuindo gradativamente pela equação II. A cada 5 700 anos, aproximadamente, essa proporção vai se reduzindo à metade, sucessivamente. Com isso, poderemos saber, por meio da proporção de carbono-14 em células mortas, há quantos anos um indivíduo morreu. É a chamada datação por carbono-14.

É importante salientar que essa datação só é válida para o que viveu e já morreu. Portanto, não é válida na datação de um vaso ou de um vegetal vivo. Se, por exemplo, tomamos um fóssil de algum organismo, e sua proporção de carbono-14 se reduziu a 2,5 ppb, isso significa que esse organismo morreu há aproximadamente 11 400 anos, pois a proporção caiu pela metade duas vezes em relação à proporção inicial.

Sobre as bombas H, podemos dizer que liberam muito mais energia por massa do que uma bomba atômica; têm, portanto, um poder devastador muito maior e, felizmente, jamais foram utilizadas para fins bélicos. Porém, alguns testes já foram realizados. Só para se ter uma ideia do poder dessa bomba, é preciso que uma bomba atômica seja inserida dentro de uma bomba H para poder detoná-la, como uma energia de ativação.

Cinética das emissões radioativas

A velocidade das emissões radioativas é de primeira ordem em relação à concentração dos radionuclídeos. Isso significa que, em intervalos de tempo iguais, a redução do número de radionuclídeos tem sempre a mesma proporção em relação à quantidade restante deles. Foi esse fato que motivou os cientistas a imaginarem a seguinte seqüência de reduções de radionuclídeos, onde m_0 é a massa inicial de átomos radioativos.



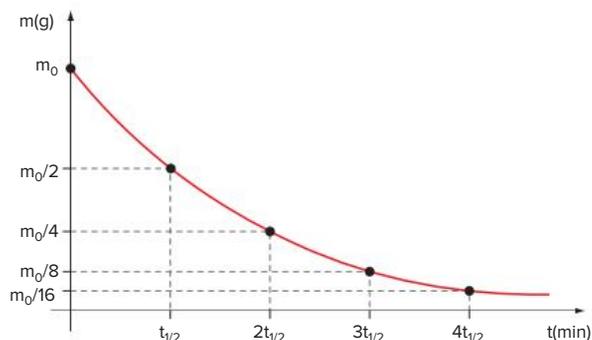
Modelo para visualização do período de meia-vida ($t_{1/2}$).

Como as reações são de primeira ordem em relação aos átomos radioativos, $t_I = t_{II} = t_{III}$, esses intervalos de tempo são chamados de períodos de meia-vida, e são comumente representados por $t_{1/2}$. Assim:

Período de meia-vida ($t_{1/2}$) é o intervalo de tempo necessário para que o número (ou a massa) de radionuclídeos se reduza à metade.

Pelo esquema anterior, podemos perceber que a massa (m) de material radioativo restante é dada por $m = \frac{m_0}{2^n}$, onde n é o número de períodos de meia-vida que se passaram.

Se representarmos graficamente as emissões radioativas em um par de eixos $m \times t$, teremos o seguinte gráfico.



Massa restante de radionuclídeos após emissões radioativas ao longo do tempo.

Matematicamente, esta curva pode ser equacionada da seguinte forma:

$m = m_0 \cdot e^{-kt}$, onde k é chamada de constante radioativa e sua unidade é T^{-1} .

Para saber como utilizamos essas equações, vamos aos exercícios a seguir.

Exercícios resolvidos

3. O iodo-125, variedade radioativa do iodo com aplicações medicinais, tem meia-vida de 60 dias. Quantos gramas de iodo-125 restarão após 6 meses, a partir de uma amostra contendo 2 g de radioisótopo?

Resolução:

6 meses ou 180 dias representam três períodos completos de meia-vida e, portanto, $n = 3$. Com isso, sendo $m_0 = 2$ g, temos:

$$m = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow m = \frac{2}{2^3} \Rightarrow m = \frac{1}{4} \Rightarrow m = 0,25 \text{ g}$$

4. A meia-vida do céσιο-137 é de 30 anos, e o seu decaimento ocorre por emissão de partículas beta, transformando-se em bário. Tendo-se uma amostra com 100 g de céσιο-137, após quanto tempo a relação massa de céσιο/massa de bário fica igual a $\frac{1}{7}$?

Resolução:

Este é um problema elaborado. A massa de céσιο que restará será representada por m . Como Cs se transforma em Ba por emissão de partícula beta, a massa de céσιο que sofre decaimento se converte na mesma massa de bário que é formada, pois a emissão das partículas β não altera a massa dos radionuclídeos. Com isso, a massa de bário será dada por $m_0 - m$, que é a massa de céσιο que sofre desintegração radioativa.

Mas $m = \frac{m_0}{2^n}$ (I), e o problema quer $\frac{m_{\text{Cs}}}{m_{\text{Ba}}} = \frac{1}{7}$.

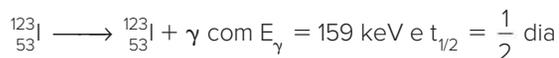
Portanto: $\frac{m}{m_0 - m} = \frac{1}{7} \rightarrow 7m = m_0 - m \rightarrow m_0 = 8m$

Substituindo em I, temos:

$$m = \frac{8m}{2^n} \Rightarrow n = 3$$

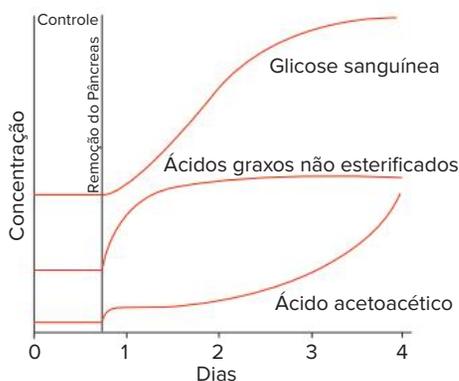
Como $t_{1/2} = 30$ anos $\rightarrow t = 3 \cdot 30$ anos $\rightarrow t = 90$ anos.

1. **Unesp** O iodo-131 ($^{131}_{53}\text{I}$) ainda é muito utilizado como traçador radioativo para exames da glândula tireoide. Entretanto, nos últimos anos, vem sendo substituído pelo iodo-123 ($^{123}_{53}\text{I}$), tão eficiente quanto o iodo-131 para essa finalidade, e que passou a ser produzido no Brasil pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN. A substituição pelo $^{123}_{53}\text{I}$ traz vantagens para os pacientes e para o meio ambiente, pois a radiação γ produzida é de menor energia, não há emissão de partículas β e a meia-vida é menor. Sabe-se que a partícula β corresponde a um elétron ($^0_{-1}\text{e}$), que a radiação γ é um tipo de radiação eletromagnética – como o é a luz – e que os processos ocorrem de acordo com as informações apresentadas nos esquemas a seguir.



- a) Determine o número de prótons e de nêutrons existentes em cada átomo de iodo-131 e em cada átomo de xenônio produzido.
- b) Sabendo que as técnicas empregadas nesse tipo de exame se baseiam na medida da quantidade de radiação emitida em um determinado intervalo de tempo, explique por que são necessárias menores quantidades de átomos do isótopo radioativo quando se utiliza $^{123}_{53}\text{I}$ em substituição ao $^{131}_{53}\text{I}$.

2. **Cesgranrio-RJ** O diagnóstico de doenças pancreáticas pode ser realizado através da varredura do pâncreas, utilizando-se um dos isótopos do elemento químico selênio, cuja meia-vida é igual a 120 dias. A remoção experimental (pancreatectomia) desse órgão conduz também à redução súbita da insulina no organismo, cujo efeito sobre as concentrações sanguíneas de glicose, ácidos graxos e ácido acetoacético é mostrado no gráfico a seguir.



Fonte: Guyton. *Fisiologia Médica*. Ed. Guanabara Koogan.

Na falta de insulina, os ácidos graxos são convertidos, no fígado, em ácido acetoacético, o qual é transportado pelo sangue às células dos tecidos periféricos, onde é convertido em acetil e entra nas reações do ciclo de Krebs.

- a) Tendo como referência o gráfico e o texto acima, explique a relação entre a perda súbita de insulina e as concentrações sanguíneas de glicose e ácido acetoacético.
- b) Considerando-se, conforme o texto, a meia-vida do selênio, qual a massa residual de uma amostra contendo 10 g de seu isótopo 75, após um intervalo de 360 dias?

3. **Uerj** Na datação de rochas pode-se empregar a técnica do potássio-40. A conversão deste isótopo em argônio-40, por captura de elétron, tem meia-vida de $1,28 \cdot 10^9$ anos e é representada pela seguinte equação:



- a) Estime a idade, em anos, de uma amostra de rocha cuja razão entre os números de isótopos de argônio-40 e potássio-40 seja igual a 7. Assuma que todo o argônio presente na rocha foi produzido a partir do potássio-40.

- b) Existe uma outra forma de decaimento do potássio-40, que consiste na emissão de uma partícula beta. Escreva a equação química que representa esta emissão.

4. **UFRJ** Em sua 42ª Assembleia Geral, realizada em 2003, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) oficializou o nome Darmstádio, com símbolo Ds, para o elemento químico resultante da fusão nuclear de isótopos de níquel de número de massa 62 com isótopos de chumbo de número de massa 208, havendo a liberação de 1 nêutron, conforme a reação nuclear a seguir.



- a) Determine a posição que o Darmstádio ocupará na Tabela Periódica e calcule seu número de massa (A).

- b) Os átomos de Darmstádio são extremamente instáveis e decaem até o Nobélio através da emissão de partículas α . Determine o número de partículas α emitidas e os elementos gerados durante o processo de decaimento radioativo do Darmstádio até o Nobélio.

► **Dados:** Dados extraídos da tabela periódica, números atômicos (Z): Nobélio (No) = 102; Laurêncio (Lr) = 103; Rutherfordório (Rf) = 104; Dúbnio (Db) = 105; Seabórgio (Sg) = 106; Bóhrio (Bh) = 107; Hássio (Hs) = 108 e Metínério (Mt) = 109.

5. Uerj No tratamento de tumores cancerígenos, recomenda-se a radioterapia, que consiste em tratar a área atingida pelo câncer com a radiação emitida pelo cobalto-60. Esse isótopo tem sua meia-vida igual a 5,25 anos e se desintegra espontaneamente, emitindo partículas beta e produzindo níquel-60 estável. Uma amostra radioativa de massa 200 g, constituída por 95% de cobalto-59 e 5% de cobalto-60, foi colocada em um aparelho radioterápico.
- a) Sabendo que o cobalto-59 é estável, determine a relação entre a massa de níquel-60 produzida e a massa de cobalto-60 restante, após 21 anos.

- b) Comparando os raios do cobalto metálico e os do íon de cobalto-III, cite o que apresenta menor tamanho e o elétron diferenciador da espécie iônica cobalto-III.



Textos para a questão 6.

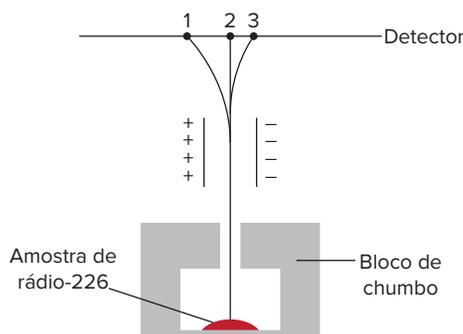
O lixo atômico

Um dos grandes problemas ambientais de nossa sociedade diz respeito ao destino final do lixo que produzimos. Orgânico ou inorgânico, sólido ou semissólido, proveniente de residências ou de indústrias, o lixo é resultado da atividade humana, muito embora também possa ser gerado a partir de fenômenos naturais que carregam e espalham porções de terra, areia, pó e folhas.

Várias ações têm sido propostas visando à redução, à reciclagem e à reutilização do lixo. Esses procedimentos, no entanto, não são aplicáveis a um tipo de lixo: o lixo radioativo, gerado pelos reatores nucleares das usinas atômicas. O lixo radioativo representa um problema ambiental sério, de solução difícil e que exige alto investimento. Afinal, a radiação emitida por uma substância, concentrada e não controlada, é extremamente prejudicial à nossa saúde, pois danifica as células do organismo, causando diversos tipos de doenças, algumas incuráveis.

Uma substância radioativa é constituída por núcleos atômicos instáveis que emitem radiação para adquirir estabilidade. Essa instabilidade está relacionada à proporção entre o número de prótons e o de nêutrons, do qual dependem também as radiações emitidas. Uma delas é a radiação α (alfa), formada por partículas com dois prótons e dois nêutrons. Outro tipo de radiação, a radiação β (beta), é um elétron emitido em grande velocidade pelo núcleo do elemento radioativo.

Em muitos núcleos, a emissão de partículas α e β é seguida de emissão de energia em forma de uma onda eletromagnética denominada radiação γ (gama).



Tipos de radiação emitidas por uma amostra de rádio-226 e os desvios sofridos por elas devido à ação de um campo elétrico uniforme.

O que é meia-vida?

Com a passagem do tempo, a capacidade de emissão de radiação de uma amostra diminui. A meia-vida é uma medida da taxa dessa diminuição. Como o nome sugere, meia-vida é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radioatividade original. O isótopo radioativo rádio-226, por exemplo, tem uma meia-vida de 1620 anos. Assim, se considerarmos uma massa inicial de rádio-226, passados 1620 anos, metade dessa massa não será mais rádio-226, tendo se transmutado em outro elemento. Passado esse período, nos próximos 1620 anos, metade do rádio-226 remanescente se transformará em outro elemento, restando apenas um quarto da massa radioativa original de rádio-226 na amostra.

Veja outros valores de meia-vida.

Isótopo radioativo e sua meia-vida:

Iodo-131 – 8 dias

Cobalto-60 – 5,27 anos

Césio-137 – 30 anos

Urânio-228 – 4,5 bilhões de anos

6. **PUC-SP** Eventualmente, você precisará de informações e dados contidos no texto. Procure-os com atenção.
- a) Observando a figura, relacione as radiações α (alfa), β (beta) e γ (gama) aos percursos 1, 2, e 3. Justifique sua resposta.
- b) Quanto tempo será necessário para que uma amostra de iodo-131 tenha sua atividade radioativa reduzida à quarta parte?
- c) Considere uma massa inicial de 1 600 mg de rádio-226 e faça o esboço do gráfico da função que relaciona a quantidade de massa radioativa de rádio-226, em mg, ao tempo, em anos. Nesse gráfico, deve ser possível identificar claramente as coordenadas de, pelo menos, 5 pontos.
- d) Partindo de uma amostra inicial de 1 000 mg de césio-137, escreva uma sequência de quatro termos referentes aos valores das massas radioativas restantes de césio-137, após períodos de tempo iguais a uma, duas, três e quatro meias-vidas. Em seguida, sendo y a massa radioativa restante da amostra, em miligramas, e t o período de tempo decorrido, em anos, determine a equação matemática $y = f(t)$.



Texto para a questão 7.

Sessenta anos de terror nuclear

Destruídas por bombas, Hiroshima e Nagasaki hoje lideram luta contra essas armas

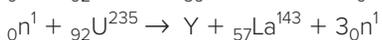
Shizuko Abe tinha 18 anos no dia 6 de agosto de 1945 e, como todos os jovens japoneses durante a Segunda Guerra Mundial, ela havia abandonado os estudos para se dedicar ao esforço de guerra. Era um dia claro e quente de verão e, às 8h, Shizuko e seus colegas iniciavam a derrubada de parte das casas de madeira do centro de Hiroshima para tentar criar um cordão de isolamento anti-incêndio no caso de um bombardeio incendiário aéreo. Àquela altura, ninguém imaginava que Hiroshima seria o laboratório de outro tipo de bombardeio, muito mais devastador e letal, para o qual os abrigos anti-incêndio foram inúteis.

Hiroshima, Japão. Passear pelas ruas de Hiroshima hoje – 60 anos depois da tragédia que matou 140 mil pessoas e deixou cicatrizes eternas em outros 60 mil, numa população de 400 mil – é nunca esquecer o passado. Apesar de rica e moderna com seus 1,1 milhão de habitantes circulando em bem cuidadas ruas e avenidas, os monumentos às vítimas do terror atômico estão em todos os lugares.

Gilberto Scofield Jr. *O Globo*. Domingo, 31 jul. 2005. Enviado especial. Hiroshima, Japão.

7. **UFRRJ** Sessenta anos após o fim da Segunda Guerra Mundial, ainda nos indignamos com a tragédia lançada sobre Hiroshima e Nagasaki. A bomba que destruiu essas cidades marcou o início da era nuclear. O fenômeno se constitui de uma reação em cadeia, liberando uma grande quantidade de energia, muito maior do que aquela envolvida em reações químicas. Em virtude disso, a fissão nuclear é usada nas usinas termoelétricas, que visam a transformar energia térmica em energia elétrica. O combustível principal é o Urânio.

Considerando as equações a seguir,



- a) determine X e Y, com número atômico e número de massa de cada um.

- b) Sabendo-se que o tempo de meia-vida do Urânio (${}_{92}^{235}\text{U}$) é de 4,5 bilhões de anos, calcule o tempo necessário para reduzir a $\frac{1}{4}$ uma determinada massa desse nuclídeo.

8. **Uerj** O chumbo participa da composição de diversas ligas metálicas. No bronze arquitetônico, por exemplo, o teor de chumbo corresponde a 4,14% em massa da liga. Seu isótopo radioativo ^{210}Pb decai pela emissão sucessiva de partículas alfa e beta, transformando-se no isótopo estável ^{206}Pb .
Calcule o número de átomos de chumbo presentes em 100 g da liga metálica citada. Em seguida, determine o número de partículas alfa e beta emitidas pelo isótopo radioativo ^{210}Pb em seu decaimento.

9. **UFU-MG (Adapt.)** O isótopo de ^{85}Sr é utilizado em medicina, em imagem de ossos para diagnosticar fraturas ou osteoporose. Sobre radioatividade marque se é verdadeiro (V) ou falso (F) o que se afirma abaixo:

- as células do nosso corpo não diferenciam quimicamente um isótopo radioativo de um não radioativo. Isso acontece porque os isótopos apresentam comportamento químico iguais.
- o número de massa de um radionuclídeo que emite radiações beta não se altera.
- um dos isótopos radioativos nocivos é o ^{90}Sr , que pode substituir o cálcio, e se incorpora aos ossos. Isso ocorre porque ambos são semelhantes e pertencem à mesma família de metais alcalinoterrosos.
- as radiações gama são ondas eletromagnéticas de elevado poder de penetração e possuem carga nuclear +2 e número de massa 4.

10. **Uerj** Recentemente, a imprensa noticiou o caso do envenenamento por polônio-210 de um ex-agente secreto soviético. Sabe-se, em relação a esse isótopo, que:

- ao se desintegrar, emite uma partícula alfa;
- em 420 dias, uma amostra de 200 mg decai para 25 mg;
- o isótopo formado nesse decaimento forma um íon divalente.

Admita que o sulfato desse íon divalente tenha sido submetido, em solução aquosa, ao processo de eletrólise com eletrodos inertes. Calcule o tempo de meia-vida do polônio-210 e escreva a equação global que representa o processo eletrolítico descrito.

11. **Unesp** Para determinar o tempo em que certa quantidade de água permaneceu em aquíferos subterrâneos, pode-se utilizar a composição isotópica com relação aos teores de trítio e de hidrogênio. A água da chuva apresenta a relação $\frac{{}_1\text{H}^3}{{}_1\text{H}^1} = 1,0 \cdot 10^{-17}$ e medições feitas na água de um aquífero mostraram uma relação igual a $6,25 \cdot 10^{-19}$. Um átomo de trítio sofre decaimento radioativo, resultando em um átomo de um isótopo de hélio, com emissão de uma partícula β^- . Forneça a equação química para o decaimento radioativo do trítio e, sabendo que sua meia-vida é de 12 anos, determine por quanto tempo a água permaneceu confinada no aquífero.

12. **Uerj** Considere a tabela a seguir, na qual são apresentadas algumas propriedades de dois radioisótopos, um do polônio e um do rádio.

Radioisótopo	Meia-vida(anos)	Partícula emitida
Polônio-208	3	α
Rádio-224	6	β

Em um experimento, duas amostras de massas diferentes, uma de polônio-208 e outra de rádio-224, foram mantidas em um recipiente por 12 anos. Ao final desse período, verificou-se que a massa de cada um desses radioisótopos era igual a 50 mg.

Calcule a massa total, em miligramas, de radioisótopos presente no início do experimento.

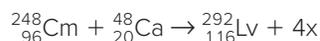
Escreva também os símbolos dos elementos químicos formados no decaimento de cada um desses radioisótopos.

Exercícios propostos

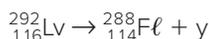
1. **IFSul-RS 2019** Em 1987, o manuseio indevido de um aparelho de radioterapia abandonado gerou um acidente com o Césio-137 em Goiânia, capital de Goiás (Brasil), o que envolveu direta e indiretamente centenas de pessoas. Quando comparado com o isótopo mais estável do Césio, que tem número de massa 133 e número atômico 55, conclui-se que o isótopo radioativo apresenta maior número de

- a) prótons. c) elétrons.
b) nêutrons. d) átomos.

2. **Mackenzie-SP 2017** Recentemente, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) nomeou dois novos elementos químicos: o fleróvio (Fl) e o livermório (Lv). O livermório foi obtido a partir de uma reação de fusão nuclear do elemento cúrio com o cálcio, de acordo com a equação abaixo.



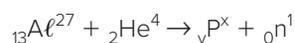
Por sua vez, o livermório sofre decaimento. Em 47 milissegundos, forma o fleróvio, como mostra a equação de decaimento abaixo.



Assim, x e y, presentes nas equações acima, representam, respectivamente,

- a) pósitrons e o elemento hélio.
b) elétrons e partícula beta.
c) prótons e radiação gama.
d) deutério e nêutron.
e) nêutrons e partícula alfa.
3. **EsPCEX-SP 2017** Considere as seguintes afirmativas:
- O poder de penetração da radiação alfa (α) é maior que o da radiação gama (γ).
 - A perda de uma partícula beta (β) por um átomo ocasiona a formação de um átomo de número atômico maior.
 - A emissão de radiação gama a partir do núcleo de um átomo não altera o número atômico e o número de massa deste átomo.
 - A desintegração de ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ a ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ envolve a emissão consecutiva de três partículas alfa (α) e duas betas (β).
- Das afirmativas apresentadas estão corretas apenas:
- a) I e II. c) I e IV. e) II e IV.
b) I e III. d) II e III.

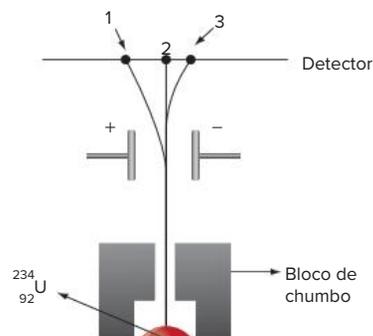
4. **Vunesp** O alumínio pode ser transformado em fósforo pelo bombardeamento com núcleos de hélio, de acordo com a equação:



- a) Determine os valores de x e y.
b) Explique o que representam x e y no átomo de fósforo.

5. **Vunesp** A natureza das radiações emitidas pela desintegração espontânea do U ($A = 234$, $Z = 92$) pode ser estudada através do arranjo experimental mostrado na figura a seguir.

A abertura do bloco de chumbo dirige o feixe de radiação para passar entre duas placas eletricamente carregadas, verificando-se a separação em três novos feixes, que atingem o detector nos pontos 1, 2 e 3.



- a) Qual o tipo de radiação que atinge o detector no ponto 3? Justifique.
b) Representando por X o novo núcleo formado, escreva a equação balanceada da reação nuclear responsável pela radiação detectada no ponto 3.
6. **Vunesp** Escrever as equações das reações nucleares:
- rádio (Ra, $Z = 88$, $A = 223$) transmutando-se em radônio (Rn) pela emissão de uma partícula alfa.
 - chumbo (Pb, $Z = 82$, $A = 212$) transmutando-se em bismuto (Bi) pela emissão de uma partícula beta.

▶ **Dados:** Rn ($Z = 86$); Bi ($Z = 83$).

7. **Unesp 2021** Considere as seguintes emissões radioativas:
- cobalto-60 \rightarrow níquel-60 + partícula X
urânio-238 \rightarrow tório-234 + partícula Y
flúor-18 \rightarrow oxigênio-18 + partícula Z

▶ **Dados:** Co ($Z = 27$); Ni ($Z = 28$); U ($Z = 92$); Th ($Z = 90$); F ($Z = 9$); O ($Z = 8$).

As partículas X, Y e Z são, respectivamente,

- um elétron, um nêutron e uma partícula α .
 - um nêutron, um pósitron e uma partícula α .
 - um elétron, uma partícula α e um pósitron.
 - um nêutron, um elétron e uma partícula α .
 - um elétron, uma partícula α e um nêutron.
8. **Uerj 2021** O rádio-223 tem aplicação medicinal no tratamento de tumores. Na reação de decaimento desse radioisótopo, são formados um átomo e uma partícula alfa. Nesse decaimento, o átomo formado corresponde ao seguinte elemento químico:

- a) Rn
b) Fr
c) Ac
d) Th

9. **FICSAE-SP 2020** Um dos primeiros isótopos utilizados em preparações coloidais radioterapêuticas foi o radioisótopo ouro-198, um emissor de partículas β^- . O isótopo formado nessa emissão é
- a platina-197.
 - o ouro-197.
 - o irídio-194.
 - o mercúrio-198.
 - o tálio-202.

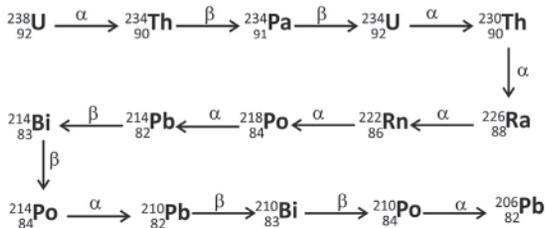
10. **Cesgranrio-RJ** Analise os itens a seguir que fornecem informações a respeito das radiações nucleares.
- As radiações gama são ondas eletromagnéticas de elevado poder de penetração.
 - O número atômico de um radionuclídeo que emite radiações alfa aumenta em duas unidades.
 - As radiações beta são idênticas aos elétrons e possuem carga elétrica negativa.
 - O número de massa de um radionuclídeo que emite radiações beta não se altera.
 - As radiações gama possuem carga nuclear +2 e número de massa 4.

Estão corretas as afirmativas:

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

11. **Enem PPL 2020** Com a descoberta de emissões de energia do rádio-226, por Marie Curie e Pierre Curie, o fenômeno foi denominado radiação α (alfa) ou emissão α . Posteriormente, verificou-se que a emissão α na verdade são partículas correspondentes a núcleos de hélio formados por dois prótons e dois nêutrons. Assim, no decaimento α , um núcleo instável emite partículas α , tornando-se um núcleo mais estável (núcleo filho). Se um núcleo de rádio-226 emitir duas partículas α , o número de massa do núcleo filho será
- 226.
 - 224.
 - 222.
 - 220.
 - 218.
 - 218.

12. **Fuvest-SP 2020** O gás hélio disponível comercialmente pode ser gerado pelo decaimento radioativo, sobretudo do urânio, conforme esquematizado pela série de decaimento. Desde a formação da Terra, há 4,5 bilhões de anos, apenas metade do ^{238}U decaiu para a formação de He.



Com base nessas informações e em seus conhecimentos, é correto afirmar:

- O decaimento de um átomo de ^{238}U produz, ao final da série de decaimento, apenas um átomo de He.

- O decaimento do ^{238}U para ^{234}U gera a mesma quantidade de He que o decaimento do ^{234}U para ^{230}Th .
- Daqui a 4,5 bilhões de anos, a quantidade de He no planeta Terra será o dobro da atual.
- O decaimento do ^{238}U para ^{234}U gera a mesma quantidade de He que o decaimento do ^{214}Pb para ^{214}Po .
- A produção de He ocorre pela sequência de decaimento a partir do ^{206}Pb .

13. **FMP-RJ 2020** A minissérie Chernobyl relata a verdadeira história de uma das piores catástrofes provocadas pelo homem, a do devastador desastre da usina nuclear, que ocorreu na Ucrânia, em abril de 1986. Nos reatores nucleares, o urânio-235 absorve um nêutron, sofrendo fissão nuclear. O núcleo pesado se divide em núcleos mais leves, que são elementos químicos menores, três nêutrons livres e grande liberação de energia, como apresentado a seguir.
- $$^{235}\text{U} + \text{nêutron} \rightarrow ^{92}\text{Kr} + \text{E} + 3 \text{ nêutrons} + 179,4 \text{ MeV}$$

► **Dados:** U (Z = 92); Kr (Z = 36); Ba (Z = 56); Zr (Z = 40); Pb (Z = 82); Ge (Z = 32); Fr (Z = 87).

O elemento químico acima representado pela letra E é o

- bário
- zircônio
- chumbo
- germânio
- frâncio

14. **EsPCEX-SP 2021** Ao emitir uma partícula Alfa (α), o isótopo radioativo de um elemento transforma-se em outro elemento químico com número atômico e número de massa menores. A emissão de uma partícula beta (β) por um isótopo radioativo de um elemento transforma-o em outro elemento de mesmo número de massa e número atômico uma unidade maior. Baseado nessas informações são feitas as seguintes afirmativas:

- Na $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \text{partícula} + ^{234}_{92}\text{U}$ ocorre com a emissão de uma partícula β .
- Na desintegração $^{234}_{91}\text{Pa} \rightarrow \text{partícula} + ^{234}_{92}\text{U}$ ocorre com a emissão de uma partícula β .
- A partícula alfa (α) é composta por 2 prótons e 4 nêutrons.
- Uma partícula beta (β) tem carga negativa e massa comparável a do próton.
- O urânio-238 ($^{238}_{92}\text{U}$), pode naturalmente sofrer um decaimento radioativo emitindo sequencialmente 3 partículas alfa e 2 beta, convertendo-se em rádio ($^{226}_{88}\text{Ra}$).

Das afirmativas feitas, estão corretas apenas

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

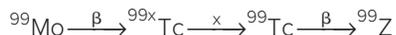
15. **UFMG** Em um acidente ocorrido em Goiânia, em 1987, o céσιο-137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$, número de massa 137) contido em um aparelho de radiografia foi espalhado pela cidade, causando grandes danos à população.

Sabe-se que o ${}_{55}\text{Cs}^{137}$ sofre um processo de decaimento, em que é emitida radiação gama (γ) de alta energia e muito perigosa. Nesse processo, simplificada-mente, um nêutron do núcleo do Cs transforma-se em um próton e um elétron.

Suponha que, ao final do decaimento, o próton e o elétron permaneçam no átomo. Assim sendo, é correto afirmar que o novo elemento químico formado é:

- a) ${}_{56}\text{Ba}^{137}$ c) ${}_{55}\text{Cs}^{136}$
b) ${}_{54}\text{Xe}^{136}$ d) ${}_{57}\text{La}^{138}$

16. **FGV-SP** Os radiofármacos são utilizados em quantida-des traços com a finalidade de diagnosticar patologias e disfunções do organismo. Alguns desses também podem ser aplicados na terapia de doenças, como no tratamento de tumores radiosensíveis. A maioria dos procedimentos realizados atualmente em medicina nuclear tem finalidade diagnóstica, sendo o ${}^{99x}\text{Tc}$ ($x = \text{metaestável}$) o radionuclídeo mais utilizado na preparação desses radiofármacos. O ${}^{99}\text{Mo}$ é o precursor desse importante radionuclídeo, cujo esquema de decaimento é apresentado a seguir:



No esquema de decaimento, a radiação X e o nuclídeo Z e seu número de nêutrons são, respectivamente:

- a) gama, Ru e 55. d) alfa, Ru e 53.
b) gama, Mo e 57. e) alfa, Rh e 54.
c) beta, Rh e 54.
17. **Unifesp** O flúor-18 é um radioisótopo produzido num acelerador cíclotron. Associado à deoxiglicose, esse radioisótopo revela, pela emissão de pósitrons, as áreas do organismo com metabolismo intenso de glicose, como o cérebro, o coração e os tumores ainda em estágio muito inicial. Quando um átomo de flúor-18 emite um pósitron, o átomo resultante será um isótopo do elemento químico:
- a) cloro. c) neônio. e) nitrogênio.
b) flúor. d) oxigênio.

18. **USF-SP 2017** O mais denso dentre todos os materiais puros é o Ósmio (${}_{76}\text{Os}^{190}$). Sua densidade é de $22,6 \text{ g/cm}^3$ e em virtude dessa marcante propriedade acaba por ter aplicações bem relevantes na fabricação de peças metálicas usadas como contrapeso de estabilidade em aeronaves. Assim, como boa parte dos metais pesados, o ósmio também apresenta isótopos radioativos, entretanto, seus isótopos não radioativos podem ser utilizados para impedir a passagem da radioatividade oriunda de outras fontes.

A respeito do ósmio e de suas características físico-químicas são realizadas as seguintes afirmações:

- I. É um metal de transição e apresenta dois elétrons em sua camada de valência.
II. Seu raio atômico possui valor superior ao raio atômico do césio (${}_{55}\text{Cs}^{133}$).
III. Considerando um volume de dois litros de ósmio puro, a massa correspondente é de 380 kg.

IV. Se o isótopo 192 do ósmio for emissor de uma partícula alfa e uma partícula beta, os valores de número atômico e massa atômica obtidos serão, respectivamente, 75 e 188.

V. Se no experimento de Rutherford para proposição do modelo atômico planetário fosse usada uma lâmina fina de ósmio no lugar da lâmina fina de ouro, possivelmente seria observada menor quantidade de partícula alfa na chapa reveladora.

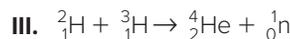
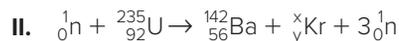
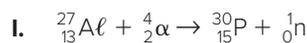
Dentre as afirmações apresentadas, são corretas

- a) apenas II, III e IV. d) apenas I, III e IV.
b) apenas I, IV e V. e) apenas I, II e IV.
c) apenas II, III e V.

19. **ITA-SP** Suponha que um metal alcalinoterroso se desintegre radioativamente emitindo uma partícula alfa. Após três desintegrações sucessivas, em qual grupo (família) da tabela periódica deve-se encontrar o elemento resultante deste processo?

- a) 13 (III A) c) 15 (V A) e) 17 (VII A)
b) 14 (IV A) d) 16 (VI A)

20. **IME-RJ 2020** A respeito das reações abaixo:



Assinale a alternativa INCORRETA.

- a) A reação I é uma reação de transmutação artificial.
b) A reação II é uma reação de fissão nuclear.
c) A reação III é uma reação de fusão nuclear.
d) O número de nêutrons do criptônio da reação II é 55.
e) A massa atômica do criptônio da reação II é 93.

21. **UFSM-RS** Relacione as radiações naturais (1ª coluna) com suas respectivas características (2ª coluna).

1ª Coluna

1. alfa (α)
2. beta (β)
3. gama (γ)

2ª Coluna

- possuem alto poder de penetração, podendo causar danos irreparáveis ao ser humano.
- são partículas leves com carga elétrica negativa e massa desprezível.
- são radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X, não possuem carga elétrica nem massa.
- são partículas pesadas de carga elétrica positiva que, ao incidirem sobre o corpo humano, causam apenas queimaduras leves.

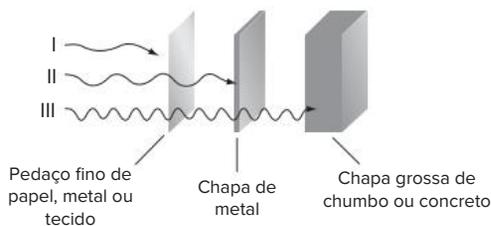
A sequência correta é:

- a) 1; 2; 3; 2 d) 3; 2; 3; 1
b) 2; 1; 2; 3 e) 3; 1; 2; 1
c) 1; 3; 1; 2

22. UFU-MG Em 6 de julho de 1945, no estado do Novo México, nos Estados Unidos, foi detonada a primeira bomba atômica. Ela continha cerca de 6 kg de plutônio e explodiu com a força de 20 000 toneladas do explosivo TNT (trinitrotolueno). A energia nuclear, no entanto, também é utilizada para fins mais nobres como curar doenças, através de terapias de radiação. Em relação à energia nuclear, indique a alternativa incorreta.

- Raios α (alfa) possuem uma baixa penetração na matéria, e os núcleos que emitem estas partículas perdem duas unidades de número atômico e quatro unidades de massa.
- Raios α (alfa) são formados por um fluxo de alta energia de núcleos de hélio, combinações de dois prótons e dois nêutrons.
- Raios γ (gama) são uma forma de radiação eletromagnética, que não possuem massa ou carga, sendo, portanto, menos penetrantes que as partículas α (alfa) ou β (beta).
- Partículas β (beta) são elétrons ejetados a altas velocidades de um núcleo radioativo e possuem uma massa muito menor que a massa de um átomo.
- Partículas β (beta) são mais penetrantes que as partículas α (alfa), e a perda de uma única dessas partículas produz aumento de uma unidade no número atômico do núcleo que a emitiu.

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

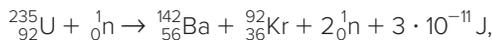


Com o auxílio da figura, julgue os itens que se seguem.

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

24. Unesp A energia atômica é uma das alternativas ao uso do petróleo. O Brasil, além de possuir importantes reservas de uraninita (UO_2), domina a tecnologia do enriquecimento do urânio, necessária para aumentar o teor em urânio-235, o que permite seu uso em reatores.

Dadas as massas atômicas, em unidades de massa atômica: $^{235}_{92}\text{U} = 235,04$; $^1_0\text{n} = 1,01$; $^{142}_{56}\text{Ba} = 141,92$ e $^{92}_{36}\text{Kr} = 91,92$, a constante de Avogadro, $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, e considerando que a equação para uma das reações de fissão possíveis para um átomo $^{235}_{92}\text{U}$ é



é correto afirmar que:

- a soma das massas dos reagentes é exatamente igual à soma das massas dos produtos.
- a diferença de massa entre reagentes e produtos corresponde à energia consumida para que a reação de fissão nuclear ocorra.
- 235,04 g de ^{235}U podem produzir uma energia igual a $1,8 \cdot 10^{10} \text{ kJ}$.
- 235,04 g de ^{235}U podem produzir uma energia igual a $3 \cdot 10^{-11} \text{ J}$.
- a energia liberada pela reação corresponde à da ligação química que se forma entre os átomos de ^{142}Ba e ^{92}Kr .

25. PUC-Campinas 2018 A fusão nuclear é um processo em que dois núcleos se combinam para formar um único núcleo, mais pesado. Um exemplo importante de reações de fusão é o processo de produção de energia no sol, e das bombas termonucleares (bomba de hidrogênio). Podemos dizer que a fusão nuclear é a base de nossas vidas, uma vez que a energia solar, produzida por esse processo, é indispensável para a manutenção da vida na Terra.



(Adaptado de: <http://portal.if.usp.br>)

Representam isótopos, na reação de fusão nuclear apresentada, APENAS:

- ^2H e ^4He .
- ^3H e ^4He .
- ^2H e n .
- ^2H e ^3H .
- ^4He e n .

26. UFSC Desde os primórdios, a humanidade vem produzindo energia através da queima de combustíveis. Inicialmente, a energia liberada pela vegetação existente era suficiente. O aumento pela demanda por energia, mesmo antes da Revolução Industrial, levou a humanidade a buscar a energia armazenada nos combustíveis fósseis. Mais recentemente, a civilização moderna também obtém energia através do uso de átomos de urânio, que são consumidos em reatores nucleares. A elevada emissão de CO_2 e de outros gases na atmosfera e os resíduos radiativos de centrais nucleares levaram o ser humano a uma grande preocupação com as questões relacionadas ao meio ambiente.

Seguem, a seguir, dados sobre o poder energético em kJ/mol de alguns combustíveis.

Combustível	Massa molar	ΔH° (KJ/mol)
Carbono (grafite)	12	-393,5
${}_{92}\text{U}^{235}$ (s)	92	$-2 \cdot 10^{10}$
Metano (g)	16	-889,5

Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01** O protocolo de Kyoto é um acordo internacional que visa reduzir as emissões de gases poluentes. O aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, resultante da queima em larga escala de combustíveis fósseis, está associado claramente ao aumento do efeito estufa, que pode resultar no aquecimento global do planeta.
- 02** O carvão, o petróleo e o gás natural são exemplos de combustíveis fósseis.
- 04** A energia produzida pela queima de 60 kg de carbono irá produzir mais energia que a fissão nuclear de 1 mol de átomos de ${}_{92}\text{U}^{235}$.
- 08** A reação de fusão nuclear do U-235 pode ser assim representada:

$${}_{92}\text{U}^{235} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{56}\text{Ba}^{141} + {}_{36}\text{Kr}^{92} + 3{}_0\text{n}^1$$

$$\Delta H = -2 \cdot 10^{10} \text{ kJ/mol}$$
- 16** Como as centrais nucleares são muito seguras, seu lixo nuclear pode ser descartado de imediato nos lixões, uma vez que não provocam riscos ambientais.
- 32** Uma empresa passou a utilizar o gás metano como combustível. Sabendo que ela consome 320 kg do combustível por dia, podemos dizer que a energia liberada em cada dia é de 17 790 kJ.
- 64** A energia liberada pela combustão de um mol carbono diamante será superior à combustão de um mol carbono grafite.

Soma:

- 27. EsPCEX-SP 2013** Um isótopo radioativo de Urânio-238 (${}_{92}^{238}\text{U}$) de número atômico 92 e número de massa 238, emite uma partícula alfa, transformando-se num átomo X, o qual emite uma partícula beta, produzindo um átomo Z, que por sua vez emite uma partícula beta, transformando-se num átomo M. Um estudante analisando essas situações faz as seguintes observações.

- I.** Os átomos X e Z são isóbaros;
II. O átomo M é isótopo do Urânio-238 (${}_{92}^{238}\text{U}$)
III. O átomo Z possui 143 nêutrons;
IV. O átomo X possui 90 prótons.

Das observações feitas, utilizando os dados acima, estão corretas:

- a) apenas I e II.
b) apenas I e IV.
c) apenas III e IV.
d) apenas I, II e IV.
e) todas.

28. UFU-MG 2021

Justiça proíbe construção de unidade para armazenar rejeito das usinas de Angra

A Eletronuclear está impedida de executar a transferência de lixo atômico das usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2, em Angra dos Reis (RJ), para um novo depósito dentro do complexo das usinas nucleares. A suspensão da transferência do lixo radioativo foi determinada pela Justiça Federal a pedido do Ministério Público.

Atualmente, o urânio enriquecido de alta radiação fica armazenado em duas piscinas de rejeitos situadas ao lado do reator, uma área considerada mais reforçada da estrutura. No entanto, essas piscinas chegarão ao limite da capacidade em 2021. Elas armazenam o material desde a inauguração das usinas, em 1972 e 2001.

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/2020/10/27/justica-proibe-construcao-de-unidade-para-armazenar-rejeito-das-usinas-de-angra>. Acesso em: 12 abr. 2021.

As alegações do Ministério Público, na ação movida na Justiça Federal, têm como justificativa os problemas ambientais causados pelo lixo atômico das usinas de Angra, comuns por esse tipo de descarte. A partir desses problemas, é correto afirmar que

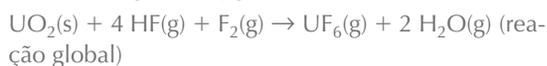
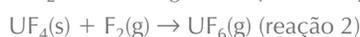
- a) o urânio presente no lixo sofre fusão nuclear capaz de poluir rios e deixar terrenos totalmente inférteis.
b) o contato com o lixo radioativo está diretamente associado à emissão de partículas gama que geram diversos tipos de câncer.
c) o lixo gerado pelo urânio ocasiona emissão de radiação por várias décadas e pode tornar o terreno impróprio para cultivo.
d) o descarte em mares e em oceanos é o mais seguro, pois são piscinas naturais que impedem o contágio humano.



Texto para as questões 29 e 30.

A geração de energia elétrica por reatores nucleares vem enfrentando grande oposição por parte dos ambientalistas e da população em geral ao longo de várias décadas, em função dos acidentes ocorridos nas usinas nucleares e da necessidade de controle dos resíduos radioativos por um longo período de tempo. Recentemente, o agravamento da crise energética, aliado à poluição e ao efeito estufa, resultantes do uso de combustíveis fósseis, e à redução dos resíduos produzidos nas usinas nucleares, têm levado até mesmo os críticos a rever suas posições.

O funcionamento da maioria dos reatores nucleares civis baseia-se no isótopo 235 do urânio, ${}_{92}\text{U}^{235}$. O urânio natural apresenta uma distribuição isotópica de aproximadamente 0,72% de ${}^{235}\text{U}$ e 99,27% de ${}^{238}\text{U}$. Para sua utilização em reatores, o urânio deve ser enriquecido até atingir um teor de 3 a 4% em ${}^{235}\text{U}$. Um dos métodos utilizados nesse processo envolve a transformação do minério de urânio em U_3O_8 sólido ("yellow cake"), posteriormente convertido em UO_2 sólido e, finalmente, em UF_6 gasoso, segundo as reações representadas pelas equações:



29. UFSCar-SP Os compostos de flúor utilizados no processamento do urânio são formados exclusivamente pelo isótopo 19, com massa atômica igual a 18,99840. O UF_6 gasoso obtido no processamento do urânio é, portanto, uma mistura de $^{235}\text{UF}_6$ e $^{238}\text{UF}_6$, com massas moleculares de 349,0343 e 352,0412, respectivamente. Numa etapa subsequente do processamento, a mistura gasosa é reduzida a urânio metálico sólido por reação com magnésio. Com relação a essas informações e aos processos de separação da mistura dos fluoretos de urânio, são feitas as seguintes afirmações.

- I. No processo de obtenção de urânio metálico a partir da reação de UF_6 com magnésio, a diferença entre as reatividades químicas de $^{235}\text{UF}_6$ e $^{238}\text{UF}_6$ permite a separação do urânio nas duas formas isotópicas puras.
- II. O $^{235}\text{UF}_6$ pode ser separado do $^{238}\text{UF}_6$ por destilação fracionada do líquido obtido, após resfriamento da mistura gasosa inicial.
- III. A ultracentrifugação da mistura gasosa é um método conveniente para se obter o enriquecimento do produto final em $^{235}\text{UF}_6$.

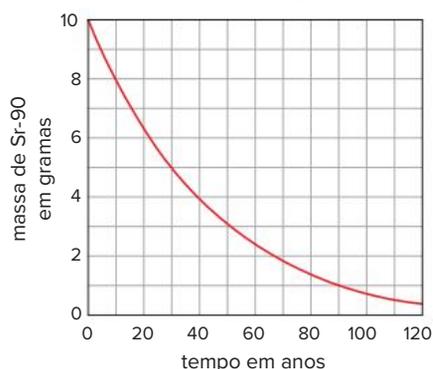
É correto o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

30. UFSCar-SP O ^{235}U é o responsável pela energia produzida por reatores comerciais, através do processo de fissão nuclear. O ^{238}U , que constitui a maior parte do combustível nuclear, não sofre processo de fissão nessas condições. No entanto, ao ser atingido por nêutrons produzidos no funcionamento normal do reator, dá origem ao isótopo ^{239}U , que emite, sucessivamente, duas partículas β , gerando um produto radioativo, com meia-vida extremamente longa e que pode ser utilizado para fins militares. Sobre o produto gerado pelo decaimento radioativo do ^{239}U , pela emissão sucessiva de duas partículas β , é correto afirmar que se trata de:

- a) $_{93}\text{Np}^{239}$
- b) $_{94}\text{Pu}^{239}$
- c) $_{90}\text{Th}^{234}$
- d) ^{236}U
- e) mistura de ^{237}U e ^{238}U

31. Fuvest-SP O decaimento radioativo de uma amostra de Sr-90 está representado no gráfico a seguir.



Partindo-se de uma amostra de 40,0 g, após quantos anos, aproximadamente, restarão apenas 5,0 g de Sr-90?

- a) 15
- b) 54
- c) 90
- d) 100
- e) 120

32. FGV-SP Fissão nuclear e fusão nuclear:

- a) os termos são sinônimos.
- b) a fusão nuclear é responsável pela produção de luz e calor no Sol e em outras estrelas.
- c) apenas a fissão nuclear enfrenta o problema de como dispor o lixo radioativo de forma segura.
- d) a fusão nuclear é atualmente utilizada para produzir energia comercialmente em muitos países.
- e) ambos os métodos ainda estão em fase de pesquisa e não são usados comercialmente.

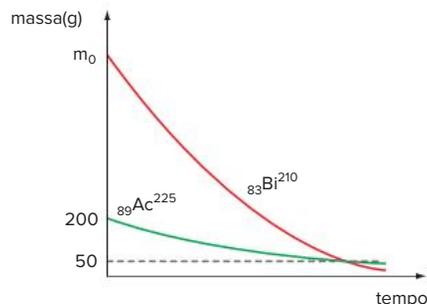
33. Fatec-SP 2017 Um dos piores acidentes nucleares de todos os tempos completa 30 anos em 2016. Na madrugada do dia 25 de abril, o reator número 4 da Estação Nuclear de Chernobyl explodiu, liberando uma grande quantidade de Sr-90 no meio ambiente que persiste até hoje em locais próximos ao acidente. Isso se deve ao período de meia-vida do Sr-90, que é de aproximadamente 28 anos. O Sr-90 é um beta emissor, ou seja, emite uma partícula beta, transformando-se em Y-90. A contaminação pelo Y-90 representa um sério risco à saúde humana, pois esse elemento substitui com facilidade o cálcio dos ossos, dificultando a sua eliminação pelo corpo humano.

<http://tinyurl.com/jzljzwc>. Acesso em: 30.08.2016. Adaptado.

Em 2016, em relação à quantidade de Sr-90 liberada no acidente, a quantidade de Sr-90 que se transformou em Y-90 foi, aproximadamente, de

- a) $\frac{1}{8}$
- b) $\frac{1}{6}$
- c) $\frac{1}{5}$
- d) $\frac{1}{4}$
- e) $\frac{1}{2}$

34. Os radioisótopos $_{89}\text{Ac}^{225}$ e $_{83}\text{Bi}^{210}$ apresentam as seguintes curvas de decaimento radioativo.



- a) O $_{83}\text{Bi}^{210}$ tem a metade da meia-vida do $_{89}\text{Ac}^{225}$. Determine m_0 , a massa inicial do $_{83}\text{Bi}^{210}$.
- b) O $_{89}\text{Ac}^{225}$ chega, por emissões sucessivas de uma mesma partícula, a um outro isótopo do bismuto: o $_{83}\text{Bi}^{213}$.

Identifique essa partícula e determine o número de vezes que ela é emitida durante esse decaimento.

35. EsPCEX-SP 2015 O radioisótopo cobalto-60 (${}_{27}^{60}\text{Co}$) é muito utilizado na esterilização de alimentos, no processo a frio. Seus derivados são empregados na confecção de esmaltes, materiais cerâmicos, catalisadores na indústria petrolífera nos processos de hidrodessulfuração e reforma catalítica. Sabe-se que este radioisótopo possui uma meia-vida de 5,3 anos. Considerando os anos com o mesmo número de dias e uma amostra inicial de 100 g de cobalto-60, após um período de 21,2 anos, a massa restante desse radioisótopo será de

- a) 6,25 g d) 18,6 g
b) 10,2 g e) 24,3 g
c) 15,4 g

36. Uece Associe as reações nucleares cujas equações encontram-se listadas na 1ª coluna – reações nucleares (de I a IV) com os nomes dos fenômenos listados na 2ª coluna – nome do fenômeno (de a a d).

1ª Coluna – reações nucleares

- I. $4 {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2 {}_{+1}^0\beta + {}_0^0\gamma$
II. ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{140}\text{Ba} + {}_{36}^{94}\text{Kr} + 2 {}_0^1\text{n}$
III. ${}_{13}^{\text{Al}}{}^{27} + {}_2^4\alpha \rightarrow {}_{15}^{\text{P}}{}^{30} + {}_0^1\text{n}$
IV. ${}_{90}^{232}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{\text{Ra}}{}^{228} + {}_2^4\alpha$

2ª Coluna – nome do fenômeno

- a) transmutação artificial
b) desintegração radiativa espontânea
c) fusão nuclear
d) fissão nuclear

Assinale a opção em que todas as correspondências estejam corretas.

- a) Ic – IId – IIIa – IVb c) Ib – IIa – IIId – IVc
b) Ia – IIc – IIIb – IVd d) Id – IIb – IIIc – IVa

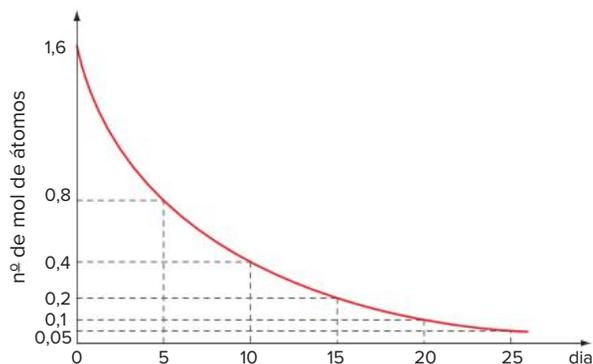
37. UPF-RS 2021 Em 05 de abril de 2020, a Ucrânia anunciou um aumento da radioatividade devido ao incêndio florestal que atingia a zona de exclusão localizada num raio de 30 km da central nuclear de Chernobyl, onde ocorreu, em 1986, o maior acidente radioativo da História. “Há radioatividade superior à normal no coração do incêndio”, indicou Egor Firsov, que lidera o serviço de inspeção ambiental. Ele acompanhou sua mensagem com um vídeo que apresenta um contador Geiger exibindo um nível de radioatividade 16 vezes mais alto do que o normal. As chamas se propagaram por mais de 100 hectares no setor florestal situado em torno da central nuclear, a cerca de 100 quilômetros da capital, Kiev.

Fontes: <https://exame.abril.com.br/mundo/incendio-florestal-perto-de-chernobyl-provoca-aumento-da-radioatividade/> e IUPAC, Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the “Gold Book”). Blackwell Scientific Publications, Oxford 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1351/goldbook>.

A radioatividade de uma substância elementar pode ser medida através de sua meia-vida. Se uma amostra de 16 g de césio de massa atômica 137 Da ou u, (Cs-137), após 90 anos, se reduz a 2 g desse radioisótopo, qual o período de meia-vida atribuído ao Cs-137 ?

- a) 15 anos d) 11,25 anos
b) 8 anos e) 60 anos
c) 30 anos

38. Uerj Considere o gráfico da desintegração radioativa de um isótopo.



Para que a fração de átomos não desintegrados seja 12,5% da amostra inicial, o número necessário de dias é:

- a) 10 c) 20
b) 15 d) 25

39. FEI-SP Um dos materiais irradiados durante a operação de um reator nuclear é o fósforo-32. O procedimento para evitar a contaminação radioativa por esse material é estocá-lo, para decaimento, a níveis de segurança. Sabe-se que a meia-vida do fósforo-32 é de 14 dias. Considerando 7,8 mg como nível de segurança, assinale o tempo, em dias, necessário para este valor ser atingido a partir de 1 grama de fósforo-32.

- a) 42 d) 256
b) 98 e) 512
c) 118

40. UFPE A primeira transmutação artificial de um elemento em outro, conseguida por Rutherford em 1919, baseou-se na reação:



É correto afirmar que:

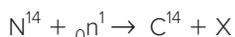
- o núcleo * tem dezessete nêutrons.
 o átomo neutro do elemento * tem oito elétrons.
 o núcleo ${}_1^1\text{H}$ é formado de um próton e um nêutron.
 o número atômico do elemento * é 8.
 o número de massa do elemento * é 17.

41. UFRJ O físico brasileiro Cesar Lattes desenvolveu importantes pesquisas com emulsões nucleares contendo átomos de boro (${}_{5}^{10}\text{B}$) bombardeados por nêutrons.

Quando um nêutron, em grande velocidade, atinge o núcleo de um átomo de ${}_{5}^{10}\text{B}$, e é por ele absorvido, dá origem a dois átomos de um certo elemento químico e a um átomo de trítio (${}_1^3\text{H}$).

- a) Identifique esse elemento químico, indicando seu número atômico e seu número de massa.
b) Uma certa massa inicial do radioisótopo trítio reduz-se a 200 g em 36 anos. A mesma massa inicial leva 60 anos para se reduzir a 50 g. Calcule o tempo de meia-vida do trítio.

42. **UFRJ** A concentração de carbono-14 nos seres vivos e na atmosfera é de 10 ppb (partes por bilhão). Essa concentração é mantida constante graças às reações nucleares representadas a seguir, que ocorrem com a mesma velocidade.



ocorre nas camadas mais altas da atmosfera.



ocorre nas camadas mais baixas da atmosfera e nos seres vivos.

A análise de um fragmento de um fóssil de 16 800 anos de idade revelou uma concentração de carbono-14 igual a 1,25 ppb.

- Identifique as partículas X e Y.
- Calcule a meia-vida do carbono-14.

43. **PUC-Campinas** Protestos de várias entidades ecológicas têm alertado sobre os danos ambientais causados pelas experiências nucleares francesas no Atol de Mururoa.

Isótopos radioativos prejudiciais aos seres vivos, como ${}^{90}\text{Sr}$, formam o chamado "lixo nuclear" desses experimentos. Quantos anos são necessários para que uma amostra de ${}^{90}\text{Sr}$, lançada no ar, se reduza a 25% da massa inicial?

► **Dado:** Meia-vida do ${}^{90}\text{Sr} = 28,5$ anos.

- 28,5
- 57,0
- 85,5
- 99,7
- 114

44. **UFPR 2019** Recentemente, foi divulgada a descoberta de um fóssil de um lobo gigante, pertencente ao período Pleistoceno. A idade do fóssil foi determinada por meio de datação por carbono-14. A quantidade desse isótopo presente no animal vivo corresponde à sua abundância natural. Após a morte, a quantidade desse isótopo decresce em função da sua taxa de decaimento, cujo tempo de meia-vida é de 5 730 anos. A idade do fóssil foi determinada em 32 000 anos. A fração da quantidade de matéria de carbono-14 presente nesse fóssil em relação à sua abundância natural está entre:

- $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{2}$.
- $\frac{1}{8}$ e $\frac{1}{4}$.
- $\frac{1}{16}$ e $\frac{1}{8}$.
- $\frac{1}{32}$ e $\frac{1}{16}$.
- $\frac{1}{64}$ e $\frac{1}{32}$.

45. **PUC-PR** Um certo isótopo radioativo apresenta um período de semidesintegração de 5 horas. Partindo de uma massa inicial de 400 g, após quantas horas ela ficará reduzida a 6,125 g?

- 5 horas
- 25 horas
- 15 horas
- 30 horas
- 10 horas

46. **Unesp** Um radioisótopo, para ser adequado a fins terapêuticos, deve possuir algumas qualidades, tais como: emitir radiação gama (alto poder de penetração) e meia-vida apropriada. Um dos isótopos usados é o tecnécio-99, que emite este tipo de radiação e apresenta meia-vida de 6 horas. Qual o tempo necessário para diminuir a emissão dessa radiação para 3,125% da intensidade inicial?

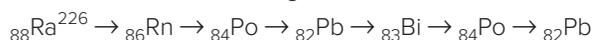
- 12 horas.
- 18 horas.
- 24 horas.
- 30 horas.
- 36 horas.

47. **Uerj** Num experimento para a determinação do número de partículas emitidas pelo radônio, foi utilizada uma amostra contendo 0,1 mg desse radioisótopo. No primeiro dia do experimento, foram emitidas $4,3 \cdot 10^{16}$ partículas. Sabe-se que a emissão de um dia é sempre 16% menor que a do dia anterior.

O número total de partículas que essa amostra emite, a partir do primeiro dia do experimento, é aproximadamente igual a:

- $4,2 \cdot 10^{18}$
- $2,6 \cdot 10^{18}$
- $4,3 \cdot 10^{17}$
- $2,7 \cdot 10^{17}$

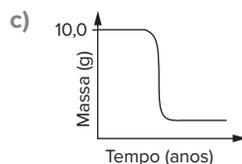
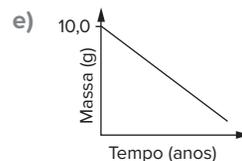
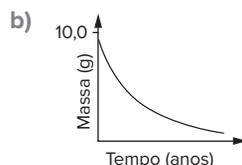
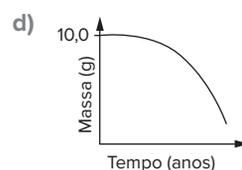
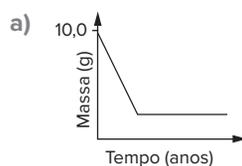
48. **UFRRJ** Para determinar a constante de Avogadro, Rutherford observou a seguinte série radioativa:



A partir desta série, responda:

- Qual será a relação entre o número de partículas e o de partículas β emitidas na série radioativa anterior? Justifique.
- Sabendo que a meia-vida do polônio-218 é de 3,1 minutos, calcule o tempo que uma amostra leva para desintegrar 87,5% de sua massa.

49. **ITA-SP** Qual o gráfico que apresenta a curva que melhor representa o decaimento de uma amostra contendo 10,0 g de um material radioativo ao longo dos anos?



50. Fuvest-SP 2021 Após os desastres nucleares em Hiroshima, Fukushima e Chernobyl, girassóis foram plantados ao longo da região afetada para que estes absorvessem elementos tóxicos do solo, incluindo isótopos radioativos. Essa técnica é chamada de fitorremediação. Os resultados de um estudo realizado para avaliar a capacidade do girassol de absorver urânio do solo são mostrados na figura a seguir, que apresenta a massa total de urânio absorvida do solo por quilograma de girassol (raízes e brotos), em função do tempo desde o plantio. A concentração inicial de U no solo era de 240 mg/kg, dos quais 1% correspondia ao ^{234}U .

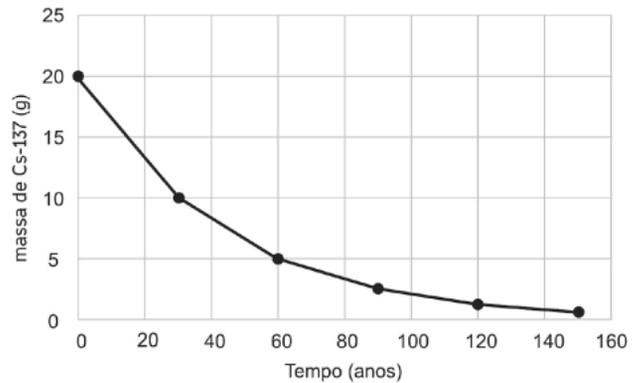


- Com base na figura, em qual semana após o plantio os girassóis (raízes e brotos) deveriam ser colhidos para que a maior massa de urânio fosse retirada do ambiente de uma única vez?
- É correto afirmar que os isótopos radioativos de urânio do solo contaminado, quando absorvidos pelos girassóis, deixam de ser radioativos, de forma que os girassóis possam ser comercializados com segurança? Justifique com base no tempo de meia-vida.
- Se a colheita for realizada na segunda semana após o plantio, quantos quilogramas de girassol (raízes e brotos) precisarão ser retirados de cada tonelada de solo para que a concentração do ^{234}U no solo seja reduzida para 0,6 mg/kg?

Note e adote: Considere que não ocorreu separação isotópica na absorção do urânio pelas raízes e brotos, ou seja, o percentual de ^{234}U nesse material também é de 1%. Meia vida do $^{234}\text{U} = 240\,000$ anos.

51. UEL-PR 2019 Em setembro de 2017, completaram-se 30 anos do acidente com o Césio-137 em Goiânia. Uma cápsula metálica que fazia parte de um equipamento de radioterapia abandonado foi encontrada por dois trabalhadores. Após violarem a cápsula, eles distribuíram o sólido do seu interior entre amigos e parentes, encantados pela luminosidade que emitia no escuro. Isso resultou no maior acidente radioativo mundial fora de uma usina nuclear. À época do acidente, o lixo radioativo removido do local, onde o Cs-137 se espalhou, foi estocado em contentores revestidos por paredes de concreto e chumbo com

espessuras de 1 m. Essa medida foi necessária para prevenir os danos causados pela exposição às partículas β resultantes do decaimento radioativo do Cs-137. O gráfico a seguir ilustra tal decaimento ao longo do tempo.



Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

- A partir da análise do gráfico, identifique a quantidade em massa do isótopo radioativo existente em setembro de 2017, considerando que a quantidade de Cs-137 envolvida no acidente foi de 40 g. Determine quanto tempo, a partir da data do acidente, levará para que a massa de Cs-137 seja inferior a 0,7 g.
- A emissão de partículas beta (${}_{-1}^0\beta$) ocorre quando um nêutron instável se desintegra convertendo-se em um próton, formando outro elemento. Escreva a equação da reação de decaimento radioativo do Cs-137 (${}^{137}_{55}\text{Cs}$), representando o elemento formado pela notação que inclui o seu número de massa e o seu número atômico.

52. UEG-GO 2018 No dia 13 setembro de 2017, fez 30 anos do acidente radiológico Césio-137, em Goiânia – GO. Sabe-se que a meia-vida desse isótopo radioativo é de aproximadamente 30 anos. Então, em 2077, a massa que restará, em relação à massa inicial da época do acidente, será

- | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| a) $\frac{1}{2}$ | c) $\frac{1}{8}$ | e) $\frac{1}{24}$ |
| b) $\frac{1}{4}$ | d) $\frac{1}{16}$ | |

53. UFSCar-SP O uso de isótopos radioativos, em Medicina, tem aumentado muito nos últimos anos, sendo o tecnécio-99 o mais usado em clínicas e hospitais brasileiros. O principal fornecedor desse isótopo é o Canadá, e problemas técnicos recentes em seus reatores resultaram em falta desse material no Brasil. Uma proposta alternativa para solucionar o problema no país foi substituir o tecnécio-99 pelo tálio-201. O tálio-201 pode ser produzido a partir do tálio-203, bombardeado por próton (${}^1_1\text{p}$) acelerado em acelerador de partículas. O tálio-203 incorpora o próton acelerado

e rapidamente se desintegra, formando chumbo-201 e emitindo nêutrons no processo. Posteriormente, o chumbo-201 sofre nova desintegração, formando ^{201}Tl , um isótopo com meia-vida de 73 horas.

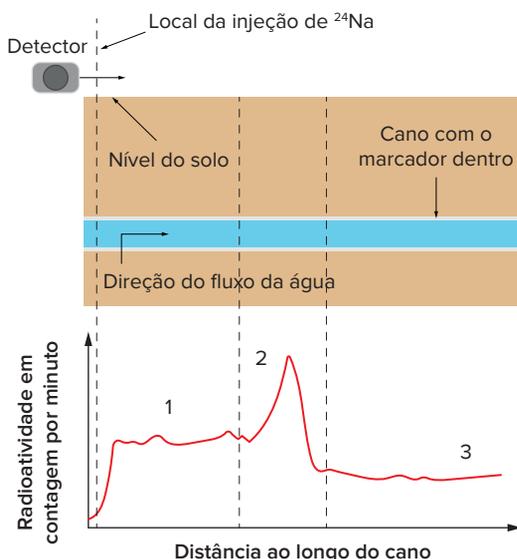
Pede-se:

- Escreva a equação balanceada, que representa a reação nuclear para a produção de ^{201}Pb , a partir do bombardeamento do ^{203}Tl com prótons, segundo o processo descrito no enunciado dessa questão.
- Considerando que na amostra inicial de radiofármaco contendo ^{201}Tl tem uma atividade radioativa inicial igual a A_0 , e que pode ser utilizada em exames médicos até que sua atividade se reduza a $\frac{A_0}{4}$, calcule o período de tempo, expresso em horas, durante o qual essa amostra pode ser utilizada para a realização de exames médicos.

$^{203}_{81}\text{Tl}$ = tálio-203; $^{204}_{81}\text{Pb}$ = chumbo-204;

$^{201}_{82}\text{Pb}$ = chumbo-201, ^1_0n nêutron; ^1_1p próton.

54. Fuvest-SP 2022 Um marcador radioativo (^{24}Na) foi injetado em um ponto de um cano de água subterrâneo e, na sequência, com um detector sobre o solo, foi medida a radioatividade ao longo do percurso do cano. A figura a seguir esquematiza o local de injeção do marcador e o perfil da radioatividade detectada ao longo do cano.



Assinale a alternativa que melhor explica o perfil da radioatividade.

- No trecho 2 o cano está completamente entupido, por isso a radioatividade diminui no trecho 3.
- No trecho 2 há uma fissura no cano, o que resulta em acúmulo de marcador nesse trecho do solo.
- O marcador radioativo flui no sentido contrário ao fluxo da água, acumulando-se no meio do cano.

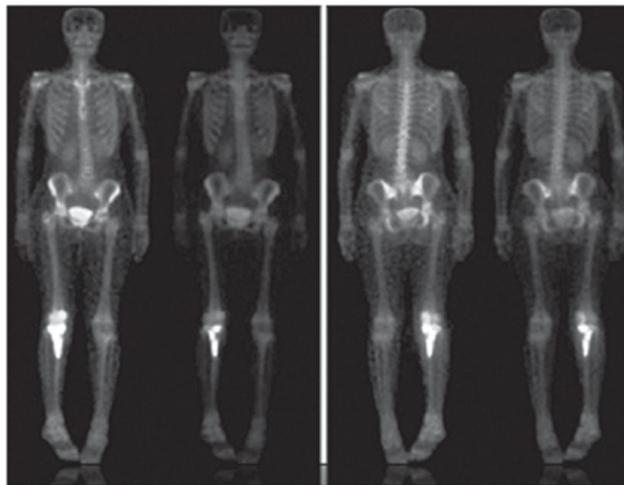
- No trecho 3 a radioatividade é menor porque foi consumida por reações químicas ao longo do trecho 2.
- No trecho 2 a radioatividade diminui devido ao fato de a meia-vida do marcador ser curta.

Note e adote: Tempo de meia-vida do ^{24}Na = 15 horas.



Texto para a questão 55.

A cintilografia é um procedimento clínico que permite assinalar a presença de um radiofármaco num tecido ou órgão, graças à emissão de radiações que podem ser observadas numa tela na forma de pontos brilhantes (cintilação).

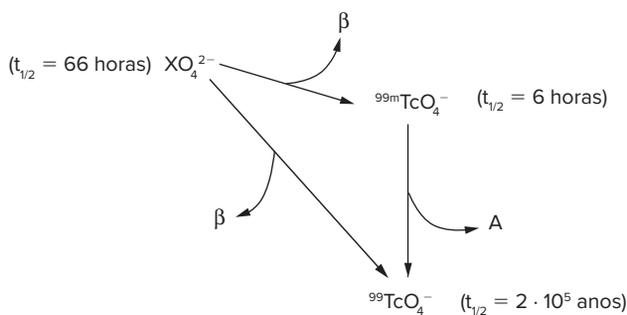


Reprodução

Cintilografia óssea.

55. UFRJ Os principais agentes usados nas clínicas de medicina nuclear para cintilografia são os radiofármacos marcados com ^{99m}Tc , o qual é obtido através do decaimento do elemento X, conforme o esquema a seguir.

Dado: $t_{1/2} \equiv$ meia-vida



- Identifique o elemento X e a radiação A.
- Calcule a concentração molar de $^{99m}\text{TcO}_4^-$ em 100 mL de uma solução contendo 16,2 g de $^{99m}\text{TcO}_4^-$ após um período de 12 horas.

Diversificar as fontes de produção de energia é prioridade para os próximos anos

[...] Atualmente, cerca de 75% da energia elétrica gerada no Brasil vem de hidrelétricas, mas a capacidade de expansão dessa fonte já está caminhando para o esgotamento, e é preciso encontrar novas alternativas baratas, seguras e sustentáveis.

Os próximos anos serão decisivos para que o Brasil tome decisões estratégicas com relação a sua matriz energética, na avaliação do especialista Nivalde de Castro, coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (Gesel) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Segundo ele, o Brasil não tem mais potencial para expandir a geração por meio de hidrelétricas, e a construção de novas usinas está mais difícil. “A partir da segunda metade desta década, é preciso tomar decisões estratégicas com relação a essa matriz. A hidrelétrica vai diminuir, vai esgotar, é preciso saber qual a matriz que o Brasil terá”, aponta. Atualmente, o governo prevê o esgotamento do potencial hidrelétrico entre 2025 e 2030.

Para o especialista, a geração de energia no país não pode ser baseada apenas em energias renováveis como a eólica e a solar, porque essas fontes não têm capacidade de armazenamento. Na avaliação de Castro, um dos caminhos é trazer de volta a discussão sobre a geração de energia por meio de usinas nucleares.

O Instituto Acende Brasil, um centro de estudos do setor elétrico, também aponta que é preciso se preparar com antecedência para o cenário de esgotamento do potencial hidrelétrico. Em um documento com propostas encaminhadas aos candidatos à Presidência da República, a entidade diz que será necessário recorrer a outras fontes, como a energia nuclear, para atender ao crescimento da carga.

“O Brasil dispõe de amplas reservas de urânio e detém a tecnologia de seu enriquecimento. Adicionalmente, a energia nuclear não emite gases efeito estufa e suas usinas podem ser localizadas relativamente próximas aos grandes centros de consumo”, diz o instituto, que também defende a geração distribuída, principalmente de fonte solar e eólica. [...]

Entidades como o Greenpeace são contra a expansão da geração nuclear no Brasil. “Não temos a solução definitiva para a questão dos rejeitos nucleares. Além disso, a geração nuclear é extremamente cara, e uma usina leva cerca de dez anos para ficar pronta”, diz o coordenador da campanha de energias renováveis do Greenpeace Brasil, Ricardo Baitelo. A solução, segundo ele, é aumentar a participação de energia solar, eólica e a gerada por biomassa.

O Greenpeace acredita que até 2050 a participação de energia eólica e solar, no país, chegue a 20% para cada tipo de fonte. Atualmente, a participação da energia eólica é de cerca de 2%, e a solar é quase inexistente. Para os próximos quatro anos, a recomendação da organização não governamental é que sejam contratados pelo menos 30 gigawatts de energia oriundas de fontes solar, eólica e biomassa.

Outro desafio para os próximos anos é estimular a geração de energia de pequeno porte e a descentralização da geração. Países como Estados Unidos, Japão, China, Itália e Alemanha estão expandindo muito rapidamente a geração de energia solar residencial, que além de trazer vantagens ambientais reduz as perdas de energia. No Brasil, já existe há mais de um ano uma regulamentação sobre esse tipo de geração, mas, segundo Baitelo, ainda faltam linhas de financiamento para que as pessoas possam comprar os equipamentos necessários. “O governo ainda pensa o planejamento energético em larga escala, mas certamente a energia solar tem muito a contribuir nessa vertente pulverizada”, diz o representante do Greenpeace.

A prioridade para energia solar de forma descentralizada, usando telhados de prédios e casas, também é defendida pelo Fórum Mudanças Climáticas e Justiça Social. Para Ivo Poletto, assessor do Fórum, essa medida reduziria a necessidade de novas obras de usinas hidrelétricas para suprir a necessidade energética do país. “Temos um posicionamento crítico em relação às fontes que são prioritárias na política energética no Brasil. Além de afetar o meio ambiente, prejudicar comunidades, atingir os rios, achamos que não são necessárias porque mudando de prioridade de fonte temos energia à vontade a ser produzida a partir do sol, ventos e biomassa, de forma descentralizada”, aponta.

Com relação às críticas sobre os custos desse tipo de energia, ele argumenta que o preço atual da energia proveniente de hidrelétricas, por causa da falta de chuvas, está mais alto do que a energia solar comercializada em leilão e que o preço dos componentes para energia solar vem caindo cerca de 20% por ano. “Não apostar agora, aqui no nosso país, no uso do sol e continuar estragando a Amazônia, fazendo termelétricas, usinas nucleares, parece uma decisão de cegos, de surdos, de pessoas isoladas no planeta”, diz Poletto.

O presidente do Acende Brasil, Cláudio Sales, aponta outras questões importantes para a melhoria do cenário energético do país, como o planejamento dos leilões de energia e a valorização de atributos de localização e complementariedade de fontes. “Esses atributos têm valor e as regras dos leilões deveriam ter critérios para valorizar esses atributos, e não simplesmente a garantia física pela menor tarifa.” [...]

Diversificar as fontes de produção de energia é prioridade para os próximos anos. Disponível em: <https://memoria.etc.com.br/noticias/economia/2014/09/diversificar-as-formas-de-produzir-energia-e-prioridade-para-os-proximos>. Acesso em: 11 fev. 2022.

Resumindo

A radioatividade foi descoberta por Henri Becquerel, em 1896, e desenvolvida principalmente pelo casal Curie.

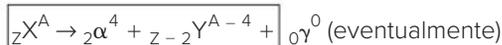
Partículas e emissões radioativas

Emissão	Representação	Aspecto	Carga	Número de massa	Velocidade	Poder de penetração
α	${}_2\alpha^4$		+2	4	20 000 a 30 000 km/s	muito baixo
β	${}_{-1}\beta^0$		-1	0	até 270 000 km/s	médio
γ	${}^0\gamma^0$	onda eletromagnética	0	0	300 000 km/s	alto
pósitron	${}_{+1}\beta^0$		+1	0	—	—

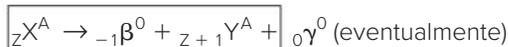
Comparativo das principais emissões radioativas.

Reações nucleares

1ª lei de Soddy: (emissões α) Quando um radionuclídeo emite uma partícula α , seu número atômico diminui 2 unidades e seu número de massa diminui 4 unidades.



2ª lei de Soddy: (emissões β) Quando um radionuclídeo emite uma partícula β , seu número atômico aumenta de uma unidade e seu número de massa permanece inalterado

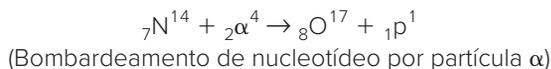


Para essas e demais reações nucleares, deve-se obedecer à conservação das cargas e dos números de massa.

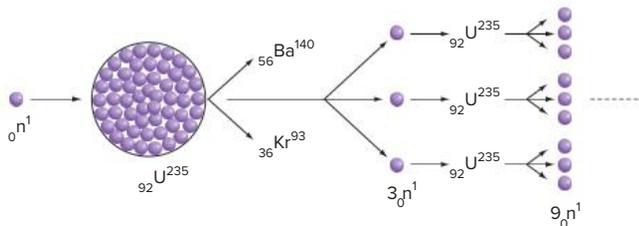
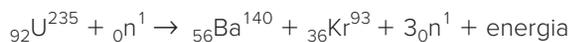
Tipos de reações nucleares:

- Transmutação nuclear
- Fissão nuclear
- Fusão nuclear

Transmutações nucleares são reações nucleares provocadas pelo bombardeamento de núclídeos.



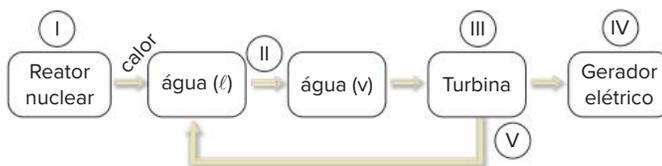
Fissão nuclear é o processo de transmutação nuclear que quebra um núcleo grande em outros menores, com grande liberação de energia.



Reação em cadeia da fissão nuclear do urânio enriquecido.

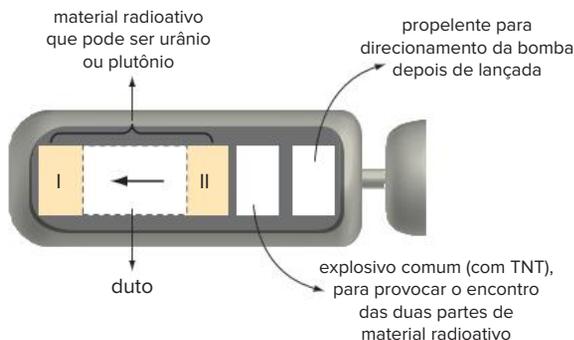
A fissão nuclear explica o funcionamento:

- das usinas nucleares



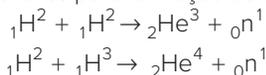
Esquema simplificado do funcionamento de uma usina nuclear.

- das bombas atômicas (usadas para fins bélicos)



Esquema simplificado de uma bomba atômica.

Fusão nuclear é a união efetiva de dois núcleos menores para formação de um núcleo maior, com grande liberação de energia.

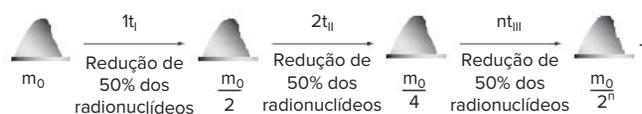


A fusão nuclear explica a atividade:

- do Sol
- das bombas de hidrogênio (não utilizadas ainda em ataques reais, somente em testes)

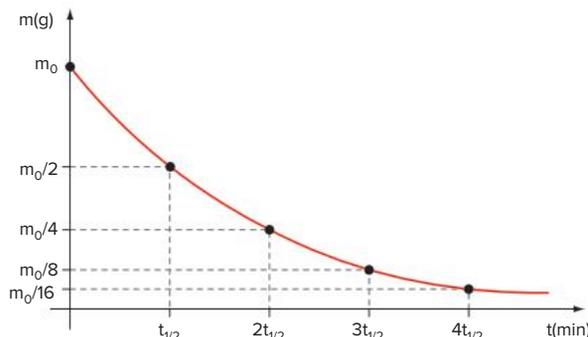
Cinética das emissões radioativas

Período de meia-vida ($t_{1/2}$) é o intervalo de tempo necessário para que o número (ou a massa) de radionuclídeos reduza-se à metade.



Modelo para visualização do período de meia-vida ($t_{1/2}$).

$m = \frac{m_0}{2^n}$, em que n é o número de períodos de meia-vida.



Massa restante de radionuclídeos após emissões radioativas ao longo do tempo.

Quer saber mais?



Sites

<http://globotv.globo.com/rede-globo/fantastico/v/mundos-invisiveis-o-porque-da-radioatividade/788167>

O vídeo traz informações sobre a história do estudo da radioatividade e algumas curiosidades.

<http://antigo.cnem.gov.br/perguntas-frequentes>

O site da Comissão Nacional de Energia Nuclear apresenta um conteúdo completo que reúne as dúvidas mais frequentes sobre a radioatividade e suas aplicações.



Livros

STRATHERN, Paul. *Curie e a radioatividade em 90 minutos*. Jorge Zahar, 2000.

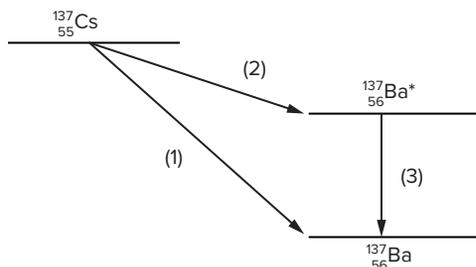
HELENE, Maria Elisa Marcondes. *A radioatividade e o lixo nuclear*. Scipione, 1999.

VEIGA, José Eli da. *Energia nuclear do anátema ao diálogo*. Senac, 2011.

Exercícios complementares

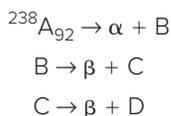
1. **FEI-SP** O polônio radioativo Po^{215} se desintegra em chumbo ${}_{82}\text{Pb}^{207}$ pela emissão global de iguais quantidades de partículas alfa e beta. Com relação ao Po^{215} , podemos concluir que seu núcleo possui:
 - a) 82 prótons e 133 nêutrons.
 - b) 84 prótons e 131 nêutrons.
 - c) 86 prótons e 129 nêutrons.
 - d) 88 prótons e 127 nêutrons.
 - e) 90 prótons e 125 nêutrons.

2. **UFRGS 2020** Em 26 de abril de 1986, o reator 4 da usina nuclear de Chernobyl, na atual Ucrânia, explodiu durante um teste de segurança, devido a uma combinação de erros humanos. Esse foi o pior desastre nuclear da história. Entre os resíduos radioativos mais poluentes provenientes do desastre, estão os isótopos, com a respectiva meia-vida entre parênteses: Xenônio-133 (^{133}Xe – 5,2 dias), Iodo-131 (^{131}I – 8 dias), Césio-134 (^{134}Ce – 2 anos), Estrôncio-90 (^{90}Sr – 28,8 anos) e Césio-137 (^{137}Ce – 32,2 anos). Atualmente, e por vários anos a seguir, o ^{90}Sr e o ^{137}Ce são as principais fontes de radiação na região afetada pela explosão. A figura abaixo mostra, em particular, a cadeia de decaimentos que leva o ^{137}Ce ao isótopo estável Bário-137 (^{137}Ba).



Os processos indicados pelas setas (1), (2) e (3) são, respectivamente, decaimentos

- a) β^- , β^- e γ .
 b) β^+ , β^- e β^- .
 c) β^+ , β^- e γ .
 d) β^- , β^- e β^+ .
 e) β^+ , β^+ e γ .
3. **Cesgranrio-RJ** Após algumas desintegrações sucessivas, o $^{232}\text{Th}_{90}$, muito encontrado na orla marítima de Guarapari (ES), se transforma no $^{208}\text{Pb}_{82}$. O número de partículas α e β emitidas nessa transformação foi, respectivamente, de:
- a) 6 e 4. d) 4 e 6.
 b) 6 e 5. e) 3 e 3.
 c) 5 e 6.
4. **FEI-SP** Um átomo X, de número atômico 92 e número de massa 238, emite uma partícula alfa, transformando-se num átomo Y, o qual emite uma partícula beta, produzindo um átomo Z. Então:
- a) os átomos Y e X são isótopos.
 b) os átomos X e Z são isótonos.
 c) os átomos X e Y são isóbaros.
 d) o átomo Z possui 143 nêutrons.
 e) o átomo Y possui 92 prótons.
5. **FEI-SP** Sejam A, B, C e D os elementos de uma série radioativa envolvidos no esquema simplificado de desintegração nuclear



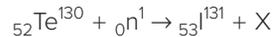
então:

- a) B, C e D são isótopos.
 b) A e D são isóbaros.
 c) C tem 143 nêutrons.
 d) B tem 92 prótons.
 e) A e B são isótonos.
6. **ITA-SP** Considere as seguintes equações relativas a processos nucleares:
- I. ${}^3_3\text{Li}^8 \rightarrow {}^2_2\text{He}^4 + {}^2_2\text{He}^4 + x$
 II. ${}^4_4\text{Be}^7 + y \rightarrow {}^3_3\text{Li}^7$
 III. ${}^5_5\text{B}^8 \rightarrow {}^4_4\text{Be}^8 + z$
 IV. ${}^1_1\text{H}^3 \rightarrow {}^2_2\text{He}^3 + w$
- Ao completar as equações dadas, as partículas x, y, z e w são, respectivamente:
- a) pósitron, alfa, elétron e elétron.
 b) elétron, alfa, elétron e pósitron.
 c) alfa, elétron, elétron e pósitron.
 d) elétron, elétron, pósitron e elétron.
 e) elétron, elétron, pósitron e nêutron.
7. **Fuvest-SP** Um contraste radiológico, suspeito de causar a morte de pelo menos 21 pessoas, tem como principal impureza tóxica um sal que, no estômago, reage liberando dióxido de carbono e um íon tóxico (Me^{2+}). Me é um metal que pertence ao grupo dos alcalinoterrosos, tais como Ca, Ba e Ra, cujos números atômicos são, respectivamente, 20, 56 e 88. Isótopos desse metal Me são produzidos no bombardeio do urânio-235 com nêutrons lentos:



Assim sendo, a impureza tóxica deve ser:

- a) cianeto de bário.
 b) cianeto de cálcio.
 c) carbonato de rádio.
 d) carbonato de bário.
 e) carbonato de cálcio.
8. **PUC-Campinas** O isótopo ${}^{131}_{53}\text{I}$, utilizado no diagnóstico de moléstias da tireoide, pode ser obtido pelo bombardeio de ${}^{130}_{52}\text{Te}$, representado a seguir.



Na equação radioquímica dada, X corresponde a:

- a) próton. d) partícula beta.
 b) nêutron. e) partícula alfa.
 c) pósitron.

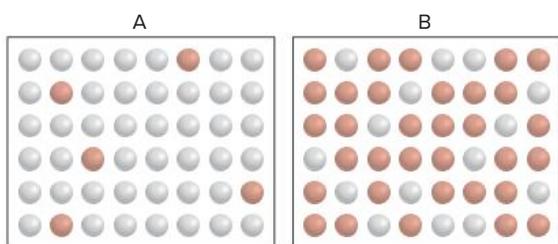
9. **Unesp 2018** No que diz respeito aos ciclos de combustíveis nucleares empregados nos reatores, a expressão “fértil” refere-se ao material que produz um nuclídeo físsil após captura de nêutron, sendo que a expressão “físsil” refere-se ao material cuja captura de nêutron é seguida de fissão nuclear.

(José Ribeiro da Costa. *Curso de introdução ao estudo dos ciclos de combustível*, 1972. Adaptado.)

14. **UnB-DF** Com relação à radioatividade e à natureza da matéria, julgue os itens que se seguem.

- As radiações α e β podem ser separadas por um campo elétrico.
- A radiação utilizada por Rutherford nas experiências que o levaram a propor um novo modelo atômico era de origem extranuclear.
- Sabendo que, quando uma planta morre, a absorção de carbono radioativo cessa, conclui-se que é possível estimar a época em que a planta morreu.
- Átomos de carbono-14, radioativos, sofrem transformações nucleares que os levam a se tornarem átomos de outro elemento químico.

15. Nas figuras a seguir, os círculos brancos representam átomos radioativos e os círculos pintados representam átomos estáveis, isto é, não radioativos.



Se um átomo radioativo explodir, em qual das situações, A ou B, será mais provável ocorrer uma reação em cadeia? Explique.

16. **UnB-DF (Adapt.)** O processo de irradiação pode ser utilizado para aumentar o tempo de conservação dos alimentos, por meio da eliminação de microrganismos patogênicos e de insetos. A irradiação geralmente é feita com raios gama originados do cobalto-60. Acerca da radiação, julgue os itens abaixo.

- Um alimento irradiado contém átomos de cobalto-60 que foram adicionados ao mesmo no processo de tratamento.
- No processo de irradiação, o feixe de raios gama pode ser direcionado aos alimentos por meio de placas elétricas devidamente polarizadas que desviam tais raios.

17. **ITA-SP 2018** Considere as seguintes proposições:

- I. Massa crítica representa a massa mínima de um nuclídeo físsil em um determinado volume necessária para manter uma reação em cadeia.
- II. Reações nucleares em cadeia referem-se a processos nos quais elétrons liberados na fissão produzem nova fissão em, no mínimo, um outro núcleo.
- III. Os núcleos de ^{226}Ra podem sofrer decaimentos radioativos consecutivos até atingirem a massa de 206 (chumbo), adquirindo estabilidade.

Das proposições acima, está(ão) CORRETAS(S)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas I e III.

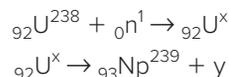
18. **Unirio-RJ** Nos produtos de fissão do urânio-235, já foram identificados mais de duzentos isótopos pertencentes a 35 elementos diferentes. Muitos deles emitem radiação α , β , γ e representam um risco à população. Dentre os muitos nuclídeos presentes no lixo nuclear, podemos destacar o ^{137}Cs (Césio-137), responsável pelo acidente ocorrido em Goiânia. Partindo do ^{137}I , quantas e de que tipo serão as partículas radioativas emitidas até se obter o Cs-137?

- a) 1 partícula β
- b) 1 partícula α
- c) 2 partículas β
- d) 2 partículas α
- e) 2 partículas γ

19. **Fuvest-SP** O cobalto-60 ($_{27}\text{Co}^{60}$), usado em hospitais, tem meia-vida de 5 anos.

Calcule quantos mols de cobalto-60 restarão após 20 anos em uma amostra que inicialmente continha 10 g desse isótopo.

20. **Vunesp** Neptúnio, de símbolo Np, foi o primeiro elemento transurânico preparado em laboratório. Esse elemento foi obtido através das reações nucleares:

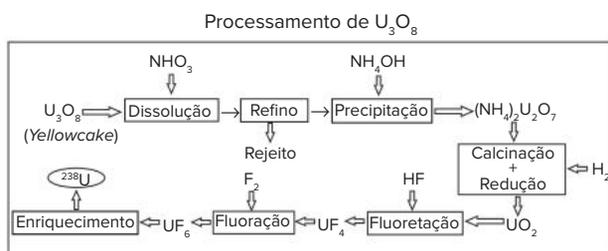


- a) Complete as equações. Forneça o valor de x e identifique a partícula γ .
- b) O neptúnio-239 tem tempo de meia-vida de dois dias. Discuta o significado do tempo de meia-vida do Np.



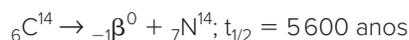
Texto para a questão 21.

A produção de energia nas usinas de Angra 1 e Angra 2 é baseada na fissão nuclear de átomos de urânio radioativo ^{238}U . O urânio é obtido a partir de jazidas minerais, na região de Caetité, localizada na Bahia, onde é beneficiado até a obtenção de um concentrado bruto de U_3O_8 , também chamado de "yellowcake". O concentrado bruto de urânio é processado através de uma série de etapas até chegar ao hexafluoreto de urânio, composto que será submetido ao processo final de enriquecimento no isótopo radioativo ^{238}U , conforme o esquema a seguir.



21. **UFRJ** O rejeito produzido na etapa de refino contém ^{206}Pb oriundo do decaimento radioativo do ^{238}U .
Calcule o número de partículas α e β emitidas pelo ^{238}U para produzir o ^{206}Pb .

22. **UFPR** O elemento carbono existe na natureza em três tipos de isótopos, a saber: ${}_6\text{C}^{12}$, ${}_6\text{C}^{13}$ e ${}_6\text{C}^{14}$. A espécie ${}_6\text{C}^{14}$ reage com o oxigênio atmosférico, formando dióxido de carbono marcado (C^{14}O_2), que é absorvido durante o processo de fotossíntese, pela qual se opera a sua incorporação à cadeia alimentar. Quando ocorre a morte do organismo fotossintetizador, cessa a incorporação de ${}_6\text{C}^{14}\text{O}_2$ (gás). A partir deste instante, o teor de ${}_6\text{C}^{14}$ passa a decrescer devido à reação de desintegração radioativa mostrada abaixo.



O tempo de meia-vida é representado por $t_{1/2}$ e a simbologia ${}_Z\text{X}^A$ corresponde a: Z = número atômico, A = número de massa e X = símbolo do elemento químico.

A técnica de datação com carbono radioativo (${}_6\text{C}^{14}$) é baseada no conhecimento acima e tem sido muito utilizada para determinar a idade de plantas fossilizadas. Considerando essas informações, é correto afirmar:

- Após 5600 anos, não mais existirá o isótopo ${}_6\text{C}^{14}$ na Terra.
- O ${}_7\text{N}^{14}$ apresenta igual número de prótons, elétrons e nêutrons.
- As espécies ${}_6\text{C}^{12}$, ${}_6\text{C}^{13}$ e ${}_6\text{C}^{14}$ apresentam-se com diferentes números de prótons.
- Uma partícula ${}_{-1}\beta^0$ tem características de massa e carga semelhantes às do próton.
- A reação anterior está incompleta, pois o carbono apresentado como reagente não aparece como produto.
- A amostra de uma planta fossilizada que apresenta teor de ${}_6\text{C}^{14}$ igual a 25% daquele encontrado em um vegetal vivo apresenta a idade de 11 200 anos.

23. **UFRJ** A tabela a seguir apresenta os tempos de meia-vida de diversos radioisótopos.

Radioisótopo	^{206}Tl	^{207}Tl	^{209}Pb	^{211}Bi
Tempo de meia-vida	4 min	5 min	3 horas	2 min

Radioisótopo	^{213}Bi	^{223}Ra	^{255}Ac
Tempo de meia-vida	47 min	11 dias	10 dias

- a) O metal alcalinoterroso relacionado na tabela emite uma partícula alfa. Determine o número de nêutrons do produto dessa desintegração.

- b) Por decaimentos sucessivos, a partir do ^{219}Rn , ocorrem as emissões de duas partículas alfa e uma partícula beta, originando um novo radioisótopo X.



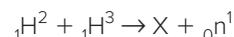
Consultando a tabela apresentada, determine o tempo necessário para que uma massa inicial de 400 g de X seja reduzida a 100 g.

24. **Vunesp** Uma das etapas do decaimento natural do plutônio envolve a passagem de rádio (Ra: Z = 88, A = 225) para actínio (Ac: Z = 89, A = 225). Este processo ocorre com tempo de meia-vida de 15 dias. Pede-se:

- a) escrever a reação nuclear balanceada para o processo de desintegração, fornecendo o nome da partícula emitida. Os núcleos de rádio e actínio que participaram desta reação são isótopos, isóbaros ou isótonos? Justificar.
- b) calcular o tempo necessário para que uma massa inicial de 1 miligrama do núcleo de rádio se reduza a 0,125 miligramas, por meio do processo de desintegração indicado.

25. **Unioeste-PR** Sobre radioatividade, é correto afirmar:

- 01 Na reação de fusão nuclear representada por:



a espécie X deve ter 2 prótons e 2 nêutrons.

- 02 ${}_{53}\text{I}^{131}$ emite uma partícula beta e se transforma em xenônio com A = 135 e Z = 55.

- 04 Sendo a meia-vida do ^{137}Cs igual a 30 anos, o tempo necessário para que 80 gramas de célio decaiam para 5 gramas é de 120 anos.

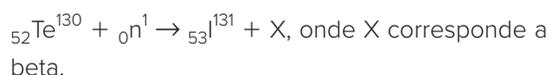
- 08 Um átomo de ${}_{88}\text{Ra}^{223}$ sofre emissão de uma partícula alfa e transforma-se em radônio com A = 227 e Z = 90.

- 16 Nas altas camadas da atmosfera, os raios cósmicos bombardeiam os nêutrons nos átomos de nitrogênio, segundo a equação:



- 32 Átomos de elementos químicos radiativos como urânio, tório e actínio, após sucessivas transformações, estabilizam-se na forma de isótopos estáveis de chumbo com números de massa 206, 207 e 208. Estes átomos de chumbo diferem quanto à configuração eletrônica.

- 64 O isótopo ${}_{53}\text{I}^{131}$, utilizado no diagnóstico de moléstias da tireoide, pode ser obtido pelo bombardeio de ${}_{52}\text{Te}^{130}$.



Soma:

- 26. FMP-RJ 2018** O berquélio é um elemento químico cujo isótopo do ^{247}Bk de maior longa vida tem meia-vida de 1379 anos. O decaimento radioativo desse isótopo envolve emissões de partículas α e β sucessivamente até chegar ao chumbo, isótopo estável ^{207}Pb . O número de partículas emitidas e o tempo decorrido para que certa quantidade inicial se reduza de 3/4 são, respectivamente,

► **Dados:** Pb (Z = 82); Bk (Z = 97).

- a) 10 α , 4 β e 1 034 anos
 b) 10 α , 5 β e 2 758 anos
 c) 4 α , 8 β e 1 034 anos
 d) 5 α , 10 β e 2 758 anos
 e) 5 α , 6 β e 690 anos
- 27. Mackenzie-SP 2018** O isótopo 238 do plutônio ($^{238}_{94}\text{Pu}$) cujo tempo de meia-vida é de aproximadamente 88 anos, é caracterizado por sua grande capacidade de emissão de partículas do tipo alfa. Entretanto, não é capaz de emitir partículas do tipo beta e radiação gama. A respeito desse radioisótopo, são realizadas as seguintes afirmações:

- I. Ao partir-se de 1 kg de plutônio-238, após 176 anos, restarão 250 g desse isótopo.
 II. A equação $^{238}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{234}_{92}\text{U} + \frac{4}{2}\alpha$ representa a emissão que ocorre nesse isótopo.
 III. A quantidade de nêutrons existentes no núcleo do plutônio-238 é de 144.

Considerando-se os conhecimentos adquiridos a respeito do tema e das afirmações supracitadas, é correto que

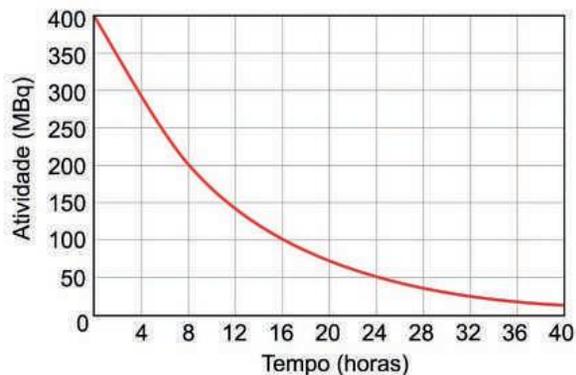
- a) não há nenhuma afirmação verdadeira.
 b) são verdadeiras apenas as afirmações I e II.
 c) são verdadeiras apenas as afirmações I e III.
 d) são verdadeiras apenas as afirmações II e III.
 e) todas as afirmações são verdadeiras.

- 28. Insuper-SP 2019** Algumas categorias de câncer de tireoide podem ser tratadas por meio de um tipo de radioterapia em que o radioisótopo é disponibilizado no interior do organismo do paciente. Dessa forma, a radiação é emitida diretamente no órgão a ser tratado e os efeitos colaterais são diminuídos. O radioisótopo usado nesse tipo de radioterapia decai de acordo com a equação.



O radioisótopo ${}^c_y\text{Q}$ é inserido em cápsulas. Para realizar a radioterapia, o paciente é isolado em instalação hospitalar adequada onde ingere uma dessas cápsulas e permanece internado até que a atividade do radioisótopo atinja valores considerados seguros, o que ocorre após o tempo mínimo correspondente a 3 meias-vidas do radioisótopo.

A figura apresenta a curva de decaimento radioativo para ${}^c_y\text{Q}$.



(<http://www.scielo.br/pdf/abem/v51n7/a02v51n7.pdf>. Adaptado)

O radioisótopo ${}^c_y\text{Q}$ e o tempo mínimo que o paciente deve permanecer internado e isolado quando é submetido a esse tipo de radioterapia são, respectivamente,

- a) $^{131}_{53}\text{I}$ e 12 horas.
 b) $^{131}_{53}\text{I}$ e 72 horas.
 c) $^{131}_{53}\text{I}$ e 24 horas.
 d) $^{131}_{55}\text{Cs}$ 24 horas.
 e) $^{131}_{55}\text{Cs}$ 12 horas.

- 29. UFRJ** O tecnécio, metaestável, é utilizado como reagente de diagnóstico radiológico, pois emite exclusivamente radiação gama. Além disso, o tecnécio pode ser utilizado na forma do íon pertecnetato (TcO_4^-), que se comporta no corpo de forma semelhante aos íons cloreto e iodeto, e é facilmente eliminado pelos rins.

- a) Um laboratório de análises preparou 2 gramas de tecnécio metaestável às 18h de segunda-feira para realizar um exame marcado para as 12h do dia seguinte. Sabendo que a meia-vida deste radioisótopo é de 6 horas, calcule a quantidade de tecnécio metaestável que estará disponível no horário do exame.
 b) O tecnécio metálico, por sua vez, pode ser obtido pela redução do Tc_2S_7 com hidrogênio a 1 100 °C. Escreva a equação desta reação.

- 30. Enem 2015**

A bomba reduz neutros e neutrinos, e abana-se com o leque da reação em cadeia.

ANDRADE C. D. *Poesia completa e prosa*. Rio de Janeiro. Aguilar, 1973 (Fragmento).

Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Essa reação é dita “em cadeia” porque na

- a) fissão do ^{235}U ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
 b) fissão de ^{235}U ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo ^{238}U , enriquecendo-o em mais ^{235}U .
 c) fissão do ^{235}U ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.

- d) fusão do ^{235}U com ^{238}U ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
- e) fusão do ^{235}U com ^{238}U ocorre formação de outros elementos radioativos mais pesados, que desencadeiam novos processos de fusão.

31. UEM-PR 2018 Analise a figura a seguir e responda à questão.



(Disponível em: <http://www.filmeb.com.br/calendario-de-estreias/caverna-dos-sonhos-esquecidos>. Acesso em: 9 out. 2017.)

Com base nos conceitos de Física Moderna e radioatividade do carbono 14 (^{14}C), considere as afirmativas a seguir.

- I. Para medir a idade de uma pintura rupestre como a da figura, é necessário saber que o tempo de meia vida do ^{14}C é de 1 273 anos.
- II. Quando qualquer organismo morre, a quantidade de ^{14}C começa a aumentar, pois as outras quantidades moleculares presentes no organismo diminuem.
- III. O ^{14}C é formado, naturalmente, via raios cósmicos quando esses interagem com núcleos de nitrogênio dispersos na atmosfera.
- IV. A técnica de ^{14}C para datação de cadáveres antigos só se aplica a amostras que tenham, no máximo, 70 mil anos.

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.

32. Enem PPL 2018 O terremoto e o *tsunami* ocorridos no Japão em 11 de março de 2011 romperam as paredes de isolamento de alguns reatores da usina nuclear de Fukushima, o que ocasionou a liberação de substâncias radioativas. Entre elas está o iodo-131, cuja presença na natureza está limitada por sua meia-vida de oito dias. O tempo estimado para que esse material se desintegre até atingir $\frac{1}{16}$ da sua massa inicial é de

- a) 8 dias.
- b) 16 dias.
- c) 24 dias.
- d) 32 dias.
- e) 128 dias.

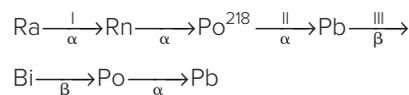
33. Enem 2017 A técnica do carbono-14 permite a datação de fósseis pela medição dos valores de emissão beta desse isótopo presente no fóssil. Para um ser em vida, o máximo são 15 emissões beta/(min g). Após a morte, a quantidade de ^{14}C se reduz pela metade a cada 5 730 anos.

A prova do carbono 14. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br>. Acesso em: 9 nov. 2013 (adaptado).

Considere que um fragmento fóssil de massa igual a 30 g foi encontrado em um sítio arqueológico, e a medição de radiação apresentou 6 750 emissões beta por hora. A idade desse fóssil, em anos, é

- a) 450.
- b) 1 433.
- c) 11 460.
- d) 17 190.
- e) 27 000.

34. Fuvest-SP Rutherford determinou o valor da constante de Avogadro, estudando a série radioativa abaixo onde está indicado o modo de decaimento de cada nuclídeo.

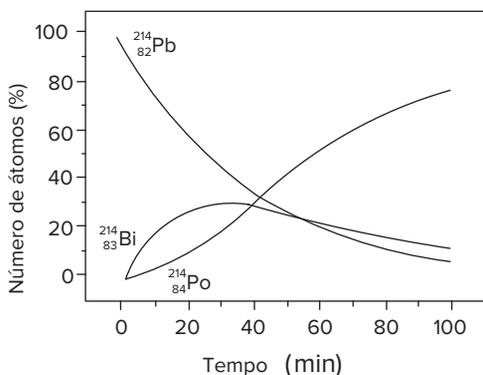


- a) Escreva as equações de desintegração dos nuclídeos nas etapas II e III da série dada. Indique todos os números atômicos e de massa.
- b) Calcule a constante de Avogadro, sabendo que:
 - 1,0 g de rádio, Ra, produz $3,0 \cdot 10^{15}$ partículas α por dia, na etapa I da desintegração.
 - Uma vez formado o radônio, Rn, este e os demais nuclídeos que o sucedem se desintegram rapidamente até dar o último nuclídeo (Pb) da série apresentada.
 - As partículas α transformam-se em átomos de hélio.
 - 1,0 g de rádio, Ra, considerando-se todas as etapas da desintegração, produz, em 80 dias, 0,040 mL de gás hélio, medido a 25 °C e 1 atm.

▶ **Dados:** Volume molar dos gases a 25 °C e 1 atm = 25 L/mol.

▶ **Dica:** Se na etapa I são $3 \cdot 10^{15}$ partículas α por dia, considerando todas as etapas, teremos $12 \cdot 10^{15}$ partículas α por dia. Ao longo de 80 dias, teremos $9,6 \cdot 10^{17}$ partículas α .

35. **ITA-SP** O $^{214}_{82}\text{Pb}$ desintegra-se por emissão de partículas beta, transformando-se em $^{214}_{83}\text{Bi}$ que, por sua vez, se desintegra também por emissão de partículas beta, transformando-se em $^{214}_{84}\text{Po}$. A figura a seguir mostra como varia, com o tempo, o número de átomos, em porcentagem de partículas, envolvidos nestes processos de desintegração. Admita $\ln 2 = 0,69$.



Considere que, para estes processos, sejam feitas as seguintes afirmações:

- I. O tempo de meia-vida do chumbo é de aproximadamente 27 min.
- II. A constante de velocidade da desintegração do chumbo é de aproximadamente $3 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$.
- III. A velocidade de formação de polônio é igual à velocidade de desintegração do bismuto.
- IV. O tempo de meia-vida do bismuto é maior que o do chumbo.
- V. A constante de velocidade de decaimento do bismuto é de aproximadamente $1 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$.

Das afirmações apresentadas, estão corretas:

- a) apenas I, II e III.
- b) apenas I e IV.
- c) apenas II, III e V.
- d) apenas III e IV.
- e) apenas IV e V.

36. **FMP-RJ 2017** Para se determinar a idade de um fóssil, costuma-se usar carbono-14, com meia-vida de 5730 anos, que emite radiação perdendo dois nêutrons. O C-14, assim como o C-12, é absorvido pelas plantas por meio da fotossíntese, e os animais, ao se alimentarem das plantas, fazem com que o C-14 entre na cadeia alimentar.

A proporção entre o carbono-12 e o carbono-14 nos seres vivos permanece constante durante toda sua vida, porém com a morte, não ocorre mais absorção do ^{14}C , diminuindo sua concentração no organismo devido ao seu decaimento radioativo.

Disponível em: <https://mundopre-historico.blogspot.com.br/2011/07/como-se-descobre-idade-dos-fosseis.html>. Adaptado. Acesso em: 18 jul. 2016.

O aparelho que detecta a massa atômica exata de cada elemento químico encontrado no fóssil é o espectrômetro de massa. Considere que, a partir de um caixote de fragmentos de arqueologia fóssil, foram utilizados, no início do experimento, 320 g do carbono-14. Ao final do experimento, verificou-se que foram reduzidos de 310 g.

A idade estimada desse fóssil e a reação de decaimento radioativo do ^{14}C correspondem, respectivamente, a:

- a) 28 650 anos; ${}^6_6\text{C}^{14} \rightarrow {}^2_0\text{n}^1 + {}^6_6\text{C}^{12}$
- b) 28 650 anos; ${}^6_6\text{C}^{14} + {}^2_0\text{n}^1 \rightarrow {}^6_6\text{C}^{16}$
- c) 5 730 anos; ${}^6_6\text{C}^{14} \rightarrow {}^2_1\text{n}^0 + {}^8_8\text{O}^{14}$
- d) 5 730 anos; ${}^6_6\text{C}^{14} \rightarrow {}^2_1\text{n}^0 + {}^8_8\text{C}^{14}$
- e) 5 730 anos; ${}^6_6\text{C}^{14} + {}^2_1\text{n}^0 \rightarrow {}^8_8\text{O}^{14}$

37. PUC-SP 2017

Dados:

Radioisótopo	Meia-vida (anos)	Partícula emitida
Polônio-208	3	α
Rádio-224	6	β

São conhecidos alguns radioisótopos dos elementos polônio e rádio.

Em um experimento, duas amostras de massas diferentes, uma de polônio-208 e outra de rádio-224, foram mantidas em uma caixa de chumbo por 18 anos. Ao final desse período, verificou-se que a massa de cada um desses radioisótopos presente no recipiente era igual a 0,025 mg.

Sobre esse experimento foram feitas algumas observações:

- I. A desintegração β do ^{224}Ra resulta no isótopo ^{224}Pa .
- II. A desintegração α do ^{208}Po resulta no isótopo ^{204}Pb .
- III. A massa inicial de ^{224}Ra na caixa de chumbo era de 0,200 mg.
- IV. A massa inicial de ^{208}Po na caixa de chumbo era de 0,150 mg.

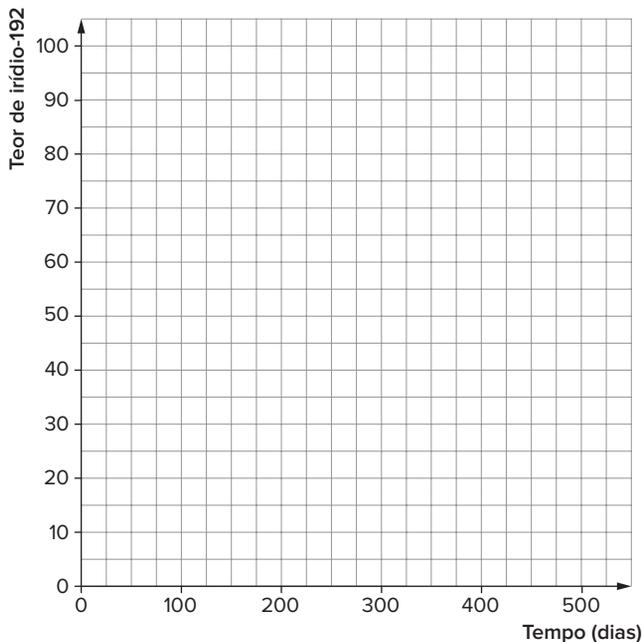
Dados: Ra (Z = 88); Po (Z = 84); Ac (Z = 89); Pb (Z = 82).

Estão corretas apenas as afirmações:

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e III.
- d) II e IV.

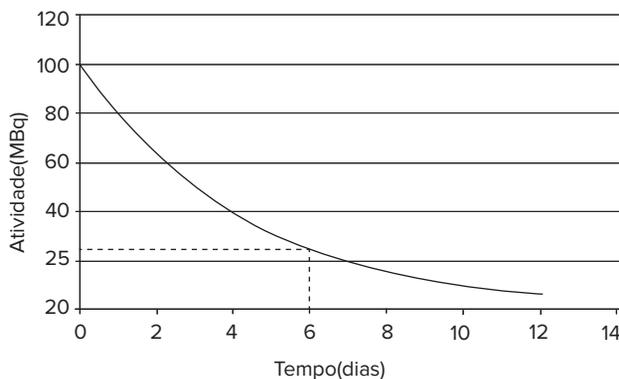
38. **Unifesp 2021** O irídio é um metal muito denso, que possui diversas aplicações, como em contatos elétricos, em agulhas de injeção e em próteses odontológicas. Esse elemento apresenta dois isótopos naturais, Ir-191 e Ir-193, cujas abundâncias na natureza são, respectivamente, 37,3% e 62,7%. O irídio também apresenta diversos radioisótopos artificiais, sendo um deles o Ir-192, emissor de partículas β^- e radiação gama, que é empregado no tratamento de pacientes com câncer. A meia-vida desse radioisótopo é de 74 dias, aproximadamente.

- a) Calcule o número de nêutrons do isótopo natural mais abundante do irídio. Assim como os demais metais, o irídio é bom condutor de eletricidade devido a uma característica da estrutura metálica. Qual é essa característica?
- b) Escreva a equação que representa o decaimento do irídio-192. Construa, utilizando os eixos gráficos disponíveis a seguir, a curva que representa o decaimento radioativo do Ir-192.



39. **Uerj** O isótopo rádio-226, utilizado em tratamentos medicinais, é um alfa-emissor com tempo de meia-vida de 3,8 dias. Para estudar a decomposição do rádio-226, realizou-se um experimento em que uma amostra sólida de 1 mol dessa substância foi introduzida em uma ampola com capacidade de 8,2 L. Nessa ampola, a pressão interna inicial era igual a 1,5 atm e a temperatura, constante em todo o experimento, igual a 27 °C. Considere as informações a seguir:
- o decaimento do rádio-226 produz radônio-222 e hélio-4;
 - os gases hélio e radônio têm comportamento ideal;
 - não há reação entre os gases no interior da ampola.
- Calcule a pressão, em atm, no interior da ampola, 7,6 dias após o início do experimento.

40. **FGV-SP** O gráfico mostra a radioatividade numa amostra de radiofármaco contendo Tl-201, usado em diagnóstico por imagem do miocárdio. A abscissa mostra o número de dias decorridos a partir da produção desse fármaco e a ordenada mostra a radioatividade correspondente naquele dia.



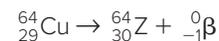
► **Dados:** $\frac{A_i}{A_f} = 2^x$, $x =$ número de meias-vidas e $\log 2 = 0,3$.

A radioatividade nessa amostra (A_f) será cerca de 1 milésimo da inicial (A_i), após:

- a) 15 dias. c) 2 meses. e) 6 meses.
b) 30 dias. d) 4 meses.

41. **Uece 2020** O período de semidesintegração de um elemento radioativo usado em tratamento radioterápico é de 140 dias. Após 560 dias, 80 g de elemento serão reduzidos para
- a) 8,0 g. b) 4,0 g. c) 6,0 g. d) 5,0 g.

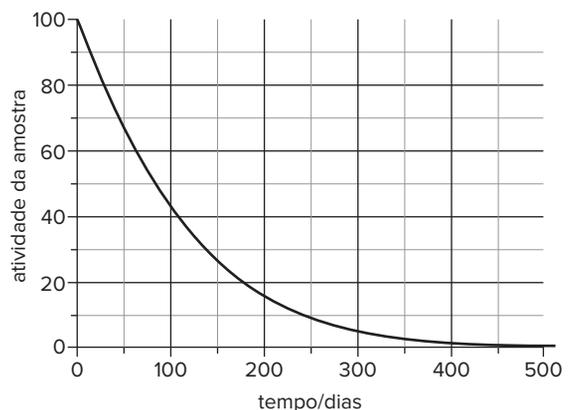
42. **EsPCEX-SP 2015** A meia vida do radioisótopo cobre-64 (${}^{64}_{29}\text{Cu}$) é de apenas 12,8 horas, pois ele sofre decaimento β se transformando em zinco, conforme a representação



Considerando uma amostra inicial de 128 mg de cobre-64, após 76,8 horas, a massa restante desse radioisótopo será de:

- a) 2 mg c) 12 mg e) 54 mg
b) 10 mg d) 28 mg

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



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

EM13CNT303

- Recentemente, o episódio de fechamento de reatores no Canadá e na Europa revelou uma demanda completamente desassistida no Brasil: 100 mil pacientes ficaram sem exames de medicina nuclear por mês no País, devido à carência de tecnécio-99, elemento utilizado em cerca de 90% desses exames. O reator canadense National Research Universal, de onde saía quase 40% da produção mundial de Molibdênio-99 – que dá origem ao Tecnécio-99 –, parou de funcionar por problemas técnicos. Um reator holandês responsável por 30% do Molibdênio-99 do planeta também teve avarias.

GARCIA, João C. Nuclear. “A energia polêmica, mas necessária – O Brasil quer ampliar produção de energia nuclear para fins civis, e entrar no mercado mundial de urânio enriquecido”. *Revista Desafios do Desenvolvimento*, Brasília, ed. 3, 19 nov. 2010. Disponível em: http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1296:reportagens-materias&Itemid=39. Acesso em: 26 fev. 2022.

Consulte a tabela periódica e escreva a reação nuclear citada no texto.



Texto para as questões **2** e **3**.

No desastre da usina nuclear de Chernobyl, ocorrido em abril de 1986 na Ucrânia, um reator nuclear que utilizava urânio-235 explodiu, liberando radiação e partículas na atmosfera. A tabela a seguir traz algumas espécies encontradas no ambiente após o acidente e seus respectivos períodos de meia-vida.

Radionuclídeo	Tempo de meia-vida
Xe ¹³³	5,3 dias
I ¹³¹	8,0 dias
Cs ¹³⁴	2,0 anos
Cs ¹³⁷	30,0 anos
Sr ⁹⁰	28,0 anos
Pu ²³⁹	24 400 anos
Pu ²⁴⁰	6 580 anos

Fonte: CHAPTER II. The release, dispersion and deposition of radionuclides. *NEA-OECD* (Nuclear Energy Agency - Organization for Economic Co-operation and Development). 2002. Disponível em: <https://www.oecd-neo.org/rp/chernobyl/c02.html>. Acesso em: 16 fev. 2021.

EM13CNT103

- No Japão, em 2020, foram detectadas no ar algumas partículas de Sr⁹⁰; no entanto, os cientistas locais afirmaram que a presença do contaminante não teve relação com o desastre nuclear de Fukushima (ocorrido em 2011) e tampouco com os ataques nucleares em Hiroshima e Nagasaki (ocorridos em 1945). A presença desse isótopo foi detectada em pequenas quantidades, denominadas “traço”, o que indica que a quantidade de material detectado é muito baixa, porém não é desprezível. Considerando a tabela apresentada, dê uma explicação plausível para a detecção de Sr⁹⁰ no Japão.

EM13CNT104

- Após o desastre na usina de Chernobyl, o governo local tentou esconder a gravidade do acidente, postergando ações de evacuação das áreas atingidas e de comunicação para o restante do mundo sobre o ocorrido. Sobre esse tema, analise as afirmações a seguir:
 - O governo soviético não precisava avisar outros países sobre o desastre, considerando o tempo de permanência dos compostos na natureza.
 - Acidentes nucleares são incomuns e ocorrem apenas devido a falhas humanas, como em Chernobyl.
 - A meia-vida do plutônio-239 é de 24,4 mil anos, mas a poluição radioativa pode durar mais tempo, considerando que o decaimento desse isótopo pode liberar novos compostos radioativos.

Está(ão) correta(s):

- Somente I.
- Somente II.
- Somente III.
- I e II, apenas.
- II e III, apenas.

FRENTE 2

CAPÍTULO

10

Reações inorgânicas

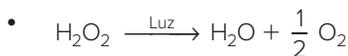
Algumas reações químicas possuem efeitos visuais muito interessantes. É o caso da reação de decomposição mostrada na imagem, que pode ser observada em um experimento que simula um vulcão em erupção. Neste capítulo, vamos estudar as reações de decomposição e outros tipos de reações químicas.

O que motiva a ocorrência de uma reação química?

Todos os fenômenos que ocorrem na natureza buscam maior estabilidade para um sistema. Com uma reação química não poderia ser diferente. Basta que um sistema esteja em situação de instabilidade para que ocorram transformações apropriadas que o conduzam à estabilidade.

Muitas vezes, duas substâncias isoladas constituem sistemas estáveis, mas, quando postas em contato, cria-se uma situação de instabilidade. Isso ocorre principalmente quando são postas em contato uma substância de caráter ácido e outra de caráter básico, uma com forte poder oxidante e outra com forte poder redutor, ou uma com um elemento muito eletropositivo e outra com um elemento muito eletronegativo. É justamente esse antagonismo que estimula a ocorrência de um fenômeno químico.

Isso ocorre algumas vezes, mas não sempre. Há outras reações que são estimuladas pelo simples aquecimento de uma substância, ou pela passagem da corrente elétrica (assunto visto no capítulo 7 da frente 3 – livro 4), ou até mesmo pela simples presença de luz (reação chamada de fotólise). Em geral, o aquecimento ou a exposição à luz estimulam as reações de decomposição, enquanto as eletrólises estimulam as reações de oxirredução. Veja alguns exemplos.



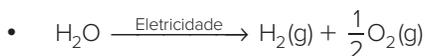
(Decomposição da água oxigenada)

Quando em meios muito concentrados de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o sistema é chamado de peridrol, sendo extremamente instável. Por esse motivo, deve-se ter cuidado com fortes explosões ocasionadas por essa reação.



(Reação da fotossíntese)

Como se pode perceber, a equação simplificada da fotossíntese mostra a transformação do CO_2 e da H_2O em matéria orgânica, com a liberação de O_2 .



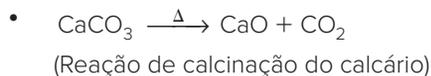
(Decomposição da água)

O H_2 produzido nesse fenômeno é um poderoso explosivo e, quando a reação ocorre de forma controlada, o H_2 pode ser utilizado como um combustível de elevado poder calorífico. Por esse motivo ele é utilizado em foguetes.

! Atenção

Define-se poder calorífico (P.C.) de um combustível como a quantidade de calor liberado em sua queima para cada grama de combustível queimado. Isso pode ser equacionado da seguinte forma:

$$\text{P.C.} = \frac{\Delta H_{\text{comb.}x}}{M_x}$$



Nessa reação, é o calor que estimula a reação de decomposição, sendo por isso utilizado o termo **decomposição térmica**. Essa equação mostra como se produz cal virgem (CaO) a partir do minério calcário, cujo principal constituinte é o carbonato de cálcio (CaCO_3).

Mas esses são somente alguns exemplos de reações. Agora, faremos um estudo bem mais sistemático dos fenômenos químicos, procedendo à classificação dessas reações.

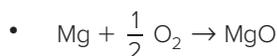
Reações de síntese, adição ou formação

São reações nas quais se parte de duas ou mais substâncias para a formação de uma única.

Esquemáticamente, essas reações podem ser representadas pela seguinte equação genérica:



na qual A, B, ... são substâncias reagentes e P é o único produto formado. Vejamos alguns exemplos.



Como se pode perceber, há dois reagentes para um único produto; portanto, a reação é de síntese. Nesse caso particular, a queima do magnésio pode ser percebida visualmente pela liberação de energia luminosa. Essa luz tem um aspecto bem brilhante e uma intensidade elevada. Devido a isso, essa reação era utilizada em *flashes* descartáveis, somente para uma foto. Se queirmos uma rebarba de magnésio, a luz produzida será a mesma dos *flashes*.



Tira fina de magnésio sendo queimada, produzindo o MgO e liberando uma luz forte e bem brilhante, como em *flashes* fotográficos.

LATINSTOCK/PHOTORESEARCHERS/PHOTORESEARCHERS

- $C + O_2 \rightarrow CO_2$
(Reação de queima do carbono componente do carvão usado para churrasco, por exemplo)
- $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH(aq)$
(Reação de síntese do hidróxido de amônio, para a produção de desinfetantes)
- $S + O_2 \rightarrow SO_2$ (1)
 $SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow SO_3$ (2)
 $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (3)

Essas três reações de síntese representam a formação do H_2SO_4 presente na chuva ácida a partir das impurezas dos combustíveis fósseis. A principal impureza é constituída pelo enxofre, que irá culminar em ácido sulfúrico.

! Atenção

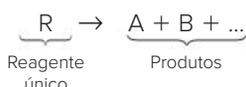
Alguns autores costumam denominar a reação mostrada pela equação 1 como reação de formação total, porque parte de substâncias simples. Quando há algum reagente composto, como mostrado nas equações 2 e 3, a formação é chamada parcial.

- $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
Essa é uma reação que ocorre no solo, depois da adição de óxido de cálcio ao solo. Com a umidade natural, há a formação do $Ca(OH)_2$, substância básica que neutraliza e corrige a acidez excessiva do solo.

Reações de análise ou decomposição

São reações nas quais se parte de um único reagente para a formação de dois ou mais produtos.

Esquemáticamente, essas reações podem ser representadas pela seguinte equação genérica:



onde R é o reagente único que forma as substâncias produto A, B, Vejamos alguns exemplos:

- $2 KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2 KCl + 3 O_2$
(Reação de decomposição térmica do clorato de potássio, com liberação de gás oxigênio)
- $CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$
(Reação de calcinação do calcário)
- $2 HgO \xrightarrow{\Delta} 2 Hg + O_2$
(Reação utilizada por Lavoisier na formulação da lei da conservação das massas, em que ele aproveitou também para dar nome ao gás oxigênio)
- $\langle H_2CO_3 \rangle \rightarrow H_2O + CO_2$ (1)
- $\langle H_2SO_3 \rangle \rightarrow H_2O + SO_2$ (2)
- $NH_4OH \xrightarrow{\Delta} NH_3 + H_2O$ (3)

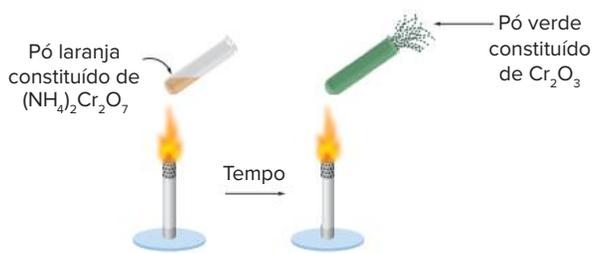
! Atenção

Os símbolos $\langle x \rangle$ indicam que a substância x é instável, sofrendo decomposição mesmo em condições ambientes, de forma espontânea.

Essas três últimas reações são particularmente importantes, já que cada uma delas libera um tipo de gás diferente. A equação (3) representa o princípio da brincadeira denominada “sangue do diabo”, que é uma mistura de solução aquosa de hidróxido de amônio com o indicador fenolftaleína. Em meio básico, esse indicador adquire coloração rósea. Quando jogado em uma roupa branca, com o calor do corpo, ocorre a reação de decomposição mostrada pela equação (3). Com a liberação de NH_3 , a fenolftaleína volta a ser incolor, só deixando na roupa a parte molhada, que seca naturalmente, mas leva um tempo maior.

- $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{\Delta} N_2 + Cr_2O_3 + 4 H_2O$

Essa é uma reação que se tornou uma prática de laboratório bastante utilizada, por ter um efeito visual bem peculiar. O dicromato de amônio $((NH_4)_2Cr_2O_7)$ é um pó laranja que, quando colocado em um tubo de ensaio e com forte aquecimento (por meio do bico de Bunsen), sofre uma reação de decomposição violenta, com uma grande liberação de gás. O sólido que sobra é verde-escuro, constituído pelo óxido de fórmula Cr_2O_3 . A liberação quase que instantânea de gases dentro do tubo espalha esse pó verde, expulsando-o para fora do tubo. É por esse motivo que costuma-se chamar essa reação de “vulcãozinho”. Veja o que ocorre esquematicamente no desenho a seguir.



A reação de decomposição térmica do $(NH_4)_2Cr_2O_7$ é explosiva.

- $2 NaOH \xrightarrow{\Delta} Na_2O + H_2O$
(Reação de decomposição de uma base, formando óxido por desidratação)
- $Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O \xrightarrow{\Delta} Na_2SO_4 + 10 H_2O$
(Reação de desidratação de um sal hidratado)

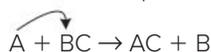
Reações de simples troca ou deslocamento

São reações em que apenas o cátion ou o ânion é substituído em uma substância composta. São reações de oxirredução.

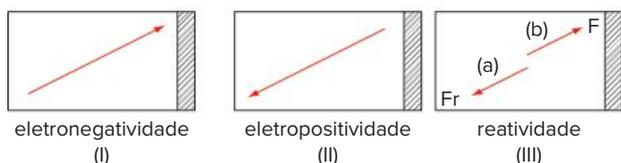
As reações de deslocamento podem ser subdivididas em simples troca catiônica e simples troca aniônica.

Reações de simples troca catiônica

Podem ser representadas esquematicamente por:

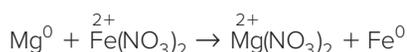


Nesse caso, a substância simples A deve ser formada por um elemento mais eletropositivo que o cátion B da substância composta BC. Se isso não ocorrer, não haverá a reação de deslocamento, pois o elemento B é um cátion mais eletropositivo que A, e não haverá razão para que A saia de Nox zero e sofra oxidação e para que B saia de Nox positivo e sofra redução. Como aprendemos em oxirredução, o elemento que sofre oxidação frente a outro deve ser o mais eletropositivo; da mesma forma, para um elemento sofrer redução frente a outro, ele precisa ser o mais eletronegativo. No capítulo 2 da frente 1 do livro 1, em propriedades periódicas dos elementos, você aprendeu que quanto mais eletropositivo ou eletronegativo for um elemento químico, mais reativo ele será. Veja os seguintes esboços.

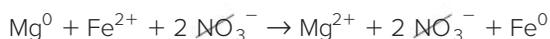


Por meio do esboço na tabela (III), podemos ter informações sobre a força que os elementos têm no deslocamento de outros. A flecha indicada por (a) mostra a capacidade de deslocamento catiônico. Por exemplo: como o potássio está mais próximo do frâncio que o magnésio, o potássio tem maior força que o magnésio no deslocamento catiônico.

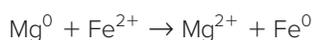
Como também se pode perceber, um deslocamento catiônico é uma reação de oxidorredução, que pode ser escrita na forma iônica. Veja o exemplo a seguir.



Mas, em solução, os sais se dissociam da seguinte forma:



Os íons NO_3^- só estão presentes garantindo a neutralidade elétrica da solução, mas não participam nem interferem no deslocamento catiônico, que pode ser equacionado da forma iônica, como mostrado a seguir.

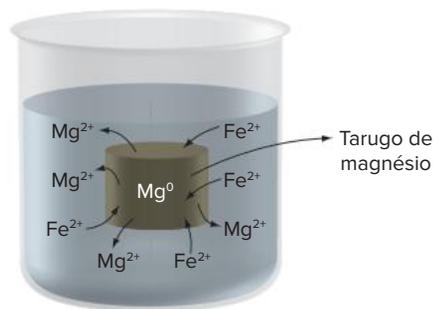


A respeito da equação anterior, duas observações, importantes e conclusivas, podem ser feitas.

I. As reações de deslocamento catiônico são realmente de oxirredução. Como já se esperava, o magnésio, elemento mais eletropositivo, sofre oxidação e perde seus elétrons. Já os íons Fe^{2+} , espécies mais

eletronegativas, sofrem redução e ganham os elétrons do magnésio. Esse é um fenômeno absolutamente espontâneo, que se torna mais espontâneo quanto mais eletropositivo (e, portanto, reativo) for o elemento que compõe a substância sólida.

II. Nesses casos de deslocamento catiônico, a substância simples irá para a solução aquosa, enquanto o cátion da substância composta em solução irá transformar-se em substância simples sólida metálica (na maioria dos casos) ou no gás hidrogênio, H_2 . Observe o esquema.



O metal mais reativo vai para a solução, oxidando-se, e os cátions da solução, menos reativos, vão para a forma sólida metálica, depositando-se na superfície do mais reativo.

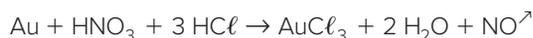
Apesar de essas informações explicarem de forma bastante clara o porquê dos deslocamentos, a ordem de reatividade dos metais e dos elementos com tendência a se oxidarem não foi determinada por eletropositividade ou eletronegatividade, mas sim experimentalmente, em laboratório, por tentativa e erro. Veja como era feito:

1. Adotavam-se três metais e suas respectivas soluções aquosas. Os metais serão representados por X, Y e Z e seus cátions por X^+ , Y^+ e Z^+ , respectivamente.
2. Montava-se a seguinte tabela.

Metal	X	Y	Z
Cátion X^+			
Cátion Y^+			
Cátion Z^+			

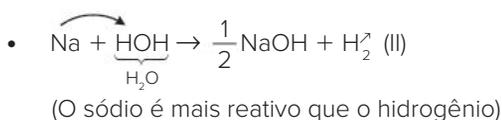
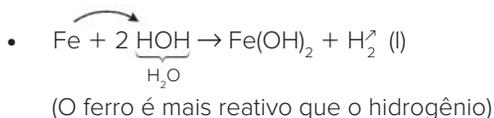
3. Realizavam-se em laboratório todas as tentativas de combinação, mostradas na tabela anterior; juntando-se X e X^+ , X e Y^+ , X e Z^+ etc.
4. As reações que ocorriam eram anotadas positivamente (e poderiam ser verificadas pela mudança de cor na solução aquosa e/ou pelo depósito de um metal de coloração diferente do original inserido) e as que não ocorriam (não havia mudanças de cor na solução ou no metal) negativamente. Vamos supor uma tabela já pronta, obtida no laboratório, como a mostrada a seguir.

reagir com o Au, o metal menos reativo de todos. Veja um exemplo do que ocorre em uma reação de ouro com água-régia por meio da seguinte equação.



Essa é apenas uma das possíveis reações do ouro com a água-régia. Na realidade, essa é uma representação simplificada do processo, já que a melhor representação seria pela equação iônica. Todavia, ela nos dá uma boa ideia de como o ouro pode reagir com a água-régia, porém sem produzir gás hidrogênio (H_2).

Ainda vale lembrar as reações de simples troca catiônica entre metais comuns e água. Vejamos:

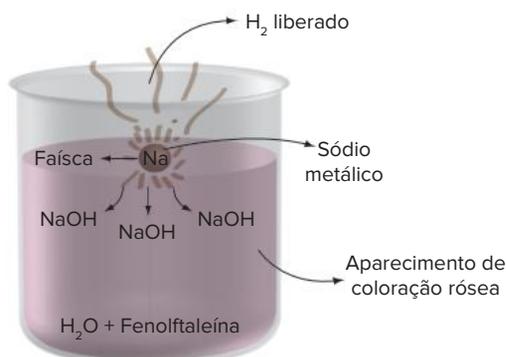


! Atenção

A água, em reações de deslocamento, pode ser representada por HOH, o que facilita a visualização da troca entre os elementos eletropositivos.

Nos dois casos anteriores, as reações ocorrem, mas com velocidade e espontaneidade bem distintas. Como o ferro está próximo do hidrogênio na fila de reatividade, a reação é bastante lenta e quase imperceptível. Além disso, o que contribui para essa lentidão é que o hidrogênio vem da água (que é um composto bem estável) e não de um ácido. Já no caso do sódio metálico, que possui uma enorme reatividade, o fato de o hidrogênio vir da água não impede que o processo seja rápido.

A liberação do gás hidrogênio pode provocar faíscas e até mesmo explosão (por isso, deve-se tomar muito cuidado), já que o gás hidrogênio queima com facilidade, liberando grande quantidade de calor. Se na água houver o indicador fenolftaleína, percebe-se facilmente a formação de uma base no processo, com o aparecimento da coloração rósea. Veja no esquema a seguir.



Esquema prático da reação de Na com H_2O , mostrando a formação de base e a liberação de gás hidrogênio.

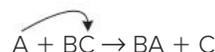
Se à solução da figura anterior forem adicionadas gotas de limão, a explosão é certa, com enorme possibilidade de quebra do copo de béquer. Isso ocorre porque há um aumento grande da concentração de H^+ na solução, o que faz com que a velocidade da reação aumente de forma significativa.

! Atenção

No caso da água participando em reações de deslocamento, a reação com metais alcalinos e alcalinoterrosos tem boa velocidade e é facilmente perceptível. Com metais comuns, a reação ocorre, mas é muito lenta, quase imperceptível. Com metais nobres não ocorre reação.

Reações de simples troca aniônica

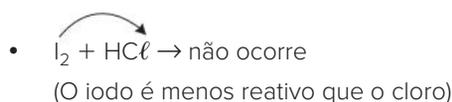
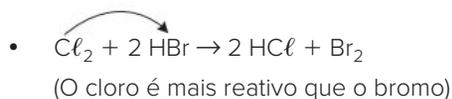
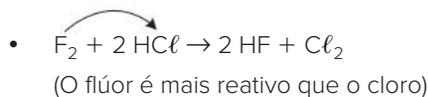
Podem ser representadas esquematicamente por:

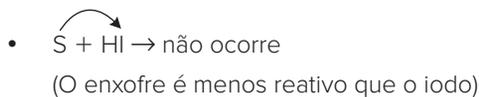


Nesse caso, vale o pensamento oposto ao da simples troca catiônica. A substância simples A agora deve ser formada por um elemento mais eletronegativo que o ânion C da substância composta BC. Somente assim, com A sendo mais reativo que C, é que A estará apto a se reduzir, obrigando C a oxidar. Com isso, C sai da solução e, na maioria das vezes, torna-se um gás, enquanto A vai para a solução. Nas propriedades periódicas mostradas na simples troca catiônica, a flecha indicada por (b) (Tab. III) mostra a capacidade de deslocamento aniônico. Quanto mais eletronegativo for o elemento A em relação ao elemento C, mais espontâneo será o deslocamento. Apesar de essas explicações elucidarem o porquê dos deslocamentos aniônicos, a ordem decrescente de reatividade dos ametais foi determinada experimentalmente, pelo mesmo método da simples troca catiônica. O resultado obtido foi:

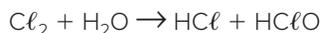


Portanto, nessa fila de reatividade dos ametais, os elementos da esquerda deslocam os da direita, e são dissolvidos em solução aquosa. Aqui, como no caso da simples troca catiônica, quanto mais distantes os elementos estiverem na fila, mais espontânea e rápida será a reação, caso ela ocorra. Veja alguns exemplos.





Há, porém, uma reação importante que ocorre entre o cloro (Cl_2) e a água (H_2O) que foge da regra geral:

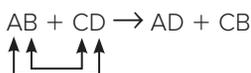


É por meio dessa reação que se faz o saneamento da água em estações de tratamento e em piscinas. O ácido hipocloroso formado tem forte ação bactericida e, com isso, faz a limpeza biológica da água.

Reações de dupla-troca

São reações em que o cátion de uma substância une-se ao ânion de outra, e vice-versa. Não são reações de oxirredução.

Esquemáticamente, podemos representar essas reações por meio da seguinte equação genérica:



onde A e C são cátions e B e D ânions.

Como todas as reações químicas, as reações de dupla-troca só ocorrem em condições naturais se os reagentes forem menos estáveis que os produtos formados. Isso ocorre quando há formação de um gás, ou a formação de um precipitado, ou a formação de um composto de caráter mais covalente, como água, ou como um ácido mais fraco ou como uma base mais fraca. Caso isso não ocorra, ou seja, nenhuma dessas três condições seja satisfeita, não há estímulo algum para a ocorrência da reação.

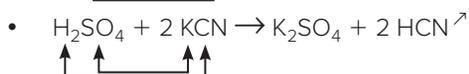
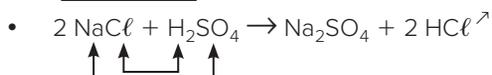
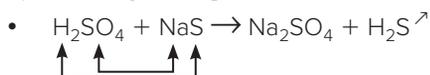
! Atenção

As três condições, cada uma delas suficiente por si só, para que ocorra uma reação de dupla-troca são:

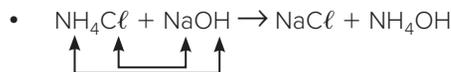
- formação de gás;
- formação de precipitado;
- formação de eletrólito mais fraco que os reagentes.

Vejam os casos separadamente.

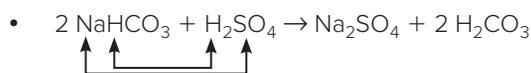
a) Formação de gás:



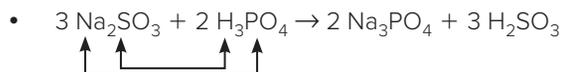
Esta última reação produz o “gás da morte” (HCN), utilizado nas câmaras de gás para punições de pena de morte, em estados norte-americanos.



Quando aparecer NH_4OH nos produtos, converta-o em NH_3 e H_2O . Assim, a reação é corretamente equacionada da seguinte forma:



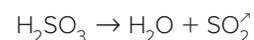
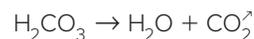
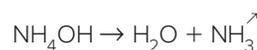
Quando aparecer o H_2CO_3 nos produtos, converta-o em H_2O e CO_2 . Portanto, temos:



Quando aparecer o H_2SO_3 nos produtos, converta-o em H_2O e SO_2 . Portanto:

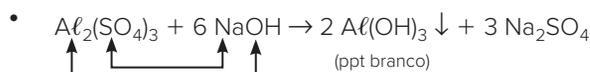
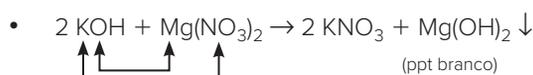
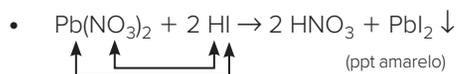
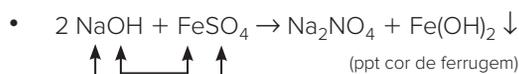
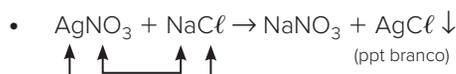


! Atenção



b) Formação de precipitado:

Para saber quais são as substâncias praticamente insolúveis em água, é preciso relembrar a solubilidade das bases e dos sais (capítulos 4 e 5 desta mesma frente, no livro 2). Algumas reações comuns são mostradas a seguir.



Esta última é a reação utilizada em estações de tratamento de água, em que o hidróxido de alumínio, chamado de floculador, carrega as sujeiras da água para o fundo, no momento de sua sedimentação.

c) Formação de eletrólito mais fraco:

Nesse caso, estão incluídas as substâncias que reagem formando água, como, por exemplo, todas as reações de neutralização. Veja:

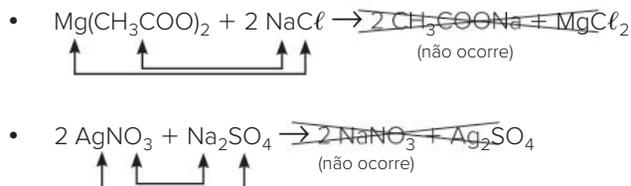
- $\text{HNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
(A água é um eletrólito muitíssimo fraco)
- $3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{O}$
Ainda podemos ter a formação de um ácido fraco ou uma base fraca.
- $\text{HCl} + \text{NaNO}_2 \rightarrow \text{NaCl} + \text{HNO}_2$
(eletrólito mais fraco)
- $3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{Na}_3\text{BO}_3 \rightarrow 3 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_3\text{BO}_3$
(eletrólito mais fraco)
- $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NH}_4\text{OH}$
(eletrólito mais fraco)

d) Casos que não ocorrem:

Para não ocorrer uma reação de dupla-troca, é preciso não haver formação de gás, ou precipitação, ou substância mais covalente. Veja alguns exemplos.



Pelo mesmo motivo, também não ocorrem as reações representadas pelas seguintes equações:



Revisando

1. **UFRRJ** O bicarbonato de sódio é um antiácido usado comumente para combater a acidez estomacal. Ele se decompõe termicamente formando gás carbônico, além de dois outros produtos.

a) Identifique os produtos equacionando a equação.

b) Escreva a expressão matemática para a constante de equilíbrio.

c) Analise o tipo de reação ocorrida.

2. **ITA-SP** Explique em que consiste o fenômeno denominado chuva ácida. Na sua explicação devem constar as equações químicas que representam as reações envolvidas.

3. **UFG-GO** Observe a tabela de conversões de energia a seguir.

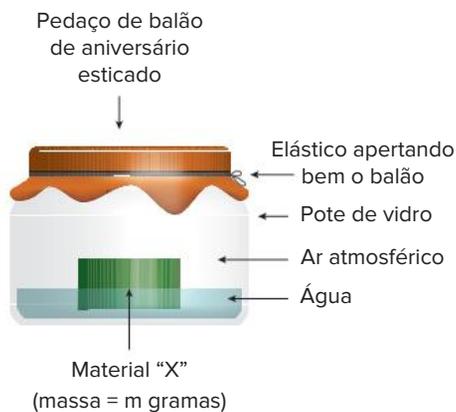
De/Para	Elétrica	Térmica	Mecânica	Química
Química	Bateria ou pilha	Digestão de alimentos	Músculo	Reações químicas
Elétrica	Transformador	Ferro de passar roupa	Ventilador	Galvanização
Mecânica	Gerador	Frenagem	Engrenagem	–

Considerando a tabela acima, responda:

a) Em quais conversões há ruptura de ligação química?

b) Quais conversões são exemplos de fenômenos físicos e quais são exemplos de fenômenos químicos? (Q) = fenômeno químico e (F) = fenômeno físico.

4. **PUC-Campinas (Adapt.)** Para responder à questão, considere a seguinte experiência feita com materiais caseiros. Quatro conjuntos iguais a este foram montados, variando-se o material “X”, a saber:



Conjunto	Material “X”
1	Esponja de aço
2	Palha de aço
3	Prego comum
4	Ferrugem

Os conjuntos foram deixados em repouso por alguns dias, à temperatura ambiente, e observações diárias foram feitas. As observações realizadas mostraram que um dos conjuntos teve a borracha do balão de aniversário “afundada” para dentro do frasco antes dos demais e um dos outros conjuntos não mostrou variação na posição da borracha. Quais são os conjuntos de cada fenômeno? Por quê?

Exercícios propostos

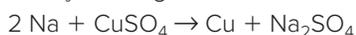
1. Classificar a reação a seguir.



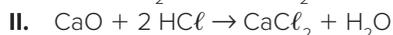
2. Classificar a reação a seguir.



3. Classificar a reação a seguir.

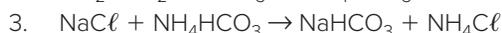
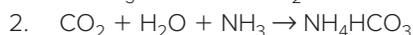
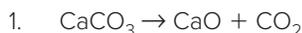


4. O óxido de cálcio (CaO) é classificado como “óxido básico”, pois reage com água produzindo base e reage com ácidos produzindo sal e água. Conhecendo as equações que representam as reações citadas, classifique-as.



5. **FEI-SP** Considerando as reações químicas representadas pelas equações da coluna I, faça associação com os dados da coluna II, de acordo com a classificação correta.

Coluna I



Coluna II

I. reação de síntese ou adição.

II. reação de decomposição ou análise.

III. reação de deslocamento.

IV. reação de dupla-troca.

a) 1 – II; 2 – III; 3 – I; 4 – III

b) 1 – II; 2 – I; 3 – IV; 4 – III

c) 1 – I; 2 – II; 3 – III; 4 – IV

d) 1 – I; 2 – III; 3 – II; 4 – IV

e) 1 – III; 2 – IV; 3 – I; 4 – II

6. **UTFPR** A equação: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$, representa a reação de obtenção da cal virgem, utilizada na construção civil. Esta reação é do tipo:

a) síntese.

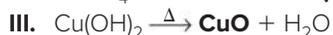
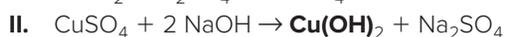
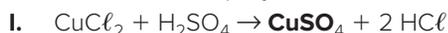
b) análise.

c) simples troca.

d) dupla-troca.

e) formação.

7. **UTFPR** Dadas as equações:



A classificação da reação equacionada e a função química do composto assinalado em negrito são:

a) em I, dupla troca e ácido.

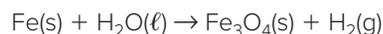
b) em II, dupla troca e base.

c) em III, síntese e óxido.

d) em I, simples troca e sal.

e) em III, análise e sal.

8. **Uepa 2015** Alguns metais reagem com a água, quando aquecidos, formando óxidos e liberando gás hidrogênio, como no caso da reação abaixo:



Considerando a reação acima (não balanceada), é correto afirmar que:

a) é uma reação de decomposição.

b) é uma reação de neutralização.

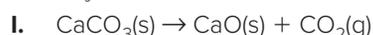
c) é uma reação de oxidação-redução.

d) é uma reação que libera um mol de H_2 .

e) é uma reação que consome um mol de H_2O .

9. **UFSM-RS 2014** Na produção de eletricidade, são, algumas vezes, usados geradores a óleo. Quando o óleo queima, produz SO_2 que deve ser eliminado antes de ser emitido ao ar, pois é formador de chuva ácida. Um dos métodos para a sua eliminação usa o calcário, produzindo sulfito de cálcio que, posteriormente, é removido por precipitação eletrostática.

As reações envolvidas na eliminação do SO_2 são:



As reações 1 e 2 denominam-se, respectivamente, reações de

a) deslocamento e análise.

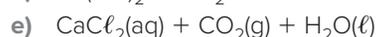
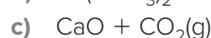
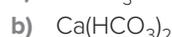
b) deslocamento e síntese.

c) síntese e análise.

d) análise e síntese.

e) síntese e deslocamento.

10. **FMP-RJ 2014** O carbonato de cálcio é um agente muito usado como antiácido e como suplemento de cálcio ao organismo. Como fontes desse sólido, temos as conchas de moluscos e o esqueleto de corais, por exemplo, além de ser encontrado no giz usado em sala de aula. Se aquecido a altas temperaturas, o carbonato de cálcio se decompõe, ou sofre um processo de calcinação, produzindo cal virgem. O(s) produto(s) da reação de decomposição térmica do carbonato de cálcio é(são)



11. **IFCE 2019** No nosso dia a dia é muito comum encontrarmos a matéria sofrendo uma série de transformações. Quando a transformação é muito brusca, de modo que modifica as propriedades dos materiais a ponto de, no decorrer da transformação, surgirem novas substâncias, diz-se que ocorreu uma reação química.

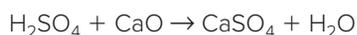
A reação $\text{Ca} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2$ pode ser classificada, quanto à relação entre o número de substâncias que reagem e o número de substâncias produzidas, como sendo de

- análise.
- dupla-troca.
- síntese.
- adição.
- simples troca.

12. Um dos fatores que atuam na formação da chuva ácida é a presença de enxofre nos combustíveis extraídos do petróleo. Nos motores que utilizam tais combustíveis, durante a queima, o enxofre reage com oxigênio formando dióxido de enxofre, que é um gás e é liberado para a atmosfera pelo escapamento dos veículos (reação I). Esse gás, na atmosfera, reage com oxigênio formando o trióxido de enxofre (reação II), que, ao entrar em contato com a água da chuva, forma o ácido sulfúrico (reação III), que é o responsável pela chuva ácida. Classifique a equação de número I.

- $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ (dentro do motor)
- $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$ (na atmosfera)
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

13. Dada a equação:



A reação representada pela equação acima é classificada como sendo de:

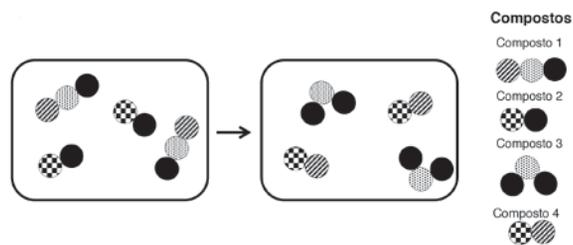
- análise.
- síntese.
- decomposição.
- simples troca.
- dupla-troca.

14. Em relação às equações químicas a seguir, assinale a opção correta.

- $2 \text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2$
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{MgSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca} + \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Zn}$

- I representa uma reação de síntese do clorato de potássio.
- I representa uma reação de decomposição do clorato de potássio.
- II representa uma reação de hidrólise de um sal.
- II representa uma reação de oxirredução.
- III representa, simultaneamente, uma reação de deslocamento e de oxirredução.

15. **IFSC 2015** Considere a figura abaixo:



Com base na figura, assinale a soma da(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

- O composto 2 pode ser hidróxido de sódio e o composto 3 pode ser ácido clorídrico.
- Esta figura pode representar uma reação química de neutralização.
- Esta figura pode representar uma reação de simples troca.
- O composto 2 pode ser ácido clorídrico e o composto 4 pode ser cloreto de potássio.
- A reação representada não está balanceada e não pode ocorrer.

Soma:



Texto para a questão 16.

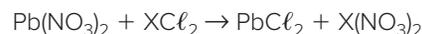
Dadas as equações químicas abaixo, responda à questão:

- Metano + Ar \xrightarrow{E} produtos $\Delta H^\circ -802$ (kJ/mol)
- $\text{HCl} + \text{KOH} \rightarrow$ produtos $\Delta H^\circ -55$ (kJ/mol)
- $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{produtos}$ $\Delta H^\circ +178,2$ (kJ/mol)

16. **UEPB 2014** Quais os tipos de reações, respectivamente, que ocorrem nas equações I, II e III?

- Aeração, hidrogenação e sulfonação.
- Hidrólise, cloração e oxirredução.
- Combustão, neutralização e decomposição.
- Dupla-troca, ácido-base e combustão.
- Neutralização, dupla-troca e oxirredução.

17. **UFRJ** Na reação representada a seguir:



onde X representa um elemento químico, são consumidos 11,1 g de XCl_2 para precipitar 27,8 g de cloreto de chumbo II.

► **Dados:** Cl = 35,5; Pb = 207.

- Classifique essa reação.
- Qual o nome do composto XCl_2 ? Justifique sua resposta.

18. **Cefet-PR**

O monóxido de carbono é usado pela indústria química por duas razões:

- pode ser obtido a partir de reservas que contêm carbono, tais como carvão ou gás natural;
- constitui-se em uma estrutura básica a partir da qual moléculas orgânicas mais complexas podem ser formadas.

Para muitas reações, o monóxido de carbono é usado em combinação com o hidrogênio, como na reação do carvão com o vapor-d'água, mostrada a seguir:

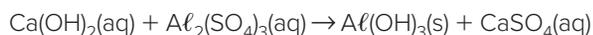


Química Nova na Escola. v. 9, 1999, p. 3.

A reação mostrada acima seria um exemplo de reação de:

- a) simples troca.
- b) decomposição.
- c) dupla-troca.
- d) síntese.
- e) análise.

19. UFPB Uma das etapas do tratamento da água para consumo consiste na adição de cal viva e de sulfato de alumínio à água a ser tratada. Essas substâncias reagem conforme a equação química não balanceada a seguir:



O hidróxido de alumínio formado na reação tem a função de agregar as impurezas sólidas contidas na água, formando bolas que se depositam no fundo dos tanques e são retiradas, ficando apenas água limpa. Com base nessas informações, é correto afirmar:

- a) Os coeficientes que tornam a equação balanceada são respectivamente 2, 3, 2 e 3.
- b) A reação é de dupla troca, com formação de precipitado.
- c) A reação é de simples troca, com oxidação-redução.
- d) A reação é de síntese, com formação de precipitado.
- e) A reação é de decomposição, com oxidação-redução.

20. Udesc Analise as equações:

- I. $\text{K}_2\text{S(aq)} + 2 \text{HClO}_3\text{(aq)} \rightarrow 2 \text{KClO}_3\text{(aq)} + \text{H}_2\text{S(aq)}$
- II. $\text{Zn(OH)}_2\text{(s)} \rightarrow \text{ZnO(s)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- III. $\text{Cl}_2\text{(g)} + 2 \text{HI(aq)} \rightarrow \text{I}_2\text{(s)} + 2 \text{HCl(aq)}$

A classificação da reação equacionada e o nome do composto em negrito são respectivamente:

- a) em II, reação de simples troca e óxido de zinco.
- b) em III, reação de simples troca e ácido perclórico.
- c) em I, reação de dupla troca e cloreto de potássio.
- d) em II, reação de decomposição e hidróxido de zinco.
- e) em I, reação de dupla troca e clorato de potássio.

21. Mackenzie-SP Reação de deslocamento simples, de cátion, é mostrada na equação:

- a) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- b) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- c) $\text{Cu} + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Cu(NO}_3\text{)}_2 + 2 \text{Ag}$
- d) $2 \text{KBrO}_3 \rightarrow 3 \text{O}_2 + 2 \text{KBr}$
- e) $2 \text{KBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{KCl} + \text{Br}_2$

22. UPF-RS 2018 Analise as representações das equações das reações a seguir.

- I. $2 \text{Ca(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{CaO(s)}$
- II. $2 \text{KOH(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4\text{(aq)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$
- III. $\text{CaCO}_3\text{(s)} \rightarrow \text{CaO(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$
- IV. $3 \text{H}_2\text{(g)} + \text{N}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{NH}_3\text{(g)}$

Essas reações são classificadas, nessa ordem, como

- a) oxirredução, neutralização, oxirredução e oxirredução.
- b) decomposição, oxirredução, neutralização e síntese.
- c) decomposição, neutralização, síntese e oxirredução.
- d) síntese, decomposição, neutralização e oxirredução.
- e) oxirredução, neutralização, decomposição e síntese.

23. Unisc-RS 2017 Ao jogar uma moeda de cobre em uma solução de nitrato de prata, observa-se a formação de um depósito de prata metálica sobre a moeda. Classifique esta reação de acordo com a formação de nitrato de cobre (II).

- a) Reação de decomposição.
- b) Reação de deslocamento.
- c) Reação de síntese.
- d) Reação de análise.
- e) Reação de dupla-troca.

24. Mackenzie-SP A classificação das reações a seguir equacionadas é, respectivamente:

- I. $\text{NH}_4\text{Cl(s)} + \text{NaOH(s)} \rightarrow \text{NaCl(s)} + \text{NH}_3\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- II. $\text{P}_2\text{O}_5 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{PO}_4$
- III. $3 \text{Cl}_2 + 2 \text{AlBr}_3 \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{Br}_2$
- a) salificação, ionização e dupla-troca.
- b) decomposição, adição e dupla-troca.
- c) simples troca, análise e adição.
- d) dupla-troca, adição e deslocamento simples.
- e) adição, dupla-troca e salificação.

25. Mackenzie-SP $1 \text{KBrO}_3 \rightarrow 1 \text{KBr} + y \text{O}_2$

Relativamente à equação acima, podemos afirmar que:

- a) representa uma reação de síntese.
- b) apresenta, como produtos, duas substâncias compostas.
- c) se y for igual a $\frac{3}{2}$ a equação fica corretamente balanceada.
- d) KBrO_3 é o brometo de potássio.
- e) não se verifica, nas substâncias, mudança do número de oxidação.

26. Col. Naval-RJ 2016 A azia é um desconforto gástrico que pode ser combatido pela ingestão de uma pequena quantidade de leite de magnésia, que nada mais é que uma solução aquosa de hidróxido de magnésio. Essa base neutraliza o excesso de ácido clorídrico estomacal que causa desconforto. Assinale a opção que apresenta a equação dessa reação química balanceada e sua classificação.

- $\text{Mg(OH)}_2 + \text{HClO} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ é uma reação de simples troca.
- $\text{MgOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl} + \text{H}_2\text{O}$ é uma reação de deslocamento.
- $2 \text{Mg(OH)}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ é uma reação de análise.
- $\text{MgO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2$ é uma reação de síntese.
- $\text{Mg(OH)}_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ é uma reação de dupla-troca.

27. UTFPR Existem muitas reações químicas importantes que ocorrem no planeta terra, mas pode-se afirmar sem exageros que uma das reações químicas mais importantes é a que ocorre nas partes verdes das plantas. Esta reação é indicada a seguir:



Esta reação é classificada como:

- simples troca.
- decomposição.
- síntese.
- análise.
- salificação.

28. Unirio-RJ Leia:

- $\text{Zn} + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Zn(NO}_3)_2$
- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$
- $\text{Cl}_2 + 2 \text{NaBr} \rightarrow \text{Br}_2 + 2 \text{NaCl}$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Dadas as reações, indique a opção que apresenta a ordem correta de suas classificações.

- Deslocamento; decomposição; síntese; deslocamento; dupla-troca.
- Deslocamento; síntese; decomposição; deslocamento; dupla-troca.
- Dupla-troca; decomposição; síntese; dupla-troca; deslocamento.
- Dupla-troca; síntese; decomposição; dupla-troca; deslocamento.
- Síntese; decomposição; deslocamento; dupla-troca; dupla-troca.

29. Mackenzie-SP Da equação a seguir, é correto afirmar que:



- no MnO_2 , o número de oxidação do oxigênio é igual a zero.
- não ocorre a formação de um gás.
- refere-se a uma reação de deslocamento.
- representa uma análise que ficará corretamente balanceada se x for igual a dois.
- representa uma reação importante, pois um de seus produtos é o manganês metálico.

30. FEI-SP Das reações químicas que ocorrem:

- nos *flashes* fotográficos descartáveis.
- com o fermento químico para fazer bolos.
- no ataque de ácido clorídrico ao ferro.
- na formação de hidróxido de alumínio usado no tratamento de água.
- na câmara de gás.

Representadas, respectivamente, pelas equações:

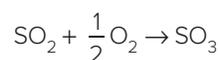
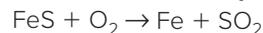
- $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$
- $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{NaOH} \rightarrow 2 \text{Al(OH)}_3 + 3 \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{KCN} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCN}$

Assinale a alternativa que corresponde a reações de decomposição:

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

31. UTFPR 2018 Grande parte dos produtos químicos industriais com os quais tomamos contato diário tem o ácido sulfúrico envolvido, direta ou indiretamente, em sua fabricação: detergentes, plásticos, tintas, corantes, fibras têxteis, fertilizantes, baterias de automóveis etc. Trata-se do composto químico de maior importância para a indústria, podendo seu consumo anual ser usado como indicador do grau de desenvolvimento da indústria química de um país.

Industrialmente, esse ácido pode ser obtido a partir da pirita de ferro, que consiste basicamente em sulfeto ferroso (FeS), de acordo com as reações:



Assinale a alternativa que apresenta a classificação correta dessas reações.

- Dupla-troca, análise, análise.
- Dupla-troca, síntese, síntese.
- Deslocamento, análise, análise.
- Simple troca, síntese, síntese.
- Decomposição, síntese, síntese.

32. UTFPR 2016 Objetos de prata, quando expostos ao meio ambiente, perdem o brilho devido a sua reação com o enxofre, formando uma mancha escura de sulfeto de prata (Ag_2S). Essa mancha pode ser removida

colocando-se, por alguns minutos, o objeto em uma panela de alumínio contendo água quente e um pouco de detergente. A reação que ocorre é representada pela equação: $3 \text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{S}_3 + 6 \text{Ag}$.

Esta reação é denominada como:

- decomposição.
- síntese.
- análise.
- dupla-troca.
- deslocamento.

33. EsPCEx-SP 2014 Baseado no texto a seguir responda a questão:

... Por mais surpreendente que pareça, a desintegração do exército napoleônico pode ser atribuída a algo tão pequeno quanto um botão – um botão de estanho, para sermos mais exatos, do tipo que fechava todas as roupas no exército, dos sobretudos dos oficiais às calças e paletós dos soldados de infantaria.

Quando a temperatura cai, o reluzente estanho metálico exposto ao oxigênio do ar começa a se tornar friável e a se esboroar (desfazer) num pó acinzentado e não metálico – continua sendo estanho, mas com forma estrutural diferente.

(Adaptado de Os Botões de Napoleão – Penny Le Couteur e Jay Burreson – Pag 8).

O texto acima faz alusão a uma reação química, cujo produto é um pó acinzentado e não metálico. A alternativa que apresenta corretamente o nome e fórmula química dessa substância é

- cloreto de estanho de fórmula SnCl_2 .
- estanho metálico de fórmula Sn^0 .
- óxido de estanho(VI) de fórmula Sn_2O_3 .
- peróxido de estanho de fórmula Sn_3O_2 .
- óxido de estanho(II) de fórmula SnO .

34. Uece 2018 Relacione corretamente os termos apresentados a seguir com suas características ou definições, numerando a coluna II de acordo com a coluna I.

Coluna I

- Óxido básico
- Reação de análise
- Sal duplo
- pH
- Neutralização
- Ionização

Coluna II

- Contém dois tipos de cátions diferentes de H^+ .
- Processo que envolve ácidos em solução aquosa.
- Ocorre em uma reação ácido-base.
- Um só reagente dá origem a dois ou mais produtos.
- Reage com a água produzindo uma base.
- Medida da concentração de H_3O^+ .

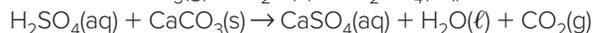
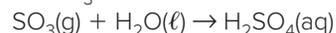
A sequência correta, de cima para baixo, é:

- 1, 6, 2, 5, 3, 4.
- 3, 4, 6, 2, 1, 5.
- 3, 6, 5, 2, 1, 4.
- 1, 5, 6, 4, 3, 2.

35. Vunesp “Chuva ácida” resulta da combinação de água atmosférica com dióxido de enxofre ou com trióxido de enxofre. Escreva:

- as equações químicas balanceadas das reações de cada um dos dois óxidos com água.
- os nomes oficiais dos produtos das reações dos dois óxidos com água.

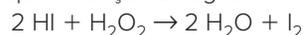
36. UTFPR As reações químicas a seguir representam a formação de chuvas ácidas, causadas pela presença de $\text{SO}_3(\text{g})$ na atmosfera, e o ataque do produto formado às fachadas e estátuas de mármore, cujo componente principal é o CaCO_3 .



Essas reações podem ser classificadas, respectivamente, como de:

- análise e deslocamento.
- síntese e dupla-troca.
- deslocamento e dupla-troca.
- síntese e decomposição.
- análise e dupla-troca.

37. Uece Classifique a reação a seguir.



- Dupla-troca.
- Somente redução.
- Somente oxidação.
- Oxirredução.

38. UEPG-PR Considere os conteúdos dos cinco frascos a seguir representados.



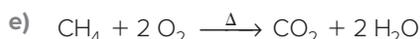
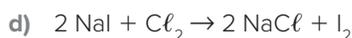
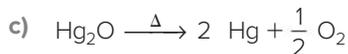
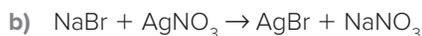
Sobre o conteúdo desses frascos, suponha a adição de uma solução de HCl 6 mol/L. A respeito das interações que ocorrem após a adição do ácido, assinale o que for correto.

- A prata não reage com o HCl .
- O nitrato de prata reage com o HCl formando o AgCl .
- A reação entre o HCl e o hidróxido de sódio é de neutralização.
- A reação entre o zinco e o HCl , classificada como de simples troca ou deslocamento, ocorre com a liberação de H_2 .

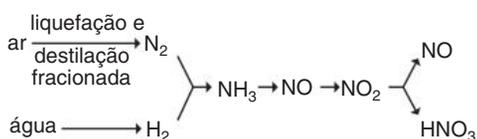
16 A liberação de CO_2 , após a reação do HCl com o carbonato de sódio, ocorre pela decomposição do ácido carbônico formado nessa reação.

Soma:

39. **Mackenzie-SP** Dentre as equações a seguir, a única que representa uma síntese é:



40. **Fuvest-SP** O esquema simplificado a seguir mostra como se pode obter ácido nítrico, HNO_3 , a partir de ar e água.

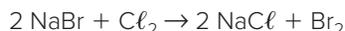


Nesse esquema, água, NH_3 e NO_2 sofrem, respectivamente:

- redução, oxidação e desproporcionamento.
- eletrólise, redução e desproporcionamento.
- desproporcionamento, combustão e hidratação.
- hidratação, combustão e oxidação.
- redução, hidratação e combustão.

► **Obs.:** desproporcionamento = oxidação e redução simultânea do mesmo elemento em uma dada substância.

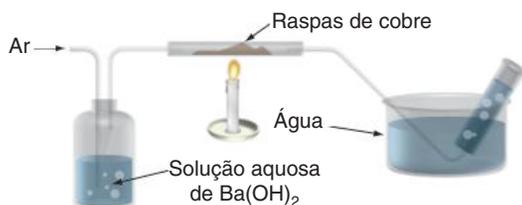
41. **Mackenzie-SP** Da equação:



conclui-se que:

- o bromo é mais reativo que o cloro.
- ocorre uma reação de dupla-troca.
- o cloro é mais reativo que o bromo, deslocando-o.
- o sódio é mais eletronegativo que o cloro.
- a molécula de bromo é monoatômica.

42. **Fuvest-SP** Em um experimento, introduz-se ar atmosférico, não poluído, no sistema esquematizado a seguir.



Depois de o ar passar por algum tempo, o que se observa:

a1) na solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$?

a2) no cobre aquecido?

Escreva as equações químicas correspondentes às observações.

b) Que gases são recolhidos no final?

► **Dica:** O cobre quando aquecido ao ar é queimado, produzindo, em geral CuO , que é preto.

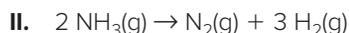
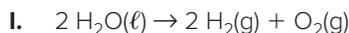
43. **ITA-SP** Em uma experiência, realizada em laboratório a 25°C e 1 atm, um aluno misturou em um tubo de ensaio 5,0 mL de água destilada, 3 gotas de solução de fenolftaleína e 1,0 grama de tiras de magnésio. Após alguns minutos da realização da mistura, o aluno fez as seguintes afirmações, todas relacionadas com suas observações.

- Houve a formação de um precipitado branco.
- Houve um leve aumento na temperatura da mistura.
- A fase líquida tingiu-se de cor-de-rosa.
- Houve liberação de bolhas de gás.

Estão corretas:

- todas.
- apenas I, II e III.
- apenas II, III e IV.
- apenas I e III.
- apenas II e IV.

44. **UEPG-PR 2016** Com base nas reações abaixo, assinale o que for correto.



01 Ao todo, temos representadas 5 substâncias químicas diferentes.

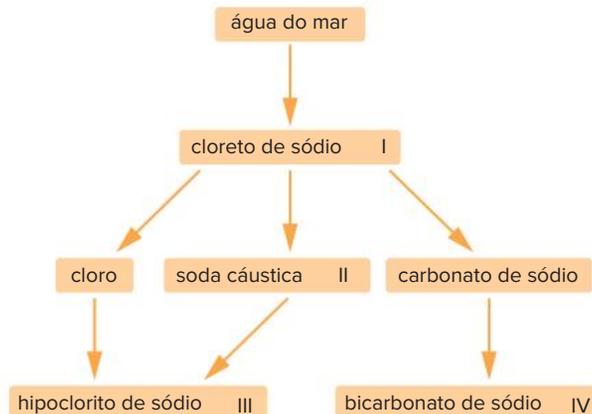
02 A água e a amônia são substâncias compostas.

04 O hidrogênio, o oxigênio e o nitrogênio são substâncias simples.

08 Nas reações apresentadas, os reagentes não sofrem decomposição.

Soma:

45. **Enem** A água do mar pode ser fonte de materiais utilizados pelo ser humano, como os exemplificados no esquema a seguir.



Os materiais I, II, III e IV existem como principais constituintes ativos de produtos de uso rotineiro.

A alternativa que associa corretamente água sanitária, fermento em pó e solução fisiológica com os materiais obtidos da água do mar é:

- água sanitária - II; fermento em pó - III; solução fisiológica - IV
- água sanitária - III; fermento em pó - I; solução fisiológica - IV
- água sanitária - III; fermento em pó - IV; solução fisiológica - I
- água sanitária - II; fermento em pó - III; solução fisiológica - I
- água sanitária - I; fermento em pó - IV; solução fisiológica - III

46. Fuvest-SP Em um frasco, foram colocadas solução aquosa de HCl e raspas de zinco para gerar H_2 , gás pouco solúvel em água. Para se recolher esse gás, o melhor arranjo experimental é:

-
-
-
-
-

47. Cefet-MG 2020 Antes de me dirigir ao portão de embarque, fui até a lanchonete, tomar uma super Coca-Cola com muito gás e muito gelo e limão, para comemorar. Estava feliz, superfeliz.

LACERDA, Rodrigo. *O Fazedor de Velhos*. 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2017. p. 27.

Esse trecho menciona três componentes do refrigerante que podem ser descritos da seguinte forma:

- 1º componente: gás, CO_2 liberado pela bebida após decomposição do ácido carbônico (H_2CO_3), conforme a equação $\text{H}_2\text{CO}_3(\ell) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$.
- 2º componente: gelo, que, ao ser adicionado à bebida, sofre a seguinte transformação: $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell)$.
- 3º componente: limão, que possui em sua constituição um ácido, chamado de ácido cítrico, cuja fórmula molecular é $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$.

Sobre os componentes do refrigerante, é correto afirmar que

- os três são substâncias simples.
- o gelo transforma-se em outra substância.
- a decomposição do H_2CO_3 é um fenômeno químico.
- o $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ possui mais elementos que o ácido que libera o gás.

48. UFU-MG Observe as equações a seguir.

- $2 \text{KClO}_3 \rightarrow 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2$
- $2 \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- $2 \text{Mg} + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{Ag}$

Assinale a alternativa que representa, respectivamente, a sequência das reações de síntese, análise, simples troca e dupla-troca:

- II, I, IV, III.
- I, II, III, IV.
- IV, I, II, III.
- II, I, III, IV.

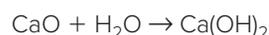
49. Fatec-SP 2012 Três das evidências da ocorrência de transformação química são:

- mudança de cor;
- mudança de cheiro; e
- produção de gás.

Essas três evidências são observadas, conjuntamente, quando

- uma esponja de aço exposta ao ar úmido fica enferrujada.
- a massa de um bolo é assada em um forno de fogão a gás.
- cal hidratada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, por aquecimento, transforma-se em cal viva, CaO .
- soluções aquosas de Na_2CO_3 e HCl são misturadas produzindo efervescência.
- cubos de gelo acrescentados a um copo de água líquida desaparecem.

50. Imed-RS 2014 Considerando a seguinte reação química, analise as assertivas abaixo e assinale V, se verdadeiras, ou F, se falsas.



- Esta equação, quando balanceada, obedece a lei de conservação das massas.
- O produto da reação entre o óxido de cálcio e a água é um ácido de Arrhenius.
- Os coeficientes que balanceiam corretamente a reação são, respectivamente: 1 – 1 – 1.
- Na presença de indicador ácido-base fenolftaleína, o hidróxido de cálcio apresenta coloração rósea.
- A reação representada acima é uma reação de decomposição.

A ordem correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- a) V – F – F – V – F. d) F – F – F – F – F.
 b) V – V – V – F – V. e) V – F – V – V – F.
 c) F – V – V – V – F.

51. Mackenzie-SP Colocam-se, em um tubo de ensaio, ácido clorídrico e solução de hidróxido de sódio, ambos à temperatura ambiente. Assinalar a alternativa que apresenta uma observação incorreta da reação mencionada.

- a) Não se observam pequenas bolhinhas.
 b) A solução turva.
 c) Não há alteração de cor.
 d) Ocorre ligeiro aquecimento do tubo de ensaio.
 e) Não há produção de luz.

52. PUC-SP O acetileno (C_2H_2) pode ser obtido facilmente partindo-se do carbeto de cálcio (CaC_2) e da água, utilizando-se o aparelho esquematizado a seguir.



A respeito desse processo, foram feitas as seguintes afirmações.

- I. A reação ocorrida é $CaC_2 + H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$.
 II. No funil de separação, deve-se colocar água.
 III. No erlenmeyer, deve-se colocar o carbeto de cálcio.
 IV. No início do processo, a cuba e o cilindro devem estar cheios de água.
 V. O volume de C_2H_2 liberado depende da massa de CaC_2 que reagiu.

Das afirmações feitas, são corretas:

- a) todas. d) somente II, III, IV e V.
 b) somente I, II, III e IV. e) somente III, IV e V.
 c) somente II, IV e V.

53. UFRGS 2018 O ácido sulfúrico, um dos compostos mais importantes do ponto de vista industrial no mundo moderno, pode reagir com diversas substâncias. Na coluna da esquerda abaixo, estão relacionadas substâncias que reagem com o ácido sulfúrico; na da direita, forças motrizes que favorecem a ocorrência das reações.

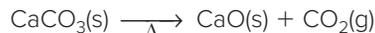
Associe a coluna da direita à da esquerda.

- | | |
|----------------|------------------------|
| ■ KNO_2 | 1. forma gás |
| ■ Na_2CO_3 | 2. ácido fraco |
| ■ $Ba(NO_3)_2$ | 3. forma precipitado |
| | 4. forma um sal básico |

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

- a) 1 – 2 – 4. d) 2 – 1 – 3.
 b) 1 – 3 – 2. e) 4 – 1 – 3.
 c) 2 – 3 – 4.

54. UEPG-PR 2016 O calcário é uma rocha constituída de $CaCO_3$ e muito utilizado na obtenção de cal viva (CaO) através da reação equacionada abaixo. A cal viva formada é aplicada em pinturas e em contato com a água forma a cal hidratada. Sobre o sistema proposto, assinale o que for correto.



- 01** A cal hidratada é $Ca(OH)_2$.
02 O CaO é um anidrido.
04 Os nomes dos compostos $CaCO_3$ e CaO são, respectivamente, carbonato de cálcio e peróxido de cálcio.
08 A reação apresentada é uma reação de deslocamento ou simples troca.
16 O dióxido de carbono é um óxido ácido.

Soma:

55. Fuvest-SP Em tempo de seca, são comuns queimadas nas florestas. No ar atmosférico que envolve uma queimada, a concentração de oxigênio e a de vapor-d'água, respectivamente:

- a) aumenta – diminui.
 b) aumenta – aumenta.
 c) diminui – aumenta.
 d) diminui – diminui.
 e) diminui – não se altera.

56. Fuvest-SP Pode-se produzir metanol a partir de uma reserva natural (X), conforme o esquema seguinte.



Em tal esquema, X e Y devem ser, respectivamente:

- a) metano e oxigênio.
 b) carvão e hidrogênio.
 c) celulose e gás carbônico.
 d) calcário e soda cáustica.
 e) sacarose e etanol.

57. Fuvest-SP O seguinte fragmento (adaptado) do livro Estação Carandiru, de Drauzio Varella, refere-se à produção clandestina de bebida no presídio.

O líquido é transferido para uma lata grande com um furo na parte superior, no qual é introduzida uma mangueirinha conectada a uma serpentina de cobre. A lata vai para o fogareiro até levantar fervura. O vapor sobe pela mangueira e passa pela serpentina, que Ezequiel esfria constantemente com uma caneca de água fria. Na saída da serpentina, emborcada numa garrafa, gota a gota, pinga a maria-louca (aguardente). Cinco quilos de milho ou arroz e dez de açúcar permitem a obtenção de nove litros da bebida.

Na produção da maria-louca, o amido do milho ou do arroz é transformado em glicose. A sacarose do açúcar é transformada em glicose e frutose, que dão origem a dióxido de carbono e etanol.

- I. $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$
- II. $[-CH_2CH_2O-]_n + n H_2O \rightarrow n \begin{array}{c} CH_2 - CH_2 \\ | \quad | \\ OH \quad OH \end{array}$
- III. $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2 C_6H_{12}O_6$
- IV. $C_6H_{12}O_6 + H_2 \rightarrow C_6H_{14}O_6$
- V. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CH_3CH_2OH + 2 CO_2$

▶ **Dado:** $C_6H_{12}O_6$ = glicose ou frutose.

Dentre as reações químicas dadas, as que representam as transformações químicas citadas são:

- a) I, II e III. d) II, III e V.
 b) II, III e IV. e) III, IV e V.
 c) I, III e V.

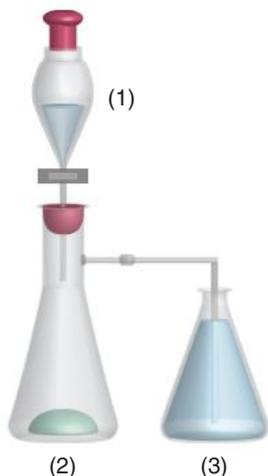
58. CPS-SP Numa das cenas de Cinema Paradiso, filme de Giuseppe Tornatore, um incêndio na sala de projeção ocorre quando o filme enrosca, aquece e se inflama, pois a película era constituída de material orgânico altamente inflamável. Esse tipo de material cinematográfico não é mais comum nas projeções atuais; porém, outros materiais inflamáveis e perigosos ainda estão presentes em diversos produtos usados no nosso dia. Analise as recomendações de segurança indicadas para produtos considerados perigosos.

- I. Estocar em locais bem ventilados.
 II. Ao sentir cheiro, não riscar fósforos nem acender a luz.
 III. Mantê-los longe de fontes de calor e do alcance de crianças.
 IV. Fazer o descarte na pia em água corrente.

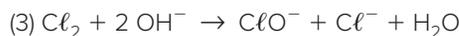
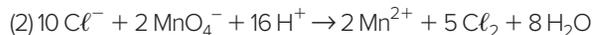
As recomendações associadas aos produtos inflamáveis são as que se afirmam em:

- a) I e II, apenas. d) II e III e IV, apenas.
 b) I e III, apenas. e) I, II, III e IV.
 c) I, II e III, apenas.

59. UFV-MG A figura a seguir mostra uma montagem para a obtenção, em laboratório, de hipoclorito de sódio, composto presente na água sanitária.



No funil de separação (1) tem-se ácido clorídrico; o kitassato (2) e o erlenmeyer (3) contêm, respectivamente, permanganato de potássio e solução aquosa de hidróxido de sódio. Quando o ácido clorídrico é adicionado ao kitassato, este reage com o permanganato produzindo cloro gasoso, que é diretamente borbulhado na solução de hidróxido de sódio formando hipoclorito de sódio. As reações que ocorrem nos frascos (2) e (3) são mostradas pelas equações adiante.



Das afirmativas a seguir, referentes ao experimento descrito, assinale a correta.

- a) A reação do HCl com o $KMnO_4$ é uma reação de oxidação-redução, que ocorre com a transferência de 4 elétrons para cada átomo de Mn.
 b) Ao ser adicionado 0,1 mol de HCl ao frasco (2), serão consumidos $2 \cdot 10^{-2}$ mols de $KMnO_4$.
 c) O número de moles de NaOH não varia com o decorrer da reação.
 d) O número de oxidação do manganês no MnO_4^- é -1.
 e) O hipoclorito de sódio, o cloreto de sódio e o cloro são todos compostos iônicos.

60. Uerj Desde o início, Lavoisier adotou uma abordagem moderna da química. Esta era sintetizada por sua fé na balança.

Paul Strathern. *O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

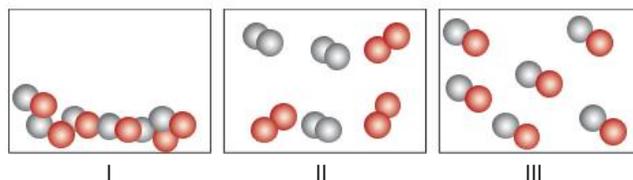
Do ponto de vista do método científico, esta frase traduz a relevância que Lavoisier atribuía a:

- a) teorias. c) hipóteses.
 b) modelos. d) experimentos.

61. PUC-Minas Não representa um fenômeno químico:

- a) precipitação da chuva.
 b) fermentação da massa na fabricação de pães.
 c) dissolução de um comprimido efervescente em água.
 d) destruição da camada de ozônio.

62. PUC-Minas Observe com atenção os recipientes adiante. Os círculos apresentam átomos. Átomos de diferentes elementos são representados por cores diferentes.



É incorreto afirmar:

- a) A passagem de I para II representa uma transformação química.
 b) A passagem de I para III representa uma mudança de estado.
 c) Os recipientes II e III contêm compostos diferentes.
 d) Os recipientes I e II contêm o mesmo composto.

63. Unesp A elevação da temperatura de um sistema produz, geralmente, alterações que podem ser interpretadas como sendo devidas a processos físicos ou químicos.

Medicamentos, em especial na forma de soluções, devem ser mantidos em recipientes fechados e protegidos do calor para que se evite:

- I. a evaporação de um ou mais de seus componentes;
- II. a decomposição e conseqüente diminuição da quantidade do composto que constitui o princípio ativo;
- III. a formação de compostos indesejáveis ou potencialmente prejudiciais à saúde.

A cada um desses processos — (I), (II) e (III) — corresponde um tipo de transformação classificada, respectivamente, como:

- a) física, física e química.
- b) física, química e química.
- c) química, física e física.
- d) química, física e química.
- e) química, química e física.

64. Uerj O gelo seco, ou dióxido de carbono solidificado, muito utilizado em processos de refrigeração, sofre sublimação nas condições ambientes. Durante essa transformação, ocorrem, entre outros, os fenômenos de variação de energia e de rompimento de interações. Esses fenômenos são classificados, respectivamente, como:

- a) exotérmico – interiônico
- b) exotérmico – internuclear
- c) isotérmico – interatômico
- d) endotérmico – intermolecular

65. PUC-PR Os sistemas naturais mantêm parte de sua regulação por meio do desencadeamento de fenômenos físicos e químicos.

Qual das situações abaixo corresponde a um fenômeno químico?

- a) Decomposição da matéria orgânica.
- b) Evaporação das águas de um lago.
- c) Chuva.
- d) Orvalho.
- e) Erosão.

66. UPE 2013 Uma turma de estudantes de uma escola participou de uma atividade denominada “*Tudo o que se vê não é igual ao que a gente viu há um segundo*” em um laboratório de uma universidade. Essa atividade envolvia a realização de quatro experimentos (I, II, III e IV). O relato dos procedimentos dessa atividade experimental está descrito a seguir:

- I. Submergiu-se uma palha de aço em uma solução de sulfato de cobre, e, rapidamente, a superfície desse material ficou com uma tonalidade vermelho-amarronzada.
- II. Arrastou-se um bastão de vidro no fundo do béquer contendo uma solução saturada de CuSO_4 ,

e, instantaneamente, observou-se uma rápida deposição de muitos cristais.

III. Adicionou-se, sob agitação, magnésio em pó a um balão de destilação contendo uma solução de brometo de etila em éter etílico. Inicialmente, a mistura ficou heterogênea, com um tom cinza, mas, muito rapidamente, tornou-se límpida, incolor e transparente.

IV. Transferiu-se um pequeno volume de ácido sulfúrico concentrado para um béquer comprido contendo um pouco (uma colher) de sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). Imediatamente, verificou-se a produção de fumaça e a formação de um sólido preto que ocupou todo o volume da vidraria.

Em quais desses experimentos ocorreu uma transformação química?

- a) I e II, apenas.
- b) I e IV, apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) III e IV, apenas.
- e) I, III e IV, apenas.

67. Cefet-MG Não ocorre transformação química no seguinte fenômeno:

- a) cozimento de um ovo em forno de micro-ondas.
- b) efervescência de um refrigerante quando aberto e agitado.
- c) escurecimento de uma salada de frutas em contato com o ar.
- d) formação de coalhada num copo de leite mantido fora da geladeira.

68. PUC-Minas Considere os fatos representados a seguir.

- I. Um pedaço de isopor flutuando na água.
- II. O açúcar se tornando caramelo quando aquecido acima do seu ponto de fusão.
- III. O ferro dissolvendo em ácido clorídrico com liberação de gás.
- IV. Um sal se dissolvendo quando colocado em um copo com água quente.
- V. Um prego sendo atraído por um ímã.

São fenômenos químicos:

- a) 3 e 4.
- b) 1, 3 e 5.
- c) 2 e 3.
- d) 2 e 4.

69. PUC-Minas Considere os experimentos equacionados:

- I. água $\xrightarrow{\text{corrente elétrica}}$ gás hidrogênio + gás oxigênio
- II. gelo $\xrightarrow{\text{calor}}$ água líquida
- III. papel $\xrightarrow{\text{fogo}}$ gás carbônico + água
- IV. iodo(s) $\xrightarrow{\text{calor}}$ iodo(g)
- V. vinho \longrightarrow vinagre
- VI. barra de ferro \longrightarrow ferrugem

Assinale os experimentos que representam fenômenos químicos.

- a) I, II, III e IV.
- b) I, III, V e VI.
- c) II, III, V e VI.
- d) I, IV, V e VI.

70. CPS-SP 2019 Leia o trecho da letra da música *Química*, de João Bosco e Vinícius de Moraes.

Desde o primeiro dia que a gente se viu
Impressionante a química que nos uniu
E o tempo foi tornando tão intenso o nosso amor

Faróis iluminavam o meu coração
Feito faísca que virou uma explosão
E o tempo foi tornando tão intensa a nossa paixão

Na segunda estrofe, a faísca desencadeia uma transformação

- a) química e exotérmica, pois há liberação de energia.
- b) química e endotérmica, pois há absorção de energia.
- c) física e exotérmica, pois há absorção de energia.
- d) física e endotérmica, pois há liberação de energia.
- e) física e sem variação de energia.

71. UEPG-PR 2016 Considerando os fenômenos apresentados abaixo, identifique aqueles que corretamente sejam químicos e assinale o que for correto.

- 01 gelo → água líquida.
- 02 vinho → vinagre.
- 04 etanol + oxigênio → gás carbônico + água.
- 08 iodo (sólido) → iodo (gasoso).

Soma:

72. CPS-SP Leia as afirmações a seguir, que exemplificam a exploração da natureza ao longo da história.

- No período da Idade da Pedra, os homens usavam armas e ferramentas, lapidando pedaços de rochas encontradas na natureza.
- O uso do cobre para a fabricação de utensílios domésticos, provavelmente, deve-se à constatação de sua fusão em uma fogueira feita sobre rochas que continham esse minério.
- Os primeiros registros de uma bebida alcoólica, feita a partir da fermentação de cereais, datam das civilizações mesopotâmicas, podendo ser considerada uma das mais antigas técnicas de produção.
- Na Idade Média, o processo de conservação das carnes era feito por meio da salga e da defumação (secar ou expor à fumaça).

Analisando esses fenômenos, pode-se afirmar que ocorre a transformação química apenas nos processos de:

- a) lapidar rochas e fundir cobre.
- b) fundir cobre e defumar carne.
- c) fundir cobre e fermentar cereais.
- d) lapidar rochas e fermentar cereais.
- e) fermentar cereais e defumar carne.

73. Cefet-MG 2019 Fenômenos químicos são aqueles que envolvem rearranjos dos átomos e, assim, formação de novas substâncias. Algumas vezes esses fenômenos são acompanhados de evidências experimentais, ou seja, alterações macroscópicas que podem dar indícios de transformações. Contudo deve-se tomar cuidado, pois são apenas indícios.

Um exemplo cotidiano de alteração macroscópica química é

- a) a formação da cor verde após a mistura de tinta azul com tinta amarela.
- b) o surgimento da cor vermelha em uma chapa de ferro ao ser aquecida.
- c) a formação de bolhas após adição de açúcar a um copo de refrigerante.
- d) o surgimento da cor caramelo em panela contendo açúcar ao ser aquecido.

74. EsPCEX-SP 2020

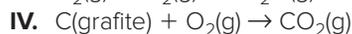
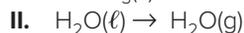
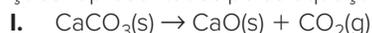
“No fenômeno físico, a composição da matéria é preservada, ou seja, permanece a mesma antes e depois da ocorrência do fenômeno”.

“Reação química é toda transformação que modifica a natureza da matéria (fenômenos químicos)”.

“No fenômeno químico, a composição da matéria é alterada: sua composição antes de ocorrer o fenômeno é diferente da que resulta no final”.

FONSECA, Martha Reis Marques da, Química Geral, São Paulo, Ed FTD, 2007, Pág. 24 e 61.

Considere os conceitos supracitados e as transformações representadas pelas equações químicas a seguir:



Correspondem a reações químicas apenas as transformações

- a) I e III. c) II, III e IV. e) I, II e III.
- b) II e IV. d) I, III e IV.

75. UFSC 2017 A química é uma ciência capaz de explicar diversos fenômenos do cotidiano. Sendo assim, o conhecimento dos princípios químicos é uma ferramenta essencial para entender o mundo e os fenômenos que nos cercam. Sobre o assunto, é correto afirmar que:

- 01 a formação de gotículas de água na superfície externa de uma garrafa plástica contendo refrigerante alguns minutos após ter sido removida da geladeira é proveniente da lenta passagem da água pelos poros do material polimérico que a constitui.
- 02 a conversão de carboidratos em lipídios para armazenamento de energia, que é comum no organismo humano, caracteriza um fenômeno químico.
- 04 a liquefação da manteiga ao ser inserida em uma frigideira quente é explicada pela diminuição na pressão de vapor dos lipídios que a constituem, resultando no rompimento das ligações de hidrogênio que unem as moléculas lipídicas em fase condensada.
- 08 o som produzido pelo bater das asas de um besouro ao passar próximo ao ouvido humano caracteriza um fenômeno químico.
- 16 o cozimento acelerado de vegetais em uma panela de pressão colocada sobre uma chama ocorre devido à substituição das interações dipolo-dipolo nas moléculas de carboidratos por ligações de hidrogênio em função do rompimento de ligações covalentes nas moléculas constituintes desses alimentos.

32 o odor exalado pela mistura de cebola e alho aquecidos em frigideira é decorrente do aumento da pressão de vapor de substâncias que compõem esses vegetais, resultando na transferência de moléculas para a fase gasosa, as quais então chegam aos sensores olfativos.

Soma:

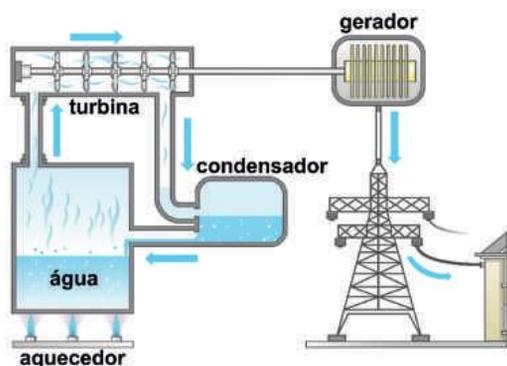
76. **FMJ-SP 2020** Um experimento para avaliar a reatividade de ametais envolveu a reação entre água de cloro (solução contendo Cl_2 dissolvido em H_2O) e iodeto de potássio (KI), formando produtos solúveis em água. O resultado desse experimento está ilustrado na figura.



(<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br>)

- Qual a evidência de que ocorreu uma reação química? Dentre os elementos químicos envolvidos na reação, qual possui maior eletronegatividade?
- Escreva a equação balanceada que representa a reação química ilustrada na figura. Indique o elemento que sofre oxidação nessa reação.

77. **Unicamp-SP 2018** Com a crise hídrica de 2015 no Brasil, foi necessário ligar as usinas termoeletricas para a geração de eletricidade, medida que fez elevar o custo da energia para os brasileiros. O governo passou então a adotar bandeiras de cores diferentes na conta de luz para alertar a população. A bandeira vermelha indicaria que a energia estaria mais cara. O esquema a seguir representa um determinado tipo de usina termoeletrica.



(Adaptado de BITESIZE. Thermal power stations. Disponível em http://www.bbc.co.uk/bitesize/standard/physics/energy_matters/generation_of_electricity/revision/1/. Acessado em 26/07/17)

Conforme o esquema apresentado, no funcionamento da usina há

- duas transformações químicas, uma transformação física e não mais que três tipos de energia.
- uma transformação química, uma transformação física e não mais que dois tipos de energia.
- duas transformações químicas, duas transformações físicas e pelo menos dois tipos de energia.
- uma transformação química, duas transformações físicas e pelo menos três tipos de energia.

78. **Unicamp-SP 2022** Na natureza, o metano pode se originar de processos termoquímicos ou biológicos. A atividade microbiana é o principal responsável pela biodegradação anaeróbia subterrânea de substratos orgânicos, sendo, assim, de importância fundamental no ciclo do carbono. Por outro lado, não se pode desconsiderar a importância de substratos inorgânicos na geração desse mesmo metano na natureza. A figura a seguir, incompleta, é uma forma sintética de classificar essas possíveis formas de origem natural de gás metano.

		2	
		3	4
		Metanogênese	Pirólise
5		Acetato, álcool, metilaminas, mercaptanas	Hidrocarbonetos, querogênio
1		Metanogênese	Síntese
6		CO_2 ; H_2 ; CO	CO_2 ; H_2 ; grafite; carbonatos; H_2O

Levando em conta as informações anteriores, para que a figura fique completa e correta, os números 1, 2, 3, 4, 5 e 6 devem ser substituídos, respectivamente, pelos termos:

- processos, substratos, termoquímicos, biológicos, inorgânicos e orgânicos.
- substratos, processos, biológicos, termoquímicos, orgânicos e inorgânicos.
- processos, substratos, termoquímicos, biológicos, orgânicos e inorgânicos.
- substratos, processos, biológicos, termoquímicos, inorgânicos e orgânicos.

Aço

A fronteira entre o ferro e o aço foi definida na Revolução Industrial, com a invenção de fornos que permitiam não só corrigir as impurezas do ferro, como adicionar-lhes propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto, à corrosão, etc. Por causa dessas propriedades e do seu baixo custo o aço passou a representar cerca de 90% de todos os metais consumidos pela civilização industrial.

Basicamente, o aço é uma liga de ferro e carbono. O ferro é encontrado em toda crosta terrestre, fortemente associado ao oxigênio e à sílica. O minério de ferro é um óxido de ferro, misturado com areia fina.

O carbono é também relativamente abundante na natureza e pode ser encontrado sob diversas formas. Na siderurgia, usa-se carvão mineral, e em alguns casos, o carvão vegetal.

O carvão exerce duplo papel na fabricação do aço. Como combustível, permite alcançar altas temperaturas (cerca de 1500 °Celsius) necessárias à fusão do minério. Como redutor, associa-se ao oxigênio que se desprende do minério com a alta temperatura, deixando livre o ferro. O processo de remoção do oxigênio do ferro para ligar-se ao carbono chama-se redução e ocorre dentro de um equipamento chamado alto forno.

Antes de serem levados ao alto forno, o minério e o carvão são previamente preparados para melhoria do rendimento e economia do processo. O minério é transformado em pelotas e o carvão é destilado, para obtenção do coque, dele se obtendo ainda subprodutos carboquímicos.

No processo de redução, o ferro se liquefaz e é chamado de ferro gusa ou ferro de primeira fusão. Impurezas como calcário, sílica etc. formam a escória, que é matéria-prima para a fabricação de cimento.

A etapa seguinte do processo é o refino. O ferro gusa é levado para a aciaria, ainda em estado líquido, para ser transformado em aço, mediante queima de impurezas e adições. O refino do aço se faz em fornos a oxigênio ou elétricos.

Finalmente, a terceira fase clássica do processo de fabricação do aço é a laminação. O aço, em processo de solidificação, é deformado mecanicamente e transformado em produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras etc.

Com a evolução da tecnologia, as fases de redução, refino e laminação estão sendo reduzidas no tempo, assegurando maior velocidade na produção.

Classificações

As usinas de aço do mundo inteiro classificam-se segundo o seu processo produtivo:

Integradas – que operam as três fases básicas: redução, refino e laminação; participam de todo o processo produtivo e produzem aço.

Semi-integradas – que operam duas fases: refino e laminação. Estas usinas partem de ferro gusa, ferro esponja ou sucata metálica adquiridas de terceiros para transformá-los em aço em aciarias elétricas e sua posterior laminação.

Além disso, em função dos produtos que preponderam em suas linhas de produção, as usinas também podem ser assim classificadas:

De semi-acabados (placas, blocos e tarugos)

De planos aços carbono (chapas e bobinas)

De planos aços especiais / ligados (chapas e bobinas)

De longos aços carbono (barras, perfis, fio máquina, vergalhões, arames e tubos sem costura)

De longos aços especiais / ligados (barras, fio-máquina, arames e tubos sem costura)

Existem ainda unidades produtoras chamadas de não integradas, que operam apenas uma fase do processo: processamento (laminação ou trefilação) ou redução.

Laminação

Estão os relaminadores, geralmente de placas e tarugos, adquiridos de usinas integradas ou semi-integradas e os que relaminam material sucata.

No mercado produtor operam ainda unidades de pequeno porte que se dedicam exclusivamente a produzir aço para fundições.

Trefilação

São as trefilarias, unidades que dispõem apenas de trefilas, em que produtores de arames e barras utilizam o fio-máquina como matéria prima.

Redução

São os produtores de ferro gusa, os chamados guseiros, que têm como característica comum o emprego de carvão vegetal em altos fornos para redução do minério, mas que se trata de atividade industrial distinta.

De acordo com a CNAE/IBGE (instrumento de padronização nacional dos códigos de atividade econômica do país), a Metalurgia é uma divisão da seção das Indústrias de Transformação. É nessa atividade econômica que ocorre a conversão de minérios ferrosos e não-ferrosos em produtos metalúrgicos e produtos intermediários do processo.

A Siderurgia, setor no qual ocorre a fabricação do aço em forma de semi-acabados, laminados, relaminados, trefilados e tubos sem costura, é classificada como um grupo específico na divisão de metalurgia, seção na qual estão inseridas outras atividades correlatas. Dentro da metalurgia, os produtores independentes de gusa e de ferro-ligas compõem outro grupo.

Etapas

O aço é produzido, basicamente, a partir de minério de ferro, carvão e cal. A fabricação do aço pode ser dividida em quatro etapas: preparação da carga, redução, refino e laminação.

1. Preparação da carga

- Grande parte do minério de ferro (finos) é aglomerada utilizando-se cal e finos de coque.
- O produto resultante é chamado de sinter.
- O carvão é processado na coqueria e transforma-se em coque.

2. Redução

- Essas matérias-primas, agora preparadas, são carregadas no alto forno.
- Oxigênio aquecido a uma temperatura de 1000 °C é soprado pela parte de baixo do alto forno.
- O carvão, em contato com o oxigênio, produz calor que funde a carga metálica e dá início ao processo de redução do minério de ferro em um metal líquido: o ferro-gusa.
- O gusa é uma liga de ferro e carbono com um teor de carbono muito elevado.

3. Refino

- Aciarias a oxigênio ou elétricas são utilizadas para transformar o gusa líquido ou sólido e a sucata de ferro e aço em aço líquido.
- Nessa etapa parte do carbono contido no gusa é removido juntamente com impurezas.
- A maior parte do aço líquido é solidificada em equipamentos de lingotamento contínuo para produzir semi-acabados, lingotes e blocos.

4. Laminação

- Os semi-acabados, lingotes e blocos são processados por equipamentos chamados laminadores e transformados em uma grande variedade de produtos siderúrgicos, cuja nomenclatura depende de sua forma e/ou composição química.

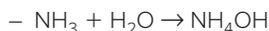
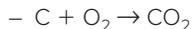
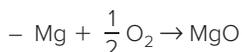
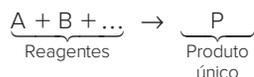
MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Aço. Gov.br, 28 jan. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/mdic/comercio-exterior/metallurgia-e-siderurgia-2>. Acesso em: 16 fev. 2022. (CC BY-ND 3.0)

Resumindo

As reações químicas ocorrem no sentido de aumentar a estabilidade do sistema.

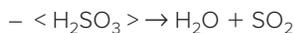
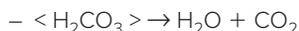
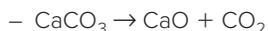
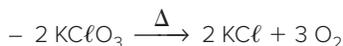
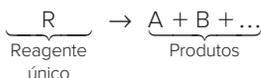
Reações de síntese ou adição ou formação

Parte-se de duas ou mais substâncias para a formação de uma única.



Reações de análise ou decomposição

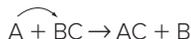
Parte-se de um único reagente para a formação de dois ou mais produtos.



Reações de simples troca ou deslocamento

Apenas o cátion ou o ânion são substituídos em uma substância composta. São reações de oxirredução.

- Reações de simples troca catiônica



A deve ser mais reativo que **B** para que ocorra a reação.

Fila de reatividade dos metais:

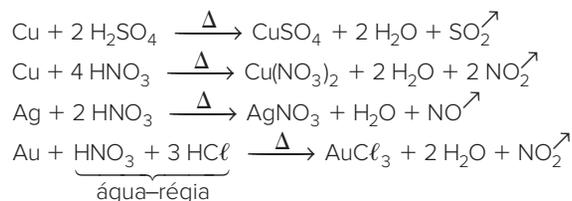


Reatividade crescente

Em geral:

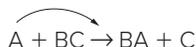
- metal comum + ácido → sal + H₂
- metal nobre + ácido → não reage

Casos especiais:



Metais alcalinos e alcalinoterrosos reagem com água, podendo resultar em explosões devido à liberação de H_2 .

- Reações de simples troca aniônica



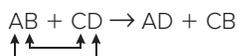
A deve ser mais reativo que **C** para que ocorra a reação.

Fila de reatividade dos ametais:



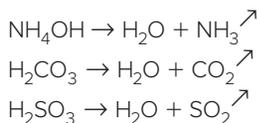
Reações de dupla-troca

O cátion de uma substância une-se ao ânion da outra e vice-versa. Não são reações de oxirredução.



As três condições, cada uma delas suficiente por si só, para que ocorra uma reação de dupla-troca são:

- Formação de gás



- Formação de precipitado

- ácidos inorgânicos são solúveis em água.
- bases de metais alcalinos (1A) são solúveis em água, enquanto bases de metais alcalinoterrosos (2A) são parcialmente solúveis em água, exceto o $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
- solubilidade dos sais em água.

Ânion	Solubilidade	Exceções
CH_3COO^- , ClO_3^- , NO_3^-	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^+

- Formação de eletrólito mais fraco que os reagentes

- ácido fraco
- base fraca
- água

Quando não se satisfaz nenhuma das condições apresentadas, a reação de dupla-troca não ocorre.

Quer saber mais?



Site

<https://acobrasil.org.br/site/historia-do-aco/>

O site traz informações sobre a história do aço, seu processo de produção, aplicações e muito mais.



Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=EirrzzjAf8Y>

O vídeo mostra a rotina de uma indústria produtora de alumínio e curiosidades do processo.

<https://www.youtube.com/watch?v=iwnKU89CCdl>

O vídeo traz um experimento envolvendo ouro e água régia.

Exercícios complementares

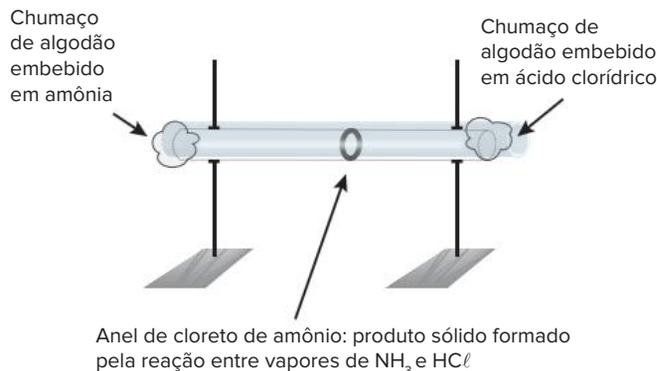


Texto para a questão 1.

Estudos mostram que as moléculas de dois gases, a uma mesma temperatura, possuem igual energia cinética média. Para ilustrar essa teoria, um professor montou o experimento abaixo esquematizado, no qual, em cada extremidade de um tubo de vidro com 1 m de comprimento, foram colocados dois chumaços de algodão embebidos, respectivamente, em uma solução de amônia e em uma solução de ácido clorídrico, ambas com a mesma concentração. Após determinado período de tempo, observou-se a formação do cloreto de amônio na região do tubo mais próxima à extremidade que contém o ácido.

Considere que os vapores formados no experimento se comportam como gases.

1. Uerj

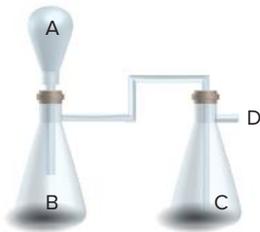


Wildson L. Santos *et. al* (Coord.). *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2003. (Adapt.).

Admita que a reação entre os vapores das substâncias contidas nos dois chumaços de algodão ocorra em meio aquoso, formando dois produtos.

A alternativa que indica o tipo de reação ocorrida e as funções químicas correspondentes aos produtos formados é:

- dupla-troca; sal – hidróxido
 - redução; ácido – hidróxido
 - neutralização; sal – óxido
 - oxidação; óxido – ácido
2. **Fuvest-SP** A aparelhagem representada a seguir serve para produzir hidrogênio seco, que sai pelo tubo D. A é um equipamento de vidro que tem uma torneira, permitindo gotejar um líquido para dentro do recipiente B.



- Que substâncias devem estar contidas em A e em B?
- Escreva a equação da reação que ocorre em B quando há produção de hidrogênio.
- Qual das substâncias a seguir é adequada para ser colocada no recipiente C? Justifique.
Água destilada
Benzeno puro
Glicerina comercial
Ácido sulfúrico concentrado

► **Dica:** O H_2SO_4 é um agente desidratante muito forte.

3. UFMT As chuvas ácidas são formadas por substâncias que as chaminés das indústrias e os escapamentos dos automóveis despejam na atmosfera, provocando talvez o mais sério problema ecológico do século. A precipitação ácida ocorre quando há um aumento na concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO, NO₂ e N₂O₅). De acordo com o exposto, julgue os itens.

- A formação de ácidos ocorre quando óxidos de enxofre e nitrogênio entram em contato com o vapor de água na atmosfera.
- Se pegarmos um pedaço de papel de tornassol azul e colocarmos na água de chuva ácida, ocorrerá uma interação e ele adquirirá cor vermelha.
- As chuvas ácidas não exercem ação em terrenos compactos ricos em CaCO₃.
- As chuvas ácidas podem ser formadas também pelo contato dos óxidos de enxofre e nitrogênio com a própria água da chuva.

4. CPS-SP O consumo de bebidas alcoólicas, além de facilitar situações de violência, é responsável, segundo estudos do Detran, por pelo menos metade dos acidentes de trânsito no Brasil.

Considerando as estatísticas atuais que indicam o consumo crescente de bebidas alcoólicas entre os jovens, o Governo Federal estuda restringir e controlar a publicidade dessas bebidas, tanto as destiladas como as fermentadas.

Podemos diferenciar bebidas fermentadas de destiladas pelo teor alcoólico. As fermentadas são aquelas que apresentam os menores teores de álcool e são produzidas pela ação das enzimas de microrganismos que quebram a molécula de açúcar formando álcool e gás carbônico. As destiladas são aquelas com maiores teores de álcool, que, após o processo de fermentação, passam também pelo processo de separação dos componentes presentes na mistura, durante o qual ocorre também a eliminação de água e impurezas.

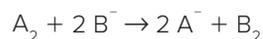
A partir dessas considerações e dos conhecimentos científicos, analise as seguintes afirmações.

- I. Na fermentação, ocorrem fenômenos químicos com a produção de álcool.
- II. A destilação é um fenômeno físico, no qual ocorre a separação de água e de impurezas presentes na mistura.
- III. Tanto o processo de fermentação como o de destilação são considerados fenômenos químicos, pois o produto é diferente das substâncias iniciais.
- IV. A fermentação é um processo biológico em que os componentes envolvidos não apresentam sua composição alterada.

A alternativa que contém todas as afirmações válidas é:

- a) apenas I e II.
- b) apenas I e III.
- c) apenas II e III.
- d) apenas II e IV.
- e) I, II, III e IV.

5. A equação a seguir representa, de forma genérica, a reação de oxirredução entre um halogênio e um haleto.



Em nove tubos de ensaio, foram realizados testes de reatividade, misturando-se soluções aquosas de halogênios e de haletos, em proporção estequiométrica. Posteriormente, foi colocado CHCl₃ nos tubos e observada a cor da fase orgânica. Os resultados são apresentados a seguir.

B ⁻ \ A ₂	Cl ₂	Br ₂	I ₂
Cl ⁻	incolor	castanho	violeta
Br ⁻	castanho	castanho	violeta
I ⁻	violeta	violeta	violeta

Informação – cor dos halogênios em CHCl₃:

Cl₂ = incolor Br₂ = castanho I₂ = violeta

Essa experiência evidencia que o poder oxidante dos três halogênios decresce na ordem:

- a) Cl₂ > Br₂ > I₂
- b) Br₂ > I₂ > Cl₂
- c) I₂ > Br₂ > Cl₂
- d) Cl₂ > I₂ > Br₂
- e) I₂ > Cl₂ > Br₂

6. Unifor-CE 2015 Num laboratório, foram feitos testes para avaliar a reatividade de três metais: cobre, Cu, magnésio, Mg, e zinco, Zn. Para tanto, cada um desses metais foi mergulhado em três soluções diferentes: uma de nitrato de cobre, Cu(NO₃)₂, uma de nitrato de magnésio, Mg(NO₃)₂, e uma de nitrato de zinco, Zn(NO₃)₂. Neste quadro, estão resumidas as observações feitas ao longo dos testes:

	Cobre	Magnésio	Zinco
Cu(NO ₃) ₂ (aq)	Não reage	Reage	Reage
Mg(NO ₃) ₂ (aq)	Não reage	Não reage	Não reage
Zn(NO ₃) ₂ (aq)	Não reage	Reage	Não reage

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que a disposição dos três metais testados, segundo a ordem crescente de reatividade de cada um deles, é

- a) Cu/Mg/Zn c) Cu/Zn/Mg e) Mg/Cu/Zn
- b) Mg/Zn/Cu d) Zn/Cu/Mg

7. Unicamp-SP O “pãozinho francês” é o pão mais consumido pelos brasileiros. Sua receita é muito simples. Para a sua fabricação, é necessário farinha de trigo, fermento biológico, água e um pouco de sal. Sabe-se que a adição de bromato de potássio (KBrO₃) proporciona um aumento do volume do produto final. Nesse caso, pode-se considerar simplesmente que o KBrO₃ se decompõe dando KBr e um gás.

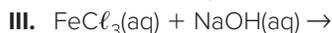
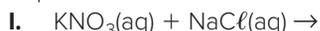
- a) Escreva a equação química que representa essa reação de decomposição do bromato de potássio e escreva o nome do gás formado.

- b) Tempos atrás tornou-se prática comum o uso de bromato de potássio em massas e pães. Em função deste uso, ainda hoje é comum observarmos, afixadas em algumas padarias, frases como “pão sem elementos químicos”.

Em vista das informações anteriores e de seu conhecimento em química, pergunta-se:

Do ponto de vista químico, essa frase é verdadeira? Justifique.

8. **PUC-SP 2018** As reações químicas podem ocorrer por adição, por decomposição, por simples troca ou dupla troca. Observe as misturas feitas nos itens I a IV:



Podemos afirmar que as reações que irão ocorrer por dupla troca com formação de precipitado, e por simples troca, respectivamente, são

- a) I e II. c) II e III.
b) I e III. d) III e IV.

9. **Fuvest-SP** O ácido nítrico é um importante produto industrial. Um dos processos de obtenção é fazer passar amônia (NH_3) e ar, sob pressão, por um catalisador a cerca de 850°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 em água forma ácido nítrico (HNO_3) e monóxido de nitrogênio (que é reciclado no processo).

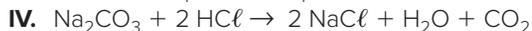
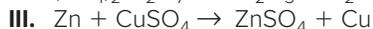
- a) Escreva as equações balanceadas que representam as diferentes etapas da produção de ácido nítrico através desse processo.
b) O calor envolvido na primeira etapa, ou seja, a oxidação da amônia até o monóxido de nitrogênio, ajuda a manter o catalisador aquecido. Sendo assim, qual deve ser maior: a soma das energias de ligação dos reagentes ou a soma das energias de ligação dos produtos? Justifique.

10. **Uece** O Prêmio Nobel de Química de 2007 foi atribuído ao alemão Gerhard Ertl pelo seu trabalho em química das superfícies, que explica vários fenômenos químicos, como a formação da ferrugem, a produção de fertilizantes artificiais, as células de combustíveis, a destruição da camada de ozônio, a catálise da exaustão de automóveis etc. Sobre o que ocorre na descarga dos automóveis, assinale o **incorreto**.

- a) São produzidos gás nitrogênio, dióxido de carbono, vapor-d'água, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio.
b) Os hidrocarbonetos ali produzidos reagem com os óxidos de nitrogênio, produzindo ozônio que, a baixas altitudes, é um poluente do ar.
c) O dióxido de carbono resultante é um gás que provoca o efeito estufa, mas não é venenoso como o monóxido de carbono.

- d) Os catalisadores facilitam a reação de oxidação do nitrogênio ao converter os óxidos de nitrogênio (NO e NO_2) em nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), impedindo a formação do *smog* fotoquímico e da chuva ácida.

11. Mackenzie-SP



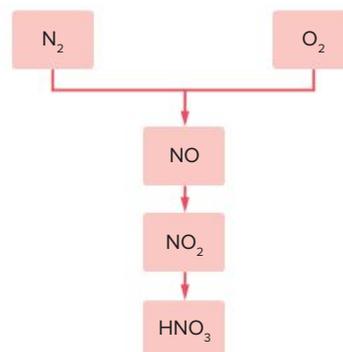
As reações I, II, III e IV, acima representadas, são classificadas, respectivamente, como

- a) síntese, análise, dupla-troca e simples-troca.
b) análise, adição, dupla-troca e simples-troca.
c) síntese, análise, dupla-troca e decomposição.
d) adição, decomposição, deslocamento e dupla-troca.
e) análise, decomposição, deslocamento e dupla-troca.

12. **Vunesp** Quando os gases NO_2 e SO_3 entram em contato com a umidade do ar, originam um efeito de poluição conhecido como “chuva ácida”. Isso ocorre porque se formam:

- a) monóxido de nitrogênio (NO) e ácido sulfídrico (H_2S) em água.
b) água oxigenada e monóxido de carbono, ambos tóxicos.
c) gás carbônico e fuligem (carvão finamente dividido).
d) ácido carbônico, nitratos e sulfatos metálicos solúveis.
e) ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4).

13. **Uece** Uma das principais aplicações do ácido nítrico é na produção de fertilizantes. Industrialmente este ácido é obtido a partir do oxigênio e nitrogênio do ar e da água, de acordo com o seguinte esquema.



Para a obtenção do HNO_3 , a sequência das reações químicas que ocorrem são:

- a) $\text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2 \text{NO}$ e
 $2 \text{NO} + \text{O}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} 2 \text{HNO}_3$
b) $\text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2 \text{NO}$;
 $2 \text{NO}_2 \rightarrow 2 \text{NO} + \text{O}_2$ e
 $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
c) $\text{N}_2 + 2 \text{O}_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2 \text{NO}_2$ e
 $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
d) $\text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2 \text{NO}$;
 $2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$ e
 $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$

14. **Uece 2017** Relacione corretamente as equações com as reações químicas do cotidiano apresentadas abaixo, numerando a Coluna II de acordo com a Coluna I.

Coluna I

1. $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
3. $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$

Coluna II

- Produção de substância usada como fertilizante.
- Ação do sal de fruta no estômago humano.
- Feitura do bolo de chocolate.
- Absorção do gás de ambientes fechados.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) 3, 4, 1, 2.
 - b) 2, 3, 4, 1.
 - c) 2, 4, 1, 3.
 - d) 3, 1, 4, 2.
15. **IFSP 2017** A função principal do ácido clorídrico no estômago é proporcionar um pH ótimo para o funcionamento normal das enzimas ali presentes. Quando há excesso, sentimos um desconforto popularmente chamado de azia, que pode facilmente ser combatida ingerindo-se bicarbonato de sódio, que vai agir como um antiácido de acordo com a equação abaixo.
- $$\text{HCl} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$$
- Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os produtos da decomposição do gás carbônico (H_2CO_3) e o tipo de reação ocorrida entre o ácido clorídrico e o bicarbonato de sódio.
- a) Água e dióxido de carbono; dupla-troca.
 - b) Água e monóxido de carbono; dupla-troca.
 - c) Dióxido de carbono e monóxido de carbono; decomposição.
 - d) Água e água; decomposição.
 - e) Dióxido de carbono e dióxido de carbono; síntese.

16. **Fuvest-SP** Amostras dos gases nitrogênio, oxigênio e cloro foram recolhidas, não necessariamente nessa ordem, em recipientes rotulados A, B e C. Cada recipiente contém apenas um desses gases. A fim de ilustrar algumas propriedades dessas substâncias, com cada recipiente, foram feitas as seguintes experiências.

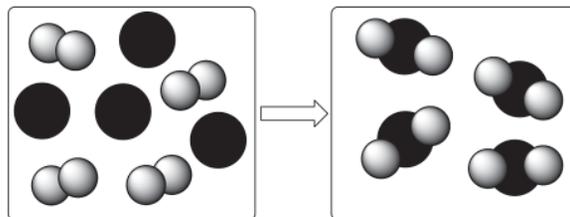
- I. Introduziram-se raspas de ferro aquecidas ao rubro. Apenas nos recipientes A e B observou-se transformações das raspas de ferro.
 - II. Cheiraram-se os conteúdos. O de A, assim como o de C, eram inodoros. O de B provocou forte irritação na mucosa nasal.
- a) Identifique os gases dos recipientes A, B e C. Justifique.
 - b) Escreva a equação balanceada da reação do conteúdo do recipiente B com o ferro.

17. **UEL-PR** Em qual das seguintes reações não há produção de hidrogênio, H_2 ?
- a) Oxidação do iodeto de hidrogênio pelo cloro.
 - b) Eletrólise da solução aquosa de ácido sulfúrico.
 - c) Oxidação do zinco pelo ácido clorídrico.
 - d) Eletrólise da água acidulada.
 - e) Hidrólise do hidreto de sódio.

18. **FGV-SP** Especialistas da Universidade de Atenas, observando as famosas obras-primas da Acrópole ateniense, feitas em mármore, há milhares de anos, têm constatado ser a deterioração das últimas décadas superior à acumulada em dezenas de séculos. A poluição atmosférica comprovou-se ser, inequivocadamente, a causa dessa corrosão. Mas este não é um fato isolado, pois observações idênticas têm sido feitas por todo o planeta. Indique a afirmação correta.

- a) Os ventos marinhos, carregando aerossol de cloreto de sódio, depositam-no sobre os monumentos, facilitando a solubilização do CaCO_3 , constituinte do mármore.
- b) A chuva ácida, que é produto da poluição do ar por monóxido de carbono, ataca o carbonato de cálcio.
- c) O ozônio, um poluente secundário, pertencente ao grupo dos oxidantes fotoquímicos, e formado pela reação entre óxidos e oxigênio do ar, atua nos monumentos históricos, da mesma forma que nos animais, nos quais produz envelhecimento precoce.
- d) O mármore é fundamentalmente NaNO_3 , que, embora pouco solúvel em água, acaba danificado pelas intensas chuvas ocorridas ao longo de milênios, acelerando-se progressivamente o desgaste em virtude de características do processo de erosão hídrica.
- e) A ação corrosiva é exercida pelo ácido sulfúrico formado pela interação entre SO_2 (oriundo do uso de combustíveis fósseis, ricos em derivados de enxofre), o oxigênio do ar e a umidade.

19. **UFPR 2018** O desenho abaixo ilustra como ocorre uma transformação química em que a espécie A (esferas cinzas) reage com a espécie B (esferas pretas), de modo a formar uma nova substância.



Qual é a equação química que descreve de maneira correta a reação que está esquematizada no desenho?

- a) $\text{A}_2 + \text{B} \rightarrow \text{A}_2\text{B}$
- b) $\text{A}_2 + 4 \text{B} \rightarrow 2 \text{AB}_2$
- c) $2 \text{A} + \text{B}_4 \rightarrow 2 \text{AB}_2$
- d) $\text{A} + \text{B}_2 \rightarrow \text{AB}_2$
- e) $\text{A}_4 + \text{B}_4 \rightarrow 4 \text{AB}$

- 20. Mackenzie-SP** A sequência numérica correta obtida da associação das substâncias da coluna A às afirmações da coluna B, de cima para baixo é:

A	B
1. BaSO ₄	usada em alvejante doméstico
2. NaCl	um dos componentes do soro fisiológico
3. CaSO ₄ · 2 H ₂ O	usada como contraste em radiografias de estômago
4. NaClO	usada como preventivo contra cáries
5. NaF	usada na fabricação de gesso

- a) 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 d) 5 ; 4 ; 3 ; 2 ; 1
 b) 2 ; 1 ; 5 ; 3 ; 4 e) 4 ; 2 ; 1 ; 5 ; 3
 c) 3 ; 2 ; 4 ; 5 ; 1

- 21. UFRGS** A seguir são apresentadas informações a respeito de quatro substâncias.

- I. Ao queimar, produz uma chama bastante luminosa, cuja temperatura chega ao redor de 3.000 °C, sendo empregado em maçaricos oxiacetilênicos.
- II. Bastante empregado como solvente, como matéria-prima na indústria de corantes e na fabricação de explosivos (TNT).
- III. Líquido incolor, de cheiro agradável, empregado como solvente de tintas, vernizes e esmaltes. Usado no preparo de seda artificial e produção de medicamentos, entre outros.
- IV. Líquido incolor, de cheiro penetrante, utilizado na obtenção de ésteres.

Dadas as substâncias: 1) propanona; 2) etino; 3) ácido acético; 4) tolueno; a relação correta é:

- a) I – 3; II – 4; III – 1; IV – 2
 b) I – 4; II – 3; III – 2; IV – 1
 c) I – 3; II – 1; III – 4; IV – 2
 d) I – 2; II – 4; III – 1; IV – 3
 e) I – 2; II – 4; III – 3; IV – 1

- 22. Mackenzie-SP** Observando-se as colunas A e B a seguir, a associação numérica correta, de cima para baixo, é:

Coluna A

1. hidróxido de magnésio
2. dióxido de carbono sólido
3. hidróxido de cálcio
4. ácido clorídrico

Coluna B

- usado para cair paredes.
- secretado pelo estômago para facilitar a digestão.
- utilizado como antiácido.
- sublima, sendo usado em shows para efeitos visuais.

- a) 3, 4, 1 e 2. d) 3, 4, 2 e 1.
 b) 1, 4, 3 e 2. e) 4, 3, 1 e 2.
 c) 2, 1, 4 e 3.

- 23. Fuvest-SP** São animadores os números da safra de grãos do Brasil, que deverá colher neste ano o recorde histórico de 120 milhões de toneladas. Com isto, o Brasil deverá tornar-se o maior exportador mundial de soja, suplantando os Estados Unidos.

Folha de S.Paulo, 2003.

O acréscimo de produção de soja citado acarretará:

- I. aumento do “buraco na camada de ozônio”, pois nas plantações de soja são utilizados clorofluorocarbonetos como fertilizantes.
- II. maior consumo de água, necessária à irrigação, que, em parte, será absorvida pelo vegetal.
- III. aumento da quantidade de CO₂ atmosférico, diretamente produzido pela fotossíntese.
- IV. aumento da área de solos ácidos, gerados pela calagem, em que se utiliza calcário com altos teores de óxido de cálcio e óxido de magnésio.

Dessas afirmações:

- a) somente I é correta.
- b) somente II é correta.
- c) somente II e III são corretas.
- d) somente III e IV são corretas.
- e) todas são corretas.

- 24. Uerj** Considere as seguintes características de um determinado metal:

- é um sólido que reage violentamente com água, produzindo hidróxido;
- seu cátion monovalente é isoeletrônico do hélio;
- é usado para o tratamento de distúrbios bipolares sob a forma de um sal de carbonato.

Nomeie esse metal. Em seguida, escreva a reação química de dupla-troca que produz o carbonato desse metal e o sulfato de sódio.

- 25. Enem** As misturas efervescentes, em pó ou em comprimidos, são comuns para a administração de vitamina C ou de medicamentos para azia. Essa forma farmacêutica sólida foi desenvolvida para facilitar o transporte, aumentar a estabilidade de substâncias e, quando em solução, acelerar a absorção do fármaco pelo organismo.

As matérias-primas que atuam na efervescência são, em geral, o ácido tartárico ou o ácido cítrico, que reagem com um sal de caráter básico, como o bicarbonato de sódio (NaHCO₃), quando em contato com a água. A partir do contato da mistura efervescente com a água, ocorre uma série de reações químicas simultâneas: liberação de íons, formação de ácido e liberação do gás carbônico – gerando a efervescência. As equações a seguir representam as etapas da reação da mistura efervescente na água, em que foram omitidos os estados de agregação dos reagentes, e H₃A representa o ácido cítrico.

- I. $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$
- II. $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- III. $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- IV. $\text{H}_3\text{A} \rightarrow 3 \text{H}^+ + \text{A}^-$

A ionização, a dissociação iônica, a formação do ácido e a liberação do gás ocorrem, respectivamente, nas seguintes etapas:

- a) IV, I, II e III. d) I, IV, II e III.
 b) I, IV, III e II. e) IV, I, III e II.
 c) IV, III, I e II.

26. UFPE Cinco sistemas químicos denominados A, B, C, D e E são submetidos a vários testes. Identifique, pelas afirmativas a seguir, o único sistema que pode ser constituído de uma substância elementar.

- a) O sistema A, por combustão, libera gás carbônico e água.
 b) Por destilação, o sistema B produz um sólido e um líquido.
 c) O sistema C, por combustão, produz um óxido.
 d) O sistema D não apresenta ponto de fusão definido.
 e) O sistema E, por aquecimento, libera vapor-d'água e deixa um resíduo sólido branco.

27. UFMG Realizou-se um experimento com um ovo cru e um copo contendo vinagre, como descrito nestas quatro figuras.



O ovo afunda no vinagre.

Observa-se formação imediata de bolhas.

Após alguns minutos, o ovo flutua.

Dias depois, as bolhas desaparecem; resta uma fina película em volta da clara e da gema; o ovo afunda.

Sabe-se que a casca do ovo é constituída por carbonato de cálcio e que o vinagre é uma solução aquosa de ácido acético.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:

- a) o ovo afunda, ao final do experimento, porque, sem a casca, ele se torna menos denso que a solução.
 b) a quantidade de ácido acético diminui durante o experimento.
 c) as bolhas são formadas pela liberação de gás hidrogênio.
 d) o pH da solução utilizada diminui ao longo do experimento.

28. Enem Um dos problemas ambientais decorrentes da industrialização é a poluição atmosférica.

Chaminés altas lançam ao ar, entre outros materiais, o dióxido de enxofre (SO_2), que pode ser transportado por muitos quilômetros em poucos dias. Dessa forma, podem ocorrer precipitações ácidas em regiões distantes, causando vários danos ao meio ambiente (chuva ácida).

Um dos danos ao meio ambiente diz respeito à corrosão de certos materiais. Considere as seguintes obras:

- I. monumento Itamarati – Brasília (mármore).
- II. esculturas do Aleijadinho – MG (pedra-sabão, contém carbonato de cálcio).
- III. grades de ferro ou alumínio de edifícios.

Dica: Mármore é composto de CaCO_3 .

A ação da chuva ácida pode acontecer em:

- a) I, apenas. d) II e III, apenas.
 b) I e II, apenas. e) I, II e III.
 c) I e III, apenas.

29. Se abrirmos uma garrafa de vinho e a deixarmos aberta por um certo tempo, o vinho se transformará em vinagre. Como poderemos classificar a transformação descrita?

30. ITA-SP Considere as informações a seguir.

- I. $\text{PbCrO}_4(\text{s})$ é um sólido amarelo que é solúvel em água quente.
- II. $\text{AgCl}(\text{s})$ forma um cátion de prata solúvel em solução aquosa de NH_3 .
- III. O sólido branco $\text{PbCl}_2(\text{s})$ é solúvel em água quente, mas os sólidos brancos $\text{AgCl}(\text{s})$ e $\text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s})$ não o são.
- IV. Uma solução aquosa contendo o cátion de prata do item II, quando acidulada com HCl , forma o sólido $\text{AgCl}(\text{s})$.
- V. $\text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s})$ forma uma mistura insolúvel contendo $\text{Hg}(\text{l})$, que tem cor prata, e $\text{HgNH}_2\text{Cl}(\text{s})$, que é preto, em solução aquosa de NH_3 .

Uma amostra sólida consiste em uma mistura de cloretos de Ag^+ , Hg_2^{2+} e Pb^{2+} . Apresente uma sequência de testes experimentais para identificar os íons Ag^+ , Hg_2^{2+} e Pb^{2+} presentes nesta amostra.

31. Vunesp Um jornal divulgou a notícia da descoberta de duas jazidas minerais no Brasil:

- a) uma jazida de sódio metálico puro e
 b) uma jazida de óxido de ouro.

Com base em seus conhecimentos de Química, justifique se você acreditaria nestas informações.

Dica: Pirita é um minério de Fe e S.

32. ITA-SP São descritos, a seguir, dois experimentos e respectivas observações envolvendo ossos limpos e secos provenientes de uma ave.

- I. Um osso foi imerso em uma solução aquosa 10% (v/v) em ácido fórmico. Após certo tempo, observou-se que ele havia se tornado flexível.
- II. Um outro osso foi colocado em uma cápsula de porcelana e submetido a aquecimento em uma chama de bico de Bunsen. Após um longo período de tempo, observou-se que ele se tornou frágil e quebradiço.

- a) Explique as observações descritas nos dois experimentos.
- b) Baseando-se nas observações apresentadas, preveja o que acontecerá se um terceiro osso limpo e seco for imerso em uma solução aquosa 1 mg L^{-1} em fluoreto de sódio e, a seguir, em uma solução aquosa a 10% (v/v) em ácido fórmico. Justifique a sua resposta.

33. UFRJ Juntando:

- a) uma solução aquosa de nitrato de prata (AgNO_3) a uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) – veja figura – há formação de precipitado branco. Escreva a reação que ocorre e identifique o precipitado branco.



- b) uma solução aquosa de nitrato de prata (AgNO_3) a tetracloreto de carbono (CCl_4) – veja figura – não há formação de qualquer precipitado.



Explique por que nesse caso não há formação de precipitado.

► **Dica:** A diferença entre a primeira e a segunda experiências é que na primeira temos NaCl , que é iônico, e na segunda temos CCl_4 , que é covalente.

34. ITA-SP Forma-se um óxido sólido que se dispersa no ar, na forma de fumaça, na queima de:

- a) fósforo branco.
b) diamante.
c) grafite.
d) enxofre.
e) cloro.

35. UFRGS A formação de sais é uma reação muito comum entre os compostos inorgânicos. Qual dentre os reagentes propostos não deve conduzir à formação do sulfato de cálcio?

- a) $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{SO}_3$ d) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$
b) $\text{CaO} + \text{SO}_3$ e) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_3$
c) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{SO}_4$

36. ITA-SP Qual das opções a seguir contém a equação que representa a produção de ferro num alto-forno convencional alimentado com hematita e coque?

- a) $\text{FeS}(\text{c}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}(\text{c}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$
b) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{c}) + 2 \text{Al}(\text{c}) \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{c}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{c})$
c) $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{c}) + 4 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{Fe}(\text{c}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
d) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{c}) + 3 \text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{c}) + 3 \text{CO}_2(\text{g})$
e) $4 \text{FeS}(\text{c}) + 2 \text{CO}(\text{g}) \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{c}) + 2 \text{CS}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

37. Enem PPL 2017 A bauxita, composta por cerca de 50% de Al_2O_3 , é o mais importante minério de alumínio. As seguintes etapas são necessárias para a obtenção de alumínio metálico:

1. A dissolução do $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ é realizada em solução de $\text{NaOH}(\text{aq})$ a 175°C , levando à formação da espécie solúvel $\text{NaAl}(\text{OH})_4(\text{aq})$.
2. Com o resfriamento da parte solúvel, ocorre a precipitação do $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$.
3. Quando o $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$ é aquecido a 1050°C , ele se decompõe em $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ e H_2O .
4. $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ é transferido para uma cuba eletrolítica e fundido em alta temperatura com auxílio de um fundente.
5. Através da passagem de corrente elétrica entre os eletrodos da cuba eletrolítica, obtém-se o alumínio reduzido no cátodo.

As etapas 1, 3 e 5 referem-se, respectivamente, a fenômenos

- a) Químico, físico e físico.
b) Físico, físico e químico.
c) Físico, químico e físico.
d) Químico, físico e químico.
e) Químico, químico e químico.

38. ITA-SP Discutindo problemas relacionados com a obtenção de metais, alunos fizeram as afirmações nas opções a seguir. Qual é a opção que contém a afirmação **errada**?

► **Dica:** A produção do Fe metálico é feita a partir do minério de ferro (hematita) e carvão em altos-fornos. A produção do Al metálico a partir da bauxita é feita por eletrólise, com gasto de energia elétrica.

- a) As reservas minerais de ferro são muitíssimo maiores que as de cobre.
b) A redução de um mol de óxido de alumínio (Al_2O_3) exige muito mais energia que a redução de um mol de óxido de ferro (Fe_2O_3).

- c) Sódio metálico foi obtido pela primeira vez por H. Davy através da eletrólise de NaOH fundido.
- d) Alumínio metálico é obtido por redução de (Al_2O_3) em altos-fornos análogos aos utilizados no preparo de ferro metálico.
- e) Embora o titânio seja relativamente abundante na crosta terrestre, jazidas de vulto desta substância são raras.

39. UEL-PR Redução com carvão e/ou monóxido de carbono é utilizada para obter:

- a) ferro a partir da hematita.
- b) alumínio a partir da alumina.
- c) cal extinta a partir da cal viva.
- d) sódio a partir do cloreto de sódio.
- e) cloro a partir da salmoura.

40. ITA-SP Assinale a opção que contém o par de substâncias de cuja mistura resulta uma reação química facilmente perceptível:

- a) $Br_2(aq) + NaCl(aq)$
- b) $Cl_2(aq) + NaI(aq)$
- c) $H_2(g) + MgSO_4(aq)$
- d) $Ag(s) + ZnSO_4(aq)$
- e) $HCl(aq) + Cu(s)$

41. ITA-SP Que solução aquosa deve ser empregada para dissolver Fe_3O_4 e obter solução que contenha Fe^{2+} como única espécie iônica de ferro? Solução de:

- a) ácido clorídrico diluído.
- b) ácido clorídrico, contendo redutor.
- c) ácido clorídrico, contendo um oxidante.
- d) ácido sulfúrico concentrado.
- e) ácido nítrico concentrado.

42. Unicamp-SP Um fermento químico utilizado para fazer bolos é o sal bicarbonato de amônio, também chamado de “carbonato ácido de amônio”. Quando aquecido, esse sal se decompõe em dióxido de carbono (gás carbônico), amônia e água. Escreva a equação química desse processo e explique como essa reação favorece o crescimento do bolo.

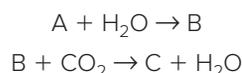
43. UFPE Três recipientes, A, B e C, contêm os gases O_2 , H_2 e CO_2 . Introduzindo um palito de fósforo aceso em cada recipiente, observa-se que: no recipiente A, a chama imediatamente se apaga; no recipiente B, a chama se torna mais brilhante; e no recipiente C, ocorre uma pequena explosão. De acordo com esses dados, podemos concluir que os recipientes A, B e C contêm respectivamente:

- a) H_2 , O_2 e CO_2
- b) CO_2 , H_2 e O_2
- c) H_2 , CO_2 e O_2
- d) CO_2 , O_2 e H_2
- e) O_2 , H_2 e CO_2

44. PUC-SP Dispondo das substâncias carbonato de sódio (Na_2CO_3), nitrato de amônio (NH_4NO_3), sulfeto de ferro II (FeS), sulfato de cobre II ($CuSO_4$), ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio ($NaOH$), escolha as que forem adequadas para equacionar um processo de obtenção de:

- a) gás carbônico.
- b) gás sulfídrico (sulfeto de hidrogênio).
- c) hidróxido de amônio.
- d) hidróxido de cobre II.

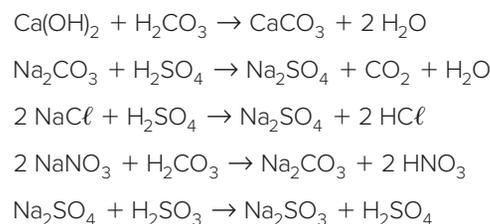
45. UFRGS Um aluno misturou cal virgem e água, obtendo uma suspensão, que foi filtrada. A seguir, com um canudo, soprou dentro do filtrado, aparecendo um precipitado branco. Esse processo é representado pelas seguintes equações:



As letras A, B e C são, respectivamente, os seguintes compostos de cálcio:

- a) óxido, hidróxido e carbonato.
- b) hidróxido, óxido e carbonato.
- c) carbonato, hidróxido e óxido.
- d) óxido, carbonato e hidróxido.
- e) hidróxido, carbonato e óxido.

46. Sesp Dadas as reações:



O número de reações possíveis é:

- a) uma reação.
- b) duas reações.
- c) todas as reações.
- d) três reações.

47. IME-RJ 2018 Dadas as seguintes equações que representam supostas reações químicas irreversíveis em meio aquoso e temperaturas moderadas:

- I. $6 HBr + 2 Al \rightarrow 2 AlBr_3 + 3 H_2$
- II. $H_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + 2 HCl$
- III. $2 KOH + NiSO_4 \rightarrow Ni(OH)_2 + K_2SO_4$
- IV. $2 HBr + K_2S \rightarrow 2 KBr + H_2S$
- V. $BaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow BaCO_3 + 2 NaCl$

Pode-se afirmar que a reação:

- a) I não ocorre porque o Al é menos nobre que o hidrogênio, não tendo capacidade de provocar o seu deslocamento.
- b) II ocorre porque ácidos fortes reagem com sais formando um sal solúvel e outro ácido forte.

- c) III não ocorre porque uma base não reage com um sal para a formação de outra base e outro sal.
- d) IV ocorre porque ácidos fortes reagem com sais de ácidos fracos formando ácidos fracos e sais de ácidos fortes.
- e) V não ocorre porque o BaCO_3 , à exceção da maioria dos carbonatos, é solúvel.

48. PUC-SP Para verificar a influência do calor em algumas substâncias, colocou-se sobre uma placa metálica iodo, magnésio e estanho e em seguida aqueceu-se essa placa com um bico de Bunsen. Foram feitas as seguintes observações.

	Antes do aquecimento	Durante o aquecimento	Depois do aquecimento
Iodo	Sólido cinza	Emissão de vapores roxos	Nenhum resíduo
Magnésio	Sólido cinza	Emissão de luz e formação de substância branca	Resíduo branco
Estanho	Sólido cinza	Formação de líquido cinza	Formação de sólido cinza

Com base nas observações feitas, pergunta-se que substância sofreu:

- a) sublimação.
- b) fusão.
- c) combustão.
- d) Equacione o processo de combustão ocorrido.

49. Cesgranrio-RJ Um químico, em seu laboratório, dispunha de algumas substâncias sólidas guardadas em frascos de vidro devidamente rotulados. Após um acidente, os rótulos de três frascos foram danificados e os nomes das substâncias desapareceram. Consultando seu cadastro de reagentes, o químico concluiu que as substâncias somente poderiam ser o sulfeto de sódio, o nitrato de prata e o brometo de potássio.

► **Dados:**

AgCl – sólido branco de baixa solubilidade em água
 AgI – sólido amarelo de baixa solubilidade em água
 Cl_2 – substância de coloração verde em solução aquosa
 Br_2 – substância de coloração laranja em solução aquosa
 I_2 – substância de coloração castanha em solução aquosa
 H_2S – gás de odor desagradável (cheiro de ovo podre)

Com base no exposto, poderemos concluir que o químico só não poderá afirmar que a substância que:

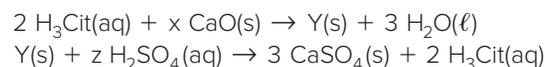
- a) liberar gás de odor desagradável, em meio fortemente ácido, é o sulfeto de sódio.
- b) reagir com solução aquosa de cloro, tornando-a laranja, é o brometo de potássio.

- c) reagir com solução aquosa de iodo, tornando-a incolor, é o brometo de potássio.
- d) que formar precipitado branco com solução aquosa de cloreto de sódio é o nitrato de prata.
- e) formar precipitado amarelo com solução aquosa de iodeto de sódio é o nitrato de prata.

50. Fuvest-SP Do livro de Antoine Laurent de Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie*, traduziu-se o seguinte trecho:

Ácido cítrico é mais facilmente obtido saturando-se suco de limão com cal suficiente para formar citrato de cálcio, que é insolúvel em água. Lava-se esse cal e acrescenta-se quantidade apropriada de ácido sulfúrico. Forma-se sulfato de cálcio, que precipita, deixando o ácido cítrico livre na parte líquida.

Representando-se o ácido cítrico por H_3Cit , o procedimento descrito por Lavoisier pode ser esquematizado pela sequência de equações:



Em tal sequência, x, Y e z correspondem, respectivamente, a:

- a) 3, $\text{Ca}_3(\text{Cit})_2$ e 3
- b) 2, $\text{Ca}_2(\text{Cit})_3$ e 3
- c) 3, $\text{Ca}_3(\text{Cit})_2$ e 2
- d) 3, $\text{Ca}_2(\text{Cit})_3$ e 3
- e) 2, $\text{Ca}_3(\text{Cit})_2$ e 2

51. ITA-SP Considere as misturas dos seguintes reagentes:

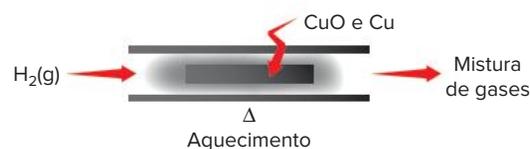
- I. $\text{HCl}(\text{aq})$ com $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$
- II. $\text{H}_2\text{SO}_4(\ell)$ com $\text{NaCl}(\text{s})$
- III. $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ com $\text{K}_2\text{SO}_3(\text{aq})$
- IV. $\text{HCl}(\text{aq})$ com $\text{CaCO}_3(\text{s})$
- V. $\text{HCl}(\text{aq})$ com $\text{Ag}(\text{s})$

Não haverá desprendimento de gás apenas no caso da(s) seguinte(s) mistura(s):

- a) II.
- b) III.
- c) IV.
- d) V.
- e) I, III e V.

► **Dica:** Metal nobre, em condições normais, não reage com ácidos.

52. Unicamp-SP O óxido de cobre II, CuO , é reduzido pelo $\text{H}_2(\text{g})$ a cobre metálico, em uma aparelhagem esquematizada a seguir.



- a) Faça a equação da reação química correspondente.
- b) Além do hidrogênio, qual outro componente encontra-se na mistura gasosa?

53. Mackenzie-SP Um objeto de cobre exposto ao tempo escurece, pela formação de um composto preto A. Podemos limpar esse objeto, deixando-o brilhante, por exemplo, com vinagre, que contém um ácido orgânico B que, ao reagir com A, o retira, formando um produto C. A, B e C são respectivamente:

- Cu ; CH_3COOH ; $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
- Cu_2O ; HCl ; CuCl_2
- CuO ; HCl ; CuCl_2
- CuO ; CH_3COOH ; $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
- Cu ; HCl ; CuCl

54. Fuvest-SP Tem-se amostras de três gases incolores X, Y e Z que devem ser H_2 , He e SO_2 , não necessariamente nesta ordem. Para identificá-los, determinaram-se algumas de suas propriedades, as quais estão na tabela a seguir.

Propriedade	X	Y	Z
Solubilidade em água	Alta	Baixa	Baixa
Reação com oxigênio na presença de catalisador	Ocorre	Ocorre	Não ocorre
Reação com solução aquosa de uma base	Ocorre	Não ocorre	Não ocorre

Com base nessas propriedades, conclui-se que X, Y e Z são, respectivamente:

- H_2 , He e SO_2
- H_2 , SO_2 e He
- He, SO_2 e H_2
- SO_2 , He e H_2
- SO_2 , H_2 e He

Dica: Por ser gás nobre, He não reage. Além disso, compostos apolares têm baixa solubilidade em água.

55. Com relação aos efeitos sobre o ecossistema, pode-se afirmar que:

- as chuvas ácidas poderiam causar a diminuição do pH da água de um lago, o que acarretaria a morte de algumas espécies, rompendo a cadeia alimentar.
- as chuvas ácidas poderiam provocar acidificação do solo, o que prejudicaria o crescimento de certos vegetais.
- as chuvas ácidas causam danos se apresentarem valor de pH maior que o da água destilada.

Dessas afirmativas está(ão) correta(s):

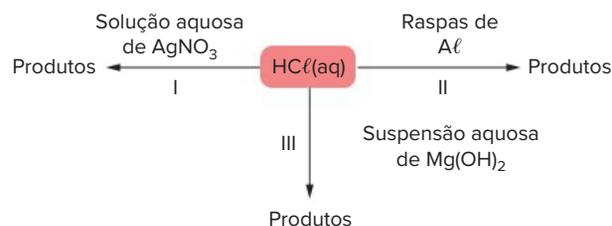
- I, apenas.
- III, apenas.
- I e II, apenas.
- II e III, apenas.
- I e III, apenas.

56. Fuvest-SP Colocam-se em um recipiente de vidro água destilada, gotas de solução de fenolftaleína e, em seguida, pedaços de sódio metálico. Observa-se, então, violenta reação do metal com a água,

resultando chama na superfície exposta do metal e coloração rósea na solução. A chama e a coloração resultam, respectivamente, da queima de:

- hidrogênio produzido na reação e aumento de pH.
- oxigênio produzido na reação e aumento de pH.
- nitrogênio do ar e aumento de pH.
- hidrogênio produzido na reação e diminuição de pH.
- nitrogênio do ar e diminuição de pH.

57. Fuvest-SP Ácido clorídrico pode reagir com diversos materiais, formando diferentes produtos, como mostrado no esquema a seguir.



Os seguintes sinais evidentes de transformações químicas: liberação de gás, desaparecimento parcial ou total de sólido e formação de sólido são observáveis, respectivamente, em:

- I, II e III.
- II, I e III.
- II, III e I.
- III, I e II.
- III, II e I.

58. UFMT Acidentalmente, os rótulos de três barricas contendo sais foram perdidos. Uma delas contém nitrato de amônio, outra carbonato de sódio e outra nitrato de sódio. Todos esses sais têm o mesmo aspecto (pós brancos). Tem-se as seguintes informações:

- Os sais de amônio, em presença de hidróxidos 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.

Baseado no enunciado e nas informações, julgue os itens a seguir.

- Os três sais são solúveis em água.
- A fórmula molecular do nitrato de amônio é NH_4NO_2 .
- Tomando-se separadamente uma alíquota da solução aquosa de cada sal, aquela que reagir com vinagre será a do carbonato de sódio.
- Comercialmente, o hidróxido de sódio é conhecido como soda cáustica.
- Na_2CO_3 é a fórmula molecular do nitrato de sódio.

59. IFCE 2020 As transformações que a matéria sofre podem ser classificadas em dois tipos de fenômenos, dependendo do dano que provocam em sua estrutura

íntima. Quando a transformação altera a estrutura íntima da matéria, o fenômeno é químico, porém, se a modificação for mais branda, não alterando a estrutura íntima da matéria e nem formando novas substâncias no meio, o fenômeno será classificado com o físico. A relação entre o fenômeno citado e a sua classificação está correta em

- Ao entrar em contato com o sangue do ferimento, a água oxigenada (H_2O_2) se decompõe, produzindo água (H_2O) e liberando gás oxigênio (O_2), que é o responsável pela formação de uma espuma esbranquiçada sobre a superfície, chamada de efervescência. Fenômeno físico.
- Ao fim da sua longa jornada Casemiro começou a se sentir como aquela velha cerca de arame da sua fazenda enferrujando pela ação da natureza. Fenômeno físico.
- Naquela linda noite, a menina, sentindo-se tocada pela beleza da lua, encheu os seus olhos com os seus raios refletidos na superfície da lagoa. Fenômeno químico.
- A chuva caiu intensamente pela madrugada adentro e nas primeiras horas do dia a população daquela cidade histórica percebeu a corrosão que ela tinha realizado nas estatuas de mármore. Fenômeno químico.
- A temperatura daquele dia havia caído brusca-mente sobre as montanhas e a mãe natureza sofreu seus efeitos: os lagos da região ficaram todos congelados como uma grande pedra de gelo. Fenômeno químico.

60. IFCE 2014 Dentre as transformações a seguir, constitui um fenômeno químico:

- solidificação da parafina.
- sublimação da naftalina.
- obtenção de gelo a partir da água pura.
- obtenção de oxigênio líquido a partir do ar atmosférico.
- obtenção da amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

61. CPS-SP Em cavernas asiáticas, há vestígios de fogueiras feitas há 500 mil anos. Aliás, a possibilidade de usar o fogo diferencia o ser humano de outros animais.

Sociedades primitivas podem ter tomado contato com o fogo que ocorria naturalmente por ação de um raio, por exemplo. Em primeiro lugar, a humanidade aprendeu a controlar e a alimentar essa importante fonte de energia, que a própria natureza oferecia. Posteriormente, o fogo foi produzido atritando-se dois pedaços de madeira.

Do ponto de vista químico, o fogo foi o grande responsável pela possibilidade de produzir alterações na matéria.

Dentre as transformações provocadas pelo fogo, identifique aquelas que são químicas.

- Os humanos podiam aproveitar a luz e o calor da queima da lenha.

- As carnes, churrasqueadas em um braseiro, melhoravam de consistência e sabor e podiam ser conservadas por mais tempo.
- Obtinha-se sal aquecendo e evaporando a água do mar.
- O metal fundido, ao ser derramado no interior do molde (de pedra), tomava sua forma após o resfriamento e a solidificação.

São transformações químicas o que se apresenta em apenas:

- I e II.
- I e III.
- I e IV.
- II e IV.
- III e IV.

62. IFSP 2017 Com relação a processos químicos e físicos, correlacione as colunas e, em seguida, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

1. Processos Químicos	<input type="checkbox"/> Queima de papel.
	<input type="checkbox"/> Papel amassado
2. Processos Físicos	<input type="checkbox"/> Obtenção de sal a partir da evaporação da água do mar.
	<input type="checkbox"/> Palha de aço enferrujada.
	<input type="checkbox"/> Bloco de cobre transformado em fios de cobre.

- 1/ 2/ 1/ 2/ 1
- 1/ 2/ 2/ 1/ 2
- 2/ 1/ 1/ 2/ 1
- 1/ 1/ 2/ 1/ 2
- 2/ 1/ 2/ 1/ 1

63. UTFPR 2016 Cíntia acordou de manhã e escovou os dentes mantendo a torneira aberta. Ligou o chuveiro para **esquentar a água**, pois queria tomar um banho quente. Após o banho, penteou o cabelo. Não conseguiu pentear bem porque **o espelho estava embaçado**. Saiu do banheiro deixando a luz acesa e foi para a cozinha. Acendeu o fogão a gás. **A queima do gás** forneceu energia para a fervura da água. Fez o café. **Colocou açúcar no café com leite** e pôs uma fatia de pão na torradeira – mas o **pão queimou**. Tomou, então, só café com leite e saiu correndo para trabalhar.

Adaptado de: Gewandsznajder, F. Ciências - *Matéria e Energia*. 8ª série. São Paulo: Ed. Ática. 2006. p. 27.

No texto, em negrito, estão indicadas transformações físicas e transformações químicas. Destas transformações, o número de transformações químicas é igual a:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

64. **Col. Naval-RJ 2017** Considere os seguintes processos:

- I. Atração do ferro pelo ímã.
- II. Combustão da gasolina.
- III. Desaparecimento de bolinhas de naftalina.
- IV. Enferrujamento de um prego.

São processos químicos somente:

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e III.
- d) II e IV.
- e) III e IV.

65. **IFSP 2016** As reações químicas são sempre acompanhadas por uma transferência de energia e transformação da matéria. Em qual situação abaixo NÃO há transformação da matéria à custa de energia química:

- a) Uma pizzaria utiliza forno à lenha para produzir pizza.
- b) Um fósforo é utilizado para acender a churrasqueira.
- c) Uma fotossíntese que faz as plantas crescerem.
- d) Um metabolismo dos alimentos nos animais.
- e) Uma queda de água move um moinho e esse tritura milho.

66. **CPS-SP**

A cal viva, um importante material empregado nas construções, é obtida a partir da decomposição térmica do calcário, em temperaturas superiores a 900 °C. Esse processo é chamado calcinação e pode ser representado por:



Na construção civil, a cal é utilizada principalmente sob a forma de cal hidratada, componente fundamental das argamassas empregadas, por exemplo, no assentamento de tijolos.

O processo de hidratação da cal pode ser representado por:



Caderno de Química. São Paulo: SEE, 2008. (Adapt.).

Em relação ao texto, é válido assinalar sobre esses processos que:

- a) a calcinação e a hidratação são exemplos de fenômenos físicos.
- b) a calcinação e a hidratação são exemplos de fenômenos químicos.
- c) a calcinação e a hidratação são exemplos de fenômenos biológicos.
- d) a calcinação é um fenômeno químico e a hidratação é um fenômeno físico.
- e) a calcinação é um fenômeno químico e a hidratação é um fenômeno biológico.

67. **UEL-PR** Em um laboratório químico, trabalha-se com diversos tipos de vidrarias e materiais. Conforme a operação a ser feita, é indicada uma determinada vidraria. Escolha a vidraria a seguir que deve ser utilizada para transferir um determinado volume de uma solução, de um recipiente para outro, de maneira que o volume transferido seja o mais exato possível.

- a) Béquér
- b) Proveta
- c) Pipeta graduada
- d) Erlenmeyer
- e) Pipeta volumétrica

68. **IFSC** Classificando os fenômenos a seguir em endotérmicos ou exotérmicos, quantos são endotérmicos?

- I. Fusão do gelo
 - II. Condensação do vapor de água
 - III. $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{s})$
 - IV. Queima de papel
 - V. Vaporização do mercúrio líquido
- a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 5
 - e) 4

69. **PUC-PR** Os fenômenos a seguir são exemplos de fenômenos químicos.

- I. O vinho, que é transformado em vinagre pela ação da bactéria *Acetobacter acetil*. O leite, que é transformado em coalhada pela ação dos microrganismos *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*.
 - II. A planta captura CO_2 da atmosfera e o transforma em seiva, liberando O_2 .
 - III. O processo de digestão dos alimentos.
 - IV. O ímã atrai a limalha de ferro sob a ação magnética.
 - V. É possível transformar o metal cobre em fios e em lâminas.
- a) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
 - b) Apenas a assertiva I está correta.
 - c) Todas as assertivas estão corretas.
 - d) Apenas a assertiva II está correta.
 - e) Apenas as assertivas I, II e III estão corretas.

70. **UFSC** O alambique tem sido utilizado desde tempos remotos. É um equipamento empregado na obtenção de aguardente (contendo etanol), pela destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado. O bagaço da cana-de-açúcar faz parte da biomassa que sobra na produção de etanol, seja em alambiques seja em usinas de etanol combustível. Alternativamente, novas tecnologias estão estudando o uso da biomassa para produção do "etanol de segunda geração" e, neste caso, a degradação da celulose poderá fornecer os açúcares necessários para a fermentação. Com relação às informações, identifique se são verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmativas a seguir.

- A fermentação da cana-de-açúcar é um exemplo de fenômeno físico.
- Se as capacidades de dois alambiques estão na razão de $\frac{3}{5}$ e o primeiro destila 45 000 litros de etanol por ano, então o segundo destilará 75 000 litros por ano.
- Na destilação do caldo de cana fermentado, o etanol sofre ebulição.

- A massa molar do etanol (C_2H_6O) é igual a $46,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Na biomassa, atuam seres autotróficos capazes de degradar a celulose.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- a) F – V – F – F – V. c) V – V – F – V – F.
 b) F – V – V – V – F. d) V – F – V – F – F.

71. Cefet-MG Em abril de 2010, ao entrar em erupção na Islândia, o vulcão que fica entre as geleiras *Eyjafjallajökull* e *Myrdalsjökull*, lançou grande quantidade de gases e cinzas na atmosfera. Esses gases, ricos em dióxido de enxofre, em contato com a umidade do ar, formaram a chuva ácida.

Os materiais particulados presentes nas cinzas impediram a passagem dos raios solares, diminuindo a temperatura atmosférica. Finalmente, a lava se solidificou, formou rochas vulcânicas e derreteu o gelo, causando enchentes.

Dentre os fenômenos indicados pelas palavras grifadas, _____ são físicos, dos quais _____ referem-se a mudanças de estado de agregação.

Os números que completam, respectivamente, as lacunas de forma correta são:

- a) 5 e 4. c) 3 e 3.
 b) 4 e 2. d) 2 e 2.

72. UPE 2017 Em sua primeira aula de química experimental, uma turma realizou o experimento ilustrado a seguir: a adição de uma solução de nitrato de chumbo a uma solução de iodeto de potássio. Observando o resultado da rápida reação, um estudante curioso perguntou se o produto formado era gema de ovo. Depois das risadas, o professor pediu a cinco outros estudantes que explicassem o fenômeno para o colega brincalhão. As respostas dos estudantes estão apresentadas a seguir. Qual delas explica CORRETAMENTE o fenômeno observado?



(Fonte: objetoseducacionais2.mec.gov.br)

- a) A adição do nitrato de chumbo torna o sistema ácido, fazendo a coloração do sistema mudar.
 b) A adição do nitrato de chumbo torna o sistema básico, fazendo a coloração do sistema mudar.
 c) A adição do nitrato de chumbo resulta na formação de um sal duplo quanto ao cátion que assume a coloração amarela em meio aquoso.
 d) Ocorre uma reação de dupla troca, com a formação de dois sais pouco solúveis, que provocam a mudança na coloração, ao serem solubilizados em água.
 e) A adição do nitrato de chumbo resulta em uma reação de dupla troca, com a formação de um sal solúvel e de um sal insolúvel, este de coloração amarela, que precipita.

73. IFSP Considere os seguintes fenômenos, que envolvem energia solar.

- I. Aquecimento de água por meio de coletores solares;
- II. Fotossíntese realizada por vegetais;
- III. Bronzeamento da pele humana;
- IV. Secagem de roupas em um varal.

Desses, os dois fenômenos considerados químicos são:

- a) I e II.
 b) I e IV.
 c) II e III.
 d) II e IV.
 e) III e IV.

74. UEPG-PR 2016 Com relação às transformações citadas abaixo, indique aquela(s) que representa(m) reações químicas e assinale o que for correto.

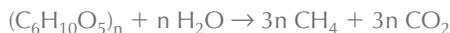
- 01** A ebulição da água contendo $NaCl$, em temperatura acima de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ao nível do mar.
02 A produção de lingotes de alumínio a partir de alumínio fundido.
04 A combustão do etanol produzindo gás carbônico e água.
08 O processo de enferrujamento de um prego exposto à chuva.

Soma:



Texto para a questão **75**.

Num brejo, quando animais e vegetais morrem, acabam ficando dentro da lama (sem oxigênio) onde passam a sofrer decomposição (apodrecendo), transformação provocada por microrganismos e chamada de decomposição anaeróbica. Ela envolve muitas reações químicas, nas quais se formam, entre outros gases: CH_4 , H_2S (cheiro de ovo podre) e CO_2 ; desses gases, apenas o metano e o gás sulfídrico são inflamáveis. Uma dessas reações é a fermentação da celulose, substância presente em grande quantidade nos vegetais e possível de ser representada de forma simplificada pela equação:



Processo semelhante acontece em biodigestores com restos de animais, de vegetais, sobras de comida e, até mesmo, fezes. A mistura gasosa resultante, nesse caso, é chamada de biogás. Algumas fazendas e cidades brasileiras já exploram esse recurso energético, cujo resíduo pode ser usado como adubo (fertilizante)

Tito & Canto. "Química na abordagem do cotidiano", v. 4. *Química Orgânica*. 3 ed. São Paulo: Moderna 2003. (Adapt.).

75. UFPel-RS A equação apresentada no texto como fermentação da celulose resume as seguintes transformações.

- I. $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- II. $n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 3n \text{CH}_4 + 3n \text{CO}_2$

Essas equações representam, respectivamente, reações de:

- a) combustão e de oxirredução.
- b) hidrólise e de oxirredução.
- c) hidrogenação e de redução.
- d) polimerização e de combustão.
- e) neutralização e de redução.



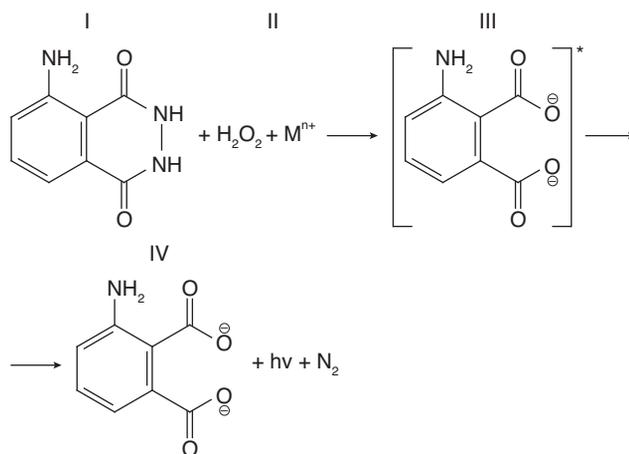
Texto para a questão **76**.

Na investigação forense, utiliza-se luminol, uma substância que reage com o ferro presente na hemoglobina do sangue, produzindo luz que permite visualizar locais contaminados com pequenas quantidades de sangue, mesmo superfícies lavadas.

É proposto que, na reação do luminol (I) em meio alcalino, na presença de peróxido de hidrogênio (II) e de um metal de transição (M^{n+}), forma-se o composto 3-aminofalato (III) que sofre uma relaxação dando origem ao produto final da reação (IV), com liberação de energia ($h\nu$) e de gás nitrogênio (N_2).

Química Nova, 25, n. 6, 2002, p. 1003-10. (Adapt.).

76. Enem



► **Dica:** Pesos moleculares: luminol = 177; 3-aminofalato = 164

Na reação do luminol, está ocorrendo o fenômeno de:

- a) fluorescência, quando espécies excitadas por absorção de uma radiação eletromagnética relaxam liberando luz.
- b) incandescência, um processo físico de emissão de luz que transforma energia elétrica em energia luminosa.
- c) quimiluminescência, uma reação química que ocorre com liberação de energia eletromagnética na forma de luz.
- d) fosforescência, em que átomos excitados pela radiação visível sofrem decaimento, emitindo fótons.
- e) fusão nuclear a frio, através de reação química de hidrólise com liberação de energia.



Texto para a questão **77**.

Amiga Helena Sangirardi
Conforme um dia eu prometi
Onde, confesso que esqueci
E embora – perdoe – tão tarde
(Melhor do que nunca!) este poeta
Segundo manda a boa ética
Envia-lhe a receita (poética)
De sua feijoada completa
Em atenção ao adiantado
Da hora em que abrimos o olho
O feijão deve, já catado
Nos esperar, feliz, de molho.
[...]
Só na última cozedura
Para levar à mesa, deixa-se
Cair um pouco de gordura
Da linguiça na iguaria – e mexa-se.
Que prazer mais um corpo pede
Após comido um tal feijão?
– Evidentemente uma rede
E um gato pra passar a mão...
Dever cumprido. Nunca é vã
A palavra de um poeta... – jamais!
Abraça-a, em Brillat-Savarin
O seu Vinícius de Moraes.

“Feijoada à minha moda”. Vinícius de Moraes.

- 77. UFSM-RS** Após a feijoada, além da “rede e um gato pra passar a mão”, muitos apelam para um antiácido, como o bicarbonato de sódio, que remove o HCl em excesso no estômago, ocorrendo as reações:
- $\text{HCl} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$
 - $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- As reações (1) e (2) classificam-se, respectivamente, como:
- dupla-troca – síntese.
 - simplex troca – síntese.
 - dupla-troca – decomposição.
 - síntese – simplex troca.
 - síntese – decomposição.

- 78. PUC-Campinas** Considere a seguinte receita caseira para o preparo de um bolo de fubá.

- Misture bem 3 ovos, 2 xícaras de açúcar, $1 \frac{1}{2}$ xícara de fubá, 1 xícara de leite, 6 colheres (das de sopa) de óleo, 1 colher (das de sopa) de fermento químico; bata bem até ficar uma massa uniforme.
 - Acrescente erva-doce a gosto e despeje na assadeira previamente untada.
 - Leve ao forno pré-aquecido até que o bolo esteja assado e corado.
- Há ocorrência de transformação química em:
- I, somente.
 - II, somente.
 - III, somente.
 - I e III, somente.
 - I, II e III.



Texto para a questão **79**.

A história da maioria dos municípios gaúchos coincide com a chegada dos primeiros portugueses, alemães, italianos e de outros povos. No entanto, através dos vestígios materiais encontrados nas pesquisas arqueológicas, sabemos que outros povos, anteriores aos citados, protagonizaram a nossa história.

Diante da relevância do contexto e da vontade de valorizar o nosso povo nativo, “o índio”, foi selecionada a área temática Cultura e as questões foram construídas com base na obra *Os Primeiros Habitantes do Rio Grande do Sul*.

L. A. B. Custódio (Org.) Santa Cruz do Sul: Edunisc; IPHAN, 2004.

79. UFSM-RS Os primeiros habitantes cozinhavam seus alimentos sobre pedras aquecidas, dentro de recipientes de couro cheios d'água ou envolvidos em folhas vegetais e cobertos por terra.

Classifique em físicos e químicos os fenômenos a seguir.

1. Físico a. cozer alimentos
2. Químico b. evaporar água
- c. queimar madeira

A sequência correta é:

- a) 1a – 1b – 1c.
- b) 2a – 1b – 1c.
- c) 1a – 2b – 2c.
- d) 2a – 1b – 2c.
- e) 2a – 2b – 1c.

BNCC em foco



Texto para as questões **1** e **2**.

[...] Em algumas minas da Espanha medieval, então ocupada pelos árabes, obtinha-se cobre metálico fazendo-se passar a solução que brotava dos veios (contendo sais solúveis de cobre) sobre lâminas de ferro metálico. O procedimento era viável diante da profusão de ferro encontrada nas terras espanholas. [...]

Havia controvérsia, entretanto, acerca da natureza dessa transformação. Seria uma transmutação de ferro em cobre? [...]

Athanasius Kircher (1602-1680), em sua obra *Mundus subterraneus* (1665), [...] afirmou que [...] na solução de vitríolo existiriam “corpúsculos de cobre”: [...]

... e como eles têm grande simpatia pelo ferro, ... fluem para o ferro, e se insinuam através de seus poros. Como, porém [os corpúsculos de cobre] são ricos em espíritos de grande acrimônia, ao se insinuarem através do ferro, eles começam a corroê-lo – até que, quando toda a gordura do ferro tiver sido consumida e a substância ferrosa dissolvida, [o ferro] tenha sido transformado em poeira... e os corpúsculos vitriolados tenham se substituído no lugar do ferro que foi consumido...

[...]

PORTO, Paulo A. Um debate seiscentista: a transmutação de ferro em cobre. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 19, p. 24-26, maio 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a07.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2022.

Vitríolo: nome utilizado antigamente para o ânion sulfato.

Acrimônia: estado ou qualidade do que é acre ou azedo.

EM13CNT303

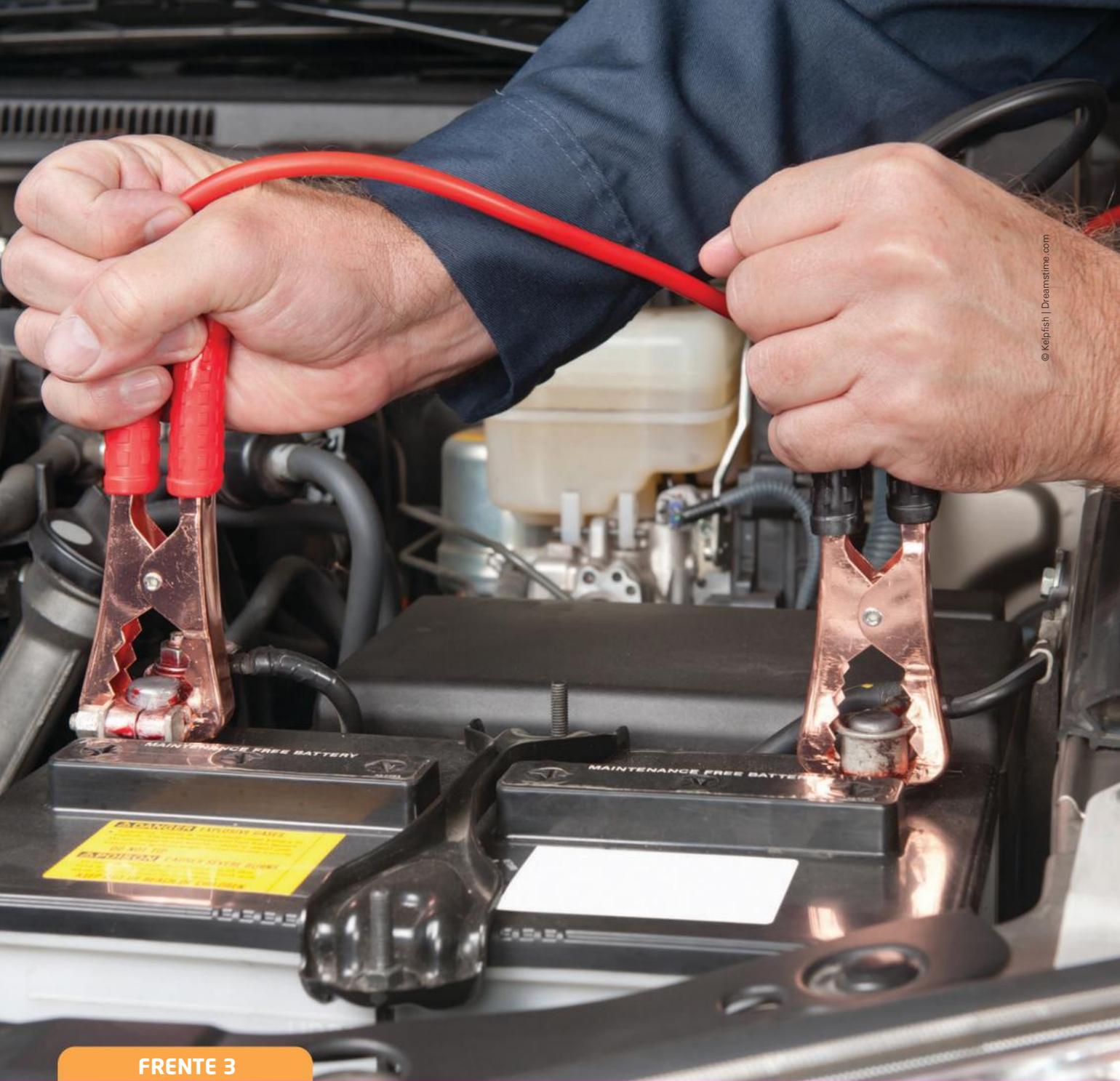
1. A equação química que melhor representa a reação de obtenção do cobre descrita no texto e a sua classificação são, respectivamente,
 - a) $\text{Fe(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$, dupla-troca.
 - b) $\text{Cu(s)} + \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, decomposição.
 - c) $\text{Fe(s)} + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{FeSO}_4(\text{aq})$, simples troca.
 - d) $\text{Fe(s)} + \text{CuSO}_4(\text{s}) \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{FeSO}_4(\text{s})$, síntese.
 - e) $\text{Cu(s)} + \text{FeSO}_4(\text{s}) \rightarrow \text{Fe(s)} + \text{CuSO}_4(\text{s})$, simples troca.

EM13CNT201

2. A explicação apresentada no texto para o fenômeno data do século XVII, momento em que ainda não haviam sido estabelecidos modelos e teorias importantes para a compreensão de fenômenos químicos.
 - a) Que abordagens da explicação podem ser consideradas equivocadas, ao verificar o texto à luz do conhecimento da Química atual?
 - b) Como você explicaria o fenômeno descrito no texto utilizando o conhecimento científico atual?

EM13CNT307

3. Ouro, prata e platina são alguns dos metais mais utilizados na fabricação de joias. Esse fato tem ligação com suas propriedades: como todos os metais, estes também são brilhantes, maleáveis e dúcteis. No entanto, uma característica os distingue da maioria dos metais e fornece a eles o *status* de “nobres”. Que característica é essa, e qual sua ligação com a utilização desses metais na fabricação de joias?



© KeJofish | Dreamstime.com

FRENTE 3

CAPÍTULO

7

Eletrquímica

A ligação direta entre baterias é um procedimento muito comum, em que uma bateria descarregada funciona como receptor, enquanto outra, carregada, funciona como gerador. Geradores e receptores funcionam transformando energia química em elétrica e vice-versa. Estudaremos esses e outros tipos de dispositivos eletrquímicos ao longo do capítulo.

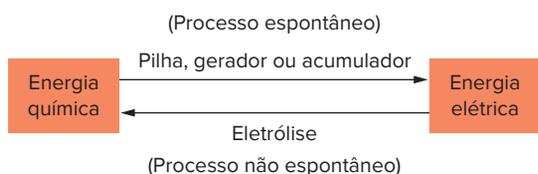
Introdução

Uma bateria de telefone celular permite que o aparelho emita energia sonora (para ouvirmos nosso interlocutor), capte energia sonora (para que nosso interlocutor nos ouça), emita energia luminosa (luz do visor), gaste energia mecânica (vibração do aparelho) e emita energia eletromagnética (sinal). Toda essa energia que se dissipa no funcionamento do aparelho está acumulada na bateria, na forma de substâncias químicas que, mediante transformações, são capazes de gerar energia elétrica. É a energia elétrica que será, então, convertida em outras formas de energia, mencionadas anteriormente.

O processo de transformação da energia presente nas substâncias químicas em energia elétrica se dá por um dispositivo chamado **pilha**. Essa transformação ocorre de maneira termodinamicamente espontânea, ou seja, basta fechar o circuito elétrico para que a pilha forneça energia. Quando as substâncias que acumulam energia, e que estão presentes na bateria carregada, entram em equilíbrio com as novas substâncias formadas no processo de liberação de energia no aparelho, a bateria não mais fornece energia, e dizemos que ela está descarregada.

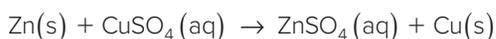
Como a bateria de um telefone celular é um acumulador recarregável, basta ligá-lo à rede elétrica para que a energia elétrica seja acumulada novamente na bateria na forma de energia química. Esse processo é chamado de **eletrólise**. As eletrólises são fenômenos não espontâneos, já que precisam de energia da rede elétrica para que ocorram. E assim, de maneira cíclica (carga e descarga), os processos eletroquímicos ocorrem.

Portanto, a **Eletroquímica** é a parte da Química que estuda as transformações de energia química em energia elétrica e vice-versa.

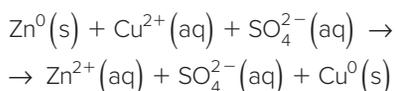


Fenômenos eletroquímicos.

Para que uma reação química possa fornecer energia elétrica, ela deve ser de oxirredução. Veja o exemplo:



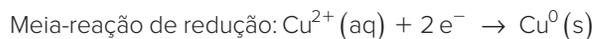
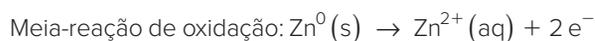
Essa é a equação de uma reação de oxirredução. Levando-se em conta a solubilidade dos sulfatos e as devidas dissociações em água, temos:



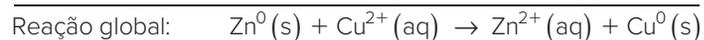
Nota-se, portanto, que os íons sulfato são íons inertes, ou seja, estão presentes, mas não interferem no processo global. Assim, a equação global do processo é:



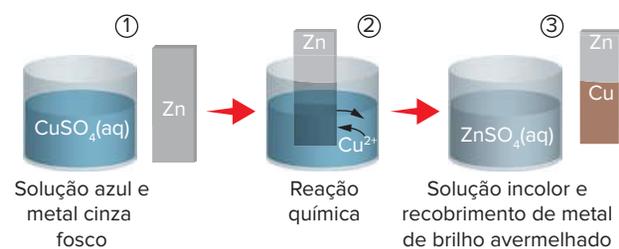
Portanto, o $\text{Zn}^0(s)$ sofre oxidação e o $\text{Cu}^{2+}(aq)$ sofre redução. Isso ocorre devido a maior tendência à oxidação que o metal zinco tem em relação ao metal cobre. Como consequência, o fenômeno representado por essa equação é espontâneo. Essa equação pode ser dividida em duas meias-reações:



A soma das duas meias-reações deve ser a equação global, como se pode observar a seguir.



A ilustração a seguir pode nos dar uma ideia prática do que ocorre nesse caso.



Aspectos experimentais da reação entre zinco metálico e solução aquosa de sulfato de cobre.

Deve-se salientar que essa reação é um dos exemplos mais clássicos de fenômeno químico que pode fornecer energia elétrica por meio de transferência de elétrons. Nessa experiência, os elétrons ficam no metal, enquanto as espécies metálica e iônica trocam de lugar. Esse tipo de reação é chamado de simples troca ou deslocamento, e foi mais detalhadamente estudado na Frente 2.

Para que se gere energia elétrica a partir da energia química, deve-se fazer com que os elétrons se locomovam por um circuito metálico. Caso isso ocorra, o dispositivo passa a ser chamado de **pilha, acumulador** ou **bateria**.

Antes de iniciarmos o estudo das pilhas, aqui vai uma dica fundamental para o entendimento deste capítulo:

A compreensão plena da Eletroquímica consiste em saber transformar reações globais em meias-reações.

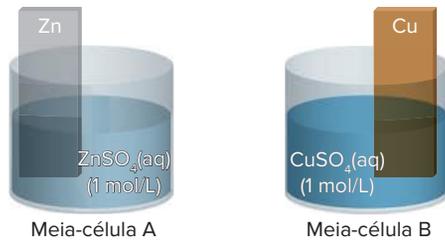
Pilha de Daniell

John Frederic Daniell foi um químico e físico britânico que viveu entre 1790 e 1845. Ficou famoso por suas invenções inovadoras na área de meteorologia e de obtenção de energia elétrica através de dispositivos simples, que hoje são chamados de pilhas de Daniell.

O funcionamento da pilha de Daniell, entretanto, é bastante complexo e exige estudo detalhado. É o que faremos a seguir, passo a passo.

- As pilhas serão chamadas de células. Cada metade da pilha, em que ocorrerá uma meia-reação, será chamada de meia-célula, ou eletrodo.

- Como exemplo, usaremos uma meia-célula composta de uma placa de zinco metálico mergulhada em uma solução aquosa de sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4(\text{aq})$) com concentração em quantidade de matéria 1 mol/L (condição-padrão). A outra meia-célula será composta de uma placa de cobre metálico mergulhada em uma solução aquosa de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4(\text{aq})$) com concentração em quantidade de matéria 1 mol/L. Veja, na figura a seguir, as duas meias-células.



Meias-células de uma pilha de Daniell.

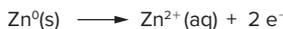
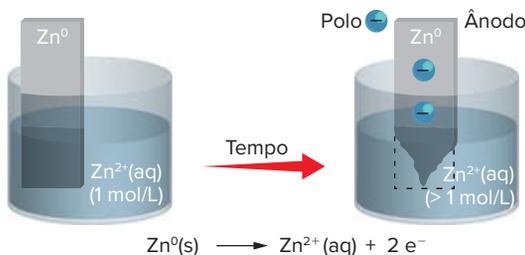
- Na introdução deste capítulo, verificou-se que o zinco tem maior tendência à oxidação do que o cobre. Assim, quando se estabelece contato eletroquímico entre esses eletrodos, o zinco metálico sofre oxidação, representada pela meia-reação:



Já os íons cobre sofrem redução, representada pela meia-reação:



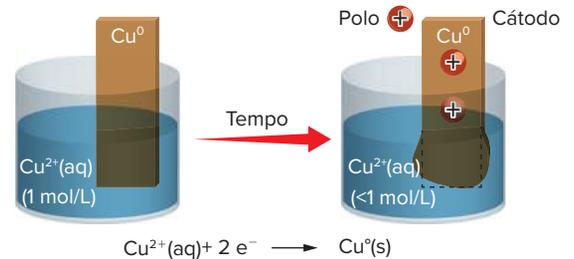
- Devido à meia-reação de oxidação que ocorre no eletrodo de zinco, a lâmina metálica tem tendência a ficar eletricamente negativa. Por esse motivo, o eletrodo de uma pilha em que ocorre a oxidação é o **polo negativo**. Por outro lado, a solução aquosa tem tendência a ficar eletroliticamente positiva, pelo aumento da concentração de cátions durante o funcionamento do dispositivo. O local eletroquímico da oxidação, seja em pilhas ou em eletrólises, é chamado de **ânodo** ou **anodo**. A placa de zinco metálico vai corroendo, o que acarreta um decréscimo de massa da placa. A concentração do íon ativo da solução aquosa vai aumentando gradativamente. Veja a figura.



Consequências do funcionamento do eletrodo de zinco em uma pilha de Daniell, nas condições-padrão.

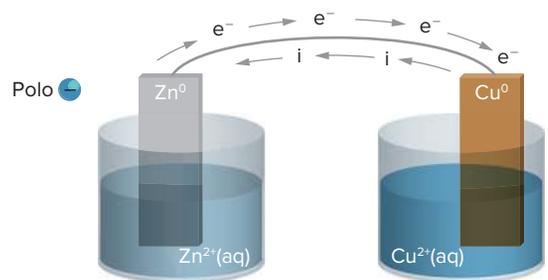
- Devido à meia-reação de redução que ocorre no eletrodo de cobre, a lâmina metálica tem tendência a ficar eletricamente positiva. Por esse motivo, o eletrodo de uma pilha em que ocorre a redução é o **polo positivo**. Por outro lado, a solução aquosa tem tendência a ficar eletroliticamente negativa, pelo decréscimo

da concentração de cátions durante o funcionamento do dispositivo. O local eletroquímico da redução, seja em pilhas ou em eletrólises, é chamado de **cátodo** ou **catodo**. A placa de cobre metálico vai aumentando de tamanho devido à eletrodeposição de cobre metálico sobre a própria lâmina, o que acarreta um aumento da massa da placa. A concentração do íon ativo da solução aquosa vai diminuindo gradativamente. Veja a figura.



Consequências do funcionamento do eletrodo de cobre em uma pilha de Daniell, nas condições-padrão.

- Portanto, entre os dois eletrodos, há dois tipos de desequilíbrio: o elétrico e o eletrolítico. O desequilíbrio elétrico se dá pelo fato de que a lâmina do polo negativo tem tendência à carga negativa, enquanto a lâmina do polo positivo tem tendência à carga positiva. Quando se estabelece contato por meio de fio metálico, os elétrons migram do polo negativo para o polo positivo. Portanto, o **sentido do fluxo de elétrons** é do polo negativo para o polo positivo, mas o **sentido convencional da corrente** é do polo positivo para o polo negativo. Em eletricidade, na Física, aprende-se que o sentido convencional da corrente é o inverso do sentido do fluxo dos elétrons. Veja na figura a seguir.



O fluxo de elétrons está representado por ($\rightarrow \text{e}^-$)

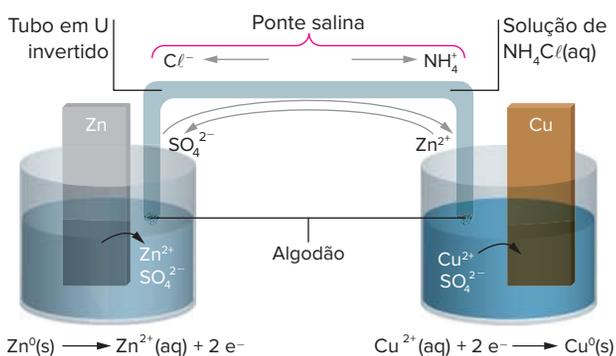
O sentido convencional da corrente está representado por ($\rightarrow i$)

Fluxo dos elétrons e sentido convencional da corrente em uma pilha de Daniell.

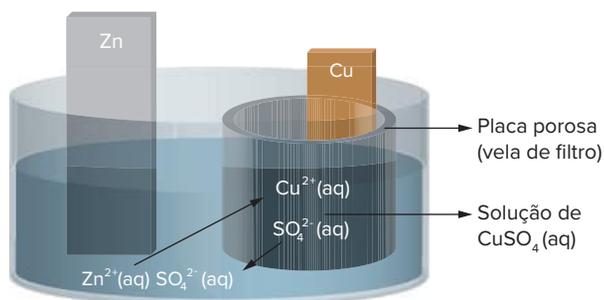
- O desequilíbrio eletrolítico se dá pelo fato de que a solução aquosa do polo negativo tem tendência ao aumento da concentração de cátions, enquanto a solução aquosa do polo positivo tem tendência à diminuição da concentração de cátions. Um contato apropriado entre as duas soluções permite que elas se mantenham eletroliticamente neutras durante todo o período de funcionamento da pilha, através da migração efetiva de cátions para a solução do eletrodo positivo e da migração efetiva de ânions para a solução do eletrodo negativo. Esse contato pode ser de dois tipos: por **ponte salina**, em que

um tubo em formato de U invertido contém uma solução aquosa de um sal bastante solúvel em água, com as extremidades providas de tufo de algodão. Esses tufo não isolam o conteúdo da ponte salina, apenas funcionam como resistências à mistura completa das soluções de ambos os eletrodos. A resistência é necessária, já que sem ela a tendência das soluções é de se tornarem iguais, o que diminui a capacidade da pilha de gerar energia elétrica. Por outro lado, o isolamento não pode ocorrer, pois isso deixaria o circuito interno da pilha aberto, o que inviabilizaria totalmente o seu funcionamento. Portanto, deve haver um compromisso entre a permissividade e o isolamento, que permita o bom funcionamento da pilha por um bom período de tempo.

O outro tipo de contato eletrolítico se dá por **placa porosa**. A placa porosa permite o trânsito de íons entre ambas as soluções dos eletrodos, mas oferece uma certa resistência a esse trânsito. As placas porosas mais utilizadas em laboratórios são velas de filtros de barro. Do ponto de vista experimental, a placa porosa é bem mais vantajosa como contato eletrolítico do que a ponte salina, já que gera muito menos resistência interna, fazendo com que a pilha funcione com mais diferença de potencial (ddp). Veja o funcionamento dos contatos eletrolíticos nas figuras a seguir.



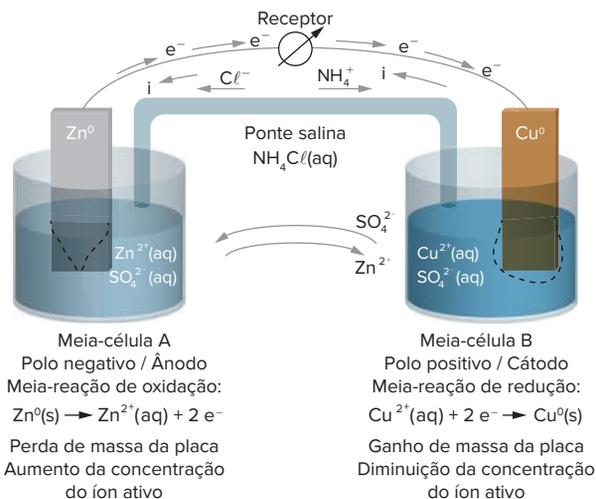
Principais fluxos de íons em ponte salina de uma pilha de Daniell.



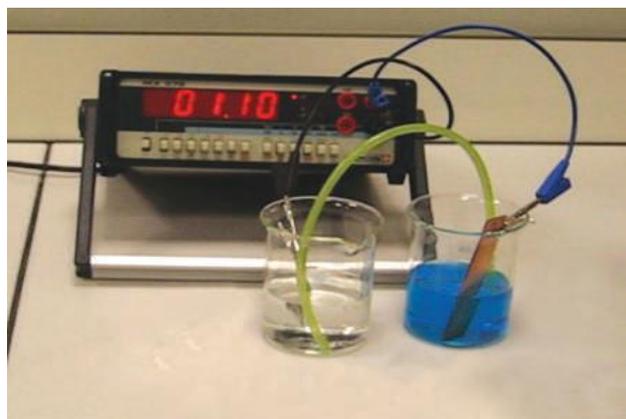
Principais fluxos de íons em placa porosa de uma pilha de Daniell.

Por questões didáticas, cada um dos passos foi exposto separadamente. Pode ser que, com isso, tenha ficado a impressão de que cada um desses passos pode ocorrer de forma independente, ou seja, sem a ocorrência das outras etapas. Entretanto, cada um desses fenômenos só ocorre quando todos os outros estiverem ocorrendo de maneira conjunta, concomitante. A meia-reação de oxidação só vai

ocorrer quando estiver ocorrendo também a meia-reação de redução. O fluxo de elétrons só vai ocorrer quando houver fluxo de íons. A perda de massa do eletrodo do ânodo só vai ocorrer quando houver ganho de massa do eletrodo do cátodo. Em eletricidade, quando todos os fenômenos descritos estão ocorrendo em concomitância, dizemos que o circuito está fechado. Caso algo que tenha sido descrito anteriormente esteja com impossibilidade de ocorrer, nada ocorrerá. Nesse caso, temos um circuito aberto. Veja, na figura a seguir, um esquema de funcionamento completo de uma pilha de Daniell. Note que há um receptor, que nada mais é do que qualquer dispositivo que funciona com a energia elétrica gerada pela pilha.



Esquema completo de funcionamento de uma pilha de Daniell gerando energia elétrica para um receptor.

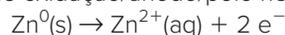


Pilha de Daniell com ponte salina.

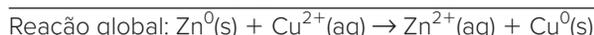
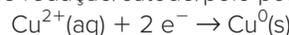
Alain Le Rille/Wikimedia Commons

Portanto, não é difícil perceber que quaisquer dois metais intermediados por uma solução eletrolítica constituem uma pilha, desde que se faça contato elétrico entre os dois metais. A reação global da pilha que acabamos de expor é a soma das duas meia-reações:

Meia-reação de oxidação/ânodo/polo negativo:



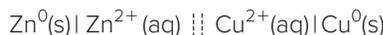
Meia-reação de redução/cátodo/polo positivo:



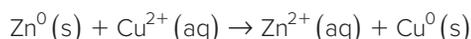
Há três fatores que determinam o funcionamento de uma pilha: as espécies químicas envolvidas, as concentrações dos íons ativos nas soluções aquosas e a temperatura. A maneira de se representar uma pilha de forma completa, ou seja, fornecendo-se todas as informações, é padronizada e universal. Observe a representação da pilha de Daniell entre zinco e cobre:



Nessa representação, x é a concentração em quantidade de matéria de $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ e y , a de $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$. T_1 e T_2 são as temperaturas de operação dos eletrodos. Foram estabelecidas condições-padrão na eletroquímica, que valem para concentrações de íons ativos de 1 mol/L e temperatura de 25 °C. Essas informações devem vir na representação de uma pilha, mas quando estão omitidas significa que a pilha representada opera nas condições-padrão, como mostrado a seguir.



Para essa pilha, a reação global é dada pela seguinte equação:



Logo, o quociente de concentrações é dado por:

$$Q_c = \frac{[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}$$

Quando a pilha opera nas condições-padrão, o quociente das concentrações vale, obviamente, 1. Entretanto, na temperatura de 25 °C, o valor da constante desse equilíbrio em termos de concentração é:

$$K_c = 10^{37,3}$$

Portanto, uma pilha $\text{Zn}^0(\text{s}) | \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) ||| \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}^0(\text{s})$, que opera nas condições-padrão, é um sistema desequilibrado que, para atingir a situação de equilíbrio, transforma energia química em energia elétrica. A pilha continuará fornecendo energia elétrica até que a lâmina de zinco seja totalmente consumida, ou até que Q_c atinja o valor de K_c . No primeiro caso, a pilha para de funcionar antes que o sistema atinja o equilíbrio, por falta de reagente sólido. No segundo caso, a pilha para de funcionar porque, mesmo com todos os reagentes ainda presentes, o sistema atingiu o equilíbrio.

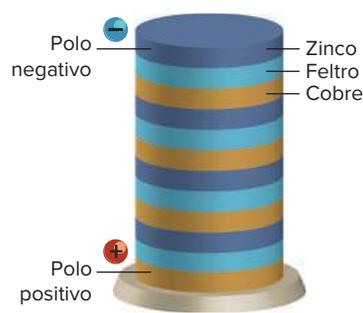
Nada impede que essa mesma pilha opere com um $Q_c > K_c$. Neste caso, esse é um sistema desequilibrado que, para atingir o equilíbrio, deve fazer a reação inversa. Para isso, teríamos:



É importante salientar que, para que isso ocorra, a razão $\frac{[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]} = \frac{y}{x}$ deve ser maior do que $K_c = 10^{37,3}$.

A pilha de Daniell é, sem dúvida alguma, uma das mais significativas e importantes invenções da história da ciência. Entretanto, a pilha de Daniell não foi o primeiro dispositivo a transformar energia química em energia elétrica. Luigi Galvani afirmou, no século XVIII, que metais em contato com tecidos musculares animais geravam energia elétrica. Foi em 1800 que Alessandro Volta, um físico e químico italiano, refutou a afirmação de Galvani, provando que não havia necessidade de tecidos animais para que dois metais gerassem eletricidade. Ele construiu um dispositivo capaz de gerar eletricidade intercalando discos de zinco com panos embebidos por solução aquosa de ácido sulfúrico e com discos de cobre. Para que esse experimento fornecesse diferença de potencial (ddp) significativa, precisava dispor esses dispositivos em série, empilhando-os. A figura a seguir mostra o dispositivo inventado por Volta.

Visualizando o dispositivo inventado por Alessandro Volta, é fácil compreender o porquê do nome **pilha**, já que era constituído por discos metálicos e feltros empilhados.



Esquema e foto da pilha de Alessandro Volta.



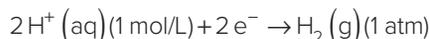
GuidaB/Willemia Commons

Potenciais, força eletromotriz e espontaneidade

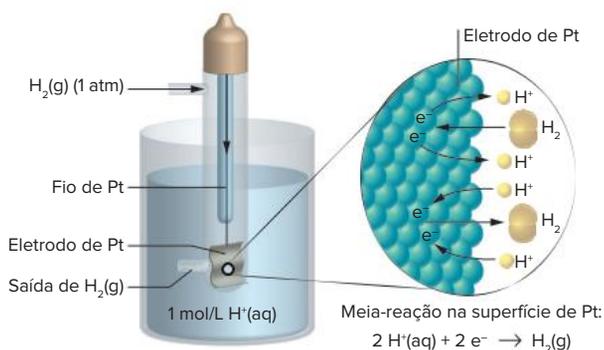
Calcular o potencial elétrico de uma carga puntiforme ou de um padrão de distribuição de carga é uma tarefa nem sempre muito fácil, mas viável. Entretanto, quando se lida com uma meia-célula inteira, o cálculo teórico desse valor é impossível. Da mesma maneira como não se calcula nem se mede a energia interna ou a entalpia de um sistema macroscópico, não se calcula nem se mede o potencial de um eletrodo. Portanto, deve-se usar o mesmo artifício que se utilizou em Termoquímica para o caso da entalpia. Deve-se definir um padrão e adotar um valor como sendo zero. A entalpia do gás oxigênio, por exemplo, não é nula. Na realidade, não se sabe o valor da entalpia molar do O_2 , mas definiu-se uma entalpia relativa, chamada de entalpia de formação, em que o valor relativo é arbitrado como zero para todas as substâncias simples nas suas formas mais estáveis. A partir das diferenças entre as entalpias de formação, que podem ser medidas, é possível medir a entalpia de formação (que é uma entalpia relativa) de substâncias compostas.

Portanto, de todos os eletrodos disponíveis, os químicos tiveram que optar por um deles para que se atribuisse o potencial nulo. É importante salientar que o potencial elétrico desse eletrodo de referência não é, de fato, zero, em valores absolutos. Entretanto, adotando-se o valor nulo para seu potencial relativo, é possível medir-se os potenciais de todos os outros eletrodos, pelas medidas de diferença de potencial que podem ser feitas com voltímetros. Esses potenciais serão, portanto, relativos, ou seja, são valores em relação ao eletrodo que foi adotado como padrão.

O eletrodo adotado como padrão foi o de hidrogênio. Esse eletrodo é composto por uma placa de platina (placa inerte, que serve apenas para um contato ativo), uma solução aquosa 1 mol/L de $H^+(aq)$ em contato com essa placa e $H_2(g)$ sendo borbulhado na placa com uma pressão parcial de 1 atm (que é a condição-padrão para gases), a 25 °C. A meia-reação de redução para esse eletrodo é dada por:

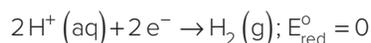


Veja, na figura a seguir, como é esse eletrodo-padrão de hidrogênio (EPH).



Esquema do eletrodo-padrão de hidrogênio (EPH).

Ao eletrodo-padrão de hidrogênio, atribui-se potencial nulo. Portanto:



em que E_{red}° é o potencial-padrão de redução.

Para se medir o potencial de outros eletrodos nas condições-padrão, basta fazer uma pilha entre o eletrodo cujo potencial pretende-se determinar e o EPH. A partir disso, com um voltímetro, mede-se a diferença de potencial da pilha formada. Como o EPH tem potencial nulo, a diferença de potencial obtida é o próprio potencial do eletrodo de potencial desconhecido. Deve-se atentar que, para se medir o potencial de um eletrodo nas condições-padrão, as soluções devem ter concentração 1 mol/L, os gases devem ter pressões parciais de 1 atm e a temperatura deve ser de 25 °C.

Veja a tabela de potenciais-padrão dos eletrodos em relação ao EPH, dada a seguir.

Potencial de oxidação em volts (V)	Potenciais-padrão de eletrodo				Potencial de redução (E°) em volts (V)
+3,04	$e^- + Li^+ \rightleftharpoons Li$				-3,04
+2,92	$e^- + K^+ \rightleftharpoons K$				-2,92
+2,90	$2e^- + Ba^{2+} \rightleftharpoons Ba$				-2,90
+2,87	$2e^- + Ca^{2+} \rightleftharpoons Ca$				-2,87
+2,71	$e^- + Na^+ \rightleftharpoons Na$				-2,71
+2,36	$2e^- + Mg^{2+} \rightleftharpoons Mg$				-2,36
+1,66	$3e^- + Al^{3+} \rightleftharpoons Al$				-1,66
+1,18	$2e^- + Mn^{2+} \rightleftharpoons Mn$				-1,18
+0,76	$2e^- + Zn^{2+} \rightleftharpoons Zn$				-0,76
+0,74	$3e^- + Cr^{3+} \rightleftharpoons Cr$				-0,74
+0,48	$2e^- + S \rightleftharpoons S^{2-}$				-0,48
+0,44	$2e^- + Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe$				-0,44
+0,41	$e^- + Cr^{3+} \rightleftharpoons Cr^{2+}$				-0,41
+0,28	$2e^- + Co^{2+} \rightleftharpoons Co$				-0,28
+0,25	$2e^- + Ni^{2+} \rightleftharpoons Ni$				-0,25
+0,14	$2e^- + Sn^{2+} \rightleftharpoons Sn$				-0,14
+0,13	$2e^- + Pb^{2+} \rightleftharpoons Pb$				-0,13
0,00	$2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons H_2$				0,00
-0,14	$2e^- + 2H^+ + S \rightleftharpoons H_2S$				+0,14
-0,15	$2e^- + Sn^{4+} \rightleftharpoons Sn^{2+}$				+0,15
-0,34	$2e^- + Cu^{2+} \rightleftharpoons Cu$				+0,34
-0,40	$2e^- + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons 2OH^-$				+0,40
-0,52	$e^- + Cu^+ \rightleftharpoons Cu$				+0,52
-0,54	$2e^- + I_2 \rightleftharpoons 2I^-$				+0,54
-0,68	$2e^- + 2H^+ + O_2 \rightleftharpoons H_2O_2$				+0,68
-0,77	$e^- + Fe^{3+} \rightleftharpoons Fe^{2+}$				+0,77
-0,80	$e^- + Ag^+ \rightleftharpoons Ag$				+0,80
-0,80	$2e^- + 4H^+ + 2NO_3^- \rightleftharpoons 2H_2O + N_2O_4$				+0,80
-0,85	$2e^- + Hg^{2+} \rightleftharpoons Hg$				+0,85
-0,96	$3e^- + 4H^+ + NO_3^- \rightleftharpoons 2H_2O + NO$				+0,96
-1,07	$2e^- + Br_2 \rightleftharpoons 2Br^-$				+1,07
-1,36	$6e^- + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$				+1,36
-1,36	$2e^- + Cl_2 \rightleftharpoons 2Cl^-$				+1,36
-1,50	$3e^- + Au^{3+} \rightleftharpoons Au$				+1,50
-1,51	$5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$				+1,51
-1,78	$2e^- + 2H^+ + H_2O_2 \rightleftharpoons 2H_2O$				+1,78
-2,87	$2e^- + F_2 \rightleftharpoons 2F^-$				+2,87

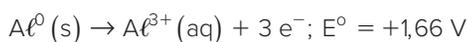
Tabela de potenciais-padrão dos eletrodos em relação ao EPH.

Sobre essa tabela devem ser feitas algumas considerações:

- As meias-reações no sentido direto são de redução. Portanto, do lado direito da tabela, temos valores de potencial-padrão de redução, cujo símbolo é E_{red}° .
- As meias-reações no sentido inverso são de oxidação. Portanto, do lado esquerdo da tabela temos valores de potencial-padrão de oxidação, cujo símbolo é E_{oxi}° .
- Note como $E_{\text{red}}^{\circ} = -E_{\text{oxi}}^{\circ}$.
- Em uma prova, é possível deparar-se com as seguintes situações:
 - A questão informa se os potenciais fornecidos são de oxidação ou de redução. Nesse caso, basta fornecer apenas um deles, já que um dos valores é simétrico em relação ao outro.
 - A questão não informa se os potenciais fornecidos são de oxidação ou de redução, mas os valores vêm depois das meias-reações. Nesse caso, se a meia-reação fornecida for de redução, o potencial é de redução. Se a meia-reação fornecida for de oxidação, o potencial será de oxidação. Veja:

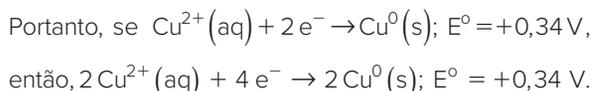


Nesse caso, o potencial fornecido é de redução, pois a meia-reação é de redução.



Nesse caso, o potencial fornecido é de oxidação, pois a meia-reação é de oxidação.

- Multiplicar uma meia-reação por um número positivo não altera o potencial.



Para se calcular a força eletromotriz nas condições-padrão ΔE° de uma pilha (elemento galvânico), deve-se tomar o potencial de redução do eletrodo que reduz e subtrair o potencial de redução do eletrodo que oxida. De fato:

$$\Delta E^{\circ} = E_{\text{red, reduz}}^{\circ} - E_{\text{red, oxida}}^{\circ}$$

A diferença de potencial (ddp) de uma pilha é a sua força eletromotriz descontando-se as perdas por resistência interna do dispositivo galvânico.

$$\underbrace{U}_{\text{ddp}} = \underbrace{\Delta E^{\circ}}_{\text{f.e.m.}} - \underbrace{R}_{\text{resistência interna}} \cdot \underbrace{i}_{\text{corrente}}$$

Quando a força eletromotriz de um elemento galvânico é positiva, significa que o dispositivo fornece energia de maneira espontânea, segundo a ocorrência de sua reação direta. Quando a força eletromotriz de um elemento galvânico é nula, significa que o dispositivo está em equilíbrio químico e, portanto, não fornece energia. Quando a força eletromotriz de um elemento galvânico é negativa, significa que a reação direta do dispositivo só ocorre de maneira forçada, fornecendo-se energia externa. Para que funcione espontaneamente, ou seja, como pilha, deve reagir no sentido inverso.

Exercícios resolvidos

1. Para o elemento galvânico



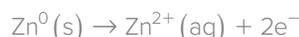
faça o que se pede, consultando a tabela de potenciais-padrão.

- a) Escreva a meia-reação de oxidação.
- b) Escreva a meia-reação de redução.
- c) Escreva a reação global.
- d) Quais os polos negativo e positivo?
- e) Quais são o ânodo e o cátodo?
- f) Qual placa tem aumento de massa e qual sofre corrosão?
- g) Qual das soluções tem aumento da concentração do íon ativo e qual tem diminuição?
- h) Qual o valor de ΔE° ?
- i) O dispositivo é espontâneo em seu sentido direto?
- j) Faça um esquema do funcionamento do elemento galvânico.

Resolução:

- a) Segundo a tabela de potenciais-padrão, o E_{red}° do cobre é maior que o E_{red}° do zinco. Portanto, o zinco oxida e o cobre reduz. **Reduz espontaneamente o eletrodo com maior potencial de redução.**

Assim, a meia-reação de oxidação é:

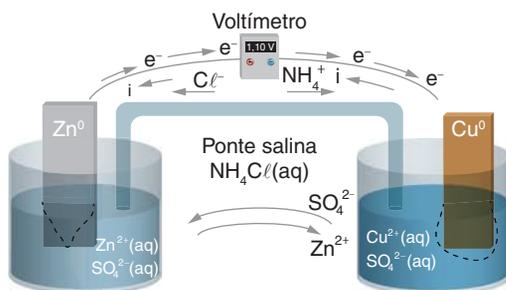


- b) Meia-reação de redução:
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s})$
- c) A reação global é a soma das duas meias-reações:



- d) O eletrodo que oxida tende a ficar eletricamente negativo. Portanto, o eletrodo de zinco é o polo negativo. O eletrodo que reduz tende a ficar eletricamente positivo. Portanto, o eletrodo de cobre é o polo positivo.
- e) O ânodo é o eletrodo onde ocorre a oxidação, que é o eletrodo de zinco. O cátodo é o eletrodo onde ocorre a redução, que é o eletrodo de cobre.
- f) A placa que corrói é a placa que sofre oxidação. Portanto, a placa de zinco tem perda de massa. A placa que ganha massa é a placa do eletrodo que sofre redução, que é o eletrodo de cobre.
- g) Segundo as meias-reações, há um aumento na concentração de íons $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ e uma redução na concentração dos íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.

- h) O eletrodo que oxida é o eletrodo de zinco. Portanto, segundo a tabela de potenciais-padrão, $E_{\text{red,oxida}}^{\circ} = -0,76 \text{ V}$
- O eletrodo que reduz é o de cobre. Logo, $E_{\text{red,reduz}}^{\circ} = +0,34 \text{ V}$
- Como $\Delta E^{\circ} = E_{\text{red,reduz}}^{\circ} - E_{\text{red,oxida}}^{\circ} \therefore$
- $\Delta E^{\circ} = (+0,34) - (-0,76) \therefore \Delta E^{\circ} = +1,10 \text{ V}$
- i) Como $\Delta E^{\circ} > 0$, o dispositivo galvânico funciona espontaneamente segundo a sua reação direta.
- j)



2. Para o elemento galvânico



faça o que se pede consultando a tabela de potenciais-padrão.

- Escreva a meia-reação de oxidação.
- Escreva a meia-reação de redução.
- Escreva a reação global.
- Quais são os polos negativo e positivo?
- Quais são o ânodo e cátodo?
- Qual placa tem aumento de massa e qual sofre corrosão?
- Qual das soluções tem aumento da concentração do íon ativo e qual tem diminuição?
- Qual o valor de ΔE° ?
- O dispositivo é espontâneo em seu sentido direto?

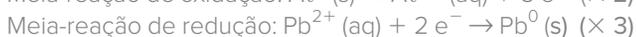
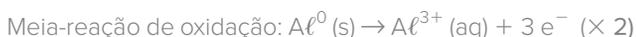
Resolução:

- a) Segundo a tabela de potenciais-padrão, o E_{red}° do chumbo é maior que o E_{red}° do alumínio. Portanto, o alumínio oxida e o chumbo reduz. Assim, meia-reação de oxidação:



- b) Meia-reação de redução:
 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Pb}^0(\text{s})$

- c) A reação global é a soma das duas meias-reações:



- d) O eletrodo que oxida tende a ficar eletricamente negativo. Portanto, o eletrodo de alumínio é o

polo negativo. O eletrodo que reduz tende a ficar eletricamente positivo. Portanto, o eletrodo de chumbo é o polo positivo.

- O ânodo é o eletrodo onde ocorre a oxidação, que é o eletrodo de alumínio. O cátodo é o eletrodo onde ocorre a redução, que é o eletrodo de chumbo.
 - A placa que corrói é a placa que sofre oxidação. Portanto, a placa de alumínio tem perda de massa. A placa que ganha massa é a placa do eletrodo que sofre redução, que é o eletrodo de chumbo.
 - Segundo as meias-reações, há um aumento na concentração de íons $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ e uma redução na concentração dos íons $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$.
 - O eletrodo que oxida é o eletrodo de alumínio. Portanto, segundo a tabela de potenciais-padrão, $E_{\text{red,oxida}}^{\circ} = -1,66 \text{ V}$. O eletrodo que reduz é o de chumbo. Logo, $E_{\text{red,reduz}}^{\circ} = -0,13 \text{ V}$. Como $\Delta E^{\circ} = E_{\text{red,reduz}}^{\circ} - E_{\text{red,oxida}}^{\circ} \therefore$
- $$\Delta E^{\circ} = (-0,13) - (-1,66) \therefore \Delta E^{\circ} = +1,53 \text{ V}$$
- i) Como $\Delta E^{\circ} > 0$, o dispositivo galvânico funciona espontaneamente segundo a sua reação direta.

3. Para o elemento galvânico



faça o que se pede, consultando a tabela de potenciais-padrão.

- Escreva a meia-reação de oxidação.
- Escreva a meia-reação de redução.
- Escreva a reação global.
- Qual o valor de ΔE° ?
- O dispositivo é espontâneo em seu sentido direto?

Resolução:

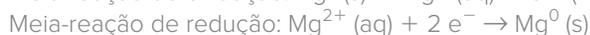
- a) Segundo a representação fornecida, o eletrodo de prata sofre oxidação. Isso contraria a tabela de potenciais-padrão, o que representa indício inequívoco de que essa reação não é espontânea no sentido sugerido pela representação.

Assim, meia-reação de oxidação:



- b) Meia-reação de redução:
 $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Mg}^0(\text{s})$

- c) A reação global é a soma das duas meias-reações:



- d) Segundo a representação fornecida no enunciado, o eletrodo que oxida é o eletrodo de prata. Portanto, segundo a tabela de potenciais-padrão,

$E_{\text{red,oxida}}^{\circ} = + 0,80 \text{ V}$. O eletrodo que reduz é o de magnésio. Logo, $E_{\text{red,reduz}}^{\circ} = - 2,36 \text{ V}$.

Como $\Delta E^{\circ} = E_{\text{red,reduz}}^{\circ} - E_{\text{red,oxida}}^{\circ} \therefore$

$$\Delta E^{\circ} = (- 2,36) - (+ 0,80) \therefore \Delta E^{\circ} = - 3,16 \text{ V}$$

- e) Como $\Delta E^{\circ} < 0$, o dispositivo galvânico não funciona espontaneamente segundo a sua reação direta. Para que esse dispositivo funcione como pilha, ou seja, forneça energia elétrica a partir de sua energia química acumulada, deve-se inverter seus polos. Isso significa, em termos mais simples, que estamos obrigando a pilha a funcionar segundo reação invertida. Do ponto de vista prático, a inversão é feita retirando-se a pilha do receptor, invertendo-se os polos (basta virar a pilha ao contrário) e encaixando-a novamente no receptor.

Para encerrar este item, é importante discutirmos que esses valores de força eletromotriz que foram calculados só são válidos para pilhas que estejam nas condições-padrão. Mesmo que a pilha comece nessas condições, deve-se ressaltar que, durante o seu funcionamento, as concentrações dos íons ativos vão se alterando, bem como o valor de Q_c . À medida que a pilha vai funcionando (fornecendo energia elétrica a partir da energia química acumulada), o valor de Q_c vai se aproximando cada vez mais de K_c . Isso ocorre porque a pilha é um dispositivo desequilibrado que, durante o seu caminho até o equilíbrio, vai convertendo energia química em energia elétrica. Com isso, a força eletromotriz do elemento galvânico vai gradualmente diminuindo até zerar, quando a pilha entra em equilíbrio e para de funcionar.

Tipos de pilha

Além das pilhas de Daniell e de Volta, há inúmeros outros tipos de pilhas e baterias. Algumas são notáveis devido à enorme utilização cotidiana e ao grande benefício que trazem à nossa qualidade de vida e praticidade.

Pilha seca

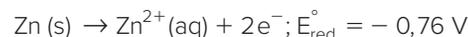
As pilhas mais comumente usadas são as pilhas secas ou pilhas de Leclanché. Elas foram inventadas pelo engenheiro francês Georges Leclanché, em 1865. O polo negativo dessas pilhas é composto de zinco metálico em forma de um copinho que, durante o funcionamento do dispositivo, oxida a $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$. O polo positivo é composto por uma pasta úmida que, até pouco tempo atrás, continha mercúrio e cádmio, ambos tóxicos. Devido a essa composição, essas pilhas deveriam ser descartadas em lixo especial.

Com o avanço da tecnologia que visa à proteção ambiental, parte dos fabricantes já produz pilhas secas sem metais tóxicos. A pasta das pilhas ecológicas contém negro de fumo (carvão pulverizado com elevadíssimo teor de

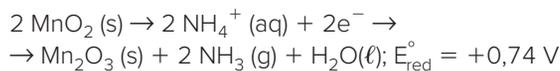
carbono) ou carvão ativado, bióxido de manganês (MnO_2), cloreto de amônio e cloreto de zinco, com água para umedecer a pasta. Um tarugo de grafite é o eletrodo condutor do cátodo desse elemento galvânico. A ddp desse dispositivo é de 1,5 V, sendo comercializado em diferentes tamanhos.

Para esse dispositivo, as principais meias-reações são:

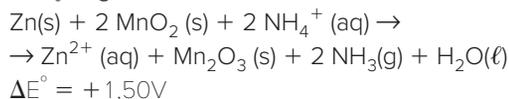
Meia-reação de oxidação/polo negativo/ânodo:



Meia-reação de redução/polo positivo/cátodo:

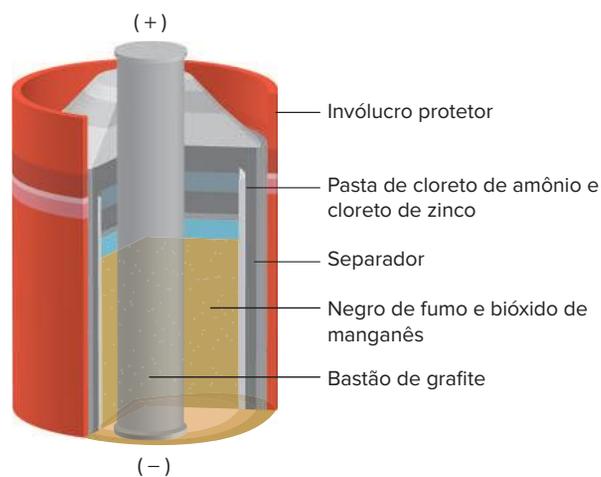


Reação global:



A liberação de amônia gasosa, que escapa pelo invólucro da pilha, faz com que a pilha seca torne-se não recarregável.

A figura a seguir mostra um esquema de um dispositivo de Leclanché.



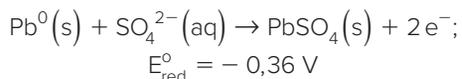
Visão interna da pilha seca, ou pilha de Leclanché.

Bateria de carro

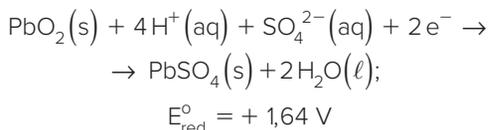
As baterias de carro têm grande importância por dois motivos: historicamente, por terem sido as primeiras pilhas recarregáveis com comercialização significativa; e, atualmente, por serem as pilhas que alimentam todos os componentes elétricos dos veículos à combustão, como faróis, rádio, ar-condicionado, para-brisas, injeção eletrônica etc. Desde a sua invenção pelo físico francês Gaston Planté, em 1859, a bateria de chumbo (como também é chamada a bateria de carro) sofreu modificações tecnológicas, como concentração e composição da solução eletrolítica entre os polos, disposição dos eletrodos, número de células em série para compor a bateria inteira e outros detalhes. No entanto, o princípio básico de funcionamento praticamente

não sofreu alteração ao longo de mais de um século e meio. A bateria de Planté funciona através das duas meias-reações a seguir:

Meia-reação de oxidação/ânodo/polo negativo:

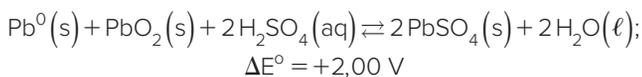


Meia-reação de redução/cátodo/polo positivo:



A soma das duas meias-reações resulta na equação global do processo, que representa a maneira pela qual a energia química se converte em energia elétrica:

Reação global:



Portanto, a bateria de carro é composta pelo metal chumbo, por óxido de chumbo e por uma solução aquosa de ácido sulfúrico (chamada água de bateria). A f.e.m. desse elemento galvânico é de 2 V.

Quando a reação global ocorre no sentido direto, a bateria está sofrendo descarga, ou seja, alimentando com energia elétrica os dispositivos elétricos do veículo, a partir da energia química acumulada. No sentido inverso, a bateria está sendo carregada, ou seja, acumulando energia química através de energia elétrica. É interessante perceber que a pilha recarregável que conhecemos hoje em dia, e que se popularizou nas duas últimas décadas, existe, de fato, desde 1859.

Quando a bateria está carregada, a reação global está mais deslocada no sentido dos reagentes, ou seja, a concentração de ácido sulfúrico está maior (o ácido sulfúrico puro tem densidade de $1,84 \text{ g/cm}^3$). A densidade da solução aquosa que compõe a “água de bateria” quando o dispositivo está totalmente carregado é de $1,30 \text{ g/cm}^3$. À medida que a bateria vai descarregando, o ácido sulfúrico vai sendo substituído por água na fase líquida. Como a densidade da água é de $1,00 \text{ g/cm}^3$, a densidade da fase líquida vai diminuindo quando a bateria descarrega. Quando totalmente descarregada, a densidade da fase líquida é de $1,15 \text{ g/cm}^3$. Portanto, existem duas maneiras para determinar a carga de uma bateria: medindo-se a ddp ou a densidade da fase líquida.

A bateria do carro tem seis desses dispositivos em série, totalizando 12 V. Devido a alterações e melhorias tecnológicas, as baterias de hoje têm uma fase úmida, mas não líquida. Entretanto, o princípio básico de funcionamento não sofreu mudanças significativas. Veja nas figuras a seguir a bateria de Planté.



Bateria de carro parcialmente aberta, mostrando as placas de Pb intercaladas com placas de PbO_2 . Há seis células em série, totalizando 12 V.



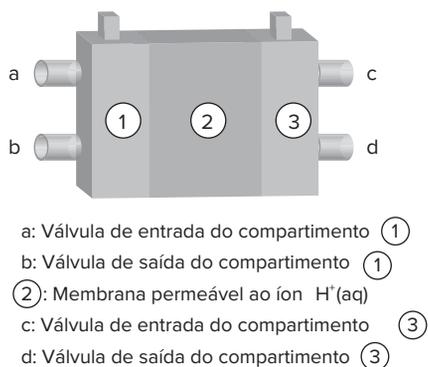
Bateria de carro atual. Note como as linhas na face frontal sinalizam as seis pilhas em série que compõem o dispositivo.

Células combustíveis

Em tecnologia de ponta relacionada à Eletroquímica, muito se tem falado sobre um tipo de pilha chamada célula combustível. A ideia desse tipo de dispositivo é muito simples: fazer reações de combustão a partir da queima de combustíveis. Todavia, em vez de se obter energia térmica pela queima direta, obtém-se energia elétrica mediante queima indireta. Há algumas vantagens e desvantagens em relação à combustão direta. Através da célula combustível, o rendimento energético pela queima do combustível pode ser superior a 50%, enquanto pela queima direta o rendimento é muito abaixo disso. Entretanto, os motores que funcionam pela queima direta de combustíveis ainda têm tecnologia mais simples e mais barata. É importante salientar que, quando se tem melhor rendimento energético, o gasto de combustível é menor e polui-se menos.

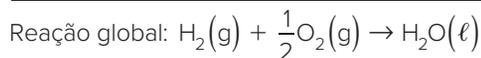
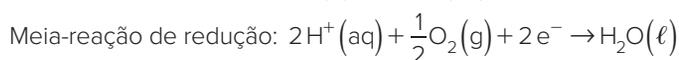
De todas as células combustíveis, a mais comentada e promissora é a célula combustível de hidrogênio. Para compreender as suas vantagens, deve-se compreender o seu funcionamento.

A célula combustível de hidrogênio apresenta três compartimentos. No compartimento central há uma membrana permeável ao íon $H^+(aq)$. Em cada um dos dois compartimentos que existem nas extremidades, há duas válvulas: uma de entrada e outra de saída. Veja na figura a seguir.

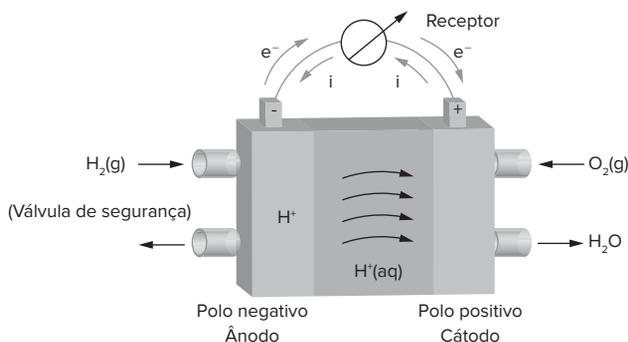


Aparelhagem da célula combustível.

O combustível a ser utilizado é introduzido pela válvula *a*. O excesso desse combustível ou o resíduo que dele advém saem pela válvula *b*. O gás oxigênio ($O_2(g)$) entra pela válvula *c*, e H_2O sai pela válvula *d*. Como estamos estudando a célula combustível de hidrogênio, introduz-se $H_2(g)$ pela válvula *a* e $O_2(g)$ pela válvula *c*. Assim, as meias-reações que ocorrem são:



Como se pode notar, introduz-se o combustível no compartimento 1, onde ocorre a meia-reação de oxidação descrita. Portanto, esse compartimento é o ânodo e também o polo negativo desse elemento galvânico. Introduz-se o comburente no compartimento 3, onde ocorre a meia-reação de redução descrita. Portanto, esse compartimento é o cátodo e também o polo positivo desse dispositivo. A reação global é sempre uma combustão, mas, em vez de se obter energia térmica pelo contato direto entre combustível e comburente, obtém-se energia elétrica, como mostra a figura a seguir.



Funcionamento da célula combustível de hidrogênio.

É importante dizer que a maior vantagem do uso da célula combustível de hidrogênio é que o único resíduo eliminado por seu funcionamento e pela geração de energia elétrica é a água. Consequentemente, é uma pilha não poluente. O único impacto ambiental desse tipo de dispositivo é aquele gerado na obtenção de hidrogênio e oxigênio, o que pode variar de país para país.

Pode-se construir células combustíveis com outras substâncias. Observe como ficaria se o combustível disponível fosse o principal componente da gasolina:



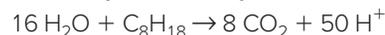
Para se completar as meias-reações, deve-se primeiramente equilibrar quem não é O nem H.



Deve-se equilibrar os O com H_2O :



Deve-se equilibrar os H com H^+ :

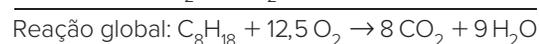
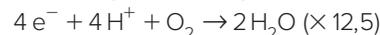
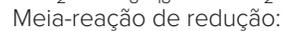


Finalmente, deve-se equilibrar cargas com e^- :

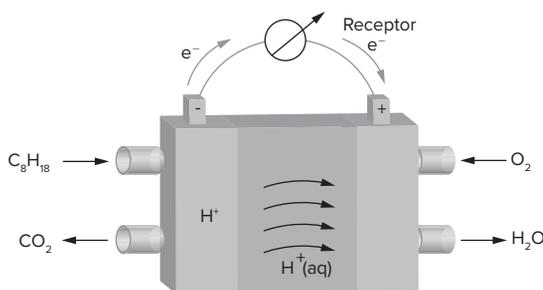


Essa técnica utilizada para se determinar as meias-reações é chamada de **método do íon-elétron**.

A reação global, que é a soma das duas meias-reações, deve ser a própria reação de combustão do isoctano. De fato:



Veja, na figura a seguir, o funcionamento dessa célula combustível.



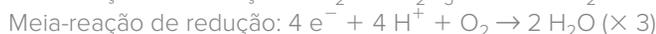
Funcionamento da célula combustível de isoctano.

Exercício resolvido

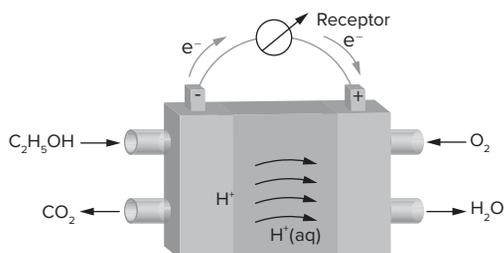
4. Para uma célula combustível de álcool etílico, escreva a meia-reação de oxidação, a meia-reação de redução, a reação global e desene o dispositivo de funcionamento.

Resolução:

Aplicando o método do íon-elétron, tem-se:

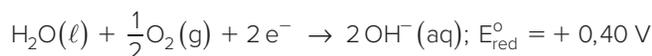


O dispositivo pode ser esquematizado da seguinte forma:



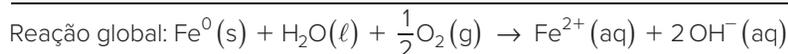
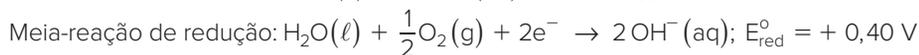
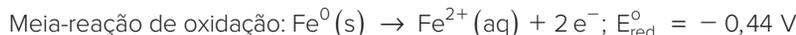
Formação de ferrugem

O ar atmosférico úmido ou a água aerada têm enorme capacidade oxidante, que se revela através da meia-reação:



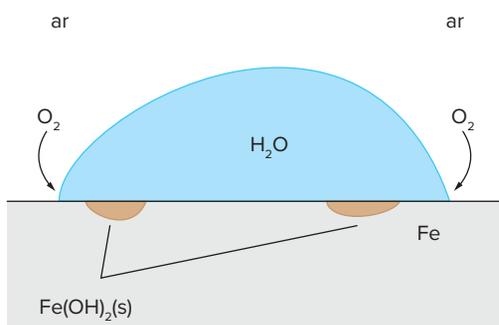
Evidentemente, o ar atmosférico úmido não se encontra nas condições-padrão, pois a pressão parcial do oxigênio é de 0,2 atm e a concentração de $2 \text{OH}^-(\text{aq})$ na água é de 10^{-7} mol/L . Entretanto, deve-se salientar que a atmosfera úmida natural tem um valor de E_{red} não muito diferente de E_{red}° .

O simples contato do ar úmido com a maioria dos metais provoca sua oxidação, através de duas meias-reações que compõem uma pilha. Veja o caso da oxidação do ferro.



$$\Delta E^{\circ} = + 0,84$$

A f.e.m. positiva indica que a oxidação do ferro pela ação do ar atmosférico úmido é espontânea. Logo, é absolutamente natural a formação da ferrugem a partir do ferro exposto. Além disso, devido à baixa solubilidade do $\text{Fe}(\text{OH})_2$, os íons $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ e $\text{OH}^-(\text{aq})$ formados precipitam na forma do hidróxido sólido, constituindo uma das formas do que chamamos de ferrugem. Veja nas figuras a seguir.



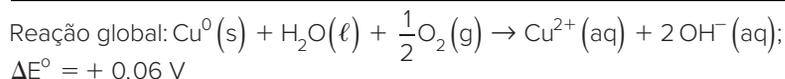
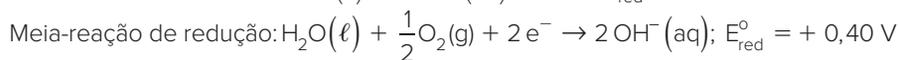
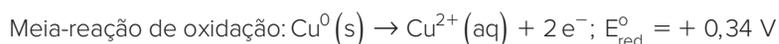
Esquema de formação de ferrugem a partir do contato de ferro metálico com ar úmido.



Formação de ferrugem pela ação do ar úmido ou da água aerada.

© Alexander Manykin | Dreamstime.com

O ar úmido ou a água aerada têm o poder de oxidar até o cobre, metal nobre. A ação do ar atmosférico úmido sobre o cobre metálico é um pouco mais complexa, e pode ser dada pela seguinte sequência:



A solubilidade do hidróxido de cobre (II) é muito baixa. Portanto, por precipitação, ocorre a formação de $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$. Pela ação do dióxido de carbono presente no ar atmosférico ($\text{CO}_2(\text{g})$), ocorre a reação entre um óxido ácido e uma base, segundo a equação:



O sólido de fórmula $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$ apresenta cor verde intensa. Devido à coloração verde muito viva, a formação desse composto chama a atenção de longe em monumentos. Para que se obtenham placas revestidas de $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$, basta esperar a oxidação natural do cobre pela ação da atmosfera úmida, ou acelerar esse processo mediante fornecimento de energia elétrica. Veja, nas figuras a seguir, dois monumentos com placas recobertas pela “ferrugem” do cobre.



Cúpula da Ópera House de Paris, recoberta por $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$.



As cúpulas da Catedral da Sé, de São Paulo, são revestidas pelo produto da oxidação natural do cobre em contato com ar atmosférico úmido.

Proteções anticorrosão

Metais de sacrifício ou proteção catódica

O ar atmosférico úmido tem ação destrutiva sobre a maioria dos metais. Em grande parte dos casos, essa ação destrutiva é totalmente indesejável, como a formação de ferrugem a partir do ferro metálico. Muitos, em um primeiro momento de reflexão, perguntam-se: por que não usamos materiais que resistam à corrosão imposta pelo contato com o ar úmido? A resposta é simples: porque teríamos que usar metais nobres, como prata e ouro, que são extremamente caros. Seria inviável construir um navio com o casco de ouro. O material a ser utilizado para construção de maquinário pesado tem que ser de custo muito baixo. O metal mais viável para essa finalidade é o ferro, pelos seguintes motivos: o minério de ferro é abundante, de fácil extração e a metalurgia exige carvão, que apresenta custo baixo. Entretanto, o ferro oxida com extrema facilidade pela ação do ar úmido. Para protegê-lo da corrosão, deve-se usar outro metal que tenha menor potencial de redução do que aquele a ser protegido. Dessa forma, o metal com menor potencial de redução vai oxidar no lugar do que deve ser protegido. Por isso, o metal protetor, que oxida em lugar de outro, é chamado de **metal de sacrifício**. Na maioria das vezes, o metal de sacrifício utilizado é o magnésio, dada a boa relação entre custo e capacidade de proteção. O metal de sacrifício é muito utilizado em navios e em ferragens de construção, para se evitar a corrosão do ferro. Metais de sacrifício se oxidam com muita facilidade e consequentemente devem ser substituídos periodicamente.



Magnésio metálico parcialmente corroído, sendo utilizado como metal de sacrifício em casco de navio.



Instalação de metal de sacrifício em tubulação de ferro.

Galvanização

A galvanização é o recobrimento total do metal a ser protegido por outro metal que isole o primeiro do contato com o ar atmosférico. A galvanização mais comum do ferro é com recobrimento de zinco. Esse processo é feito mergulhando-se a peça de ferro a ser protegida em zinco fundido. São feitos tantos banhos quanto necessários para que se atinja o recobrimento total com espessura adequada.

Contudo, pela tabela de potenciais-padrão, o zinco tem maior tendência à oxidação do que o ferro. Então, por que a galvanização com zinco é eficiente? Não é uma resposta simples.

Todos os metais que oxidam em contato com o ar atmosférico passam a ser recobertos por seus próprios óxidos. Cada metal gera um tipo diferente de óxido, que pode variar quanto à sua aderência ao metal que o gerou e quanto ao grau de compactação da camada envolvente formada. Assim, a formação de uma camada envoltória de óxido ao redor do metal o protege, pois dificulta o contato do metal com o ar. Entretanto, dadas as diferentes características dos óxidos distintos, alguns têm camadas mais protetoras do que outros. O ferro, por exemplo, forma um óxido cujo grau de proteção é muito baixo. Isso ocorre porque o óxido de ferro (ferrugem) é pouco aderente ao metal e é extremamente poroso, o que torna o isolamento pouquíssimo eficiente. Porém, a camada de óxido de zinco (ZnO) que se forma em torno do zinco tem boa aderência e baixa porosidade. Como consequência, há um isolamento melhor, que dificulta o contato com o ar atmosférico, protegendo a peça de ferro da corrosão.

É importante salientar que, quando a camada de zinco não mais isola o ferro do contato com o ar atmosférico, a corrosão continua sendo dificultada. Nesse caso, o zinco deixa de agir como galvanização, porque não há mais o recobrimento total, mas passa a agir como metal de sacrifício do ferro, por ter menor potencial de redução do que o metal a ser protegido. Quando o zinco é totalmente gasto, deve-se raspar a peça para retirar o óxido de zinco formado e galvanizá-la novamente.

Quando o metal galvanizador tem maior potencial de redução do que o metal a ser protegido, ele resiste muito mais à corrosão. Além disso, se o seu óxido formar uma camada com bom isolamento, o resultado da galvanização é ainda melhor. Nesse caso, a galvanização não é feita por banho, mas por eletrodeposição. É o que ocorre quando a galvanização é feita com níquel. Seu óxido protetor é mais aderente e compacto que o do zinco, o que resulta em uma galvanização de maior qualidade. Pesa contra o níquel o seu preço elevado. Mais eficiente ainda é a galvanização com cromo. Peças que passam por esse tipo de procedimento anticorrosão são chamadas de cromadas. Os óxidos protetores do cromo e do alumínio têm uma eficiência de isolamento enorme (maior que a do níquel). A desvantagem do cromo é o custo elevado; e a do alumínio, sua pouca aderência ao ferro.

Quando a galvanização é feita com metal de maior potencial de redução do que o daquele a ser protegido e, por algum motivo (arranhão ou não aderência do óxido protetor),

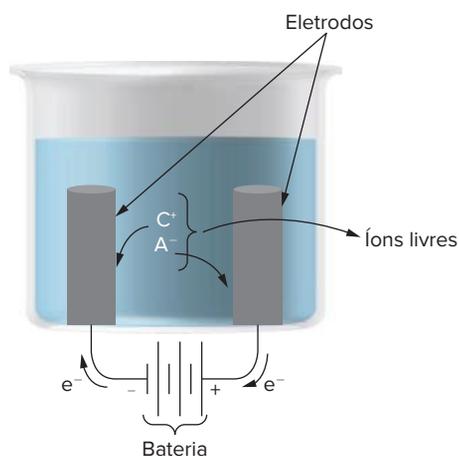
a camada de óxido não mais o isolar, deve-se galvanizá-lo de novo imediatamente, já que nesse caso o metal a ser protegido funcionará como metal de sacrifício e oxidará muito mais depressa. Vale ressaltar que a camada de óxido protetor do cromo é tão boa que, quando se mistura ao aço o metal cromo com um teor que supere 8%, tem-se cromo suficiente para que a camada protetora de óxido de cromo isole a peça do contato com o ar: é o aço inoxidável.

Há ainda mais dois procedimentos anticorrosivos: pintar com graxa, tinta ou zarcão a peça a ser protegida, a fim de evitar seu contato com o ar atmosférico; ou ligar à peça a ser protegida uma bateria externa, para que essa favoreça, de modo forçado, a ferrugem voltar a ser ferro metálico.

Além disso, a galvanização mais eficiente ocorre quando se recobre uma peça com ouro, já que esse metal nobre não oxida e isola para sempre o metal a ser protegido. Entretanto, esse tipo de galvanização é muito raro e, devido ao seu custo elevado, só é utilizado em peças pequenas.

Eletrólises

Eletrólise é o procedimento experimental pelo qual se transforma energia elétrica em energia química. Esse fenômeno é não espontâneo e deve ser forçado por uma bateria ou pela rede elétrica. As eletrólises ocorrem em um recipiente chamado **cuba eletrolítica**, que consiste em uma cuba com dois eletrodos ligados a uma bateria. Dentro da cuba, acrescenta-se o eletrólito, que pode ser um composto iônico fundido ou íons livres em solução aquosa. Os eletrodos podem ou não participar da reação global da eletrólise: se fizerem parte da reação global, serão chamados de **eletrodos ativos**; se não fizerem parte da reação global, serão chamados de **eletrodos inertes**. Os eletrodos inertes mais comumente utilizados são de grafite ou de platina. A bateria externa, que está ligada à cuba eletrolítica, transfere elétrons de seu polo negativo para o polo positivo. Assim, os cátions do eletrólito que descarregam no polo negativo da bateria recebem elétrons, enquanto os ânions do eletrólito que descarregam no polo positivo da bateria perdem elétrons. Veja na figura a seguir.



Esquema de uma cuba eletrolítica.

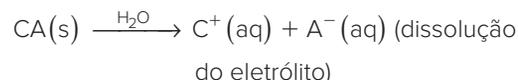
Quando se acrescenta à cuba eletrolítica um composto iônico puro (sem que esteja em solução aquosa), este, certamente, se encontra no estado sólido nas condições

do ambiente. Essa é uma característica típica de compostos que são formados por ligação iônica: alto ponto de fusão.

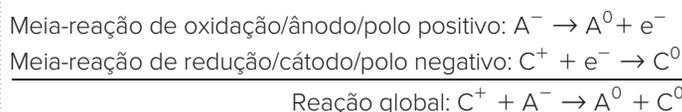
Entretanto, compostos iônicos sólidos não conduzem corrente, pois os íons estão presos. Para que os íons passem a ser livres, é preciso que se provoque a fusão do composto. Para tanto, é necessário aquecer o sistema até que o ponto de fusão do composto iônico seja atingido, o que pode ultrapassar os 500 °C. Por esse motivo, eletrólises sem água, em que o eletrólito não é uma solução aquosa, são chamadas de **eletrólises ígneas**. A liberação dos íons pode ser equacionada, nesse caso, da seguinte forma:



Por outro lado, quando se acrescenta como eletrólito um composto iônico ou um ácido em solução aquosa, não há necessidade de aquecimento e a eletrólise é chamada de **eletrólise em solução aquosa**. A liberação dos íons pode ser equacionada, nesse caso, da seguinte forma:



As meias-reações que compõem uma eletrólise são:



Algumas informações devem ser destacadas:

- O ânodo é sempre o local eletroquímico da oxidação, bem como o cátodo é sempre o local eletroquímico da redução. Entretanto, nas pilhas, o ânodo é o polo negativo, enquanto o cátodo é o polo positivo. Já nas eletrólises ocorre inversão de polaridade, ou seja, o ânodo é o polo positivo, enquanto o cátodo é o polo negativo.
- No composto iônico CA, C é o cátion e A é o ânion, porque A é, certamente, mais eletronegativo do que C. Quando se analisa a reação global da eletrólise, nota-se que o fenômeno retira elétrons de A (mais eletronegativo) e os dá a C (mais eletropositivo). Evidentemente, o fenômeno descrito (tirar elétrons do mais eletronegativo e fornecê-los ao mais eletropositivo) é não espontâneo. Somente uma força externa (bateria ou rede elétrica) possibilita essa ocorrência.
- As eletrólises ígneas são muito mais fáceis de equacionar do que as eletrólises em solução aquosa. Nas eletrólises ígneas, só há um cátion para descarregar no polo negativo e apenas um ânion para descarregar no polo positivo. Nas eletrólises em solução aquosa, há o cátion do eletrólito disputando com o cátion da água (H^+) a preferência pela descarga no polo negativo, da mesma forma que o ânion do eletrólito disputa com o ânion da água (OH^-) a preferência de descarga no polo positivo. Portanto, deve-se saber quem tem a preferência de descarga: o íon da água ou o íon do eletrólito. A preferência de descargas é dada a seguir.

H^+ tem a preferência de descarga sobre cátions das famílias 1A (grupo 1), 2A (grupo 2) e cátions Al^{3+} .

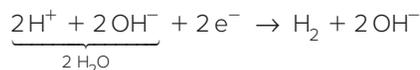
OH^- tem a preferência de descarga sobre F^- e ânions oxigenados.

- Ter a preferência de descarga não significa que o íon preferencial será aquele que descarrega com rendimento 100%. Significa que o rendimento de sua descarga é bem maior que o do outro íon que disputa com ele, de maneira que o rendimento de descarga do íon não preferencial não é nulo, mas é praticamente desprezível.
- Os íons da água devem ter suas meias-reações de descarga memorizadas, dada a importância e a frequência com que essas meias-reações ocorrem em eletrólises.

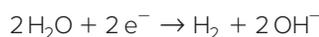
Para o H^+ , temos:



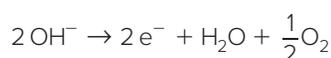
Entretanto, quando o H^+ provém da água, a meia-reação de descarga deve partir da água. Para tanto, deve-se somar $2OH^-$ à meia-reação anterior em ambos os membros:



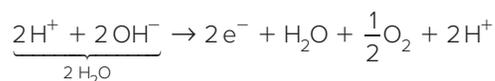
Assim, podemos escrever:



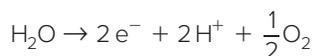
Para o OH^- , temos:



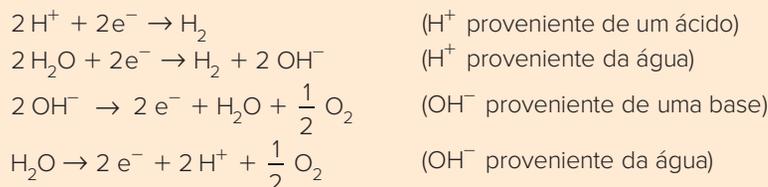
Entretanto, quando o OH^- provém da água, a meia-reação de descarga deve partir da água. Para tanto, deve-se somar $2H^+$ à meia-reação anterior em ambos os membros:



Assim, podemos escrever:

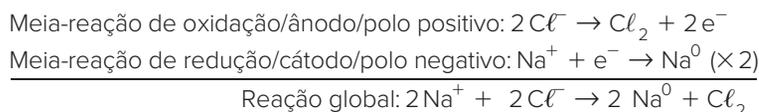


Portanto, a descarga dos íons da água pode ser resumida de acordo com o quadro a seguir.

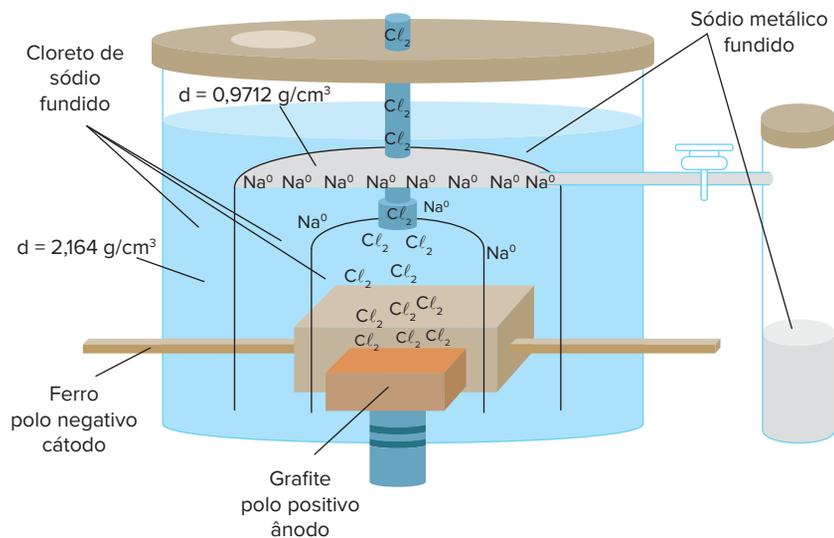


Eletrólise ígnea

Já foi exposto anteriormente que a eletrólise ígnea é aquela em que o composto iônico fundido por aquecimento constitui o eletrólito. Para a eletrólise do $NaCl$ fundido, tem-se o cátion Na^+ , que sofre descarga no polo negativo, e o Cl^- , que sofre descarga no polo positivo. Equacionando:



Para se viabilizar essa eletrólise, a temperatura de operação deve ser superior a $801^\circ C$, que é a temperatura de fusão do $NaCl$. O gás cloro obtido é utilizado para inúmeros fins: como matéria-prima para água sanitária e tubos de PVC, tratamento de piscina, estações de tratamento de água, produtos de desinfecção etc. O sódio metálico é obtido inicialmente no estado líquido. Esse metal líquido é canalizado para um cilindro externo, onde é resfriado e solidificado, sendo vendido por um preço bastante elevado (R\$ 3.200,00/kg, pelo menos). Foi devido às eletrólises ígneas que Humphry Davy obteve, pela primeira vez, metais alcalinos e alcalinoterrosos na forma metálica. Veja a seguir um esquema dessa eletrólise.



Esquema da eletrólise do NaCl fundido.

Exercício resolvido

5. Escreva a meia-reação de oxidação, a meia-reação de redução e a reação global para as eletrólises ígneas dos compostos a seguir.

a) CaBr_2

b) NaOH

Resolução:

- a) Para o $\text{CaBr}_2(\ell)$, tem-se:



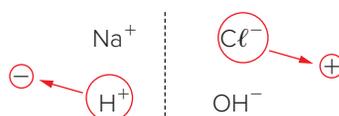
- b) Para o $\text{NaOH}(\ell)$, tem-se:



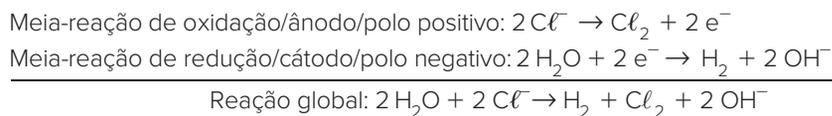
Nesse caso, há produção de água durante a eletrólise. Contudo, devido à alta temperatura de operação desse procedimento, a água formada está na forma de vapor e escapa para fora do eletrólito. Assim, a eletrólise ocorre toda sem a participação da água, ou seja, o processo não se torna uma eletrólise em solução aquosa.

Eletrólise em solução aquosa com eletrodos inertes

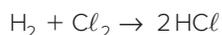
Nesse tipo de eletrólise, a água é o meio que propicia a ionização do eletrólito se ele for um ácido, ou a dissociação do eletrólito se ele for um composto iônico. Assim, há dois cátions que disputam a preferência de descarga no polo negativo e dois ânions que disputam a preferência de descarga no polo positivo. Um dos casos mais importantes desse tipo de procedimento é a eletrólise do $\text{NaCl}(\text{aq})$. Para essa eletrólise, dentro da cuba eletrolítica existem os íons do eletrólito ($\text{Na}^+(\text{aq})$ e $\text{Cl}^-(\text{aq})$) e os íons da água ($\text{H}^+(\text{aq})$ e $\text{OH}^-(\text{aq})$). De acordo com a tabela de preferência de descargas, tem-se:



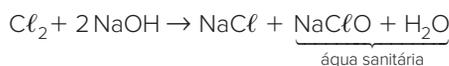
Como o íon $H^+(aq)$ é proveniente da água, as meias-reações dessa eletrólise são:



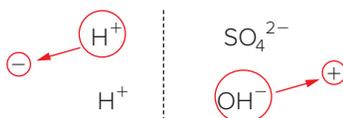
Portanto, a partir de $NaCl(aq)$, é possível obter gás hidrogênio (que pode ser usado como combustível) e gás cloro. A combinação dos dois gases em um maçarico especial é o principal método de obtenção do HCl , através da reação de equação:



Como os íons que sofrem descarga preferencial são H^+ e Cl^- , resta na solução uma sobra de Na^+ e OH^- . Se a água dessa solução evaporar, teremos um resíduo sólido constituído por soda cáustica, que é hidróxido de sódio com teor de pureza de aproximadamente 80%, utilizado para desentupir vasos e pias, além de servir como matéria-prima na produção de saponáceos. A produção de soda cáustica é importantíssima para a indústria química, já que é o terceiro produto químico industrial mais consumido do mundo. Se a essa solução de soda cáustica se borbulhar por um tempo prolongado o gás cloro obtido, ocorre a formação de água sanitária, de acordo com a reação de equação:

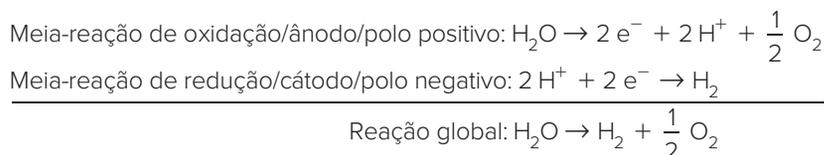


Outra eletrólise fundamental para a indústria química é a do $H_2SO_4(aq)$. Os íons em solução são os do ácido e os da água. A preferência de descargas é mostrada no esquema a seguir.



Quando se tem o H^+ do ácido e da água, a meia-reação a ser escrita é a do H^+ do ácido, já que o íon provém predominantemente dele. Da mesma forma, quando o OH^- vier da base e da água, deve-se escrever a meia-reação do OH^- que provém da base.

Dessa forma, as meias-reações dessa eletrólise são:



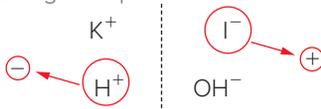
Perceba, pela equação da reação global, que a eletrólise é fundamentalmente da água. O ácido sulfúrico não participa da reação global e, portanto, não é consumido ao longo do processo. Entretanto, sem a sua presença na cuba eletrolítica, a eletrólise não ocorreria, porque a água pura não é um meio condutor. É por essa razão que essa eletrólise é chamada de eletrólise da água, porque o eletrólito é inerte. Esse procedimento é fundamental para a indústria, porque é esse processo que fornecerá os gases necessários para alimentar as células combustíveis de hidrogênio, que já foram estudadas neste mesmo capítulo.

Exercício resolvido

6. Para a eletrólise de uma solução aquosa de iodeto de potássio com eletrodos de grafite, escreva a meia-reação de oxidação, a meia-reação de redução e a reação global. Após isso, preveja as cores da solução aquosa ao redor dos eletrodos depois de algum tempo de eletrólise, caso haja fenolftaleína e amido dissolvidos.

Resolução:

Os íons em solução são os do sal (KI) e os da água. A preferência de descargas é mostrada no esquema a seguir.



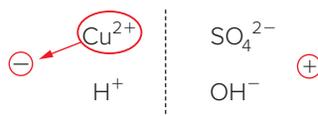
Portanto, as meias-reações dessa eletrólise são:



No polo positivo, a interação do iodo com o amido forma um complexo de coloração azul-marinho intenso. No polo negativo, a formação de OH^- deixa a fenolftaleína rosa. Essa eletrólise tem uma importância histórica muito grande, pois era a eletrólise que Michael Faraday usava como exemplo experimental para provar que a eletricidade tinha a capacidade de provocar transformações químicas em uma solução aquosa. Esse era o procedimento escolhido porque as mudanças de cor durante o fenômeno não deixavam dúvidas sobre a passagem da corrente pela solução aquosa.

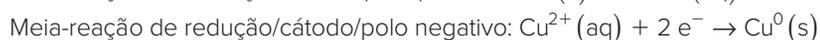
Eletrólise em solução aquosa com eletrodos ativos

Na grande maioria das vezes, quando o eletrodo não é de grafite ou de platina, ele participa da reação global da eletrólise e, portanto, é chamado de eletrodo ativo. As eletrólises com eletrodos ativos mais comuns são as que ocorrem com eletrodos metálicos. Para melhor compreensão sobre esse tema, analisaremos a eletrólise de $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ com eletrodos de cobre metálico. Os íons do sal e da água disputam a preferência de descarga nos dois polos. No polo positivo, disputam a preferência de descarga o íon $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ e o íon $\text{OH}^-(\text{aq})$. A tabela de preferência de descargas aponta que a descarga será primordialmente dos íons $\text{OH}^-(\text{aq})$. Entretanto, é muito mais fácil a bateria sugar elétrons do cobre metálico do próprio eletrodo do que de algum dos ânions. Logo, se a eletrólise for de eletrodos ativos, é porque o eletrodo do polo positivo está sendo consumido ao longo do processo. Isso ocorre para eletrodos metálicos que não sejam de platina. Veja no esquema a seguir a preferência de descargas.



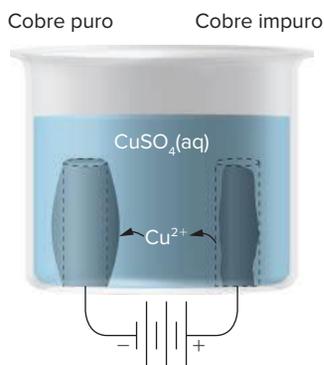
No polo negativo, a tabela de preferência de descargas diz que o íon Cu^{2+} prevalece sobre o H^+ . No polo positivo, por mais que a tabela aponte para a descarga do OH^- , quem descarrega de fato é o eletrodo de cobre metálico, que é, portanto, o eletrodo ativo.

As meias-reações do processo são:



A intensidade da coloração azul dessa solução depende da concentração de íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$. Como não há reação global, essa concentração não se altera. Logo, enquanto houver cobre metálico no polo positivo, a coloração azul da solução aquosa também não sofrerá alteração.

Após algum tempo de funcionamento da bateria ligada à cuba eletrolítica, temos o que se mostra no esquema a seguir.



Esquema da eletrólise de $\text{CuSO}_4(\text{aq})$, com eletrodos de cobre metálico.

Para esse procedimento específico, coloca-se um eletrodo de cobre metálico impuro no polo positivo. Quando a bateria captura os elétrons do cobre metálico, as impurezas incrustadas perdem o envoltório de cobre e caem na base do eletrodo do polo positivo. A impureza tem um aspecto de pó escuro, misturado à água, como se fosse uma lama.

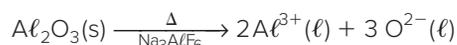
Como essa impureza aparece no ânodo do dispositivo, ela é chamada de **lama anódica**. Como as impurezas do cobre são principalmente prata e ouro, é possível vender a lama anódica por um bom preço. Os íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ são os únicos que vão para a solução aquosa. Portanto, no cátodo, a única espécie que eletrodeposita sobre o eletrodo é o cobre metálico, purificado. Logo, esse processo de eletrólise é também um processo de purificação do cobre. O cobre metálico purificado é principalmente utilizado como matéria-prima para a produção de fiação elétrica.

No polo positivo, pode-se colocar metais como cobalto, cromo, níquel e muitos outros. No eletrodo do polo negativo, deve-se colocar um objeto que se deseja galvanizar por eletrodeposição (o zinco não é um metal adequado para se fazer galvanizações por eletrodeposição, pois sua galvanização deve ser feita em banho de zinco fundido, como visto anteriormente neste capítulo). Com a eletrólise, o metal do ânodo funciona como eletrodo ativo, e converte-se em íons dissolvidos em solução. Os mesmos íons metálicos descarregam no cátodo, sobre o material que se deseja galvanizar, formando uma camada fina, uniforme e altamente resistente sobre o objeto que se deseja proteger. Portanto, é por eletrodeposição que os objetos de ferro recebem o banho de cromo (cromaço), ou o banho de níquel (niquelaço).

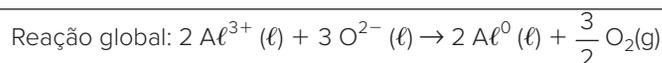
Obtenção do alumínio

Diferentemente do ferro, cuja forma metálica é obtida em altos-fornos, o alumínio é obtido industrialmente por eletrólise ígnea de seu minério (bauxita) purificado na forma de seu óxido (Al_2O_3 purificado, chamado de alumina).

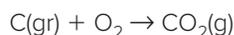
Uma vez purificado, o Al_2O_3 é colocado em uma cuba eletrolítica com criolita (Na_3AlF_6). A criolita é um fundente, ou seja, atua para que o Al_2O_3 sofra fusão em temperaturas mais baixas. Com essa fusão, acontece a dissociação, dada pela equação:



Com os íons devidamente dissociados, ocorre condução de corrente dentro da cuba. Assim, a eletrólise ígnea é dada pelas seguintes semirreações:



Como os eletrodos são de grafite, no polo positivo ocorre a reação representada pela equação:



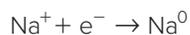
Dessa forma, o eletrodo de C(gr) do polo positivo sofre desgaste e deve ser periodicamente trocado.

Devido ao fato de que a energia elétrica é bem mais cara do que o carvão (usado em altos-fornos para obter ferro metálico), o alumínio tem um custo mais elevado do que o ferro, mesmo sendo mais abundante.

Eletroquímica quantitativa

Em 1832, o brilhante cientista inglês Michael Faraday começou a estudar fenômenos eletroquímicos de forma quantitativa, relacionando grandezas em leis de grande relevância para o estudo da eletricidade na Química. Depois de todo o estudo feito neste capítulo sobre a Eletroquímica, não será difícil compreender o aspecto quantitativo do problema.

Veja alguns exemplos de descargas de cátions.



De forma genérica, pode-se escrever que a descarga de um metal Me de valência v é dada pela seguinte meia-reação:



Pela proporção estequiométrica, tem-se:

$$1 \text{ mol de Me} : v \text{ mols de e}^-$$

A carga de 1 mol de elétrons é uma das constantes mais importantes da Química, e pode ser calculada da seguinte forma:

$$Q_{1 \text{ mol de elétrons}} = (6,02 \cdot 10^{23}) \cdot \left(\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{\text{carga elementar}} \right) \cong 96500 \text{ C}$$

À carga de 1 mol de elétrons, dá-se o nome de 1 faraday (símbolo F). Portanto:

1 faraday (1 F) é a carga de 1 mol de elétrons e vale, aproximadamente, 96 500 C.

Assim:

$$M_{Me} : \nu F$$

$$m_{Me} : Q$$

A massa do metal Me eletrodepositada ou corroída em um eletrodo pelo qual passa uma carga Q é dada por:

$$m_{Me} = \frac{1}{F} \cdot \frac{M_{Me}}{\nu} \cdot i \cdot t$$

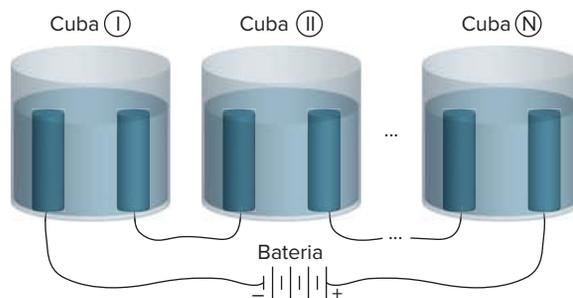
em que i é a corrente que circula pelo dispositivo e t é o tempo de funcionamento da bateria.

Quando se tem cubas eletrolíticas em série, a carga que atravessa todas elas é a mesma. Portanto:

$$Q_I = Q_{II} = \dots = Q_N$$

Como $Q_N = \frac{m_N}{M_N} \cdot \nu_N \cdot F = n_N \cdot \nu_N \cdot F$, então, para cubas eletrolíticas em série, tem-se que o produto da quantidade de matéria eletrodepositada em cada cuba pela valência do que eletrodepositou é constante.

$$n_I \cdot \nu_I = n_{II} \cdot \nu_{II} = \dots = n_N \cdot \nu_N$$



Cubas eletrolíticas em série.

Exercícios resolvidos

7. Para a eletrólise ígnea de um composto cujo cátion é o íon alumínio, determine a massa de alumínio metálico obtida para uma corrente contínua de 2 A durante um dia completo.

► Dado: $M_{Al} = 27 \text{ g/mol}$.

Resolução:

A descarga do íon alumínio pode ser representada pela meia-reação: $Al^{3+} + 3 e^- \rightarrow Al^0$

Portanto:

1 mol de Al: 3 mols de e^-

27 g de Al: $3F = 3 \cdot 96\,500 \text{ C}$

m_{Al} : $Q = i \cdot t$

Assim:

$$m_{Al} = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{27}{3} \cdot 2 \cdot 24 \cdot 3\,600 \therefore m_{Al} = 16,12 \text{ g}$$

A corrente de 2 A é o dobro da que circula pelos fios da rede elétrica residencial em nosso país e, mesmo após um dia inteiro de funcionamento, a massa de alumínio metálico obtida foi de apenas 16 g. Isso mostra que, na prática, o processo de eletrólise é extremamente lento e requer uma energia enorme. Por esse motivo o alumínio é tão caro, mesmo sendo um dos metais mais abundantes do planeta. Sua metalurgia requer muita energia elétrica. Para que o Brasil possa produzir alumínio em quantidades que alimentem as nossas indústrias, cerca de 10% da energia elétrica brasileira é dispendida para essa finalidade. É por isso que a reciclagem de alumínio tem um papel econômico primordial, já que traz uma economia de 95% em relação à produção desse metal.

8. Uma célula eletrolítica fechada, usada para a produção de uma mistura gasosa de H_2 e O_2 , contém dois eletrodos inertes, imersos em uma solução diluída de $NaOH$. No volume livre de 4,5 L, acima da solução, há uma válvula com um manômetro, indicando 1 atm. A temperatura da célula é mantida constante em 27 °C. No início da eletrólise, a válvula é fechada, sendo fornecida à célula uma corrente constante de 30 A. Qual é o intervalo de tempo necessário para que a leitura do manômetro atinja 2,64 atm?

Resolução:

Para a eletrólise do $NaOH(aq)$ com eletrodos inertes, a preferência de descarga dos íons resulta nas seguintes meias-reações:

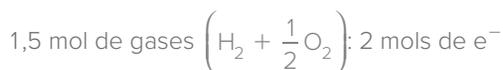


Pela equação de Clapeyron, tem-se:

$$\Delta P \cdot V = \Delta n(g) \cdot R \cdot T \therefore 1,64 \cdot 4,5 = \Delta n(g) \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$\therefore 7,38 = \Delta n(g) \cdot 24,6 \therefore \Delta n(g) = 0,3 \text{ mol}$$

Pela proporção dos gases produzidos e da carga utilizada para tal, tem-se:



Assim:

$$1,5 \text{ mol de gases: } 2 \cdot 96\,500 \text{ C}$$

$$0,3 \text{ mol de gases: } i \cdot t$$

Logo:

$$30 \cdot t = \frac{0,3}{1,5} \cdot 2 \cdot 96\,500 \therefore t = \frac{1286,7 \text{ s}}{60 \text{ s/min}} \therefore t = 21,4 \text{ min}$$

Revisando

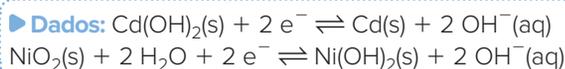
1. UFRRJ

O que é feito com as baterias usadas de celular?

Quase nada – cerca de 1% – vai para a reciclagem, graças aos poucos consumidores que depositam as baterias usadas nos escassos postos de coleta apropriados.

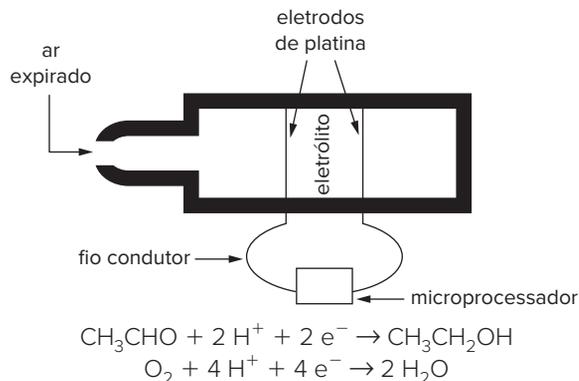
HAKIME, Raphael. Lixo telefônico. In: "Revista Superinteressante", edição 243, setembro, 2007.

A qualidade de vida das futuras gerações depende de cuidados que as pessoas devem ter no presente. Um exemplo é a forma como são descartadas as pilhas e baterias. As baterias de celulares são pilhas de níquel-cádmio, que são muito fáceis de serem recarregadas. O ânodo desta pilha é constituído de cádmio metálico (Cd), o cátodo apresenta óxido de níquel IV (NiO_2) e o eletrólito é uma solução de hidróxido de potássio (KOH).



- a) Quais são os agentes redutor e oxidante existentes nessa pilha?
b) Qual é a reação global dessa pilha?

2. **Unifesp** A “Lei Seca”, de 19 de junho de 2008, tornou mais severas as punições para motoristas flagrados dirigindo após a ingestão de bebida alcoólica. A maioria dos etilômetros portáteis (“bafômetros”, esquema representado na figura), utilizados pela autoridade policial, baseia-se em medidas eletroquímicas, usando células a combustível. A célula tem dois eletrodos de platina com um eletrólito colocado entre eles. A platina catalisa a reação de oxidação do álcool e os íons H^+ migram para o outro eletrodo através do eletrólito, reagindo com gás oxigênio. Quanto maior a quantidade de etanol no ar espirado pelo cidadão, maiores serão a quantidade de etanol oxidado e a intensidade de corrente elétrica, a qual é registrada por um microprocessador que, acoplado ao circuito externo, calcula a concentração de álcool no sangue.

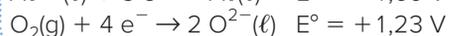


(www.portal.mec.gov.br/seb/arquivos. Adaptado.)

- Transcreva o esquema do "bafômetro" e indique nele o sentido do fluxo dos elétrons e os compartimentos catódico e anódico.
- Escreva a equação da reação global da pilha.

3. **UFJF-MG 2015** O alumínio metálico pode ser produzido a partir do mineral bauxita (mistura de óxidos de alumínio, ferro e silício). Trata-se de um processo de produção caro, pois exige muita energia elétrica. A última etapa do processo envolve a eletrólise de uma mistura de alumina (Al_2O_3) e criolita (Na_3AlF_6) na temperatura de 1000 °C. As paredes do recipiente que ficam em contato com a mistura funcionam como cátodo, e os cilindros constituídos de grafite, mergulhados na mistura, funcionam como ânodo.

► **Dados:**

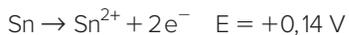


Responda ao que se pede.

- Explicita qual semirreação ocorre no ânodo e qual ocorre no cátodo.
- Escreva a equação equilibrada que representa a reação global e calcule a variação de potencial do processo.
- O processo é espontâneo? Justifique a sua resposta.

4. **UFG-GO 2013** São fornecidos a um técnico de laboratório os seguintes materiais: fio de estanho, fio de prata, cloreto de estanho (sólido), cloreto de prata (sólido) e água. Além disso, há disponibilidade de uma balança, béqueres e uma ponte salina de cloreto de potássio.

▶ **Dados:**



Considerando-se os materiais fornecidos e os dados apresentados,

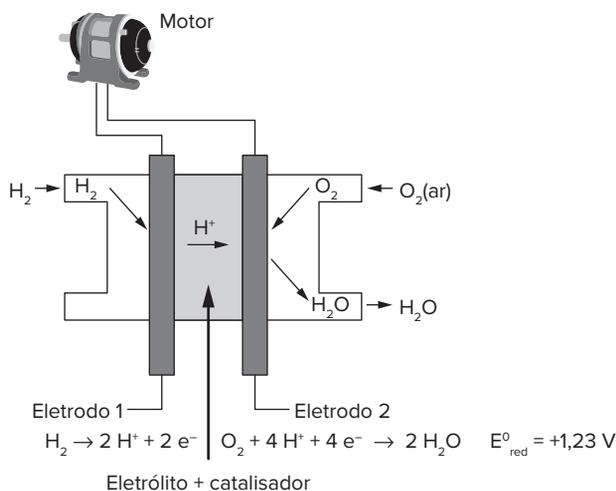
- desenhe uma célula galvânica padrão que contenha os materiais fornecidos ao técnico. Indique, no desenho, a direção do fluxo de elétrons;
- calcule as massas dos sais que serão utilizadas para preparar 100 mL das soluções eletrolíticas utilizadas na célula galvânica;
- escreva as equações químicas das semirreações, a reação global balanceada e, em seguida, calcule o potencial padrão da célula galvânica construída com os materiais fornecidos.



Texto para a questão 5.

Na busca por combustíveis mais "limpos", o hidrogênio tem-se mostrado uma alternativa muito promissora, pois sua utilização não gera emissões poluentes. O esquema a seguir mostra a utilização do hidrogênio em uma pilha eletroquímica, fornecendo energia elétrica a um motor.

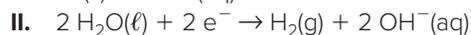
5. **UFRJ**



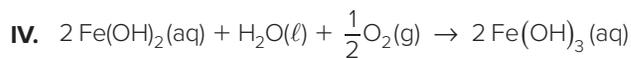
Com base no esquema:

- Identifique o eletrodo positivo da pilha. Justifique sua resposta.
- Usando as semirreações, apresente a equação da pilha e calcule sua força eletromotriz.

6. **UFJF-MG** A corrosão eletroquímica é um processo passível de ocorrer quando o metal está em contato com um eletrólito, onde acontecem, simultaneamente, as reações anódicas e catódicas. Um processo de corrosão acontece segundo as semirreações descritas a seguir, originando, assim, a formação de hidróxido ferroso.



III. Em meio de alto teor de oxigênio, o hidróxido ferroso sofre a seguinte transformação, através das duas reações descritas abaixo:

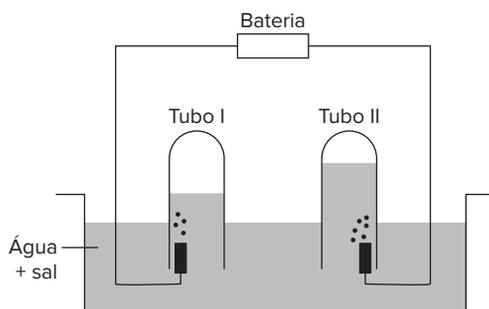
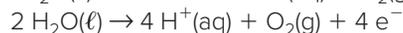
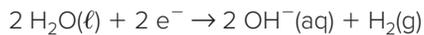


Acerca do processo de corrosão e das reações apresentadas, responda aos itens a seguir.

- Equacione a reação global das reações I e II descritas acima.
- Identifique quais são os agentes oxidante e redutor da reação global do item a.
- Considerando as equações III e IV, escreva a reação de formação do óxido férrico monohidratado a partir do hidróxido ferroso.
- Segundo a tabela de potenciais de redução, escolha um metal que pode ser utilizado como metal de sacrifício, protegendo o ferro de uma tubulação. Justifique.

Potenciais padrão de redução	E°/V
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mg(s)}$	-2,372
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn(s)}$	-0,762
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe(s)}$	-0,440
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ni(s)}$	-0,257
$\text{Ag}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ag(s)}$	+0,800

7. **UFU-MG** Observe o esquema a seguir, representativo da eletrólise da água, que é um processo eletroquímico com larga aplicação industrial. As semirreações que ocorrem nos eletrodos são:



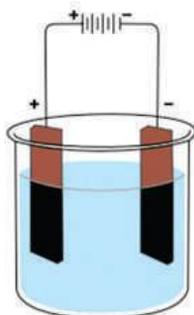
Pede-se:

- quais são os gases formados nos tubos I e II?
- identifique qual o polo da bateria que está conectado no tubo II. Justifique sua resposta.
- explique por que o tubo II tem maior massa que o tubo I.

8. **UFTM-MG 2012** Possivelmente, o cobre foi o primeiro metal usado pelo homem. Acredita-se que, por volta de 13 000 a.C., tenha sido encontrado na superfície da Terra em forma de “cobre nativo”, o metal puro em seu estado metálico. Usado inicialmente para substituir a pedra como ferramenta de trabalho e na confecção de armas e de objetos de decoração, o cobre tornou-se, pelas suas propriedades, uma descoberta fundamental na história da civilização humana.

(www.eletrica.ufpr.br. Adaptado.)

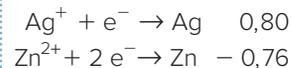
O cobre na indústria é obtido por processo eletrolítico a partir do cobre impuro. Na figura é representada uma cuba eletrolítica contendo duas placas metálicas, uma de cobre puro e outra de cobre impuro, mergulhadas em solução aquosa de CuSO_4 .



- Qual das placas representadas na figura corresponde ao cobre impuro? Justifique.
- Escreva as equações das reações químicas que ocorrem no cátodo e no ânodo, considerando somente as espécies de cobre.

9. **UFPR 2013** As baterias são indispensáveis para o funcionamento de vários dispositivos do dia a dia. A primeira bateria foi construída por Alessandro Volta em 1800, cujo dispositivo consistia numa pilha de discos de zinco e prata dispostos alternadamente, contendo espaçadores de papelão embebidos em solução salina. Daí vem o nome “pilha” comumente utilizado.

► **Dados:**



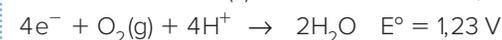
$$1 \text{ A} = \text{C} \cdot \text{s}^{-1}; F = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}; \text{Massa molar (g} \cdot \text{mol}^{-1}): \text{Ag} = 108; \text{Zn} = 65.$$

- a) De posse dos valores de potencial padrão de redução (E°), calcule o potencial padrão da pilha de Zn/Ag.
b) Considere que, com uma pilha dessas, deseja-se manter uma lâmpada acesa durante uma noite (12 h). Admita que não haverá queda de tensão e de corrente durante o período. Para mantê-la acesa, a corrente que passa pela lâmpada é de 10 mA. Calcule a massa de zinco que será consumida durante esse período.

10. **UEL-PR 2012** Em uma célula eletrolítica contendo solução de NiSO_4 foram imersos dois eletrodos inertes. Determine a massa de níquel metálico e a de gás oxigênio produzidas após a passagem, pela célula, de uma corrente de 4,0 A durante 1,0 h.

► **Dados:**

1 mol de Ni = 58,7 gramas, 1 mol de O_2 = 32,0 gramas.



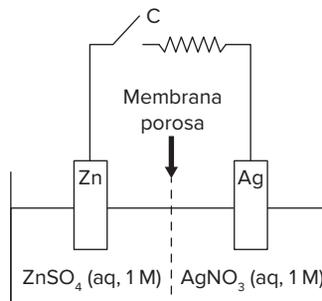
Apresente os cálculos realizados na resolução da questão.

Exercícios propostos

1. **UFPE** Podemos dizer que, na célula eletroquímica $\text{Mg(s)} \mid \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Fe(s)}$:
- o magnésio sofre redução.
 - o ferro é o ânodo.
 - os elétrons fluem, pelo circuito externo, do magnésio para o ferro.
 - há dissolução do eletrodo de ferro.
 - a concentração da solução de Mg^{2+} diminui com o tempo.
2. **UEL-PR** A conversão de energia química em energia elétrica é um fenômeno que ocorre em uma célula galvânica, por exemplo, uma pilha. Quanto ao funcionamento de uma célula galvânica, é correto afirmar:
- A eletricidade é produzida a partir de uma reação química não espontânea.
 - Os elétrons fluem de um eletrodo ao outro pela ponte salina.
 - Na solução de uma célula galvânica, os ânions movem-se na direção do ânodo e os cátions, na direção do cátodo.
 - A reação de oxidação ocorre no cátodo e a reação de redução ocorre no ânodo.
 - A força eletromotriz é determinada pela diferença algébrica entre o potencial padrão de oxidação do cátodo e o potencial padrão de oxidação do ânodo.
3. **Uece 2016** As pilhas de marca-passo precisam ser pequenas, confiáveis e duráveis, evitando algumas cirurgias para sua troca. Como não formam gases, elas podem ser hermeticamente fechadas. Sua duração é de aproximadamente 10 anos. Essas pilhas são formadas por lítio metálico e iodo (LiI). Assinale a alternativa que mostra as semirreações que ocorrem corretamente para formar o produto LiI .
- cátodo: $2 \text{Li}^0 \rightarrow 2 \text{Li}^+ + 2 \text{e}^-$;
ânodo: $\text{I}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{I}^-$.
 - cátodo: $2 \text{Li}^0 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Li}^+$;
ânodo: $\text{I}_2 \rightarrow 2 \text{I}^- + 2 \text{e}^-$.
 - ânodo: $2 \text{Li}^0 \rightarrow 2 \text{Li}^+ + 2 \text{e}^-$;
cátodo: $\text{I}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{I}^-$.
 - ânodo: $2 \text{Li}^0 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Li}^+$;
cátodo: $\text{I}_2 \rightarrow 2 \text{I}^- + 2 \text{e}^-$.
4. **Cesgranrio-RJ** Considere a pilha representada abaixo: $\text{Cu(s)} \mid \text{Cu}^{2+} \parallel \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} \mid \text{Pt(s)}$
Assinale a afirmativa falsa.
- A reação de redução que ocorre na pilha é $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$.
 - O eletrodo de cobre é o ânodo.
 - A semirreação que ocorre no cátodo é $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$.
 - A reação total da pilha é $2 \text{Fe}^{3+} + \text{Cu(s)} \rightarrow 2 \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$.

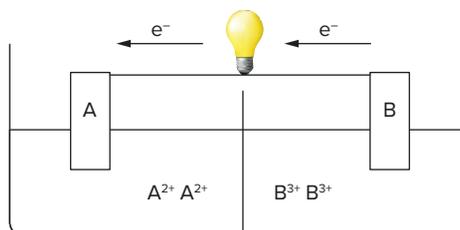
- Os elétrons migram do eletrodo de cobre para o eletrodo de platina.

5. **ITA-SP** Este teste se refere ao elemento galvânico esquematizado a seguir.



Assinale a afirmação FALSA em relação ao que vai ocorrer quando a chave C é ligada:

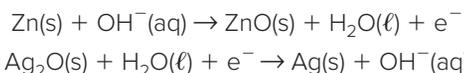
- A corrente elétrica convencional vai circular no sentido anti-horário.
 - Elétrons irão circular pelo fio da esquerda para a direita.
 - Ânions nitrato vão migrar, através da membrana porosa, da direita para a esquerda.
 - A concentração de ZnSO_4 do lado esquerdo vai aumentar.
 - Cátions de zinco vão migrar, através da membrana porosa, da esquerda para a direita.
6. **Fuvest-SP** Objetos de prata escurecidos (devido principalmente à formação de Ag_2S) podem ser limpos eletroquimicamente, sem perda da prata, mergulhando-os em um recipiente de alumínio contendo solução quente de bicarbonato de sódio. Neste processo, a prata em contato com o Ag_2S atua como cátodo e o alumínio como ânodo de uma pilha. A semirreação que ocorre no cátodo pode ser representada por:
- $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{Ag}^+ + \text{S}^{2-}$
 - $\text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{S}^{2-}$
 - $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{S}^{2-} + 2 \text{e}^-$
 - $\text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{S}$
 - $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{S}$
7. **UEPG-PR** Sobre a pilha esquematizada a seguir, assinale o que for correto.



- 01 Seu funcionamento diminui a concentração de íons B^{3+} .
- 02 O eletrodo B sofre oxidação.
- 04 O eletrodo A é denominado cátodo.
- 08 A equação global é dada por $2 B(s) + 3 A^{2+}(aq) \rightarrow B^{3+}(aq) + 3 A(s)$.
- 16 O eletrodo B sofre corrosão.
- Soma:

8. **UFRGS 2019** Considere as seguintes afirmações a respeito de pilhas eletroquímicas, nas quais uma reação química produz um fluxo espontâneo de elétrons.
- I. Os elétrons fluem, no circuito externo, do ânodo para o cátodo.
 - II. Os cátions fluem, numa ponte salina, do cátodo para o ânodo.
 - III. A reação de oxidação ocorre no cátodo.
- Quais estão corretas?
- a) Apenas I.
 - b) Apenas II.
 - c) Apenas III.
 - d) Apenas I e II.
 - e) I, II e III.

9. **Enem** Pilhas e baterias são dispositivos tão comuns em nossa sociedade que, sem percebermos, carregamos vários deles junto ao nosso corpo; elas estão presentes em aparelhos de MP3, relógios, rádios, celulares etc. As semirreações descritas a seguir ilustram o que ocorre em uma pilha de óxido de prata.



Pode-se afirmar que esta pilha

- a) é uma pilha ácida.
- b) apresenta o óxido de prata como o ânodo.
- c) apresenta o zinco como o agente oxidante.
- d) tem como reação da célula a seguinte reação: $Zn(s) + Ag_2O(s) \rightarrow ZnO(s) + 2 Ag(s)$.
- e) apresenta fluxo de elétrons na pilha do eletrodo de Ag_2O para o Zn.

10. **UFMG** João e Maria estavam fazendo experiências no Laboratório de Química. Nestas figuras, estão representados, esquematicamente, os materiais então utilizados por eles:



Experimento realizado por João

Experimento realizado por Maria

Para facilitar a dissolução de nitrato de cobre em água, João usou uma haste de zinco. No final do experimento,

a haste estava corroída e formou-se uma solução incolor e um sólido, que, após algum tempo, se depositou no fundo do recipiente.

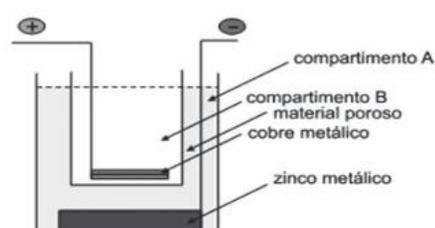
Maria, por sua vez, utilizou uma haste de cobre para dissolver nitrato de zinco em água. No final do experimento, ela obteve uma solução incolor e a haste manteve-se intacta.

Sabe-se que as soluções aquosas de nitrato de cobre(II), $Cu(NO_3)_2$, são azuis e que as de nitrato de zinco(II), $Zn(NO_3)_2$, são incolores.

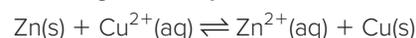
Considerando-se os dois experimentos descritos, é CORRETO afirmar que

- a) João obteve uma solução aquosa de nitrato de zinco.
- b) Maria obteve uma solução aquosa de nitrato de cobre.
- c) o cobre metálico é oxidado na dissolução do nitrato de zinco.
- d) o precipitado formado na dissolução do nitrato de cobre(II) é zinco metálico.

11. **IFSul-RS 2017**



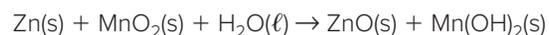
Observe o esquema que representa uma pilha, em que ocorre a seguinte reação:



Que substância, dissolvida em água, você escolheria para colocar no compartimento B a fim de que a pilha pudesse produzir eletricidade?

- a) $CuSO_4$
- b) Na_2SO_4
- c) H_2S
- d) $ZnCl_2$

12. **Udesc 2012** Uma importante aplicação das células galvânicas é seu uso nas fontes portáteis de energia a que chamamos de baterias. Considerando a reação espontânea de uma bateria alcalina descrita abaixo, é correto afirmar:



- a) Zinco metálico é o agente redutor, pois sofreu redução no ânodo, perdendo dois elétrons.
- b) O óxido de manganês sofre oxidação no cátodo, ao ganhar dois elétrons.
- c) O óxido de manganês sofre redução no ânodo, ao ganhar dois elétrons.
- d) Zinco metálico é o agente redutor, pois sofreu oxidação no cátodo, perdendo dois elétrons.
- e) Zinco metálico é o agente redutor, pois sofreu oxidação no ânodo, perdendo dois elétrons.

13. PUC-SP A princípio, qualquer reação de oxirredução pode ser usada para gerar corrente elétrica, desde que os processos de redução e oxidação ocorram em compartimentos separados, interligados externamente por um material condutor de elétrons e, internamente, por um condutor de íons (ponte salina). Esse dispositivo é, genericamente, denominado pilha. A seguir estão relacionadas cinco reações que ocorrem espontaneamente a 25 °C.

- I. $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- II. $\text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) \rightarrow \text{PbCl}_2(\text{s}) + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$
- III. $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$
- IV. $\text{Pb}(\text{s}) + \text{PbO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- V. $2 \text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$

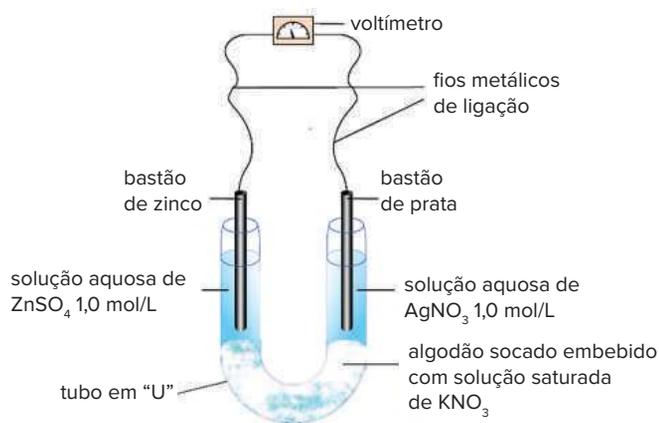
Podem ser aplicadas em dispositivos para gerar corrente elétrica as reações

- a) I, II e V.
- b) II, III e IV.
- c) I, III e IV.
- d) II, III e V.
- e) I, IV e V.



Texto para a questão **14**.

A questão refere-se à pilha eletroquímica ilustrada no esquema.



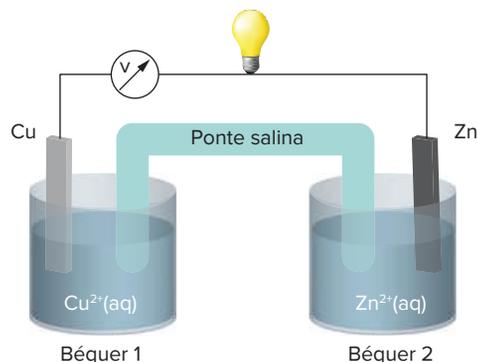
14. UFTM-MG 2013 A espécie química que atua como oxidante nessa pilha é

- a) $\text{NO}_3^-(\text{aq})$
- b) $\text{Zn}(\text{s})$
- c) $\text{Ag}^+(\text{aq})$
- d) $\text{K}^+(\text{aq})$
- e) $\text{Ag}(\text{s})$

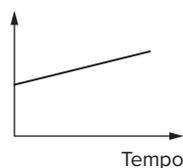
15. PUC-Minas Assinale a alternativa que representa qualitativamente a evolução da concentração de Cu^{2+} , no béquer 1, nos minutos iniciais de funcionamento dessa pilha.

Potenciais padrão de redução, em solução a 298 K

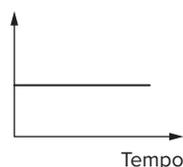
Zn^{2+}/Zn	Cu^{2+}/Cu
-0,76 V	+0,34 V



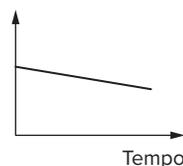
a) Concentração de Cu^{2+}



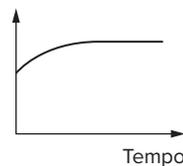
b) Concentração de Cu^{2+}



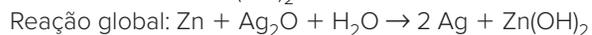
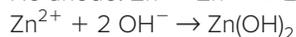
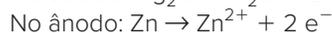
c) Concentração de Cu^{2+}



d) Concentração de Cu^{2+}



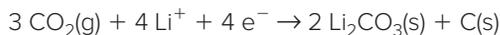
16. Unesp 2018 A pilha Ag-Zn é bastante empregada na área militar (submarinos, torpedos, mísseis), sendo adequada também para sistemas compactos. A diferença de potencial desta pilha é de cerca de 1,6 V à temperatura ambiente. As reações que ocorrem nesse sistema são:



(Cristiano N. da Silva e Julio C. Afonso. "Processamento de pilhas do tipo botão". *Quím. Nova*, vol. 31, 2008. Adaptado.)

- a) Identifique o eletrodo em que ocorre a semirreação de redução. Esse eletrodo é o polo positivo ou o negativo da pilha?
- b) Considerando a reação global, calcule a razão entre as massas de zinco e de óxido de prata que reagem. Determine a massa de prata metálica formada pela reação completa de 2,32 g de óxido de prata.

17. **UFRGS 2020** Baterias de Li-CO₂ são de grande interesse atual, devido a questões ambientais e energéticas, pois utilizam CO₂ e abrem um novo caminho para conversão e armazenamento de energia. Uma das propostas sobre as semirreações eletroquímicas envolvidas nessa bateria é apresentada abaixo.



$$E^\circ = 2,8 \text{ V}$$



$$E^\circ = -3,8 \text{ V}$$

Sobre essas baterias, é correto afirmar que

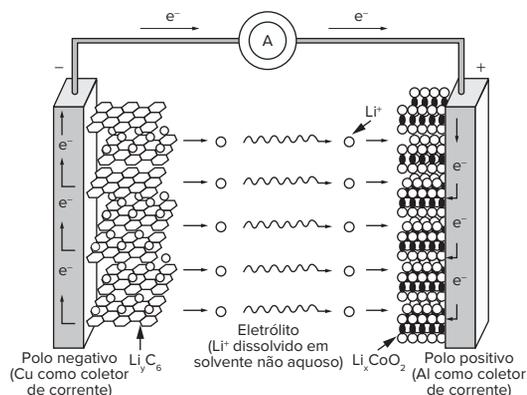
- o cátion lítio é o agente oxidante; e o gás carbônico, o agente redutor.
- no funcionamento da bateria, 1 mol de CO₂ é consumido gerando 1 mol de O₂.
- no ânodo, ocorre formação de carbono elementar e carbonato de lítio.
- para recarregar a bateria, é necessário aplicar uma força eletromotriz de 3,8 V.
- o oxigênio sofre redução espontânea no cátodo.

18. **Fuvest-SP** Considere três metais A, B e C, dos quais apenas A reage com ácido clorídrico diluído, liberando hidrogênio. Varetas de A, B e C foram espetadas em uma laranja, cujo suco é uma solução aquosa de pH = 4. A e B foram ligados externamente por um resistor (formação da pilha 1). Após alguns instantes, removeu-se o resistor, que foi então utilizado para ligar A e C (formação da pilha 2).

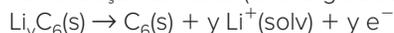
Nesse experimento, o polo positivo e o metal corroído na pilha 1 e o polo positivo e o metal corroído na pilha 2 são, respectivamente,

	pilha 1		pilha 2	
	polo positivo	metal corroído	polo positivo	metal corroído
a)	B	A	A	C
b)	B	A	C	A
c)	B	B	C	C
d)	A	A	C	A
e)	A	B	A	C

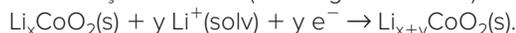
19. **Acafe-SC 2017** Recentemente uma grande fabricante de produtos eletrônicos anunciou o *recall* de um de seus produtos, pois estes apresentavam problemas em suas baterias do tipo íons lítio. Considere a ilustração esquemática dos processos eletroquímicos que ocorrem nas baterias de íons lítio retirada do artigo "Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental", da revista Química Nova na Escola, número 11, 2000, página 8.



semirreação anódica (descarga da bateria):



semirreação catódica (descarga da bateria):



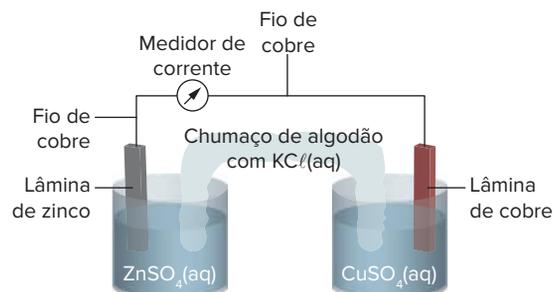
Analise as afirmações a seguir.

- Durante a descarga da bateria, os íons lítio se movem no sentido do ânodo para o cátodo.
- A reação global para a descarga da bateria pode ser representada por: $\text{Li}_x\text{CoO}_2(\text{s}) + \text{Li}_y\text{C}_6(\text{s}) \rightarrow \text{Li}_{x+y}\text{CoO}_2(\text{s}) + \text{C}_6(\text{s})$
- Durante a descarga da bateria, no cátodo, o cobalto sofre oxidação na estrutura do óxido, provocando a entrada de íons lítio em sua estrutura.

Assinale a alternativa **correta**.

- Todas as afirmações estão corretas.
- Apenas I e II estão corretas.
- Todas as afirmações estão incorretas.
- Apenas a I está correta.

20. **UFMG** Na figura, está representada a montagem de uma pilha eletroquímica, que contém duas lâminas metálicas – uma de zinco e uma de cobre – mergulhadas em soluções de seus respectivos sulfatos. A montagem inclui um longo chumaço de algodão, embebido numa solução saturada de cloreto de potássio, mergulhado nos dois béqueres. As lâminas estão unidas por fios de cobre que se conectam a um medidor de corrente elétrica.



Quando a pilha está em funcionamento, o medidor indica a passagem de uma corrente e pode-se observar que

- a lâmina de zinco metálico sofre desgaste;
- a cor da solução de sulfato de cobre(II) se torna mais clara;
- um depósito de cobre metálico se forma sobre a lâmina de cobre.

Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que, quando a pilha está em funcionamento,

- a) nos fios, elétrons se movem da direita para a esquerda; e, no algodão, cátions K^+ se movem da direita para a esquerda e ânions Cl^- , da esquerda para a direita.
- b) nos fios, elétrons se movem da direita para a esquerda; e, no algodão, elétrons se movem da esquerda para a direita.
- c) nos fios, elétrons se movem da esquerda para a direita; e, no algodão, cátions K^+ se movem da esquerda para a direita e ânions Cl^- , da direita para a esquerda.
- d) nos fios, elétrons se movem da esquerda para a direita; e, no algodão, elétrons se movem da direita para a esquerda.

21. UFPE 2012 Uma pilha de uso comercial é baseada na reação de óxido de prata (Ag_2O) com um ânodo de zinco, produzindo prata metálica e óxido de zinco (ZnO). Esta pilha funciona em meio alcalino, e apresenta as seguintes características:

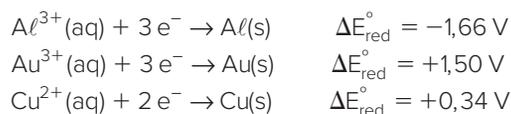
- na reação da pilha, o Ag_2O recebe elétrons.
- o zinco atua como agente oxidante.
- a prata tem seu estado de oxidação decrescido de 2 unidades.
- para cada mol de óxido de prata consumido, também são consumidos 2 mols de zinco.
- no óxido de zinco, o estado de oxidação do zinco é +1.

22. UEG-GO 2019 Uma pilha de Daniell é um dispositivo capaz de transformar energia química em energia elétrica, e como exemplo tem-se uma formada por eletrodos de ferro ($Fe^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons Fe(s)$ $E_{redução}^{\circ} = -0,036 V$) e estanho ($Sn^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Sn(s)$ $E_{redução}^{\circ} = -0,136 V$). Nesse caso, constata-se que

- a) no recipiente contendo o eletrodo de estanho diminuirá a concentração de íons em solução.
- b) a direção do fluxo de elétrons ocorrerá do eletrodo de ferro para o de estanho.
- c) no eletrodo de ferro haverá uma diminuição da sua massa.
- d) o eletrodo de estanho sofrerá um processo de redução.
- e) haverá uma corrosão do eletrodo de estanho.

23. EsPCEx-SP 2018 Células galvânicas (pilhas) são dispositivos nos quais reações espontâneas de oxidorredução geram uma corrente elétrica. São dispostas pela combinação de espécies químicas com

potenciais de redução diferentes. Existem milhares de células galvânicas possíveis. Considere as semirreações abaixo e seus respectivos potenciais de redução nas condições padrão (25 °C e 1 atm).



Baseado nas possibilidades de combinações de células galvânicas e suas representações esquemáticas recomendadas pela *União Internacional de Química Pura e Aplicada* (IUPAC), são feitas as seguintes afirmativas:

- I. a diferença de potencial (d.d.p.) da pilha formada pelas espécies químicas alumínio e cobre e representada esquematicamente por $Al(s) | Al^{3+}(aq) || Cu^{2+}(aq) | Cu(s)$ é de +1,52 V (nas condições-padrão);
- II. na pilha formada pelas espécies químicas cobre e ouro e representada esquematicamente por $Cu(s) | Cu^{2+}(aq) || Au^{3+}(aq) | Au(s)$, a reação global corretamente balanceada é:
 $3 Cu(s) + 2 Au^{3+}(aq) \rightarrow 3 Cu^{2+}(aq) + 2 Au(s)$
- III. na pilha formada pelas espécies químicas cobre e ouro e representada esquematicamente por $Cu(s) | Cu^{2+}(aq) || Au^{3+}(aq) | Au(s)$, o agente redutor é o Cu(s);
- IV. a representação IUPAC correta de uma pilha de alumínio e ouro ($Al - Au$) é $Au(s) | Au^{3+}(aq) || Al^{3+}(aq) | Al(s)$.

Estão corretas apenas as afirmativas

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) III e IV.
- d) I, II e IV.
- e) I, III e IV.

24. UFRGS 2018 Considere as seguintes semirreações de redução.



Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo.

- O cálcio, em uma pilha de cálcio e cobalto, é o ânodo.
 - Uma reação entre cálcio metálico e íons zinco é espontânea.
 - O metal mais reativo, entre os três, é o cobalto.
- A sequência correta de preenchimento dos quadros, 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.

25. UEL-PR 2015 A pilha de Daniell é constituída basicamente de uma placa metálica de cobre mergulhada em uma solução de sulfato de cobre, constituindo o cátodo, e por uma placa metálica de zinco mergulhada em solução de sulfato de zinco, constituindo o ânodo. Ambos os metais são interligados por um circuito elétrico, e uma ponte salina faz a união das duas células, permitindo a migração de íons entre elas. A reação global que ocorre nessa pilha é representada por $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$, cuja diferença de potencial (ΔE°) da pilha formada é de 1,10 V.

Um estudante resolveu testar uma nova configuração de pilha, substituindo o cobre por uma placa metálica de alumínio mergulhada em uma solução de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e o zinco por uma placa metálica de ferro mergulhada em uma solução de FeSO_4 . As semirreações de redução envolvidas para a nova pilha construída são dadas a seguir.

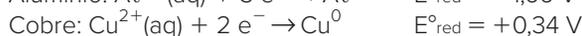
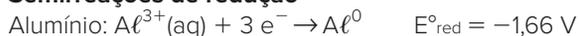


Com base nessas informações,

- escreva a equação química balanceada que representa esse processo e a diferença de potencial da nova pilha construída;
- indique o fluxo de elétrons, o agente oxidante e o agente redutor nessa nova pilha construída.

26. EsPCEEx-SP 2015 A energia liberada em uma reação de oxidorredução espontânea pode ser usada para realizar trabalho elétrico. O dispositivo químico montado, pautado nesse conceito, é chamado de célula voltaica, célula galvânica ou pilha. Uma pilha envolvendo alumínio e cobre pode ser montada utilizando como eletrodos metais e soluções das respectivas espécies. As semirreações de redução dessas espécies são mostradas a seguir:

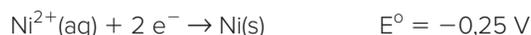
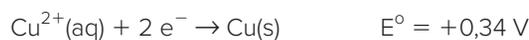
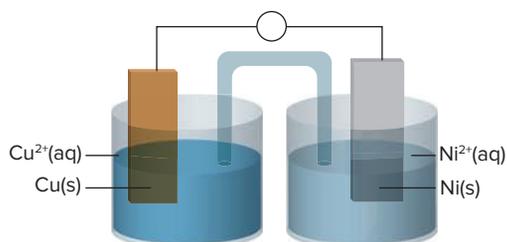
Semirreações de redução



Considerando todos os materiais necessários para a montagem de uma pilha de alumínio e cobre, nas condições-padrão (25 °C e 1 atm) ideais (desprezando-se qualquer efeito dissipativo) e as semirreações de redução fornecidas, a força eletromotriz (fem) dessa pilha montada e o agente redutor, respectivamente, são:

- 2,10 V e o cobre.
- 2,00 V e o alumínio.
- 1,34 V e o cobre.
- 1,32 V e o alumínio.
- 1,00 V e o cobre.

27. IFSC 2015 A figura a seguir representa uma pilha com os respectivos potenciais de redução.

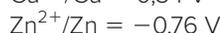


Sobre as pilhas, leia e analise as seguintes proposições e assinale a soma da(s) CORRETA(S).

- Uma pilha é o emprego controlado de reações espontâneas de oxido-redução, gerando corrente elétrica.
- Em uma pilha os elétrons são transferidos do cátodo para o ânodo.
- Na pilha apresentada, o cobre atua como agente oxidante.
- A pilha acima gera uma voltagem de 90 milivolts.
- Em todas as pilhas o ânodo corresponde ao polo positivo, ou seja, polo onde ocorre a reação de oxidação.
- O níquel sofre redução na pilha apresentada.

Soma:

28. UEPG-PR 2014 Dados os seguintes potenciais-padrão de redução, assinale o que for correto.



- A reação: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}(\text{s}) + 2 \text{H}^+(\text{aq})$ apresentará um potencial elétrico positivo.
- O gás flúor, por ser mais eletronegativo, tem maior tendência a se reduzir do que o cloro.
- Os metais alcalinos têm maior tendência a se oxidar que os halogênios.
- Numa pilha formada por eletrodos de cobre e zinco, o cobre irá se oxidar.

Soma:

29. Enem 2019 Para realizar o desentupimento de tubulações de esgotos residenciais, é utilizada uma mistura sólida comercial que contém hidróxido de sódio (NaOH) e outra espécie química pulverizada. Quando é adicionada água a essa mistura, ocorre uma reação que libera gás hidrogênio e energia na forma de calor, aumentando a eficiência do processo de desentupimento. Considere os potenciais padrão de redução (E°) da água e de outras espécies em meio básico, expressos no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$2 \text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,83
$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2 e^- \rightarrow \text{Co} + 2 \text{OH}^-$	-0,73
$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 e^- \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$	-0,22
$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightarrow \text{Pb} + 2 \text{OH}^-$	-0,58
$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3 e^- \rightarrow \text{Al} + 4 \text{OH}^-$	-2,33
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 e^- \rightarrow \text{Fe} + 2 \text{OH}^-$	-0,88

Qual é a outra espécie que está presente na composição da mistura sólida comercial para aumentar sua eficiência?

- Al
- Co
- $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- Pb

30. **UEPG-PR 2021 (Adapt.)** Dada a seguinte tabela com os potenciais padrão de redução, E°_{red} , do Al^{3+} e do Co^{2+} .

Semirreação	E°_{red}
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1,66 V
$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}(\text{s})$	-0,28 V

A partir dos valores de E°_{red} , assinale o que for correto.

- 01 A espécie que se reduz mais facilmente é o Co^{2+} .
 02 A espécie que se oxida mais facilmente é o Al .
 04 O melhor agente redutor é o Co .
 08 O melhor agente oxidante é aquele que se reduz mais facilmente, que é o Co^{2+} .

Soma:

31. **IFSP 2017** Em uma pilha, quanto maior for a diferença de potencial (ddp) existente, maior será a tendência de ocorrer, espontaneamente, a reação de oxirredução. Cinco pilhas iguais colocadas em série resultam em uma ddp de 10 V.

Sabendo-se que o cátodo desta pilha possui um potencial de $E^{\circ} = +0,34 \text{ V}$, então pode-se afirmar que o ânodo terá

- a) +1,66 V.
 b) +2,00 V.
 c) -1,66 V.
 d) -2,00 V.
 e) +0,34 V.

32. **Mackenzie-SP 2017** Um estudante de química colocou, separadamente, barras de chumbo, níquel, ferro e cobre no interior de 4 béqueres, que continham solução aquosa de nitrato de estanho II de concentração $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ a 25°C . As quatro possíveis reações de oxirredução, que ocorreriam espontaneamente, nos béqueres I, II, III e IV foram escritas abaixo:

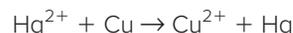
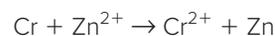
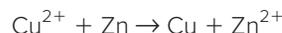
- I. $\text{Pb}(\text{s}) + \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{Sn}(\text{s})$
 II. $\text{Ni}(\text{s}) + \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{Sn}(\text{s})$
 III. $\text{Fe}(\text{s}) + \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Sn}(\text{s})$
 IV. $\text{Cu}(\text{s}) + \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Sn}(\text{s})$

► **Dados:** $E^{\circ}(\text{Pb}^{2+}(\text{aq})/\text{Pb}(\text{s})) = -0,13 \text{ V}$
 $E^{\circ}(\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(\text{s})) = -0,44 \text{ V}$
 $E^{\circ}(\text{Sn}^{2+}(\text{aq})/\text{Sn}(\text{s})) = -0,14 \text{ V}$
 $E^{\circ}(\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})) = +0,34 \text{ V}$
 $E^{\circ}(\text{Ni}^{2+}(\text{aq})/\text{Ni}(\text{s})) = -0,23 \text{ V}$

De acordo com as informações anteriores, os béqueres em que ocorreram, espontaneamente, as reações de oxirredução foram

- a) I, II e IV, apenas.
 b) II e III, apenas.
 c) I, II e III, apenas.
 d) I e II, apenas.
 e) I e IV, apenas.

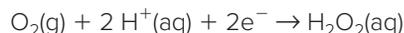
33. **PUC-Minas 2015** Considere as seguintes reações espontâneas:



A classificação crescente do poder redutor das espécies é:

- a) Hg, Cu, Zn, Cr
 b) Cr, Zn, Cu, Hg
 c) Cu, Hg, Zn, Cr
 d) Cr, Zn, Hg, Cu

34. **Uepa 2015** A água oxigenada comercial é bastante utilizada para assepsia de ferimentos e descolorir cabelos, dependendo da concentração na qual é vendida. Para fins de controle de qualidade, esta solução é investigada através da reação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) com o permanganato de potássio (KMnO_4) em meio ácido. As semirreações que descrevem este processo são dadas abaixo:



$$E^{\circ} = +0,682 \text{ V}$$



$$E^{\circ} = +1,510 \text{ V}$$

Em relação a este processo, é correto afirmar que:

- a) o permanganato é o agente redutor.
 b) a reação libera 2 mols de oxigênio gasoso.
 c) a água oxigenada é um agente oxidante.
 d) o potencial padrão da reação é igual a +0,828 V.
 e) o potencial padrão da reação é igual a +2,19 V.

35. **PUC-Minas 2016** O potencial padrão de redução de um par redox informa sobre a força oxidante desse par. Considere a tabela abaixo, que relata o comportamento de diferentes eletrodos quando mergulhados em certas soluções.

Eletrodo	Solução	Observação
Zn	NiSO_4	Mudança da cor do eletrodo
Pb	NiSO_4	Nada aconteceu
Pb	CuSO_4	Mudança da cor do eletrodo

Numere a segunda coluna de acordo com a primeira, relacionando o potencial padrão de redução com seu par redox:

1. -0,25 V Cu/Cu^{2+}
 2. -0,13 V Zn/Zn^{2+}
 3. -0,76 V Pb/Pb^{2+}
 4. +0,34 V Ni/Ni^{2+}

Assinale a sequência CORRETA encontrada.

- a) 3 - 4 - 2 - 1 c) 3 - 4 - 1 - 2
b) 4 - 3 - 2 - 1 d) 4 - 2 - 1 - 3

- 36. UFPR 2020** Num laboratório, um grupo de alunos possui quatro semicélulas montadas, todas em condição padrão de concentração e temperatura, correspondentes às semirreações mostradas no quadro abaixo:

Semicélula	Semirreação de redução	E°/V
I	$\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1,23
II	$\text{I}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{I}^-$	0,54
III	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0,34
IV	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76

Numa dada combinação para montar uma pilha eletroquímica, o valor de diferença de potencial (ΔE) da pilha, no instante em que se ligaram os contatos, foi de 0,69 V.

A combinação utilizada nessa pilha foi entre as semicélulas:

- a) I e II. d) II e III.
b) I e III. e) III e IV.
c) I e IV.

- 37. PUC-Rio 2016** Considere as seguintes semicélulas e os respectivos potenciais-padrão de redução, numerados de I a VI.

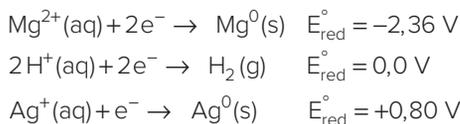
- I. $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})/\text{Mn}(\text{s})$ $E^\circ = -1,18 \text{ V}$
II. $\text{Al}^{3+}(\text{aq})/\text{Al}(\text{s})$ $E^\circ = -1,66 \text{ V}$
III. $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})/\text{Ni}(\text{s})$ $E^\circ = -0,25 \text{ V}$
IV. $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})/\text{Pb}(\text{s})$ $E^\circ = -0,13 \text{ V}$
V. $\text{Ag}^+(\text{aq})/\text{Ag}(\text{s})$ $E^\circ = +0,80 \text{ V}$
VI. $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})$ $E^\circ = +0,34 \text{ V}$

As duas semicélulas que formariam uma pilha com maior diferença de potencial são

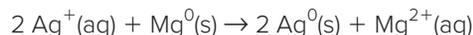
- a) I e III
b) II e V
c) II e IV
d) IV e VI
e) V e VI

- 38. UEM-PR 2014** Considere uma pilha montada com duas barras metálicas, uma de magnésio e outra de prata, que são conectadas por um fio condutor e mergulhadas em um béquer contendo uma solução aquosa ácida com concentração de H^+ igual a 1,0 mol/litro, a 25 °C e 1 atm, e assinale o que for correto.

Dados:



- 01** A reação global na pilha é a seguinte:



- 02** O fluxo de elétrons é proveniente do eletrodo de magnésio.

- 04** Na barra de prata, ocorre a seguinte semirreação:

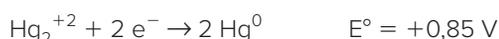


- 08** Na barra de magnésio, ocorre a seguinte semirreação: $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^0(\text{s})$.

- 16** Se a barra de prata for substituída por uma barra de grafite, a pilha funcionará sem alteração alguma da força eletromotriz.

Soma:

- 39. UCPel-RS 2021** Quando uma pessoa com obturação feita de amálgama dentária morde um pedaço de papel alumínio sente um pequeno choque. Isso ocorre porque se forma uma pilha entre o Al e os elementos presentes na resina (Ag, Cu, Sn, Hg e Zn). Considere os seguintes potenciais de redução:



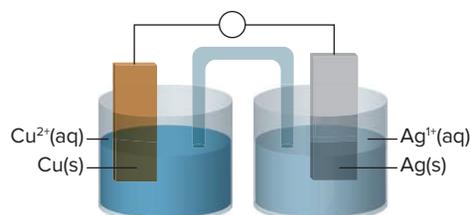
Sobre a pilha formada são feitas as seguintes afirmativas:

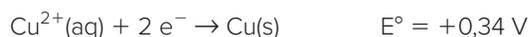
- I. O alumínio age como o ânodo, o polo negativo, da pilha.
II. O mercúrio é o que sofrerá oxidação em relação aos demais elementos.
III. Ao se considerar apenas o Al e o Hg a ddp gerada na pilha será de 0,81 V.
IV. A saliva agirá como a ponte salina conduzindo os íons de Al para a obturação.

São verdadeiras:

- a) II e III.
b) I e III.
c) I e IV.
d) II e IV.
e) III e IV.

- 40. UEPG-PR 2014** Considerando a pilha esquematizada abaixo e os potenciais de redução apresentados, assinale o que for correto.

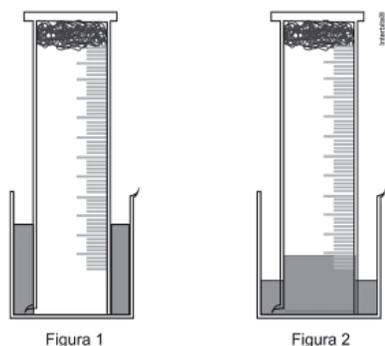




- 01 O eletrodo que vai sofrer desgaste na pilha é o Ag.
- 02 O comportamento dos metais nesta pilha explica o uso de Ag nas tubulações de Cu, pois em contato com o cobre a prata sofre oxidação promovendo a redução do cobre.
- 04 A ddp gerada pela pilha é +0,46 V.
- 08 O agente redutor da reação global da pilha é o Cu.
- 16 A solução de Cu^{2+} vai sofrer descoloração, pois os íons Cu^{2+} serão reduzidos a Cu.

Soma:

41. **UFMG 2013** Para determinar a quantidade de $\text{O}_2(\text{g})$ constituinte do ar atmosférico, um grupo de estudantes desenvolveu este experimento: um chumaço de palha de aço, embebido em vinagre, foi colocado no fundo de uma proveta. Em seguida, a proveta foi emborcada em um béquer contendo água, como indicado na figura 1. Alguns minutos depois, a palha de aço apresentava sinais de oxidação e o nível da água no interior da proveta havia subido como representado na figura 2.



- a) Considerando que a proveta tenha 25 cm de altura e que o nível da água em seu interior subiu 5 cm, CALCULE a porcentagem, em volume, de gás oxigênio contido no ar atmosférico. Suponha que o volume da palha de aço seja desprezível e que todo O_2 no interior da proveta tenha sido consumido.
- b) Em presença de oxigênio e em meio ácido, a palha de aço, que é composta principalmente por ferro, sofre oxidação. Essa reação pode ser representada pela equação química:
- $$2 \text{Fe}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$$
- CALCULE a massa, em gramas, de ferro oxidado na palha de aço, considerando a resposta ao item acima e sabendo, ainda, que:
- cada centímetro de altura da proveta corresponde a um volume de 7 cm^3 ;
 - o volume molar de um gás a 25°C e 1 atm é igual a $24,5 \text{ L}$.
- c) O mesmo experimento pode ser realizado utilizando-se um pedaço de palha de aço umedecida somente com água. Nesse caso, o processo levará alguns dias para ocorrer completamente.

Neste quadro estão apresentados os potenciais padrão de redução de três semirreações.

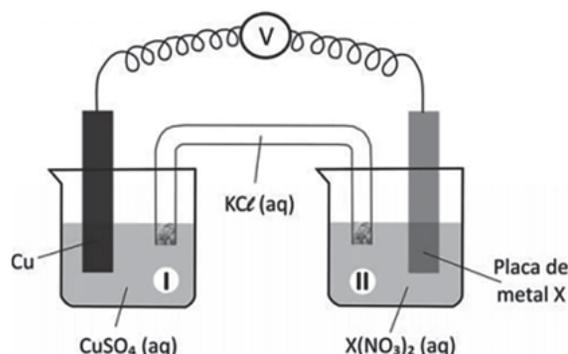
Semirreações	E° (V)
$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$	+1,23
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell) + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-(\text{aq})$	+0,40
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,44

A partir dos dados desse quadro e de informações anteriormente fornecidas, ESCREVA a equação química que representa a reação de oxidação do ferro *sem a presença do ácido* e CALCULE a diferença de potencial dessa reação.

42. **Fuvest-SP 2017** Um estudante realizou um experimento para avaliar a reatividade dos metais Pb, Zn, e Fe. Para isso, mergulhou, em separado, uma pequena placa de cada um desses metais em cada uma das soluções aquosas dos nitratos de chumbo, de zinco e de ferro. Com suas observações, elaborou a seguinte tabela, em que (sim) significa formação de sólido sobre a placa e (não) significa nenhuma evidência dessa formação:

Solução	Metal		
	Pb	Zn	Fe
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$	(não)	(sim)	(sim)
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$	(não)	(não)	(não)
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$	(não)	(sim)	(não)

A seguir, montou três diferentes pilhas galvânicas, conforme esquematizado.

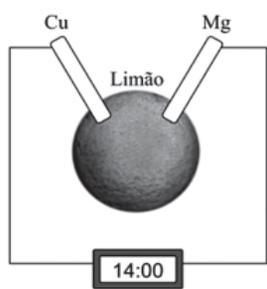


Nessas três montagens, o conteúdo do béquer I era uma solução aquosa de CuSO_4 de mesma concentração, e essa solução era renovada na construção de cada pilha. O eletrodo onde ocorria a redução (ganho de elétrons) era o formado pela placa de cobre mergulhada em $\text{CuSO}_4(\text{aq})$. Em cada uma das três pilhas, o estudante utilizou, no béquer II, uma placa de um dos metais X (Pb, Zn, ou Fe), mergulhada na solução aquosa de seu respectivo nitrato. O estudante mediu a força eletromotriz das pilhas, obtendo os valores: $0,44 \text{ V}$, $0,75 \text{ V}$ e $1,07 \text{ V}$.

A atribuição correta desses valores de força eletromotriz a cada uma das pilhas, de acordo com a reatividade dos metais testados, deve ser

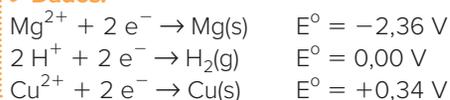
	Metal X		
	Pb	Zn	Fe
a)	0,44	0,75	1,07
b)	0,75	0,44	1,07
c)	0,44	1,07	0,75
d)	0,75	1,07	0,44
e)	1,07	0,44	0,75

43. **Unesp** Pode-se montar um circuito elétrico com um limão, uma fita de magnésio, um pedaço de fio de cobre e um relógio digital, como mostrado na figura.



O suco ácido do limão faz o contato entre a fita de magnésio e o fio de cobre, e a corrente elétrica produzida é capaz de acionar o relógio.

► **Dados:**



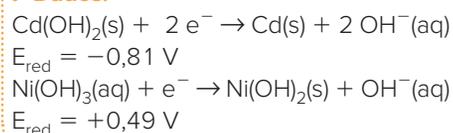
Com respeito a esse circuito, pode-se afirmar que:

- se o fio de cobre for substituído por um eletrodo condutor de grafite, o relógio não funcionará.
 - no eletrodo de magnésio ocorre a semirreação $\text{Mg(s)} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 e^{-}$.
 - no eletrodo de cobre ocorre a semirreação $\text{Cu}^{2+} + 2 e^{-} \rightarrow \text{Cu(s)}$.
 - o fluxo de elétrons pelo circuito é proveniente do eletrodo de cobre.
 - a reação global que ocorre na pilha é $\text{Cu}^{2+} + \text{Mg(s)} \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{Mg}^{2+}$.
44. **UFJF-MG 2021** Existem vários tipos de pilhas e baterias disponíveis comercialmente. Entre eles, a bateria de níquel-cádmio, que foi amplamente utilizada em equipamentos eletrônicos por ser uma bateria recarregável e de fácil miniaturização. No entanto, esse tipo de bateria foi substituído por baterias como a “hidreto

metálico” e de “fons-lítio”, que possuem menos riscos ambientais. Assim como em outras baterias, a níquel-cádmio utiliza uma pasta básica, na qual o KOH é usado como meio eletrolítico entre o ânodo e cátodo. A reação química dentro dessa bateria é:

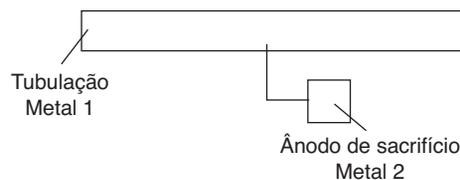


► **Dados:**



Sobre a bateria descrita acima, responda:

- Escreva a semi-reação que ocorre no cátodo.
 - Qual espécie está sofrendo oxidação?
 - Calcule o valor do potencial dessa bateria.
45. **UFPR** Para a proteção contra corrosão de tubos metálicos, é comum o uso de eletrodos de sacrifício (blocos metálicos conectados à tubulação). Esses blocos metálicos formam com a tubulação uma célula eletroquímica que atua como ânodo de sacrifício, fornecendo elétrons aos tubos metálicos para impedir sua corrosão, conforme representado na figura a seguir.



Semirreação de redução	$E^{\circ}(\text{V})$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^{-} \rightarrow \text{Zn(s)}$	-0,76
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^{-} \rightarrow \text{Fe(s)}$	-0,44
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^{-} \rightarrow \text{Cu(s)}$	+0,34
$\text{Ag}^{+}(\text{aq}) + e^{-} \rightarrow \text{Ag(s)}$	+0,80

Usando a tabela de potenciais-padrão de redução, considere as seguintes afirmativas:

- A reação química que ocorre no ânodo de sacrifício é a reação de oxidação.
- Se a tubulação (metal 1) for de ferro, o ânodo de sacrifício (metal 2) pode ser feito de zinco.
- Se a tubulação (metal 1) for de cobre, o ânodo de sacrifício (metal 2) pode ser feito de prata.
- O metal usado no eletrodo de sacrifício será o agente redutor na reação eletroquímica.

Assinale a alternativa correta.

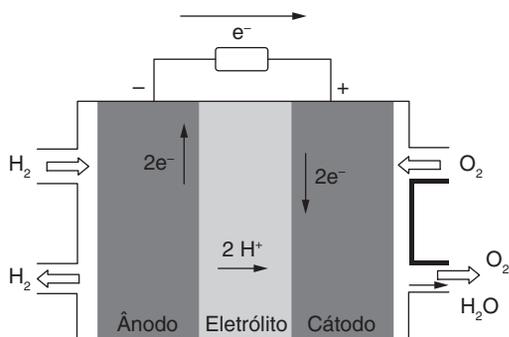
- Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
- Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1, 2 e 4 são verdadeiras.

46. **Fatec-SP** Para responder à questão, considere os seguintes dados sobre potenciais-padrão de redução.

Semirreação	E°/volt
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2,37
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,44
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0,34
$\text{Ag}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	0,80

Uma tubulação de ferro pode ser protegida contra a corrosão se a ela for conectada uma peça metálica constituída por

- a) magnésio ou prata.
 b) magnésio ou zinco.
 c) zinco ou cobre.
 d) zinco ou prata.
 e) cobre ou prata.
47. **Uece 2014** Para minimizar os efeitos da corrosão nas chapas de ferro do casco de um navio, são fixadas plaquetas de um metal – metal de sacrifício ou eletrodo de sacrifício – que é oxidado em seu lugar. Na comparação com as características do ferro, o metal de sacrifício mais indicado é aquele que apresenta
- a) menor eletronegatividade.
 b) menor poder de redução.
 c) maior condutibilidade elétrica.
 d) maior tenacidade.
48. **Enem** O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.



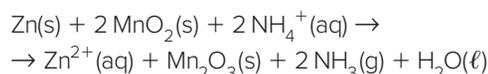
VILLULLAS, H. M; TICIANELLI, E. A; GONZÁLEZ, E. R. Química Nova Na Escola, Nº 15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

- a) transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.

- b) converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.
 c) transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.
 d) converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.
 e) converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

49. **PUC-RS 2016** O funcionamento da pilha comumente utilizada em controles remotos de TV, também conhecida como pilha seca ou de Leclanché, é expresso pela equação química a seguir:



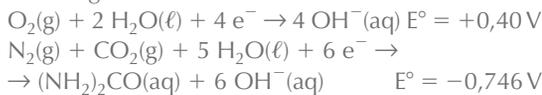
Um dos motivos de essa pilha não ser recarregável é porque

- a) a reação ocorre em meio ácido.
 b) a pilha é lacrada para evitar vazamentos.
 c) o processo inverso necessita de muita energia.
 d) a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes.
 e) a amônia sai de dentro da pilha, impossibilitando a reação inversa.
50. **Enem PPL 2020** Um cidadão que se mudou de Brasília para Recife, após algum tempo, percebeu que partes de seu carro estavam enferrujando muito rapidamente. Perguntou para seu filho, estudante do ensino médio, a explicação para o fenômeno. O filho pesquisou na internet e descobriu que, por causa da maresia, gotículas de água do mar atingem os objetos de aço (liga de ferro e carbono) e intensificam sua corrosão. Com base nessa informação, o estudante explicou corretamente ao pai o efeito do cloreto de sódio na corrosão. A explicação correta de a maresia acelerar a corrosão do aço é porque
- a) reduz o ferro.
 b) oxida o carbono.
 c) dissolve a pintura do carro.
 d) torna a água mais condutora.
 e) diminui a dissolução do oxigênio na água.

51. **FCMSCSP 2021 (Adapt.)**

Células a combustível são dispositivos que convertem diretamente energia química em energia elétrica, com alta eficiência. O uso de ureia $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ como combustível para esses dispositivos pode ser promissor, pois essa substância é encontrada na urina e pode ser isolada a partir

de estações de tratamento de esgoto e águas residuais de plantações. Na célula a combustível com ureia, o cátodo é alimentado com gás oxigênio e o ânodo é alimentado com uma solução aquosa de ureia. As semirreações no sentido da redução e os seus potenciais-padrão são fornecidos a seguir.



(Rong Lan *et al.* "A direct urea fuel cell-power from fertiliser and waste". *Energy Environmental Science*, no 3, 2010. Adaptado.)

Escreva a equação global da célula a combustível de ureia e calcule o seu potencial-padrão.

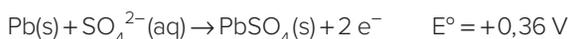
52. Mackenzie 2016 Em instalações industriais sujeitas à corrosão, é muito comum a utilização de um metal de sacrifício, o qual sofre oxidação mais facilmente que o metal principal que compõe essa instalação, diminuindo, portanto, eventuais desgastes dessa estrutura. Quando o metal de sacrifício encontra-se deteriorado, é providenciada sua troca, garantindo-se a eficácia do processo denominado proteção catódica. Considerando uma estrutura formada predominantemente por ferro e analisando a tabela a seguir que indica os potenciais-padrão de redução (E°_{red}) de alguns outros metais, ao ser eleito um metal de sacrifício, a melhor escolha seria

Metal	Equação da semirreação	Potenciais-padrão de redução (E°_{red})
Magnésio	$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,38 V
Zinco	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76 V
Ferro	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,44 V
Chumbo	$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13 V
Cobre	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34 V
Prata	$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	+0,80 V

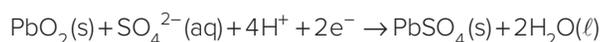
- o magnésio.
- o cobre.
- o ferro.
- o chumbo.
- a prata.

53. Fasm-SP 2016 Nesta última década, assistiu-se a um aumento na demanda por pilhas e baterias cada vez mais leves e de melhor desempenho. Consequentemente, existe atualmente no mercado uma grande variedade de pilhas e baterias que utilizam níquel, cádmio, zinco e chumbo em suas fabricações. Usadas em automóveis, as baterias de chumbo, conhecidas como chumbo-ácido, apresentam um polo negativo, constituído de chumbo metálico, e um polo positivo, constituído de óxido de chumbo (IV).

Polo negativo:



Polo positivo:

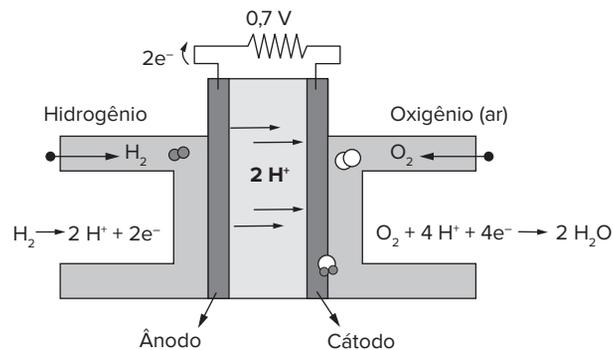


$$E^\circ = +1,68 \text{ V}$$

(www.qnint.s bq.org.br. Adaptado.)

- Baseando-se na localização dos elementos cádmio e zinco em seus estados mais estáveis na Classificação Periódica, indique qual desses elementos apresenta maior raio atômico. Justifique sua resposta.
- Considerando os potenciais de redução padrão medidos a 25 °C e as semirreações nos eletrodos da bateria chumbo-ácido, indique o ânodo e calcule, em volts, o valor da diferença de potencial da reação global.

54. UFSC Uma célula combustível é um dispositivo eletroquímico constituído por dois eletrodos, denominados de cátodo e ânodo, sendo capaz de gerar eletricidade a partir de um combustível e de um comburente, segundo a reação global: $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell)$. Igualmente, todas as células têm um eletrólito, onde ocorre o transporte dos íons produzidos, e uma fina camada de catalisador normalmente de platina ou de níquel que recobre o eletrodo. O diagrama a seguir representa uma célula combustível de hidrogênio.

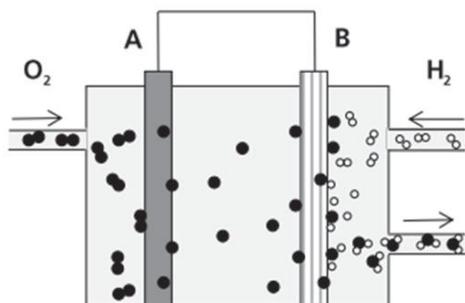


Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- Em uma célula de combustível de hidrogênio, o hidrogênio sofre redução e o oxigênio oxidação.
- No ânodo, polo positivo, ocorre redução do hidrogênio.
- O potencial gerado por uma célula combustível é negativo, assim podemos considerar que ocorre uma reação espontânea.
- Para gerar uma maior ddp (diferença de potencial), seria necessário construir uma bateria contendo células combustíveis arranjadas em série.
- Na célula combustível, os elétrons fluem do polo negativo para o polo positivo.
- O catalisador acelera as reações químicas entre o oxigênio e o hidrogênio.
- O hidrogênio é o comburente e necessita estar armazenado; o oxigênio é o combustível e vem do ar atmosférico.

Soma:

- 55. Unicamp-SP 2015** Uma proposta para obter energia limpa é a utilização de dispositivos eletroquímicos que não gerem produtos poluentes, e que utilizem materiais disponíveis em grande quantidade ou renováveis. O esquema abaixo mostra, parcialmente, um dispositivo que pode ser utilizado com essa finalidade.

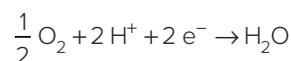


Nesse esquema, os círculos podem representar átomos, moléculas ou íons. De acordo com essas informações e o conhecimento de eletroquímica, pode-se afirmar que nesse dispositivo a corrente elétrica flui de

- a) A para B e o círculo ● representa o íon O^{2-} .
 b) B para A e o círculo ● representa o íon O^{2+} .
 c) B para A e o círculo ● representa o íon O^{2-} .
 d) A para B e o círculo ● representa o íon O^{2+} .
- 56. ITA-SP 2021** Assinale a opção que apresenta a afirmação ERRADA sobre processos de oxidação e redução.
- a) Certas pilhas apresentam ânodo e cátodo constituídos de materiais metálicos de mesma natureza.
 b) Processos corrosivos são benéficos em muitas aplicações, como na oxidação de peças metálicas, com formação de película protetora.
 c) Uma forma de diminuir a velocidade da corrosão eletroquímica é diminuir a velocidade da reação catódica associada ao processo de corrosão.
 d) Na proteção catódica, a estrutura a ser protegida torna-se o cátodo de uma célula eletroquímica, não sendo necessária a utilização de uma fonte externa de corrente elétrica contínua caso a proteção ocorra com o uso de ânodo de sacrifício.
 e) Os valores de potenciais padrão de eletrodo indicam maior ou menor tendência termodinâmica para o processo de corrosão, além de fornecerem informações sobre a velocidade da reação.
- 57. Uece 2015** Segundo o INMETRO, a pilha alcalina produz voltagem de 1,5 V, não é recarregável, mantém a voltagem constante por mais tempo e, embora custe mais caro, dura cerca de cinco vezes mais. Seu nome

decorre do fato de ela substituir a pasta de cloreto de amônio e cloreto de zinco por hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio. Considerando a reação que ocorre na pilha alcalina, $Zn + 2 MnO_2 + H_2O \rightarrow Zn^{2+} + Mn_2O_3 + 2 OH^-$, pode-se afirmar corretamente que sua duração é maior porque

- a) o cátodo é feito de zinco metálico poroso.
 b) o manganês presente na pilha sofre oxidação.
 c) possui uma resistência interna muito menor que a pilha comum.
 d) é um aperfeiçoamento da pilha de Daniell.
- 58. UFRGS 2015** Célula a combustível é uma alternativa para a produção de energia limpa. As semirreações da célula são



Sobre essa célula, pode-se afirmar que

- a) H_2 é o gás combustível e oxida-se no cátodo.
 b) eletrólise da água ocorre durante o funcionamento da célula.
 c) H_2O e CO_2 são produzidos durante a descarga da célula.
 d) célula a combustível é um exemplo de célula galvânica.
 e) O_2 é o gás comburente e reduz-se no ânodo.
- 59. UEM-PR 2015** Dados os potenciais padrão de redução (E^0), julgue as afirmações e assinale o que for correto.
- | | |
|---|-----------------|
| $Zn^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Zn^0$ | $E^0 = -0,76 V$ |
| $Fe^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Fe^0$ | $E^0 = -0,44 V$ |
| $Sn^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Sn^0$ | $E^0 = -0,14 V$ |
- 01** A partir da galvanização, o zinco pode ser considerado eletrodo de sacrifício para o ferro.
02 Para se tornarem aptas a armazenar alimentos, as latas de ferro recebem camadas protetoras de estanho com objetivo de impedir o contato do ferro com ar e água.
04 O fluxo de elétrons do ferro para o estanho é espontâneo.
08 Dentre os três metais citados nas semirreações acima, o zinco é o que tem maior tendência a sofrer redução.
16 O estanho é o melhor agente redutor entre os metais em questão.

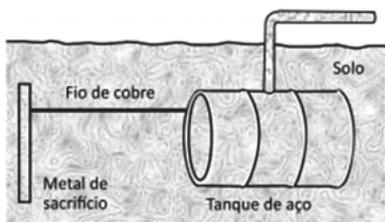
Soma:

60. UFU-MG As medalhas olímpicas não são de ouro, prata ou bronze maciços, mas sim peças de metal submetidas a processos de galvanoplastia que lhes conferem as aparências características, graças ao revestimento com metais nobres.

Sobre o processo de galvanoplastia, assinale a alternativa correta.

- a) O processo é espontâneo e gera energia elétrica no revestimento das peças metálicas.
- b) Consiste em revestir a superfície de uma peça metálica com uma fina camada de outro metal, por meio de eletrólise aquosa de seu sal.
- c) É um fenômeno físico, pois, no revestimento da peça metálica, ocorrem fenômenos que alteram a estrutura do material.
- d) A peça submetida ao revestimento metálico atuará como ânodo e será o eletrodo de sinal positivo.

61. Fuvest-SP 2018 Um método largamente aplicado para evitar a corrosão em estruturas de aço enterradas no solo, como tanques e dutos, é a proteção catódica com um metal de sacrifício. Esse método consiste em conectar a estrutura a ser protegida, por meio de um fio condutor, a uma barra de um metal diferente e mais facilmente oxidável, que, com o passar do tempo, vai sendo corroído até que seja necessária sua substituição.



Burrows, et al. *Chemistry*³, Oxford, 2009. (Adaptado).

Um experimento para identificar quais metais podem ser utilizados como metal de sacrifício consiste na adição de um pedaço de metal a diferentes soluções contendo sais de outros metais, conforme ilustrado, e cujos resultados são mostrados na tabela. O símbolo (+) indica que foi observada uma reação química e o (-) indica que não se observou qualquer reação química.



Soluções	Metal X			
	Estanho	Alumínio	Ferro	Zinco
SnCl ₂		+	+	+
AlCl ₃	-		-	-
FeCl ₃	-	+		+
ZnCl ₂	-	+	-	

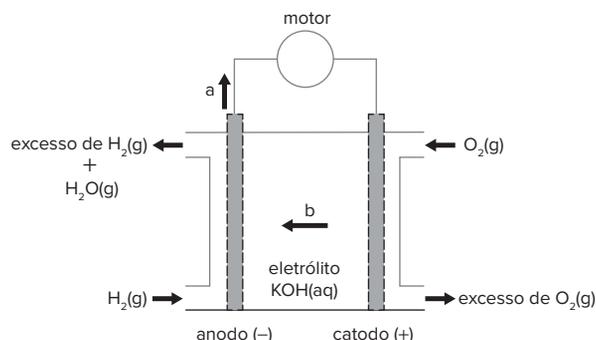
Da análise desses resultados, conclui-se que pode(m) ser utilizado(s) como metal(is) de sacrifício para tanques de aço:

► **Note e adote:** o aço é uma liga metálica majoritariamente formada pelo elemento ferro.

- a) Al e Zn.
- b) somente Sn.
- c) Al e Sn.
- d) somente Al.
- e) Sn e Zn.

62. Fuvest-SP As naves espaciais utilizam pilhas de combustível, alimentadas por oxigênio e hidrogênio, as quais, além de fornecerem a energia necessária para a operação das naves, produzem água, utilizada pelos tripulantes. Essas pilhas usam, como eletrólito, o KOH(aq), de modo que todas as reações ocorrem em meio alcalino. A troca de elétrons se dá na superfície de um material poroso.

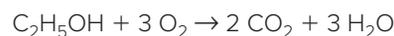
Um esquema dessas pilhas, com o material poroso representado na cor cinza, é apresentado a seguir.



Escrevendo as equações das semirreações que ocorrem nessas pilhas de combustível, verifica-se que, nesse esquema, as setas com as letras a e b indicam, respectivamente, o sentido de movimento dos

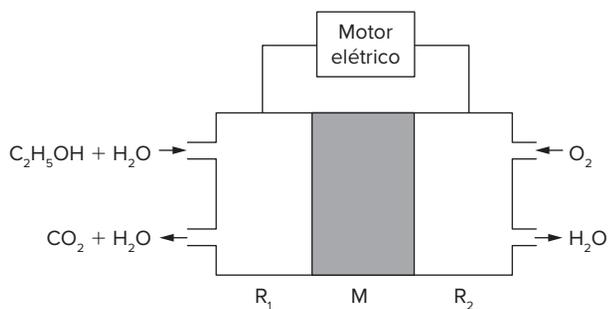
- a) íons OH⁻ e dos elétrons.
- b) elétrons e dos íons OH⁻.
- c) íons K⁺ e dos elétrons.
- d) elétrons e dos íons K⁺.
- e) elétrons e dos íons H⁺.

63. UFSCar-SP O Brasil é pioneiro na produção em escala comercial de veículos movidos por motor de combustão interna utilizando combustível renovável. Nesses veículos, a energia é fornecida pela reação de combustão do etanol, segundo a reação representada pela equação balanceada



que se processa com rendimento energético global de 30%. Em princípio, a mesma reação pode ser realizada numa célula de combustível, com a formação dos mesmos produtos. Na célula de combustível, a energia química armazenada no combustível é transformada diretamente em energia elétrica, com um rendimento energético de 50%.

O esquema de uma célula de combustível baseada em membrana polimérica condutora de prótons é fornecido a seguir.



onde

M: membrana de eletrólito polimérico, permeável a íons H^+ ; R_1 e R_2 : recipientes contendo catalisadores adequados, onde se processam as semirreações.

- Escreva as semirreações balanceadas que ocorrem no ânodo e no cátodo da célula de combustível.
- Calcule a quantidade de CO_2 , expressa em mols, que será formada para a produção de uma mesma quantidade de energia a partir do etanol, utilizando um motor de combustão interna e uma célula de combustível.

Sugestão: tome como base de cálculo a quantidade teórica de energia fornecida por um mol de etanol reagindo com O_2 .

64. ITA-SP Um elemento galvânico é constituído pelos eletrodos a seguir especificados e separados por uma ponte salina.

ELETRODO I: placa de chumbo metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol/L de nitrato de chumbo. ELETRODO II: sulfato de chumbo sólido prensado contra uma "peneira" de chumbo metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol/L de ácido sulfúrico. Nas condições-padrão, o potencial de cada um destes eletrodos, em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio, é

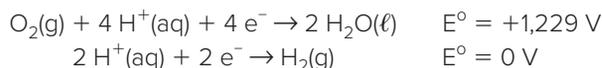
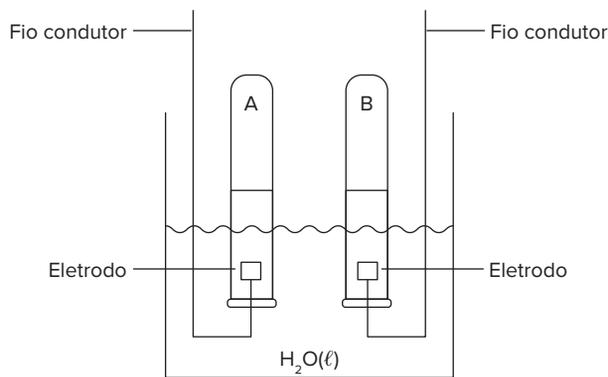
$$E^\circ (Pb/Pb^{2+}) = -0,1264 \text{ V (ELETRODO I).}$$

$$E^\circ (Pb/PbSO_4, SO_4^{2-}) = -0,3546 \text{ V (ELETRODO II).}$$

Assinale a opção que contém a afirmação CORRETA sobre as alterações ocorridas neste elemento galvânico quando os dois eletrodos são conectados por um fio de baixa resistência elétrica e circular corrente elétrica no elemento.

- A massa de sulfato de chumbo sólido na superfície do ELETRODO II aumenta.
- A concentração de íons sulfato na solução aquosa do ELETRODO II aumenta.
- O ELETRODO I é o polo negativo.
- O ELETRODO I é o ânodo.
- A concentração de íons chumbo na solução aquosa do ELETRODO I aumenta.

65. UFG-GO Considere o sistema a seguir, que é constituído de água contendo uma pequena quantidade de um eletrólito, juntamente com as semiequações e os respectivos potenciais padrão de redução:



Ao se conectar uma bateria que forneça tensão suficiente, observa-se a formação de bolhas na superfície de cada um dos eletrodos. Considerando essa situação,

- escreva a(s) equação(ões) que representa(m) o(s) produto(s) formado(s) em cada eletrodo;
- explique por que o pH resultante em um dos tubos é ácido e no outro, neutro;
- explique como identificar, visualmente, qual o produto formado em cada tubo.



Texto para a questão **66**.

O uso mais popular do cloreto de sódio é na cozinha, onde é utilizado para acrescentar sabor a uma infinidade de alimentos e também como conservante e material de limpeza. É na indústria química, no entanto, que ele é mais consumido. São inúmeros os processos que fazem uso de produtos do processamento desse sal.

66. Unicamp-SP 2014 O uso industrial do cloreto de sódio se dá principalmente no processo de obtenção de alguns importantes produtos de sua eletrólise em meio aquoso. Simplificadamente, esse processo é feito pela passagem de uma corrente elétrica em uma solução aquosa desse sal. Pode-se afirmar que, a partir desse processo, seriam obtidos:

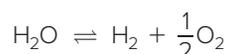
- gás hidrogênio, gás oxigênio e ácido clorídrico.
- gás hidrogênio, gás cloro e ácido clorídrico.
- gás hidrogênio, gás cloro e hidróxido de sódio em solução.
- gás hidrogênio, gás oxigênio e hidróxido de sódio em solução.

67. IFSul-RS Um dos processos industriais mais importantes é a eletrólise de soluções de salmoura (solução aquosa de $NaCl$). Quando uma corrente elétrica é passada através da salmoura, o $NaCl$ e a água produzem $H_2(g)$, $Cl_2(g)$ e $NaOH(aq)$, todos valiosos reagentes químicos.

Considerando o exposto anteriormente, é correto afirmar que o gás

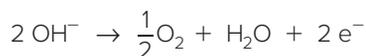
- Cl_2 é produzido no cátodo.
- Cl_2 é produzido no polo negativo.
- H_2 é produzido no polo positivo.
- H_2 é produzido no cátodo.

- 68. PUC-Minas** O hidrogênio é muito utilizado industrialmente para obtenção de amoníaco, metanol, ácido clorídrico, etc. É o elemento mais abundante do universo, mas ele se encontra em quantidade pequena na atmosfera terrestre. Um método de produção de hidrogênio no estado gasoso com alto grau de pureza é a partir da eletrólise da água, que possui como reação global:

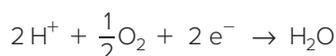


Durante a eletrólise da água em meio eletrólito alcalino, é CORRETO afirmar:

- a) No ânodo, ocorre a reação:



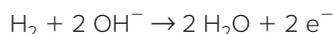
- b) No ânodo, ocorre a reação:



- c) No cátodo, ocorre a reação:



- d) No cátodo, ocorre a reação:



- 69. Uerj 2014** A eletrólise da ureia, substância encontrada na urina, está sendo proposta como forma de obtenção de hidrogênio, gás que pode ser utilizado como combustível. Observe as semirreações da célula eletrolítica empregada nesse processo, realizado com 100% de rendimento:

– reação anódica:



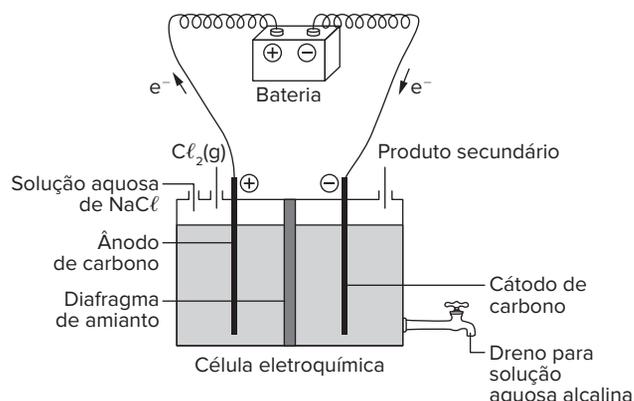
– reação catódica: $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2 + 6\text{OH}^-$

Considere as seguintes informações:

- A ureia tem fórmula química $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ e sua concentração na urina é de $20\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Um ônibus movido a hidrogênio percorre 1 km com 100 g desse combustível.

Apresente a reação global da eletrólise da ureia. Em seguida, calcule a distância, em quilômetros, percorrida por um ônibus utilizando o combustível gerado na eletrólise de dez mil litros de urina.

- 70. Enem 2017** A eletrólise é um processo não espontâneo de grande importância para a indústria química. Uma de suas aplicações é a obtenção do gás cloro e do hidróxido de sódio, a partir de uma solução aquosa de cloreto de sódio. Nesse procedimento, utiliza-se uma célula eletroquímica, como ilustrado.



SHREVE, R. N.; BRINK Jr., J. A. *Indústrias de processos químicos*, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997 (Adaptado)

No processo eletrolítico ilustrado, o produto secundário obtido é o

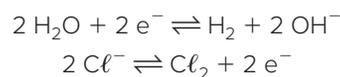
- vapor de água.
- oxigênio molecular.
- hipoclorito de sódio.
- hidrogênio molecular.
- cloreto de hidrogênio.

- 71. Mackenzie-SP 2017** Um dos modos de se produzirem gás hidrogênio e gás oxigênio em laboratório é promover a eletrólise (decomposição pela ação da corrente elétrica) da água, na presença de sulfato de sódio ou ácido sulfúrico. Nesse processo, usando para tal um recipiente fechado, migram para o cátodo (polo negativo) e ânodo (polo positivo), respectivamente, H_2 e O_2 . Considerando-se que as quantidades de ambos os gases são totalmente recolhidas em recipientes adequados, sob mesmas condições de temperatura e pressão, é correto afirmar que

► **Dados:** massas molares ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) $\text{H} = 1$ e $\text{O} = 16$.

- o volume de $\text{H}_2(\text{g})$ formado, nesse processo, é maior do que o volume de $\text{O}_2(\text{g})$.
- serão formados 2 mols de gases para cada mol de água decomposto.
- as massas de ambos os gases formados são iguais no final do processo.
- o volume de $\text{H}_2(\text{g})$ formado é o quádruplo do volume de $\text{O}_2(\text{g})$ formado.
- a massa de $\text{O}_2(\text{g})$ formado é o quádruplo da massa de $\text{H}_2(\text{g})$ formado.

- 72. UFSM-RS 2014** O processo de eletrólise pode ser empregado para tratar paciente com câncer no pulmão. A terapia consiste na colocação de eletrodos no tecido a ser tratado e, a seguir, é aplicada uma corrente elétrica originando um processo de oxirredução. O processo de eletrólise gera produtos, como Cl_2 e OH^- , os quais atacam e destroem as células doentes que estão na região próxima aos eletrodos. Utilizando eletrodos inertes (platina), as semirreações que ocorrem são:



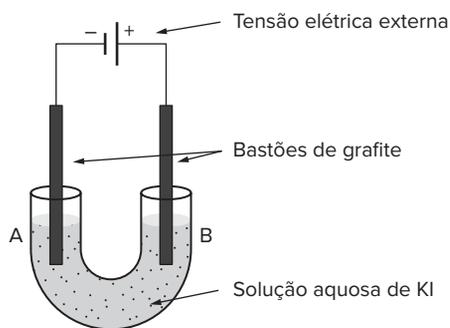
Analise as afirmações a seguir.

- I. No ânodo, ocorre liberação de Cl_2 .
- II. O meio fica básico na região próxima ao cátodo.
- III. A água se oxida no cátodo.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas II e III.

- 73. Fuvest-SP** Uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI) foi eletrolisada, usando-se a aparelhagem esquematizada na figura. Após algum tempo de eletrólise, adicionaram-se algumas gotas de solução de fenolftaleína na região do eletrodo A e algumas gotas de solução de amido na região de eletrodo B. Verificou-se o aparecimento da cor rosa na região de A e da cor azul (formação de iodo) na região de B.



Nessa eletrólise:

- I. no polo negativo, ocorre redução da água com formação de OH^- e de H_2 .
- II. no polo positivo, o iodeto ganha elétrons e forma iodo.
- III. a grafite atua como condutora de elétrons.

Dessas afirmações, apenas a

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e a III são corretas.
- e) II e a III são corretas.

- 74. FMP-RJ 2020** A galvanostegia é um processo químico que consiste na aplicação, mediante deposição eletrolítica, de revestimentos metálicos aderentes, para modificar as propriedades ou as dimensões da superfície de um metal. Ela pode melhorar o aspecto, a dureza ou a resistência à corrosão e à formação de manchas superficiais. Nos processos de galvanostegia, o objeto a ser tratado é imerso em uma solução que contenha o metal a ser depositado, sob a forma de íons, sejam simples ou complexos.

Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV058_MD1_SA86_ID1941_17052016200759.pdf. Acesso em: 22 jul. 2019. Adaptado.

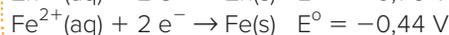
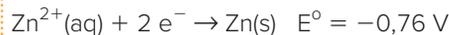
Sabe-se que o objeto a ser niquelado é ligado eletricamente ao polo negativo de um gerador com corrente

contínua. Sendo assim, admite-se que a reação que ocorre no cátodo seja representada por

- a) $Ni^{+2} \rightarrow Ni^0 + 2 e^-$
- b) $Ni^0 \rightarrow Ni^{+3} + 3 e^-$
- c) $Ni^0 + 2 e^- \rightarrow Ni^{+2}$
- d) $Ni^0 \rightarrow Ni^{+2} + 2 e^-$
- e) $Ni^{+2} + 2 e^- \rightarrow Ni^0$

- 75. UEM-PR 2013** Sobre armazenadores de energia, condutividade elétrica, capacitância e reações redox, assinale o que for correto.

► Dados:



- 01** Um tambor de ferro enterrado, do tipo usado em postos de combustível, pode ser protegido da oxidação colocando em contato com ele placas de zinco, em um processo chamado de proteção catódica.
- 02** Processos de carga ou descarga elétrica de uma bateria ou de um capacitor envolvem reações de oxidação e redução.
- 04** Em uma pilha de Daniell, os elétrons podem ser deslocados do ânodo até o cátodo por um fio feito de um material dielétrico.
- 08** A eletrólise de uma solução diluída de ácido sulfúrico ou hidróxido de sódio em água gera hidrogênio no cátodo e oxigênio no ânodo.
- 16** Capacitores podem ser utilizados em processos que necessitam de rápida movimentação de cargas elétricas, como no acionamento de um *flash* de uma câmera fotográfica.

Soma:

- 76. Mackenzie-SP 2019** De acordo com os conceitos de eletroquímica, é correto afirmar que
- a) a ponte salina é a responsável pela condução de elétrons durante o funcionamento de uma pilha.
 - b) na pilha representada por $Zn(s) | Zn^{2+}(aq) || Cu^{2+}(aq) | Cu(s)$, o metal zinco representa o cátodo da pilha.
 - c) o resultado positivo da ddp de uma pilha, por exemplo, +1,10 V, indica a sua não espontaneidade, pois essa pilha está absorvendo energia do meio.
 - d) na eletrólise o ânodo é o polo positivo, onde ocorre o processo de oxidação.
 - e) a eletrólise ígnea só ocorre quando os compostos iônicos estiverem em meio aquoso.
- 77. Enem 2016** A obtenção do alumínio dá-se a partir da bauxita ($Al_2O_3 \cdot 3 H_2O$), que é purificada e eletrolisada

numa temperatura de 1000 °C. Na célula eletrolítica, o ânodo é formado por barras de grafita ou carvão, que são consumidas no processo de eletrólise, com formação de gás carbônico, e o cátodo é uma caixa de aço coberta de grafita.

A etapa de obtenção do alumínio ocorre no

- ânodo, com formação de gás carbônico.
- cátodo, com redução do carvão na caixa de aço.
- cátodo, com oxidação do alumínio na caixa de aço.
- ânodo, com depósito de alumínio nas barras de grafita.
- cátodo, com fluxo de elétrons das barras de grafita para a caixa de aço.

78. UFRN 2013 A purificação do cobre é essencial para sua aplicação em fios condutores de corrente elétrica. Como esse metal contém impurezas de ferro, zinco, ouro e platina, é preciso realizar um processo de purificação na indústria para obtê-lo com mais de 99% de pureza. Para isso, é necessário colocá-lo no ânodo de uma cuba com solução aquosa de sulfato de cobre e aplicar corrente elétrica de forma a depositá-lo no cátodo, fazendo-o atingir essa pureza. Apesar de ser um método lento e de consumir grande quantidade de energia, os custos de produção são compensados pelos subprodutos do processo, que são metais como ouro, platina e prata. O método de purificação do cobre é conhecido como

- pilha galvânica, sendo que, no ânodo, ocorre a oxidação do cobre metálico, e o metal que se deposita no cátodo é resultado da redução dos íons Cu^{2+} da solução aquosa.
- eletrólise, sendo que, no ânodo, ocorre a oxidação do cobre metálico, e o metal que se deposita no cátodo é resultado da redução dos íons Cu^{2+} da solução aquosa.
- eletrólise, sendo que, no ânodo, ocorre a redução do cobre metálico, e o metal que se deposita no cátodo é resultado da oxidação dos íons Cu^{2+} da solução aquosa.
- pilha galvânica, sendo que, no ânodo, ocorre a redução do cobre metálico, e o metal que se deposita no cátodo é resultado da oxidação dos íons Cu^{2+} da solução aquosa.

79. UEMG 2016 A eletroquímica é uma área da química com grande aplicação industrial, dentre elas, destacam-se a metalúrgica e a área de saneamento. Na metalurgia extrativa, utiliza-se um metal como agente redutor para obtenção de outro no estado elementar. Já na área de saneamento, o tratamento de águas residuárias utiliza o processo químico descrito para transformar um composto químico em outro por meio da aplicação de uma corrente elétrica através da solução.

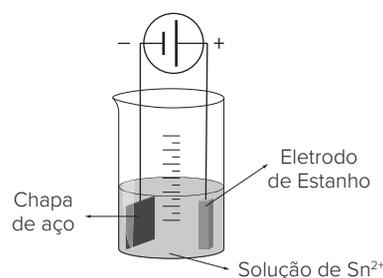
Considere os seguintes potenciais de redução descritos a seguir:

	E° (volt)
$\text{Mg}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,38
$\text{Zn}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Fe}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{Ni}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,8

O par de compostos que poderia ser utilizado na metalurgia extrativa, bem como o nome do processo aplicado na área de saneamento, está CORRETAMENTE descrito na opção:

- Mg como redutor para obter Zn, eletrólise.
- Cu como redutor para obter Ni, eletrólise.
- Ag como redutor para obter Mg, destilação.
- Fe como redutor para obter Ag, destilação.

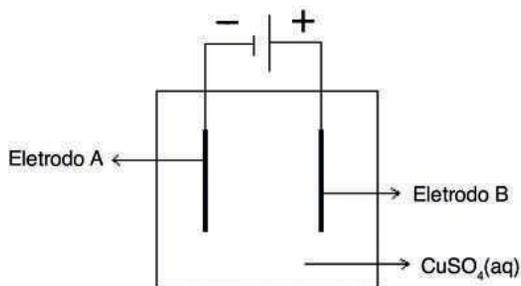
80. UFJF-MG 2016 Para a fabricação de latas para armazenar alimentos, óleos, conservas, etc., são utilizadas as “folhas de flandres”, as quais são compostas por chapas de aço revestidas com estanho através do processo de galvanização. A figura abaixo representa o processo de produção das “folhas de flandres”.



Marque a alternativa CORRETA com relação ao processo de galvanização descrito.

- A redução do estanho ocorre na chapa de aço.
- Os elétrons fluem da chapa de aço para o eletrodo de estanho.
- O polo negativo corresponde ao ânodo.
- Esse processo ocorre espontaneamente.
- Neste processo ocorre a conversão da energia química em energia elétrica.

81. UEM-PR 2016 Após a redução do $\text{Cu}_2\text{S}(s)$ em um processo metalúrgico chamado ustulação, o cobre apresenta impurezas e é purificado em um processo de eletrólise com eletrodos ativos utilizando-se uma solução aquosa de sulfato de cobre II, um eletrodo de cobre puro e um outro formado pelo cobre impuro obtido na ustulação, de acordo com o esquema a seguir. Assinale o que for **correto**.



- 01 O eletrodo A é formado pelo cobre com impurezas.
 02 À medida que o processo eletrolítico avança, o cátodo diminui a sua massa.
 04 No ânodo ocorre a oxidação do cobre segundo a reação $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$.
 08 No cátodo ocorre a redução do cobre segundo a reação $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$.
 16 O processo que forma o cobre puro é também conhecido como refino eletrolítico.

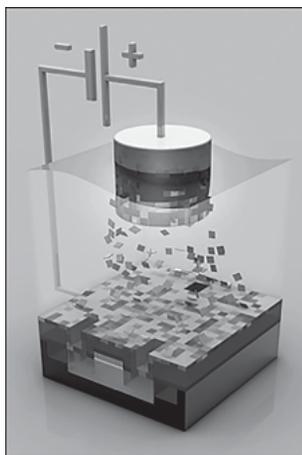
Soma:



Texto para as questões **82** e **83**.

O silício metalúrgico, purificado até atingir 99,99% de pureza, é conhecido como silício eletrônico. Quando cortado em fatias finas, recobertas com cobre por um processo eletrolítico e montadas de maneira interconectada, o silício eletrônico transforma-se em microchips.

A figura reproduz uma das últimas etapas da preparação de um microchip.



As fatias de silício são colocadas numa solução de sulfato de cobre. Nesse processo, íons de cobre deslocam-se para a superfície da fatia (cátodo), aumentando a sua condutividade elétrica.

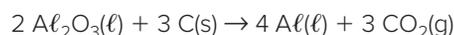
(<http://umumble.com>. Adaptado.)

- 82. Unesp 2013** O processo de recobrimento das fatias de silício é conhecido como
- eletrocoagulação.
 - eletrólise ígnea.
 - eletrodeformação.
 - galvanoplastia.
 - anodização.

83. Unesp 2013 A semirreação na superfície da fatia de silício, cátodo, é representada por:

- $\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+ + \text{Cu(s)}$.
- $2\text{Cu}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cu(s)} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$.
- $2\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^-$.
- $\text{Si(s)} + 4\text{e}^- \rightarrow \text{Si}^{4+}(\text{s})$.
- $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$.

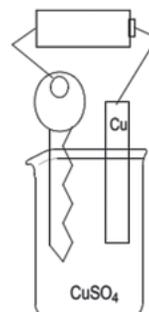
84. Enem PPL 2015 O alumínio é um metal bastante versátil, pois, a partir dele, podem-se confeccionar materiais amplamente utilizados pela sociedade. A obtenção do alumínio ocorre a partir da bauxita, que é purificada e dissolvida em criolita fundida (Na_3AlF_6) e eletrolisada a cerca de 1000 °C. Há liberação do gás dióxido de carbono (CO_2), formado a partir da reação de um dos produtos da eletrólise com o material presente nos eletrodos. O ânodo é formado por barras de grafita submergidas na mistura fundida. O cátodo é uma caixa de ferro coberta de grafita. A reação global do processo é:



Na etapa de obtenção do alumínio líquido, as reações que ocorrem no cátodo e ânodo são:

- cátodo: $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$
 ânodo: $\begin{cases} 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- \\ \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \end{cases}$
- cátodo: $\begin{cases} 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- \\ \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \end{cases}$
 ânodo: $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$
- cátodo: $\begin{cases} \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} \\ 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- \end{cases}$
 ânodo: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- cátodo: $\begin{cases} \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} \\ \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \end{cases}$
 ânodo: $2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
- cátodo: $2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
 ânodo: $\begin{cases} \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} \\ \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \end{cases}$

85. UFG-GO Uma chave, imersa em uma solução de sulfato de cobre, é conectada a uma placa de cobre por meio de uma pilha comum, como mostra a figura abaixo.



Observa-se que a chave fica amarela por causa da

- redução dos íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.
- oxidação dos íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.
- redução do Cu metálico.
- oxidação do metal da chave.
- redução do metal da chave.

- 86. Enem** Para que apresente condutividade elétrica adequada a muitas aplicações, o cobre bruto obtido por métodos térmicos é purificado eletroliticamente. Nesse processo, o cobre bruto impuro constitui o ânodo da célula, que está imerso em uma solução de CuSO_4 . À medida que o cobre impuro é oxidado no ânodo, íons Cu^{2+} da solução são depositados na forma pura no cátodo. Quanto às impurezas metálicas, algumas são oxidadas, passando à solução, enquanto outras simplesmente se desprendem do ânodo e se sedimentam abaixo dele. As impurezas sedimentadas são posteriormente processadas, e sua comercialização gera receita que ajuda a cobrir os custos do processo. A série eletroquímica a seguir lista o cobre e alguns metais presentes como impurezas no cobre bruto de acordo com suas forças redutoras relativas.



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

- Au, Pt, Ag, Zn, Ni e Pb.
 - Au, Pt e Ag.
 - Zn, Ni e Pb.
 - Au e Zn.
 - Ag e Pb.
- 87. UEL-PR** O município de Poços de Caldas, localizado no sul do estado de Minas Gerais, é um importante centro turístico, mas tem, na produção do alumínio, extraído do mineral bauxita, um outro suporte econômico. A paisagem faz parte dos atrativos turísticos da região, embora afetada atualmente pela mineração que deixa o solo descoberto. Quando isto ocorre em floresta nativa, o desafio do retorno da paisagem é muito complicado.

O alumínio é obtido pela eletrólise ígnea de uma solução de óxido de alumínio puro (Al_2O_3), obtido da bauxita purificada, em criolita (Na_3AlF_6) fundida, mantendo a temperatura em aproximadamente $1000\text{ }^\circ\text{C}$. Nestas condições, o óxido de alumínio se dissolve e a solução é boa condutora de eletricidade. Durante a eletrólise, os elétrons migram do íon oxigênio para o íon alumínio.

Em relação ao método de obtenção do alumínio, são feitas as afirmações.

- Na solução, o Al_2O_3 está totalmente na forma não dissociada.
- Na solução, o Al_2O_3 é o soluto e o Na_3AlF_6 é o solvente.
- O alumínio é depositado no cátodo.
- A reação que ocorre no ânodo é a oxidação do O^{2-} .

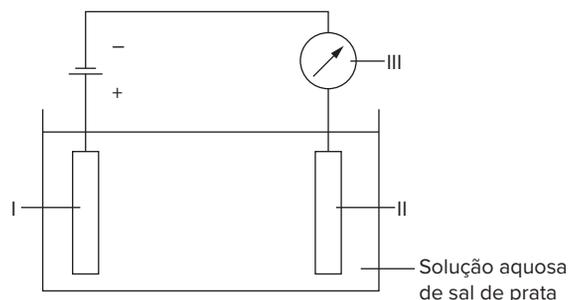
Assinale a alternativa que contém todas as afirmativas corretas.

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

- 88. ITA-SP** Uma célula eletrolítica foi construída utilizando-se 200 mL de uma solução aquosa 1,0 mol/L em NaCl com pH igual a 7 a $25\text{ }^\circ\text{C}$, duas chapas de platina de mesmas dimensões e uma fonte estabilizada de corrente elétrica. Antes de iniciar a eletrólise, a temperatura da solução foi aumentada e mantida num valor constante igual a $60\text{ }^\circ\text{C}$. Nesta temperatura, foi permitido que corrente elétrica fluísse pelo circuito elétrico num certo intervalo de tempo. Decorrido esse intervalo de tempo, o pH da solução, ainda a $60\text{ }^\circ\text{C}$, foi medido novamente e um valor igual a 7 foi encontrado. Levando em consideração os fatos mencionados neste enunciado e sabendo que o valor numérico da constante de dissociação da água (K_w) para a temperatura de $60\text{ }^\circ\text{C}$ é igual a $9,6 \cdot 10^{-14}$, é **CORRETO** afirmar que

- o caráter ácido-base da solução eletrolítica após a eletrólise é neutro.
- o caráter ácido-base da solução eletrolítica após a eletrólise é alcalino.
- a reação anódica predominante é aquela representada pela meia-equação: $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-(\text{CM})$.
- a reação catódica, durante a eletrólise, é aquela representada pela meia-equação: $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-(\text{CM}) \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$.
- a reação anódica, durante a eletrólise, é aquela representada pela meia-equação: $\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^-(\text{CM})$.

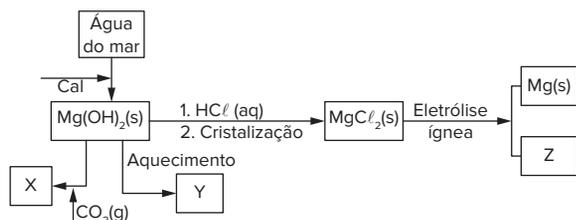
- 89. Fuvest-SP** Para pratear eletroliticamente um objeto de cobre e controlar a massa de prata depositada no objeto, foi montada a aparelhagem esquematizada na figura.



onde I, II e III são, respectivamente,

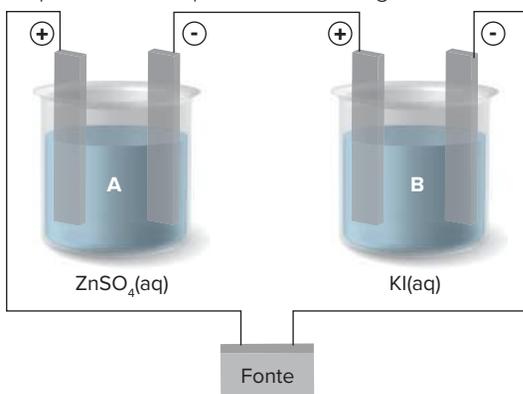
- o objeto de cobre, uma chapa de platina e um amperímetro.
- uma chapa de prata, o objeto de cobre e um volímetro.
- o objeto de cobre, uma chapa de prata e um volímetro.
- o objeto de cobre, uma chapa de prata e um amperímetro.
- uma chapa de prata, o objeto de cobre e um amperímetro.

90. Fuvest-SP Magnésio e seus compostos podem ser produzidos a partir da água do mar, como mostra o esquema a seguir.



- Identifique X, Y e Z, dando suas respectivas fórmulas.
- Escreva a equação que representa a formação do composto X a partir do $Mg(OH)_2(s)$. Esta equação é de uma reação de oxirredução? Justifique.

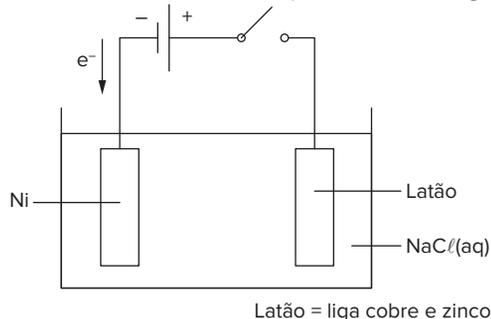
91. PUC-SP A eletrólise em série de uma solução aquosa de sulfato de zinco e de uma solução aquosa de iodeto de potássio é esquematizada a seguir.



A respeito deste sistema, foram feitas as seguintes afirmações.

- Nos ânodos (polos +), formam-se zinco metálico e gás hidrogênio.
 - O volume de gás oxigênio (O_2) formado no frasco A é a metade do volume de gás hidrogênio (H_2) formado no frasco B.
 - A massa de zinco formada no frasco A é igual à massa de iodo formada no frasco B.
 - A solução resultante no frasco B apresenta $pH > 7$.
Estão corretas as afirmações
- I e III.
 - II e IV.
 - I, II e IV.
 - I, II e III.
 - III e IV.

92. Fuvest-SP Com a finalidade de niquelar uma peça de latão, foi montado um circuito, utilizando-se fonte de corrente contínua, como representado na figura.



No entanto, devido a erros experimentais, ao fechar o circuito, não ocorreu a niquelação da peça. Para que essa ocorresse, foram sugeridas as alterações:

- Inverter a polaridade da fonte de corrente contínua.
- Substituir a solução aquosa de $NaCl$ por solução aquosa de $NiSO_4$.
- Substituir a fonte de corrente contínua por uma fonte de corrente alternada de alta frequência.

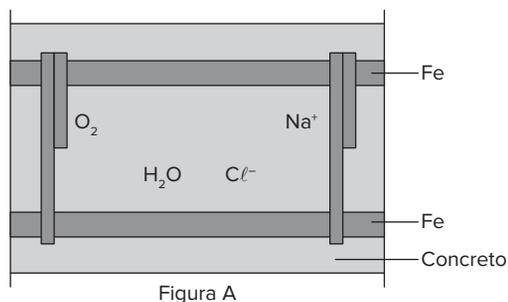
O êxito do experimento requereria apenas

- a alteração I.
- a alteração II.
- a alteração III.
- as alterações I e II.
- as alterações II e III.

93. ITA-SP A corrosão da ferragem de estruturas de concreto ocorre devido à penetração de água através da estrutura, que dissolve cloretos e/ou sais provenientes da atmosfera ou da própria decomposição do concreto. Essa solução eletrolítica em contato com a ferragem forma uma célula de corrosão.

A Figura A ilustra esquematicamente a célula de corrosão formada.

- Identifique os componentes da célula de corrosão que funcionam como ânodo e cátodo durante o processo de corrosão e
- escreva as meia-reações balanceadas para as reações anódicas e catódicas.



A Figura B ilustra um dos métodos utilizados para a proteção da ferragem metálica contra corrosão.

- identifique os componentes da célula eletrolítica que funcionam como ânodo e cátodo durante o processo de proteção contra corrosão e

- II. escreva as meia-reações balanceadas para as reações anódicas e catódicas.

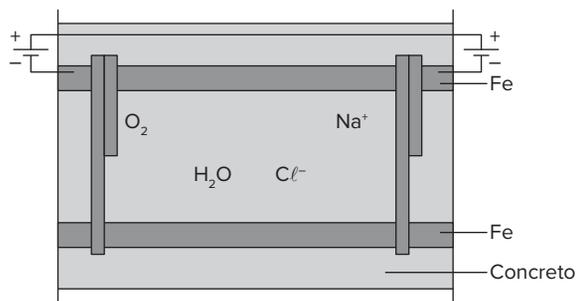


Figura B

Sugira um método alternativo para proteção da ferragem de estruturas de concreto contra corrosão.

94. **UFPE 2012** Uma célula para produção de cobre eletrolítico consiste de um ânodo de cobre impuro e um cátodo de cobre puro (massa atômica de $63,5 \text{ g mol}^{-1}$), em um eletrólito de sulfato de cobre(II). Qual a corrente, em Ampère, que deve ser aplicada para se obter $63,5 \text{ g}$ de cobre puro em $26,8$ horas?

▶ Dado: $F = 96\,500 \text{ C mol}^{-1}$.

95. **Acafe-SC 2016** Sob condições apropriadas em uma cuba eletrolítica ocorreu a eletrólise de uma solução aquosa de sulfato de cobre II. Nesse processo ocorreu a formação de $6,35 \text{ g}$ de cobre e o desprendimento de um gás.

▶ Dados: $\text{O} = 16 \text{ g/mol}$; $\text{Cu} = 63,5 \text{ g/mol}$.
 semi reação catódica: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$
 semi reação anódica:
 $2 \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{e}^{-} + 4 \text{H}^{+}(\text{aq})$

O volume do gás produzido quando medido na CNTP é:

- a) $2,24 \text{ L}$
 b) $1,12 \text{ L}$
 c) $6,35 \text{ L}$
 d) $3,2 \text{ L}$
96. **Uece 2019** Uma pilha de alumínio e prata foi montada e, após algum tempo, constatou-se que o eletrodo de alumínio perdeu 135 mg desse metal. O número de elétrons transferidos de um eletrodo para outro durante esse tempo foi de
- a) $6,02 \cdot 10^{23}$
 b) $6,02 \cdot 10^{21}$
 c) $9,03 \cdot 10^{21}$
 d) $9,03 \cdot 10^{23}$

97. **Uern 2015** Para cromar uma chave, foi necessário montar uma célula eletrolítica contendo uma solução aquosa de íon de cromo (Cr^{2+}) e passar pela célula uma corrente elétrica de $15,2 \text{ A}$. Para que seja depositada na chave uma camada de cromo de massa igual

a $0,52 \text{ grama}$, o tempo, em minutos, gasto foi de, aproximadamente:

(Considere a massa atômica do $\text{Cr} = 52 \text{ g/mol}$)

- a) 1.
 b) 2.
 c) 63.
 d) 127.

98. **IME-RJ 2017** Uma empresa de galvanoplastia produz peças especiais recobertas com zinco. Sabendo que cada peça recebe 7 g de Zn , que é utilizada uma corrente elétrica de $0,7 \text{ A}$ e que a massa molar do zinco é igual a 65 g/mol qual o tempo necessário para o recobrimento dessa peça especial?

(Constante de Faraday: $1 F = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$)

- a) $4 \text{ h e } 45 \text{ min.}$
 b) $6 \text{ h e } 30 \text{ min.}$
 c) $8 \text{ h e } 15 \text{ min.}$
 d) $10 \text{ h e } 30 \text{ min.}$
 e) $12 \text{ h e } 45 \text{ min.}$

99. **Uepa 2015** Um artesão de joias utiliza resíduos de peças de ouro para fazer novos modelos. O procedimento empregado pelo artesão e um processo eletrolítico para recuperação desse tipo de metal.

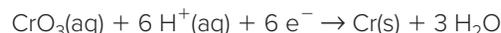
Supondo que este artesão, trabalhando com resíduos de peças de ouro, solubilizados em solventes adequados, formando uma solução contendo íons Au^{3+} , utilizou uma cuba eletrolítica na qual aplicou uma corrente elétrica de 10 A por $482,5$ minutos, obtendo como resultado ouro purificado.

▶ Dados: $\text{Au} = 197 \text{ g/mol}$; constante de Faraday = $= 96\,500 \text{ C/mol}$.

O resultado obtido foi:

- a) $0,197 \text{ gramas de Au}$
 b) $1,97 \text{ gramas de Au}$
 c) $3,28 \text{ gramas de Au}$
 d) 197 gramas de Au
 e) 591 gramas de Au

100. **Acafe-SC 2016** O cromo é usado na galvanoplastia revestindo estruturas metálicas pelo processo de eletrodeposição. 867 mg de cromo metálico foi depositado sobre um metal em solução ácida que contém óxido de cromo VI sob corrente de 5 A .

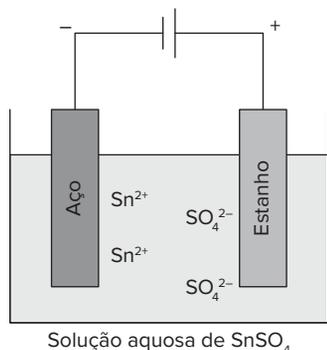


Assinale a alternativa que contém o tempo necessário para a realização desse processo.

▶ Dados: $1 F = 96\,500 \text{ C}$; $\text{Cr}: 52 \text{ g/mol}$; $\text{O}: 16 \text{ g/mol}$.

- a) $16 \text{ minutos e } 44 \text{ segundos.}$
 b) $19 \text{ minutos e } 30 \text{ segundos.}$
 c) $5 \text{ minutos e } 22 \text{ segundos.}$
 d) $32 \text{ minutos e } 10 \text{ segundos.}$

- 101. Unicamp-SP 2018** A galvanoplastia consiste em revestir um metal por outro a fim de protegê-lo contra a corrosão ou melhorar sua aparência. O estanho, por exemplo, é utilizado como revestimento do aço empregado em embalagens de alimentos. Na galvanoplastia, a espessura da camada pode ser controlada com a corrente elétrica e o tempo empregados. A figura a seguir é uma representação esquemática desse processo.



Considerando a aplicação de uma corrente constante com intensidade igual a $9,65 \cdot 10^{-3}$ A, a massa depositada de estanho após 1 min 40 s será de aproximadamente

► **Dados:** 1 mol de elétrons corresponde a uma carga de 96 500 C; Sn: $119 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- a) 0,6 mg e ocorre, no processo, a transformação de energia química em energia elétrica.
 b) 0,6 mg e ocorre, no processo, a transformação de energia elétrica em energia química.
 c) 1,2 mg e ocorre, no processo, a transformação de energia elétrica em energia química.
 d) 1,2 mg e ocorre, no processo, a transformação de energia química em energia elétrica.
- 102. Ufes 2015** Atualmente, os aparelhos celulares mais sofisticados, também conhecidos como *smartphones*, possuem uma autonomia de funcionamento que permite alcançar até 25 horas de uso intenso e ininterrupto. Grande parte dessa autonomia se deve ao emprego de baterias recarregáveis de íons de lítio, que armazenam três vezes mais que uma bateria de níquel cádmio, além de não apresentarem “efeito de memória”. Para ajudar você a entender melhor o funcionamento de uma bateria de íons de lítio, são apresentadas as semirreações abaixo, que podem descrever o processo de carga desse tipo de bateria:
- I. $\text{LiCoO}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2(\text{s}) + x \text{Li}^+(\text{solução}) + x \text{e}^-$
 II. $\text{C}(\text{s}) + x \text{Li}^+(\text{solução}) + x \text{e}^- \rightarrow \text{Li}_x\text{C}(\text{s})$
- a) Determine o número de oxidação (Nox) do cobalto no composto LiCoO_2 .
 b) Escreva a equação global para o processo de descarga de uma bateria de íons de lítio, com base nas semirreações I e II apresentadas acima.

- c) Sabendo que o eletrodo de LiCoO_2 é o ânodo e que o eletrodo de carbono é o cátodo, identifique qual desses dois eletrodos é o agente redutor durante o processo de carga das baterias de íons de lítio.
 d) Determine qual o tempo de funcionamento, em horas, de um *smartphone* que utiliza uma bateria de íons de lítio com carga estimada em $2940 \text{ mA} \cdot \text{h}$ e que consome uma corrente média de 0,15 ampere para executar suas funcionalidades.

- 103. Uece 2020** Empregado em processos de cromação, o trióxido de crômio, que é altamente tóxico, corrosivo e carcinogênico, é eventualmente utilizado para a produção de crômio, de acordo com a seguinte reação: $\text{CrO}_3(\text{aq}) + 6 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}$. Considerando a reação acima, é correto dizer que a massa, em g, de crômio depositada por 24 125 C é, aproximadamente,

- a) 3,14.
 b) 4,32.
 c) 1,8.
 d) 2,17.

- 104. ITA-SP 2017** Deseja-se depositar uma camada de 0,85 g de níquel metálico no cátodo de uma célula eletrolítica, mediante a passagem de uma corrente elétrica de 5 A através de uma solução aquosa de nitrato de níquel. Assinale a opção que apresenta o tempo necessário para esta deposição, em minutos.

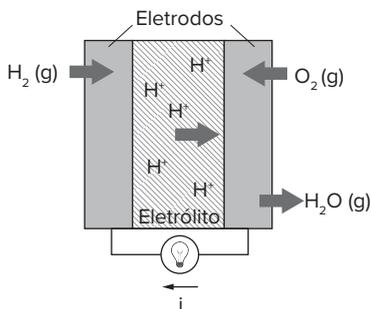
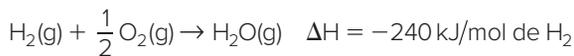
- a) 4,3
 b) 4,7
 c) 5,9
 d) 9,3
 e) 17,0

- 105. EsPCEx-SP 2017** No ano de 2014, os alunos da EsPCEx realizaram um experimento de eletrólise durante uma aula prática no Laboratório de Química. Nesse experimento, foi montado um banho eletrolítico, cujo objetivo era o depósito de cobre metálico sobre um clipe de papel, usando no banho eletrolítico uma solução aquosa $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de sulfato de cobre II. Nesse sistema de eletrólise, por meio de uma fonte externa, foi aplicada uma corrente constante de 100 mA, durante 5 minutos. Após esse tempo, a massa aproximada de cobre depositada sobre a superfície do clipe foi de:

► **Dados:** massa molar Cu = 64 g/mol; 1 Faraday = 96 500 C

- a) 2,401 g.
 b) 1,245 g.
 c) 0,987 g.
 d) 0,095 g.
 e) 0,010 g.

- 106. Fuvest-SP 2017** Células a combustível são opções viáveis para gerar energia elétrica para motores e outros dispositivos. O esquema representa uma dessas células e as transformações que nela ocorrem.



A corrente elétrica (i), em ampère (coulomb por segundo), gerada por uma célula a combustível que opera por 10 minutos e libera 4,80 kJ de energia durante esse período de tempo, é

Note e adote:

Carga de um mol de elétrons = 96 500 coulomb.

- a) 3,32 c) 12,9 e) 772
b) 6,43 d) 386

- 107. EsPCEX-SP** Em uma eletrólise ígnea do cloreto de sódio, uma corrente elétrica, de intensidade igual a 5 ampères, atravessa uma cuba eletrolítica, com o auxílio de dois eletrodos inertes, durante 1930 segundos.

O volume do gás cloro, em litros, medido nas CNTP, e a massa de sódio, em gramas, obtidos nessa eletrólise, são, respectivamente:

► **Dados:**

Massa molar ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	Cl	Na
	35,5	23

Volume molar nas CNTP = $22,71 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 Faraday(F) = 96 500 Coulombs(C)

- a) 2,4155 L e 3,5 g d) 3,5614 L e 3,5 g
b) 1,1355 L e 2,3 g e) 4,5558 L e 4,8 g
c) 2,3455 L e 4,5 g

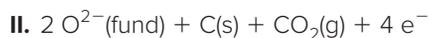
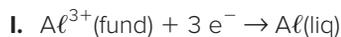
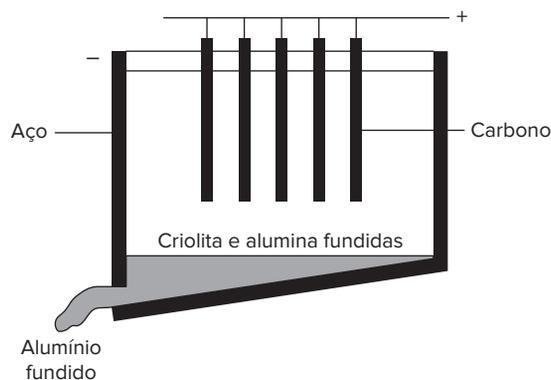
- 108. Unesp** Após o Neolítico, a história da humanidade caracterizou-se pelo uso de determinados metais e suas ligas. Assim, à idade do cobre (e do bronze) sucedeu-se a idade do ferro (e do aço), sendo que mais recentemente iniciou-se o uso intensivo do alumínio. Esta sequência histórica se deve aos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

- a) Usando os símbolos químicos, escreva a sequência destes metais, partindo do menos nobre para o mais nobre, justificando-a com base nas informações apresentadas.

- b) Para a produção do alumínio (grupo 13 da classificação periódica), utiliza-se o processo de redução eletrolítica ($\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$). Qual a massa de alumínio produzida após 300 segundos usando-se uma corrente de $9,65 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}$?

► **Dados:** massa molar do Al = $27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e a constante de Faraday, $F = 96 500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

- 109. UFPR** O elemento químico alumínio é o terceiro mais abundante na Terra, depois do oxigênio e do silício. A fonte comercial do alumínio é a bauxita, um minério que, por desidratação, produz a alumina, Al_2O_3 . O alumínio metálico pode então ser obtido pela passagem de corrente elétrica através da alumina fundida, processo que, devido ao seu elevado ponto de fusão ($2050 \text{ }^\circ\text{C}$), requer um considerável consumo de energia. Acrescente-se ainda o alto custo envolvido na extração do alumínio de seu óxido e tem-se um processo energeticamente muito dispendioso. Somente a partir de 1886, quando Charles Hall descobriu que a mistura de alumina com criolita (Na_3AlF_6) fundia a $950 \text{ }^\circ\text{C}$, o que tornava o processo de obtenção de alumínio menos dispendioso, foi possível a utilização desse elemento em maior escala. A figura adiante representa o dispositivo empregado para a extração do alumínio pela passagem de corrente elétrica. As semirreações que ocorrem são:



Massa molar: Al = 27,0 g

Com base nas informações acima, é correto afirmar:

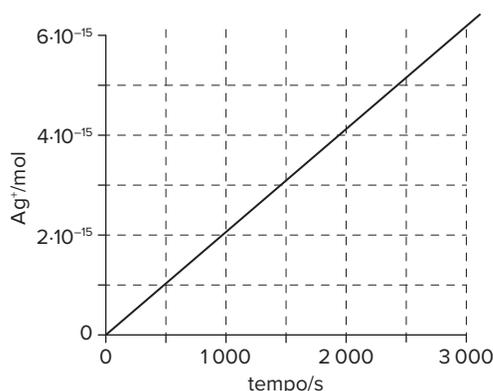
- 01** A fusão dos minérios é necessária para permitir o deslocamento dos íons para os respectivos eletrodos.
02 A reação II indica que o cátodo é consumido durante o processo.
04 A redução do alumínio ocorre no eletrodo de aço.
08 O processo de obtenção do alumínio metálico é uma eletrólise.
16 A soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros na reação total de obtenção do alumínio é 20.
32 A produção de uma lata de refrigerante (13,5 g de alumínio) absorve 0,500 mol de elétrons.

Soma:

110. Unicamp-SP A Revista nº 126 veiculou uma notícia sobre uma máquina de lavar que deixa as roupas limpas sem a necessidade de usar produtos alvejantes e elimina praticamente todas as bactérias dos tecidos. O segredo do equipamento é a injeção de íons prata durante a operação de lavagem. A corrente elétrica passa por duas chapas de prata, do tamanho de uma goma de mascar, gerando íons prata, que são lançados na água durante os ciclos de limpeza.

- a) No seu *site*, o fabricante informa que a máquina de lavar fornece 100 quadrilhões (100×10^{15}) de íons prata a cada lavagem. Considerando que a máquina seja utilizada 3 vezes por semana, quantos gramas de prata são lançados no ambiente em um ano (52 semanas)?
- b) Considere que a liberação de íons Ag^+ em função do tempo se dá de acordo com o gráfico a seguir. Calcule a corrente em amperes (C/s) em que a máquina está operando na liberação dos íons. Mostre seu raciocínio.

► **Dados:** $F = 96\,500 \text{ C mol}^{-1}$,
Constante de Avogadro = $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.



Texto para a questão **111**.

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

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

- a) Supondo que o processo de eletrólise tenha sido conduzido em uma solução aquosa de ouro(III) contendo excesso de íons cloreto em meio ácido, equacione a reação total do processo eletroquímico.

Considere que no ânodo forma-se o gás cloro.

- b) Supondo que tenha sido utilizada uma corrente elétrica constante de 2,5 amperes no processo eletrolítico, quanto tempo (em minutos) foi gasto para se fazer a deposição do ouro em uma medalha? Mostre os cálculos.

► **Dados:** 1 ampere = 1 coulomb s^{-1} ;
constante de Faraday = $96\,500 \text{ coulomb mol}^{-1}$.

112. Fuvest-SP 2016 Em uma oficina de galvanoplastia, uma peça de aço foi colocada em um recipiente contendo solução de sulfato de cromo(III) $[\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3]$, a fim de receber um revestimento de cromo metálico. A peça de aço foi conectada, por meio de um fio condutor, a uma barra feita de um metal X, que estava mergulhada em uma solução de um sal do metal X. As soluções salinas dos dois recipientes foram conectadas por meio de uma ponte salina. Após algum tempo, observou-se que uma camada de cromo metálico se depositou sobre a peça de aço e que a barra de metal X foi parcialmente corroída.

A tabela a seguir fornece as massas dos componentes metálicos envolvidos no procedimento:

	Massa inicial (g)	Massa final (g)
Peça de aço	100,00	102,08
Barra de metal X	100,00	96,70

- a) Escreva a equação química que representa a semirreação de redução que ocorreu neste procedimento.
- b) O responsável pela oficina não sabia qual era o metal X, mas sabia que podia ser magnésio (Mg), zinco (Zn) ou manganês (Mn), que formam íons divalentes em solução nas condições do experimento. Determine, mostrando os cálculos necessários, qual desses três metais é X.

► **Dados:** massas molares (g/mol)
Mg.....24 Cr.....52 Mn.....55 Zn....65



Texto para a questão **113**.

O valor da Constante de Avogadro é determinado experimentalmente, sendo que os melhores valores resultam da medição de difração de raios X de distâncias reticulares em metais e em sais. O valor obtido mais recentemente e recomendado é $6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Um modo alternativo de se determinar a Constante de Avogadro é utilizar experimentos de eletrólise. Essa determinação se baseia no princípio enunciado por Michael Faraday (1791-1867), segundo o qual a quantidade de produto formado (ou reagente consumido) pela eletrólise é diretamente proporcional à carga que flui pela célula eletrolítica.

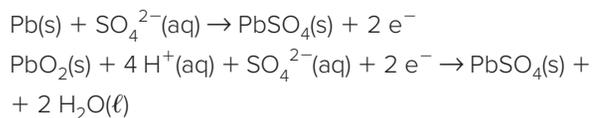
Observe o esquema que representa uma célula eletrolítica composta de dois eletrodos de zinco metálico

116. UPE Uma solução diluída de ácido sulfúrico foi eletrólizada com eletrodos inertes durante um período de 193 s. O gás produzido no cátodo foi devidamente recolhido sobre a água à pressão total de 785 mmHg e à temperatura de 27 °C. O volume obtido do gás foi de 246 mL. A corrente utilizada na eletrólise é igual a

► **Dados:** $1 F = 96500 C$, $R = 0,082 L \cdot atm / mol \cdot K$. Pressão de vapor da água a 27 °C é 25 mmHg.

- a) 16 A c) 10 A e) 25 A
b) 12 A d) 18 A

117. Uerj As baterias utilizadas em automóveis são formadas, em geral, por placas de chumbo imersas em solução aquosa de ácido sulfúrico. Durante seu processo de descarga, ocorrem as seguintes reações de oxirredução:



Com o objetivo de determinar a carga fornecida por uma dessas baterias, foram realizadas algumas medidas, cujos resultados estão apresentados na tabela a seguir.

Estado da bateria	Solução de H ₂ SO ₄		
	Concentração (% m/m)	Densidade (g · cm ⁻³)	Volume (L)
carregada	40	1,3	2,0
descarregada	27	1,2	2,0

Determine a carga, em Coulombs, fornecida pela bateria durante o processo de descarga.

Texto complementar

Equação de Nernst

Walther Hermann Nernst foi um físico e químico alemão, que viveu entre 1864 e 1941. Ficou famoso pela equação que leva o seu nome e pelos seus trabalhos em Termodinâmica, que culminaram na formulação da 3ª lei da Termodinâmica, trabalho pelo qual recebeu o prêmio Nobel de Química em 1920.

A equação de Nernst é uma análise quantitativa complexa do cálculo da f.e.m. de uma pilha fora das condições-padrão. Sua dedução foge aos objetivos deste texto, por sua complexidade físico-química e também matemática.

Entretanto, alguns exames vestibulares já têm cobrado questões sobre pilhas fora dos padrões termodinâmicos, seja de maneira qualitativa ou quantitativa.

A equação de Nernst, para a temperatura de 298 K, é:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q$$

em que:

- E é o potencial de redução fora das condições-padrão;
- E° é o potencial de redução nas condições-padrão;
- n é o número de elétrons da meia-reação; e
- Q é o quociente de atividades químicas da meia-reação, sendo a atividade de um componente em solução a sua concentração em quantidade de matéria e a atividade de um componente gasoso a sua pressão parcial.

Para a meia-reação $Zn^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow Zn^0(s)$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Zn^{2+}(aq)]}$$

Quando $[Zn^{2+}(aq)] = 1 \text{ mol/L}$, o eletrodo está nas condições-padrão e, portanto, $E = E^\circ$.

Quando $[Zn^{2+}(aq)] > 1 \text{ mol/L}$, $E > E^\circ$. Note como esse resultado já era esperado qualitativamente, já que um aumento na concentração do reagente favorece a formação de produtos. Nesse caso, favorecer a formação de produtos significa favorecer a sua redução e, portanto, o potencial de redução do eletrodo.

Quando $[Zn^{2+}(aq)] < 1 \text{ mol/L}$, $E < E^\circ$. Note como esse resultado também já era esperado qualitativamente, já que uma diminuição na concentração do reagente dificulta a formação de produtos. Nesse caso, dificultar a formação de produtos significa dificultar a sua redução e, portanto, diminuir o potencial de redução do eletrodo.

Por exemplo, se $[Zn^{2+}(aq)] = 0,01 \text{ mol/L}$, então:

$$E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Zn^{2+}(aq)]}$$

$$E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{10^{-2}}$$

$$E = -0,819 \text{ V}$$

Para a meia-reação $Cu^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow Cu^0(s)$ o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore$$

$$\therefore E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Cu^{2+}(aq)]}$$

Se $[Cu^{2+}(aq)] = 4 \text{ mol/L}$, então:

$$E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Cu^{2+}(aq)]} \therefore$$

$$\therefore E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{4}$$

$$E = +0,358 \text{ V}$$

Assim como o esperado, $E > E^\circ$.

Para a meia-reação $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = 0 - \frac{0,059}{2} \log \frac{P_{\text{H}_2(\text{g})}}{[\text{H}^+(\text{aq})]^2}$$

$$E = -\frac{0,059}{2} \log \frac{P_{\text{H}_2(\text{g})}}{[\text{H}^+(\text{aq})]^2}$$

Para um eletrodo de hidrogênio com $P_{\text{H}_2}(\text{g}) = 0,01 \text{ atm}$ e $\text{pH} = 3$, temos:

$$E = -\frac{0,059}{2} \log \frac{P_{\text{H}_2(\text{g})}}{[\text{H}^+(\text{aq})]^2} \therefore E = -\frac{0,059}{2} \log \frac{10^{-2}}{[10^{-3}]^2}$$

$$E = -0,118 \text{ V}$$

Até aqui, a preocupação foi com o cálculo do potencial de um eletrodo fora das condições-padrão. O próximo passo é calcular a f.e.m. de uma pilha fora das condições-padrão.

Para a pilha



como se calcula ΔE ?

Primeiramente, deve-se calcular o potencial de redução de cada um dos dois eletrodos.

Para a meia-reação $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}^0(\text{s})$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{4}$$

$$E = -0,742 \text{ V}$$

Para a meia-reação $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s})$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{10^{-3}}$$

$$E = +0,252 \text{ V}$$

Como o potencial de redução do eletrodo de cobre é maior do que o potencial de redução do eletrodo de zinco, o eletrodo de zinco sofre oxidação e o de cobre, redução. Assim:

$$\Delta E = E_{\text{red, reduz}} - E_{\text{red, oxida}}$$

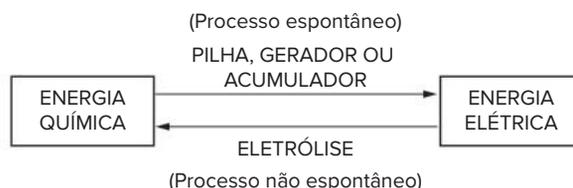
$$\Delta E = (+0,252) - (-0,742)$$

$$\Delta E = +0,994 \text{ V}$$

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

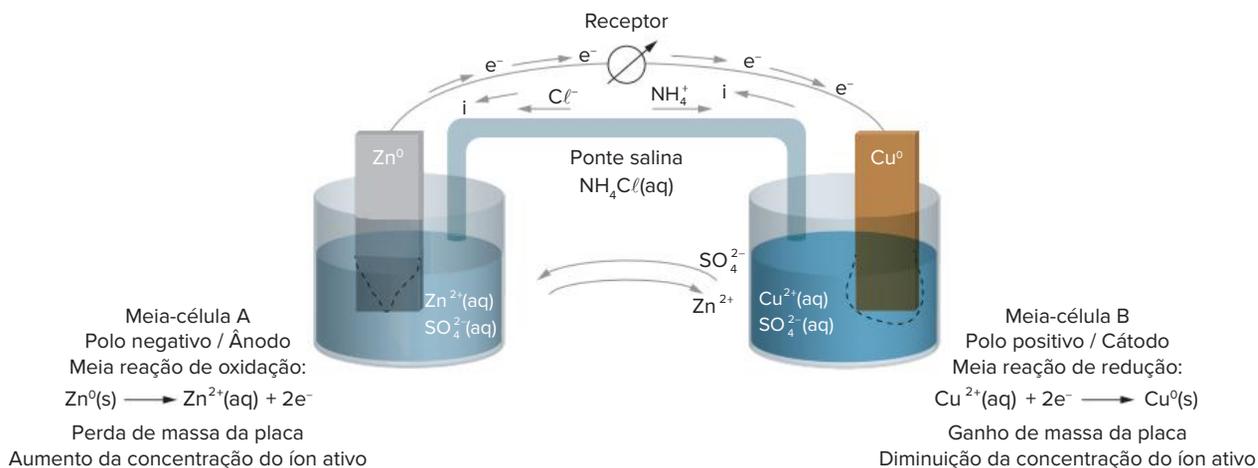
A Eletroquímica estuda as transformações de energia química em energia elétrica e vice-versa.



Pilha de Daniell

- O local eletroquímico da oxidação, seja em pilhas, seja em eletrólises, é chamado de ânodo ou anodo.
- O local eletroquímico da redução, seja em pilhas, seja em eletrólises, é chamado de cátodo ou catodo.
- Nas pilhas, o anodo é o polo negativo, enquanto o catodo é o polo positivo.

Esquema de funcionamento da pilha de Daniell:

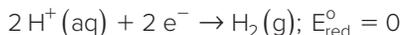


A maneira de se representar uma pilha de forma completa é padronizada e universal. Veja a representação da pilha de Daniell entre zinco e cobre:



Eletrodo padrão de hidrogênio (EPH)

Ao eletrodo-padrão de hidrogênio atribui-se o potencial nulo:



Para se medir o potencial de outros eletrodos nas condições-padrão, basta fazer uma pilha entre o eletrodo cujo potencial pretende-se determinar e o EPH.

Força eletromotriz e ddp

Para calcular a força eletromotriz nas condições-padrão (ΔE°) de uma pilha deve-se tomar o potencial de redução do eletrodo que reduz e subtrair o potencial de redução do eletrodo que oxida:

$$\Delta E^\circ = \Delta E_{\text{red, reduz}}^\circ - \Delta E_{\text{red, oxida}}^\circ$$

A diferença de potencial (ddp) de uma pilha é calculada da seguinte maneira:

$$U_{\text{ddp}} = \frac{\Delta E^\circ}{\text{f.e.m.}} - \frac{R}{\text{resistência interna}} \cdot \underset{\text{corrente}}{i}$$

Tipos de pilha

- Os exemplos mais comuns presentes no dia a dia são as pilhas secas (pilhas de Leclanché) e as baterias de carro (baterias de chumbo).
- As células combustíveis despontam como uma tecnologia muito promissora e que vem sendo bastante discutida nos dias atuais.

Proteções anticorrosão

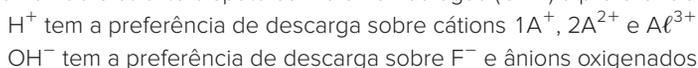
- Metal de sacrifício: oxidação do metal protetor no lugar do metal a ser protegido.
- Galvanização: recobrimento total do metal a ser protegido por outro metal que isole o primeiro do contato com o ar atmosférico úmido, seja por formação de óxido protetor ou por metal de potencial de redução bastante elevado (como o ouro, por exemplo).

Eletrólises

Eletrólise é o procedimento experimental pelo qual se transforma energia elétrica em energia química. Nas eletrólises, ocorre inversão de polaridade: o ânodo é o polo positivo, enquanto o cátodo é o polo negativo.

- **Eletrólise ígnea:** o eletrólito não é uma solução aquosa.
- **Eletrólise em solução aquosa:** o eletrólito é um composto iônico ou um ácido em solução aquosa.

Nas eletrólises em solução aquosa, o cátion do eletrólito disputa com o cátion da água (H^+) a preferência pela descarga no polo negativo; da mesma forma, o ânion do eletrólito disputa com o ânion da água (OH^-) a preferência de descarga no polo positivo:



Eletroquímica quantitativa

$$Q_{1 \text{ mol de elétrons}} = (6,02 \cdot 10^{23}) \cdot \left(\underbrace{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}_{\text{carga elementar}} \right) \cong 96500 \text{ C}$$

1 faraday (1 F) é a carga de 1 mol de elétrons e vale aproximadamente 96 500 C.

A massa do metal Me eletrodepositada ou corroída em um eletrodo pelo qual passa uma carga Q é dada por:

$$m_{\text{Me}} = \frac{1}{F} \cdot \frac{M_{\text{Me}}}{v} \cdot i \cdot t$$

em que: i é a corrente que circula pelo dispositivo

t é o tempo de funcionamento da bateria.

Quando se tem cubas eletrolíticas em série, a carga que atravessa todas elas é a mesma. Portanto:

$$Q_I = Q_{II} = \dots = Q_N$$

Quer saber mais?



Sites

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>

O artigo traz informações sobre os mais importantes tipos de pilhas e baterias.

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf>

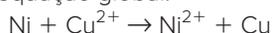
O artigo mostra o funcionamento e principais características das células combustíveis.

<https://revistapesquisa.fapesp.br/onibus-ambiental-2/>

O site apresenta o projeto brasileiro de construção de ônibus movido a hidrogênio.

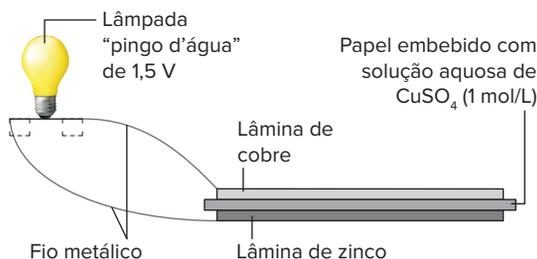
Exercícios complementares

1. **PUC-Minas** Considere a célula eletroquímica, representada pela equação global:



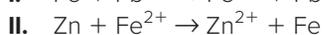
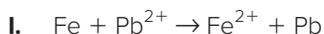
É CORRETO afirmar que:

- há desgaste do eletrodo de cobre.
 - o cobre sofre oxidação.
 - o níquel funciona como ânodo.
 - a solução de níquel irá diluir-se.
 - os elétrons fluem, pelo circuito externo, do cobre para o níquel.
2. **Fatec-SP** No sistema ilustrado na figura a seguir, ocorre a interação de zinco metálico com solução de sulfato de cobre, havendo passagem de elétrons do zinco para os íons Cu^{2+} por meio de fio metálico.



Assim, enquanto a pilha está funcionando, a

- lâmina de zinco vai se tornando mais espessa.
 - lâmina de cobre vai se desgastando.
 - reação catódica (polo positivo) é representada por $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$.
 - reação anódica (polo negativo) é representada por $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn(s)}$.
 - reação da pilha é representada por $\text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$.
3. **Fuvest-SP** I e II são equações de reações que ocorrem em água, espontaneamente, no sentido indicado, em condições padrão.



Analisando tais reações, isoladamente ou em conjunto, pode-se afirmar que, em condições padrão,

- elétrons são transferidos do Pb^{2+} para o Fe.
- reação espontânea deve ocorrer entre Pb e Zn^{2+} .

- Zn^{2+} deve ser melhor oxidante do que Fe^{2+} .
- Zn deve reduzir espontaneamente Pb^{2+} a Pb.
- Zn^{2+} deve ser melhor oxidante do que Pb^{2+} .



Texto para a questão 4.

A questão a seguir refere-se a uma visita de Gabi e Tomás ao supermercado, com o objetivo de cumprir uma tarefa escolar. Convidamos você a esclarecer as dúvidas de Gabi e Tomás sobre a Química no supermercado.

Tomás portava um gravador, e Gabi, uma planilha com as principais equações químicas e algumas fórmulas estruturais.

4. **UFSM-RS** Na seção de “materiais elétricos e construção”, Tomás lembrou à Gabi que as pilhas de seu gravador estavam fracas. Gabi afirmou que, na descarga das pilhas, ocorre a reação global $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{MnO(OH)} + 2\text{NH}_3$. Você pode ajudá-los; portanto, assinale a alternativa correta em relação às espécies que constituem os polos dessa pilha.

	Cátodo	Ânodo
a)	Zn	MnO_2
b)	NH_3	MnO(OH)
c)	Zn^{2+}	MnO(OH)
d)	MnO_2	Zn
e)	MnO_2	NH_4^+

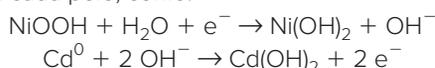
5. **Fuvest-SP** O cientista e escritor Oliver Sacks, em seu livro *Tio Tungstênio*, nos conta a seguinte passagem de sua infância: “Ler sobre [Humphry] Davy e seus experimentos estimulou-me a fazer diversos outros experimentos eletroquímicos... Devolvi o brilho às colheres de prata de minha mãe colocando-as em um prato de alumínio com uma solução morna de bicarbonato de sódio [NaHCO_3]. Pode-se compreender o experimento descrito, sabendo-se que

- objetos de prata, quando expostos ao ar, enegrecem devido à formação de Ag_2O e Ag_2S (compostos iônicos).
- as espécies químicas Na^+ , Al^{3+} e Ag^+ têm, nessa ordem, tendência crescente para receber elétrons.

Assim sendo, a reação de oxirredução, responsável pela devolução do brilho às colheres, pode ser representada por:

- $3 \text{Ag}^+ + \text{Al}^0 \rightarrow 3 \text{Ag}^0 + \text{Al}^{3+}$
- $\text{Al}^{3+} + 3 \text{Ag}^0 \rightarrow \text{Al}^0 + 3 \text{Ag}^+$
- $\text{Ag}^0 + \text{Na}^+ \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{Na}^0$
- $\text{Al}^0 + 3 \text{Na}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{Na}^0$
- $3 \text{Na}^0 + \text{Al}^{3+} \rightarrow 3 \text{Na}^+ + \text{Al}^0$

6. **UFPR** O uso de muitos equipamentos eletrônicos depende de pilhas recarregáveis. Uma pilha de níquel-cádmio é constituída por um polo contendo NiOOH, um polo contendo cádmio e um separador contendo um eletrólito básico. Quando tal pilha é usada nos equipamentos, sofre uma descarga em que ocorrem reações eletroquímicas que podem ser representadas para cada polo, como:



Sobre esse tipo de pilha, assinale a alternativa correta.

- Na pilha completamente carregada, o átomo de níquel está no estado de oxidação 2+, que passa para zero durante o processo de descarga.
- Na reação de descarga da pilha, para cada mol de cádmio consumido, dois mols de NiOOH serão reduzidos a Ni(OH)₂.
- O polo negativo da pilha contém os compostos de níquel, e o positivo, cádmio.
- Quando se recarrega a pilha, formam-se Ni(OH)₂ e Cd(OH)₂ como produtos da reação eletroquímica.
- Na reação da descarga da pilha, o agente redutor é o NiOOH, e o oxidante, Cd.



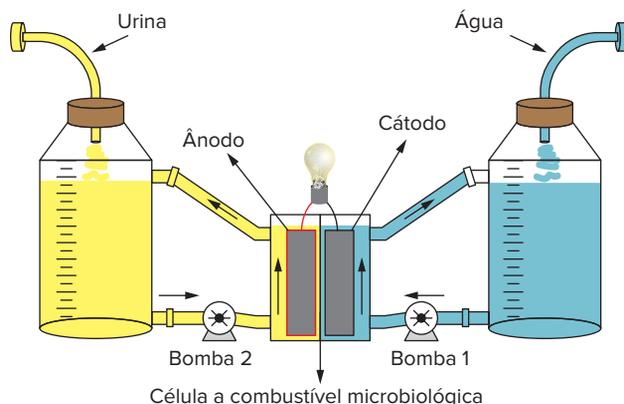
Texto para a questão 7.

Atualmente, há um número cada vez maior de equipamentos elétricos portáteis e isto tem levado a grandes esforços no desenvolvimento de baterias com maior capacidade de carga, menor volume, menor peso, maior quantidade de ciclos e menor tempo de recarga, entre outras qualidades.

7. **Unicamp-SP 2012** Desenvolveu-se, recentemente, uma bateria com uma grande capacidade de carga e número de ciclos, além de rapidez de recarga. Simplificadamente, no funcionamento dessa bateria ocorre uma deposição de lítio metálico num eletrodo de estanho e carbono (Sn/C), enquanto num eletrodo de carbono e sulfeto de lítio (Li₂S/C) liberam-se o íon lítio e o enxofre elementar. Considerando essas informações, pode-se afirmar que no funcionamento da bateria ocorre
- uma reação de redução no eletrodo de Sn/C e uma reação de oxidação no eletrodo Li₂S/C, e essas reações não se invertem no seu processo de recarga.
 - uma reação de oxidação no eletrodo de Sn/C e uma reação de redução no eletrodo Li₂S/C, e essas reações se invertem no seu processo de recarga.

- uma reação de oxidação no eletrodo de Sn/C e uma reação de redução no eletrodo Li₂S/C, e essas reações não se invertem no seu processo de recarga.
- uma reação de redução no eletrodo de Sn/C e uma reação de oxidação no eletrodo Li₂S/C, e essas reações se invertem no seu processo de recarga.

8. **FGV-SP 2015** Fontes alternativas de energia têm sido foco de interesse global como a solução viável para crescentes problemas do uso de combustíveis fósseis. Um exemplo é a célula a combustível microbiológica que emprega como combustível a urina. Em seu interior, compostos contidos na urina, como ureia e resíduos de proteínas, são transformados por micro-organismos que constituem um biofilme no ânodo de uma célula eletroquímica que produz corrente elétrica.

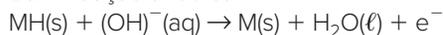


(<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2011/October/31101103.asp>. Adaptado)

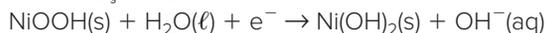
Sobre essa célula eletroquímica, é correto afirmar que, quando ela entra em operação com a geração de energia elétrica, o biofilme promove a

- oxidação, os elétrons transitam do ânodo para o cátodo, e o cátodo é o polo positivo da célula.
 - oxidação, os elétrons transitam do cátodo para o ânodo, e o cátodo é o polo positivo da célula.
 - oxidação, os elétrons transitam do ânodo para o cátodo, e o cátodo é o polo negativo da célula.
 - redução, os elétrons transitam do ânodo para o cátodo, e o cátodo é o polo positivo da célula.
 - redução, os elétrons transitam do cátodo para o ânodo, e o cátodo é o polo negativo da célula.
9. **UFSC 2012** Algumas baterias secundárias ainda comercializadas no país contêm metal altamente tóxico, como as baterias de níquel-cádmio. Avanços tecnológicos permitiram a obtenção de baterias de hidreto metálico, com maiores taxas de energia armazenada e menor risco ambiental, cujo material ativo do ânodo é o hidrogênio absorvido na forma de hidreto metálico, em vez de cádmio. Durante a descarga, o hidreto metálico reage regenerando o metal, que na realidade é uma liga metálica. O funcionamento das baterias de hidreto metálico compreende as seguintes etapas:

Semirreação anódica:



Semirreação catódica:



Com base nas informações acima, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

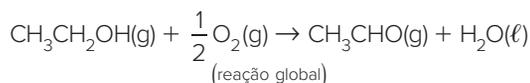
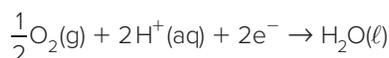
- 01** Nas baterias de hidreto metálico, o material ativo é o agente oxidante.
- 02** Durante o funcionamento das baterias de hidreto metálico, o número de oxidação do hidrogênio permanece constante, igual a +1.
- 04** Baterias secundárias são geradores de energia elétrica, do tipo não recarregável.
- 08** Após a utilização, baterias de níquel-cádmio devem retornar aos revendedores para destinação ambientalmente adequada.
- 16** Na semirreação catódica, ocorre diminuição do número de oxidação do níquel.
- 32** Nas baterias de hidreto metálico, o hidrogênio é o polo positivo.
- 64** Na recarga, a liga metálica absorve hidrogênio.

Soma:



Texto para a questão 10.

O etilômetro, também conhecido como bafômetro, é um aparelho utilizado pela polícia para identificar condutores automotivos suspeitos de estarem alcoolizados. O princípio de funcionamento de um dos vários tipos de etilômetro é o eletroquímico, em que o etanol (presente no “bafo” expirado) é oxidado em meio ácido catalisado por platina. Os elétrons liberados na reação de oxidação geram uma corrente elétrica que é proporcional a quantidade de álcool presente no “bafo”. Depois, esses elétrons reduzem o gás oxigênio em meio ácido produzindo água.



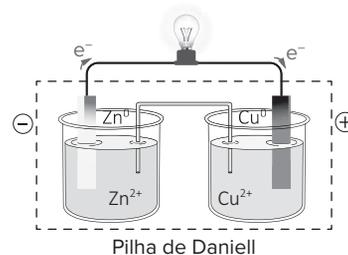
- 10. Acafe-SC 2012** Baseado no texto e nas reações acima, juntamente com os conceitos químicos, analise as afirmações a seguir.
- I.** No cátodo, o etanol é oxidado a etanal.
- II.** No ânodo, ocorre uma reação de redução.
- III.** O sentido da corrente elétrica (i) é do ânodo para o cátodo.
- IV.** Na reação global corresponde a uma reação de combustão incompleta do etanol.
- Assinale a alternativa correta.
- a)** Todas as afirmações estão corretas.
- b)** Apenas III e IV estão corretas.
- c)** Apenas I, II e III estão corretas.
- d)** Apenas a afirmação IV está correta.

- 11. Fuvest-SP 2019** Considerando que baterias de Li-FeS₂ podem gerar uma voltagem nominal de 1,5 V, o que as torna úteis no cotidiano, e que a primeira

reação de descarga dessas baterias é $2\text{Li} + \text{FeS}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{FeS}_2$, é correto afirmar:

- a)** O lítio metálico é oxidado na primeira descarga.
- b)** O ferro é oxidado e o lítio é reduzido na primeira descarga.
- c)** O lítio é o cátodo dessa bateria.
- d)** A primeira reação de descarga forma lítio metálico.
- e)** O lítio metálico e o dissulfeto ferroso estão em contato direto dentro da bateria.

- 12. UPF-RS 2015** Na pilha de Daniell, ocorre uma reação de oxirredução espontânea, conforme representado esquematicamente na figura abaixo.



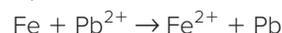
Considerando a informação apresentada, analise as afirmações a seguir.

- I.** Na reação de oxirredução espontânea, representada na pilha de Daniell, a espécie que se oxida, no caso o Zn(s), transfere elétrons para a espécie que sofre redução, os íons Cu²⁺(aq).
- II.** O Zn(s) sofre redução, transferindo elétrons para os íons Cu²⁺(aq) que sofrem oxidação.
- III.** Para que ocorra a reação de oxirredução espontânea, o potencial de redução do eletrodo de cobre deve ser maior do que o do eletrodo de zinco.
- IV.** A placa de Zn(s) sofre corrosão, tendo sua massa diminuída, e sobre a placa de cobre ocorre depósito de cobre metálico.
- V.** A concentração de íons Cu²⁺(aq) aumenta, e a concentração de íons Zn²⁺(aq) diminui em cada um dos seus respectivos compartimentos.

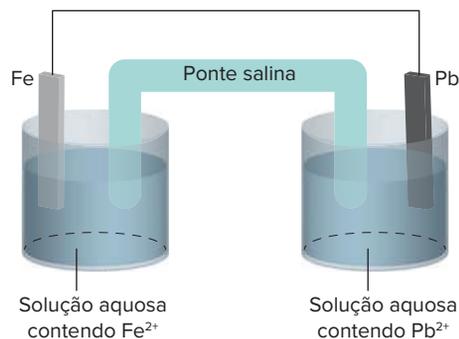
Está correto apenas o que se afirma em:

- a)** I, III e IV. **c)** I, II e V. **e)** II e III.
- b)** II e V. **d)** III, IV e V.

- 13. Unifesp** Ferro metálico reage espontaneamente com íons Pb²⁺, em solução aquosa. Esta reação pode ser representada por:



Na pilha, representada pela figura,



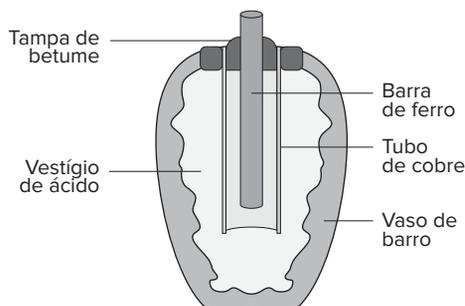
em que ocorre aquela reação global,

- a) os cátions devem migrar para o eletrodo de ferro.
- b) ocorre deposição de chumbo metálico sobre o eletrodo de ferro.
- c) ocorre diminuição da massa do eletrodo de ferro.
- d) os elétrons migram através da ponte salina do ferro para o chumbo.
- e) o eletrodo de chumbo atua como ânodo.

14. Enem 2018 Em 1938 o arqueólogo alemão Wilhelm König, diretor do Museu Nacional do Iraque, encontrou um objeto estranho na coleção da instituição, que poderia ter sido usado como uma pilha, similar às utilizadas em nossos dias. A suposta pilha, datada de cerca de 200 a.C., é constituída de um pequeno vaso de barro (argila) no qual foram instalados um tubo de cobre, uma barra de ferro (aparentemente corroída por ácido) e uma tampa de betume (asfalto), conforme ilustrado. Considere os potenciais-padrão de redução:

$$E_{\text{red}}^{\circ}(\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}; E_{\text{red}}^{\circ}(\text{H}^{+}|\text{H}_2) = 0,00 \text{ V e}$$

$$E_{\text{red}}^{\circ}(\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}) = +0,34 \text{ V.}$$

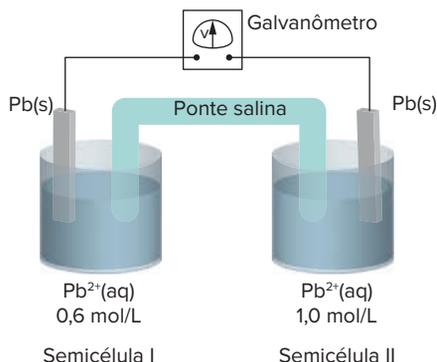


As pilhas de Bagdá e a acupuntura. Disponível em: <http://jornalgggn.com.br>. Acesso em: 14 dez. 2014. (adaptado).

Nessa suposta pilha, qual dos componentes atuaria como cátodo?

- a) A tampa de betume.
- b) O vestígio de ácido.
- c) A barra de ferro.
- d) O tubo de cobre.
- e) O vaso de barro.

15. UFMG Nesta figura, está representada uma pilha, construída com duas placas idênticas de Pb(s) imersas em soluções de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ de concentrações diferentes:



O galvanômetro indica a passagem de corrente elétrica.

1. Essa pilha funciona até que a concentração dos íons $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$, nas duas semicélulas, se iguale. **ESCREVA** as equações balanceadas das semirreações que ocorrem nas semicélulas I e II.

Semicélula I

Semicélula II

2. Considerando os constituintes dessa pilha, **INDIQUE** a espécie oxidante e a redutora e a semicélula em que cada uma dessas espécies se localiza.

Espécie oxidante:

Semicélula:

Espécie redutora:

Semicélula:

3. **Assinalando** com um **X** a quadrícula correspondente, **INDIQUE** o sentido do fluxo de elétrons nos fios que unem as duas semicélulas, na pilha descrita.

JUSTIFIQUE sua indicação.

O sentido do fluxo ocorre

da semicélula I para a II.

da semicélula II para a I.

4. **INDIQUE** o valor da concentração final do íon $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ nas **duas** semicélulas, quando a pilha parar de funcionar.
5. Após a pilha parar de funcionar, se se adicionar uma solução de $\text{NaCl}(\text{aq})$ a uma das semicélulas, haverá a formação de um precipitado branco de PbCl_2 e, ao mesmo tempo, ocorrerá, novamente, passagem de corrente elétrica através do galvanômetro.

Considere que o $\text{NaCl}(\text{aq})$ é adicionado à semicélula II.

Assinalando com um **X** a quadrícula correspondente, **INDIQUE** o sentido do fluxo de elétrons nos fios que unem as duas semicélulas, nessa situação.

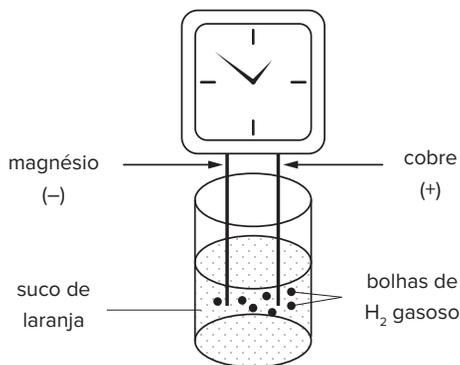
JUSTIFIQUE sua indicação.

O sentido do fluxo ocorre

da semicélula I para a II.

da semicélula II para a I.

16. **Fuvest-SP** Um relógio de parede funciona normalmente, por algum tempo, se substituirmos a pilha original por dois terminais metálicos mergulhados em uma solução aquosa ácida (suco de laranja), conforme esquematizado a seguir.



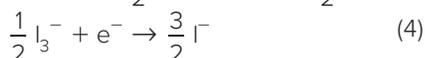
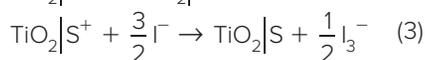
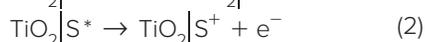
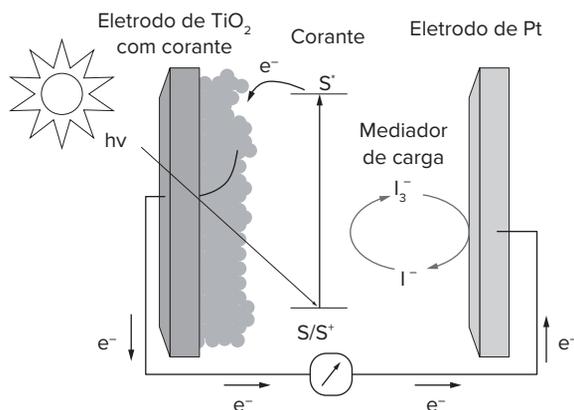
Durante o funcionamento do relógio,

- I. o pH do suco de laranja aumenta.
- II. a massa do magnésio diminui.
- III. a massa do cobre permanece constante.

Dessas afirmações,

- a) apenas a I é correta.
- b) apenas a II é correta.
- c) apenas a III é correta.
- d) apenas a II e a III são corretas.
- e) a I, a II e a III são corretas.

- 17. Enem 2018** Células solares à base de TiO_2 sensibilizadas por corantes (S) são promissoras e poderão vir a substituir as células de silício. Nessas células, o corante adsorvido sobre o TiO_2 é responsável por absorver a energia luminosa ($h\nu$), e o corante excitado (S^*) é capaz de transferir elétrons para o TiO_2 . Um esquema dessa célula e os processos envolvidos estão ilustrados na figura. A conversão de energia solar em elétrica ocorre por meio da sequência de reações apresentadas.



LONGO, C.; DE PAOLI, M. A. Dye-Sensitized Solar Cells: A Successful Combination of Materials. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, n. 6, 2003 (Adaptado).

A reação 3 é fundamental para o contínuo funcionamento da célula solar, pois

- a) reduz íons I^- a I_3^- .
- b) regenera o corante.
- c) garante que a reação 4 ocorra.
- d) promove a oxidação do corante.
- e) transfere elétrons para o eletrodo de TiO_2 .

- 18. UEPG-PR 2019 (Adapt.)** Considerando as seguintes semirreações, assinale o que for correto.



- 01 O íon $\text{Ag}^+(\text{aq})$ é um agente redutor melhor do que o íon $\text{Au}^{3+}(\text{aq})$.
- 02 Ao formar-se uma célula eletroquímica (pilha) com estas duas semi-reações, o potencial padrão da célula (E°) será de aproximadamente 0,60 V.
- 04 A Reação Global da célula eletroquímica (pilha) formada será: $\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Ag}(\text{s}) \rightarrow \text{Au}(\text{s}) + 3\text{Ag}^+(\text{aq})$
- 08 No processo espontâneo, ouro metálico será formado.
- 16 No processo espontâneo, íons prata serão formados em solução.

Soma:

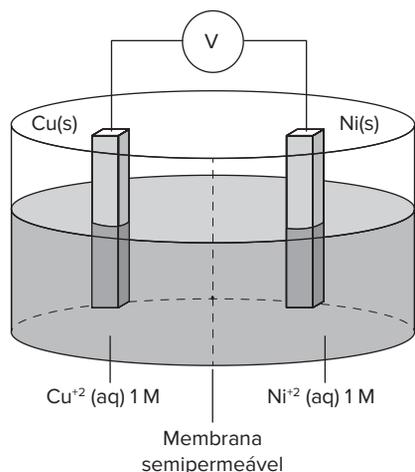
- 19. Udesc 2015** Reações de oxirredução estão presentes no dia a dia como na ação desinfetante da água sanitária, na geração de energia elétrica em baterias e na obtenção de metais a partir de seus minérios. Como exemplo destas reações considere uma folha de alumínio imersa em uma solução aquosa de sulfato de cobre. Sabendo-se que o potencial de redução do alumínio é $-1,66 \text{ V}$ e o potencial de redução do cobre é $+0,34 \text{ V}$, é correto afirmar que:

- a) o alumínio é o agente oxidante.
- b) ocorrerá redução do $\text{Cu}(\text{II})$.
- c) o potencial de oxirredução da reação é de $-1,32 \text{ V}$.
- d) o sulfato de cobre é o agente redutor.
- e) o estado de oxidação do enxofre no sulfato de cobre, CuSO_4 é -2 .

- 20. Uece 2016** Uma pilha é formada com eletrodos de alumínio e ouro que apresentam os potenciais de redução, respectivamente, $-1,66 \text{ volts}$ e $1,50 \text{ volts}$. Após analisar as características dessa pilha, pode-se afirmar corretamente que

- a) a reação do cátodo é $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e^-$.
- b) a ddp da pilha é $+3,16 \text{ V}$.
- c) a reação global é $\text{Al}^{3+} + \text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + \text{Al}$.
- d) a equação global da pilha é $\text{Au}^{3+}(\text{aq}) | \text{Au} || \text{Al}^{3+}(\text{aq}) | \text{Al}$.

21. **Unesp 2012** Um estudante montou a célula eletroquímica ilustrada na figura, com eletrodos de Cu(s) e Ni(s) de massas conhecidas.



A 25 °C e 1 atm, quando as duas semicélulas foram ligadas entre si, a célula completa funcionou como uma célula galvânica com $\Delta E = 0,59$ V. A reação prosseguiu durante a noite e, no dia seguinte, os eletrodos foram pesados. O eletrodo de níquel estava mais leve e o eletrodo de cobre mais pesado, em relação às suas massas iniciais.

Considerando $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$ e $E^{\circ}_{\text{red}} = +0,34$ V, escreva a equação da reação espontânea que ocorre na pilha representada na figura e calcule o potencial de redução da semicélula de Ni^{2+}/Ni . Defina qual eletrodo é o cátodo e qual eletrodo é o ânodo.

22. **Uerj 2015** Os preços dos metais para reciclagem variam em função da resistência de cada um à corrosão: quanto menor a tendência do metal à oxidação, maior será o preço.

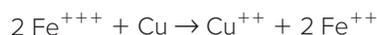
Na tabela, estão apresentadas duas características eletroquímicas e o preço médio de compra de dois metais no mercado de reciclagem.

Metal	Semirreação de redução	Potencial-padrão de redução (V)	Preço (R\$/kg)
cobre	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s})$	+0,34	13,00
ferro	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^0(\text{s})$	-0,44	0,25

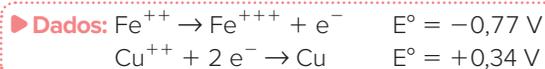
Com o objetivo de construir uma pilha que consuma o metal de menor custo, um laboratório dispõe desses metais e de soluções aquosas de seus respectivos sulfatos, além dos demais materiais necessários.

Apresente a reação global da pilha eletroquímica formada e determine sua diferença de potencial, em volts, nas condições-padrão.

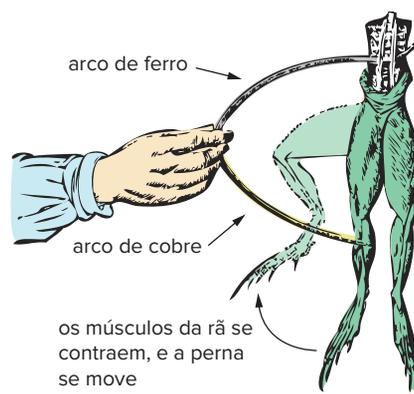
23. **IME-RJ 2018** Considere que a reação abaixo ocorra em uma pilha.



Assinale a alternativa que indica o valor correto do potencial padrão dessa pilha.



- a) +1,20 V
 b) -0,43 V
 c) +1,88 V
 d) -1,20 V
 e) +0,43 V
24. **Fuvest-SP 2012** Na década de 1780, o médico italiano Luigi Galvani realizou algumas observações, utilizando rãs recentemente dissecadas. Em um dos experimentos, Galvani tocou dois pontos da musculatura de uma rã com dois arcos de metais diferentes, que estavam em contato entre si, observando uma contração dos músculos, conforme mostra a figura:



Interpretando essa observação com os conhecimentos atuais, pode-se dizer que as pernas da rã continham soluções diluídas de sais. Pode-se, também, fazer uma analogia entre o fenômeno observado e o funcionamento de uma pilha.

Considerando essas informações, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. Devido à diferença de potencial entre os dois metais, que estão em contato entre si e em contato com a solução salina da perna da rã, surge uma corrente elétrica.
- II. Nos metais, a corrente elétrica consiste em um fluxo de elétrons.
- III. Nos músculos da rã, há um fluxo de íons associado ao movimento de contração.

Está correto o que se afirma em

- a) I, apenas.
 b) III, apenas.
 c) I e II, apenas.
 d) II e III, apenas.
 e) I, II e III.

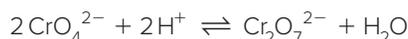
25. UFRGS 2016 O quadro a seguir relaciona algumas semirreações e seus respectivos potenciais padrão de redução, em solução aquosa.

$O_3 + 2 H^+ + 2 e^- \rightleftharpoons O_2 + H_2O$	$E_{red}^\circ = +2,07 V$
$H_2O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$	$E_{red}^\circ = +1,77 V$
$HClO + H^+ + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2} Cl_2 + H_2O$	$E_{red}^\circ = +1,63 V$
$MnO_4^- + 8 H^+ + 5 e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4 H_2O$	$E_{red}^\circ = +1,51 V$

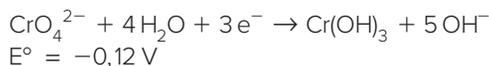
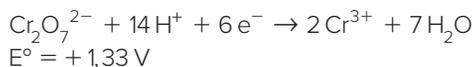
A partir desses dados, é correto afirmar que

- uma solução aquosa de hipoclorito poderá oxidar os íons Mn^{2+} .
- uma solução aquosa de H_2O_2 é um forte agente redutor.
- o ozônio tem uma forte tendência a ceder elétrons em solução aquosa.
- a adição de H_2O_2 a uma solução aquosa, contendo oxigênio dissolvido, promove a formação de ozônio gasoso.
- o permanganato, entre as substâncias relacionadas no quadro, é o mais poderoso agente oxidante.

26. Unisa-SP 2017 Crômio hexavalente é uma forma oxidada do metal crômio com alto poder carcinogênico, além de possuir ação irritante e corrosiva no corpo humano. Ele pode existir em duas formas: íons cromato (CrO_4^{2-}) e íons dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$). A conversão de íons CrO_4^{2-} em íons $Cr_2O_7^{2-}$ pode ser feita modificando-se o pH do meio, de acordo com a equação:



Por outro lado, a redução desses íons para a formação de Cr^{3+} pode ocorrer em meio ácido ou neutro, conforme as reações:



- Explique, com base no princípio de Le Chatelier, o que deve ocorrer com o pH de uma solução para aumentar a porcentagem de íons $Cr_2O_7^{2-}$ em relação aos íons CrO_4^{2-} .
- Para realizar a redução dos íons $Cr_2O_7^{2-}$, adicionam-se raspas de ferro metálico à solução desse íon. Considerando que o potencial de redução do par Fe^{2+}/Fe seja igual a $-0,44 V$ equacione a reação global da redução do íon $Cr_2O_7^{2-}$ a Cr^{3+} , utilizando o ferro metálico, e calcule a ddp dessa reação.

27. Acafe-SC 2019 A Corrosão Galvânica ocorre quando dois metais estão em contato na presença de um eletrólito, ocorrendo corrosão preferencial de um dos metais. Considerando uma pilha formada, nas condições ambientais de temperatura e pressão, por um eletrodo de Alumínio imerso em uma solução de Al^{+3} 1,0 mol/L e um eletrodo de Chumbo imerso em uma solução de Pb^{+2} 1,0 mol/L, são feitas as seguintes afirmações:

► **Dados:**



- A diferença de potencial da pilha é $-1,79 V$
- A semirreação que ocorre no ânodo é $Al \rightarrow Al^{+3} + 3 e^-$
- O chumbo é o cátodo da pilha
- A reação global da pilha é $Al^{+3} + Pb \rightarrow Al + Pb^{+2}$

As afirmações **incorretas** estão apresentadas em:

- Apenas III e IV
- Apenas I e III
- Apenas II e IV
- Apenas I e IV



Textos para a questão **28**.

Texto I

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito externo até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato.

AQUINO NETO. S. *Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula e combustível etanol/O₂*. Disponível em: <www.teses.usp.br>. Acesso em: 23 jun. 2015. (Adapt.)

Texto II

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais-padrão (E°) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:



SCOTT, K.; YU, E. H. Microbial electrochemical and fuel cells: fundamentals and applications. *Woodhead Publishing Series in Energy*. n. 88, 2016. (Adapt.)

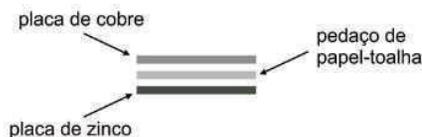
28. Enem 2016 Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

- 3
- 4
- 6
- 9
- 15

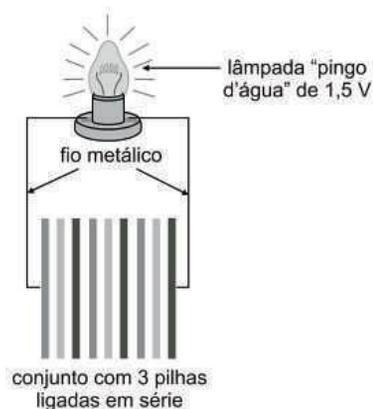


Texto para a questão 29.

Em um laboratório didático, um aluno montou pilhas elétricas usando placas metálicas de zinco e cobre, separadas com pedaços de papel-toalha, como mostra a figura.



Utilizando três pilhas ligadas em série, o aluno montou o circuito elétrico esquematizado, a fim de produzir corrente elétrica a partir de reações químicas e acender uma lâmpada.



Com o conjunto e os contatos devidamente fixados, o aluno adicionou uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4) aos pedaços de papel-toalha de modo a umedecê-los e, instantaneamente, houve o acendimento da lâmpada.

29. Unesp 2015 A tabela apresenta os valores de potencial-padrão para algumas semirreações.

Equação de semirreação	E° (V) (1 mol · L ⁻¹ , 100 kPa e 25 °C)
$2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34

Considerando os dados da tabela e que o experimento tenha sido realizado nas condições ambientes, escreva a equação global da reação responsável pelo acendimento da lâmpada e calcule a diferença de potencial (ddp) teórica da bateria montada pelo estudante.

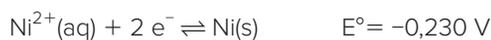
30. UEL-PR 2013 Os talheres de prata, embora considerados valiosos e prazerosos ao olhar, têm como inconveniente o escurecimento. Sabe-se que o contato desses utensílios com alimentos que contêm enxofre, como ovos ou cebola, escurece a prata através da formação do sal insolúvel de cor preta, o Ag_2S . Em um laboratório, duas experiências foram realizadas com o intuito de recuperar o brilho da prata. A primeira delas, realizada com eficiência, consistiu do uso de H_2O_2 para oxidar o S^{2-} , na forma de Ag_2S , em Ag_2SO_4 de coloração branca. Na segunda experiência, recobriu-se o fundo de uma caixa de plástico com uma folha de alumínio, acrescentou-se água quente e uma colher de sopa de sal de cozinha, depois depositou-se os talheres enegrecidos de tal maneira que ficaram em contato com o alumínio.

► Dados:

- I. $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s}) \quad E^\circ = -1,67 \text{ V}$
- II. $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) \quad E^\circ = 0,80 \text{ V}$
- III. $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} \quad E^\circ = 1,78 \text{ V}$

- a) Escreva a equação química balanceada do processo de transformação do Ag_2S em Ag_2SO_4 por meio do uso de H_2O_2 .
- b) Analise se a segunda experiência pode ser usada com eficiência para recuperar o brilho dos talheres de prata. Justifique sua resposta.

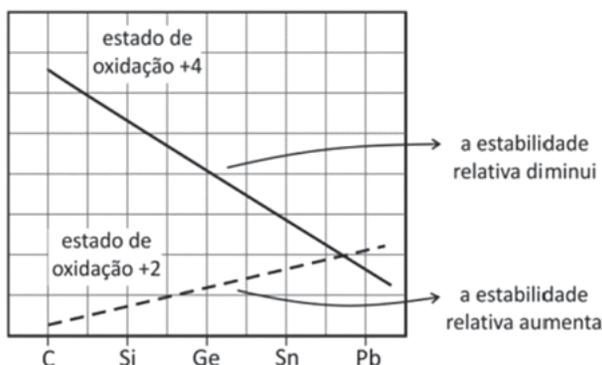
31. Enem 2020 As pilhas recarregáveis, bastante utilizadas atualmente, são formadas por sistemas que atuam como uma célula galvânica, enquanto estão sendo descarregadas, e como célula eletrolítica, quando estão sendo recarregadas. Uma pilha é formada pelos elementos níquel e cádmio e seu carregador deve fornecer uma diferença de potencial mínima para promover a recarga. Quanto maior a diferença de potencial gerada pelo carregador, maior será o seu custo. Considere os valores de potencial padrão de redução dessas espécies:



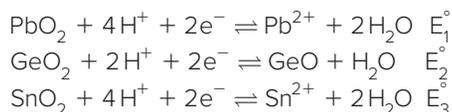
Teoricamente, para que um carregador seja ao mesmo tempo eficiente e tenha o menor preço, a diferença de potencial mínima, em volt, que ele deve superar é de

- a) 0,086.
- b) 0,172.
- c) 0,316.
- d) 0,632.
- e) 1,264.

- 32. Fuvest-SP 2015** A figura a seguir ilustra as estabilidades relativas das espécies que apresentam estado de oxidação +2 e +4 dos elementos da mesma família: carbono, silício, germânio, estanho e chumbo.



As estabilidades relativas podem ser interpretadas pela comparação entre potenciais padrão de redução das espécies +4 formando as espécies +2, como representado a seguir para os elementos chumbo (Pb), germânio (Ge) e estanho (Sn):



Os potenciais padrão de redução dessas três semirreações, E_1° , E_2° e E_3° , foram determinados experimentalmente, obtendo-se os valores $-0,12\text{ V}$, $-0,094\text{ V}$ e $1,5\text{ V}$, não necessariamente nessa ordem.

Sabe-se que, quanto maior o valor do potencial padrão de redução, maior o caráter oxidante da espécie química.

- a) Considerando as informações da figura, atribua, na tabela a seguir, os valores experimentais aos potenciais padrão de redução E_1° , E_2° e E_3° .

	E_1°	E_2°	E_3°
Valor experimental em volt			

- b) O elemento carbono pode formar óxidos, nos quais a proporção entre carbono e oxigênio está relacionada ao estado de oxidação do carbono. Comparando os óxidos CO e CO_2 , qual seria o mais estável? Explique, com base na figura apresentada anteriormente.

- 33. ITA-SP 2014** São descritos dois experimentos:

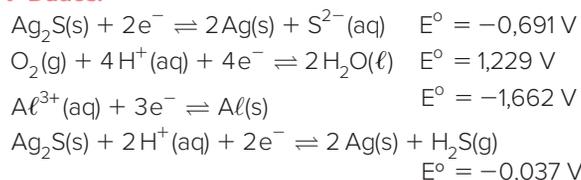
- I. Ovo cozido em água fervente teve sua casca quebrada, de modo que parte de sua clara permaneceu em contato com esta água, na qual a seguir foi também imerso um objeto polido de prata. Após um certo período de tempo, observou-se o escurecimento desse objeto, que foi retirado da água e lavado.

- II. Em um béquer, foi aquecida água até a fervura e adicionada uma colher das de sopa de cloreto de sódio. A seguir, esta solução foi transferida para um béquer revestido com papel alumínio. O objeto de prata utilizado no experimento I foi então imerso nesta solução e retirado após alguns minutos.

Em relação a esses experimentos:

- a) apresente a equação global que representa a reação química ocorrida na superfície do objeto de prata no experimento I e calcule a diferença de potencial elétrico da reação química.
b) preveja a aparência do objeto de prata após a realização do segundo experimento.
c) apresente a equação global da reação química envolvida no experimento II e sua diferença de potencial elétrico.

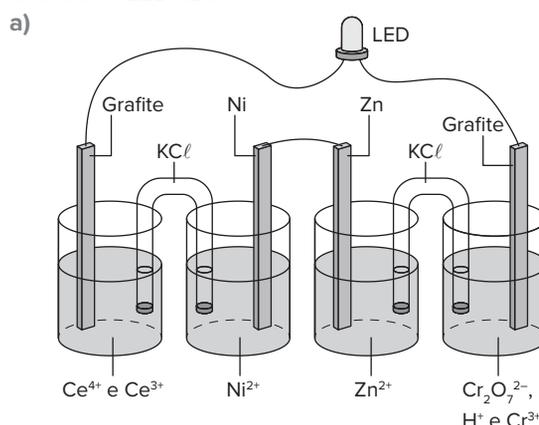
► **Dados:**

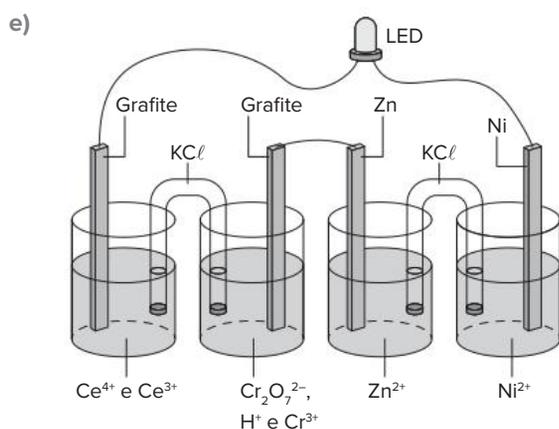
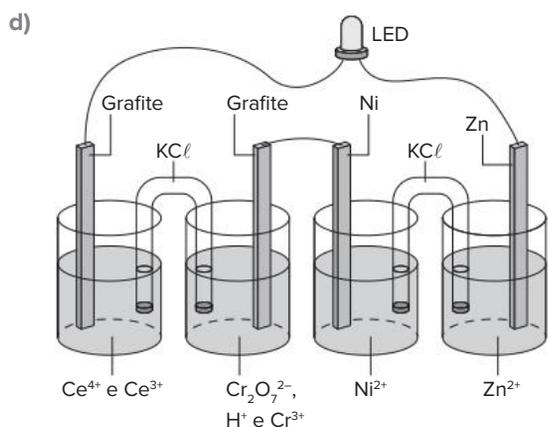
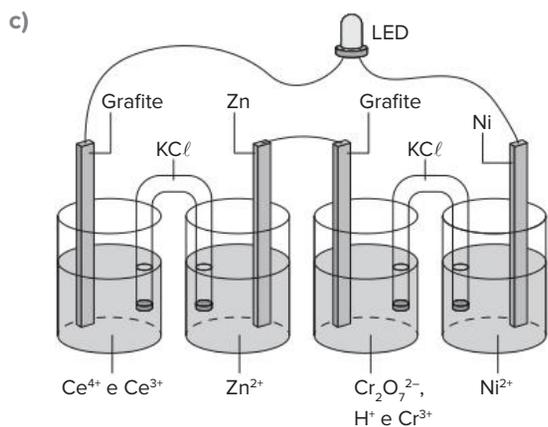
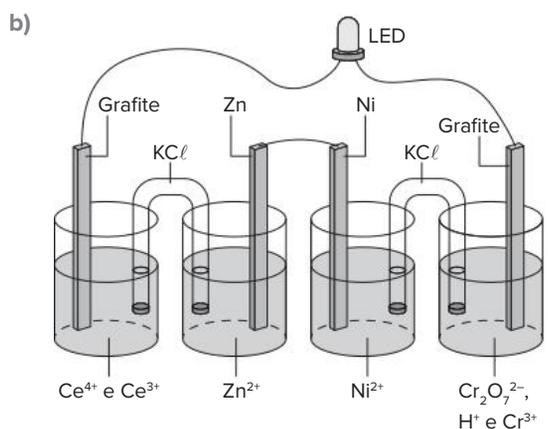


- 34. Enem 2017** A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Equação de semirreação	E° (V)
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	+1,61
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\ell)$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni(s)}$	-0,25
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn(s)}$	-0,76

Qual associação em série de pilhas fornece diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?



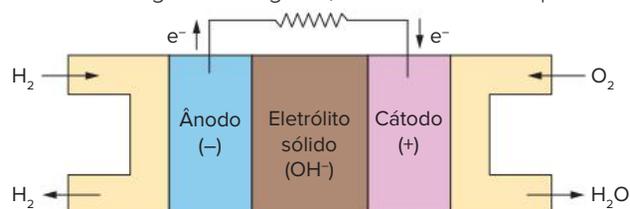


Uma técnica utilizada na proteção contra a corrosão do ferro é a galvanização da peça metálica. Neste processo, a peça metálica é revestida com uma fina camada de zinco metálico, que protegerá da corrosão a peça de interesse. Utilizando os valores fornecidos de potencial padrão de redução, responda aos itens que se seguem:

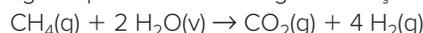
Semirreações	E°(V)
Fe ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ ⇌ Fe(s)	-0,45
Zn ²⁺ (aq) + 2 e ⁻ ⇌ Zn(s)	-0,76

- Por que o zinco é um metal adequado para galvanizar peças metálicas contendo ferro ou ligas de ferro?
- Escreva a equação global para o processo eletroquímico responsável pela proteção da peça de ferro pelo zinco.
- Calcule o ΔE° para este processo.

36. **Uerj** A célula a combustível é um tipo de pilha que gera energia elétrica a partir da reação química entre os gases hidrogênio e oxigênio, como mostra o esquema:



Para seu funcionamento ininterrupto, a célula precisa ser continuamente alimentada com o oxigênio do ar e com o gás hidrogênio proveniente da seguinte reação química:



Considere os valores a seguir, relativos ao funcionamento da célula sob condições-padrão:

Potenciais de redução dos eletrodos (V)	
2 H ₂ O(l) + 2 e ⁻ → H ₂ (g) + 2 OH ⁻ (aq)	-0,83
O ₂ (g) + 2 H ₂ O(l) + 4 e ⁻ → 4 OH ⁻ (aq)	0,40

Entalpias de formação (kJ · mol ⁻¹)	
CH ₄ (g)	-75
H ₂ O(v)	-241
CO ₂ (g)	-394

Calcule a força eletromotriz, em volts, da célula a combustível e a variação de entalpia, em kJ, da reação de obtenção do hidrogênio.

37. **UFU-MG 2021** Cascos de navios, formados por estruturas de aço, em contato com a água do mar, se oxidam com certa facilidade, gerando um desgaste no material e diminuindo a vida útil da embarcação. Para evitar que isso ocorra, são fixadas placas de zinco nos cascos, que são conhecidas como “metal de sacrifício” e têm a finalidade de

35. **UFJF-MG 2019** A corrosão de peças metálicas contendo ferro pode ser entendida como um processo eletroquímico por envolver reações de oxirredução.

- a) oxidar-se no lugar no ferro, pois o zinco possui potencial de oxidação maior do que o do ferro.
- b) promover uma proteção anódica para proteger o ferro, uma vez que o zinco é oxidado primeiro.
- c) aumentar o potencial de redução do ferro para que esse material evite ser oxidado e se desgaste.
- d) gerar fluxo de elétron do ferro para o zinco, uma vez que o ferro é reduzido e o zinco oxidado.

38. Acafe-SC 2012 Pilhas a combustível do tipo AFC (Alkalyne Fuel Cell) são dispositivos leves e eficientes, projetados para missões espaciais como a Nave Americana Apollo. Operam em temperaturas de 70 a 140 °C gerando voltagem de aproximadamente 0,9 V. Nessas células, um dos compartimentos é alimentado por hidrogênio gasoso e o outro por oxigênio gasoso.

As semirreações que ocorrem são as seguintes:



Com base nas informações acima, marque com V as afirmações verdadeiras e com F as falsas.

- Nessas pilhas o hidrogênio é o agente oxidante.
- A reação global da pilha é representada por: $2 \text{H}_2(\text{g}) + 1 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$.
- Nessas pilhas, os elétrons fluem do cátodo para o ânodo.
- A utilização de pilhas a combustível não gera emissões poluentes.
- Mudanças nos coeficientes estequiométricos das semirreações alteram valores dos potenciais eletroquímicos.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) F – V – F – V – F.
- b) V – F – V – V – F.
- c) V – V – F – F – V.
- d) F – F – V – F – V.

39. Enem PPL 2013 O Instituto Luiz Coimbra (UFRJ) lançou o primeiro ônibus urbano movido a hidrogênio do Hemisfério Sul, com tecnologia inteiramente nacional. Sua tração provém de três fontes de energia, sendo uma delas a pilha de combustível, na qual o hidrogênio, gerado por um processo eletroquímico, reage com o oxigênio do ar, formando água.

FRAGA, I. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 20 jul. 2010 (Adaptado).

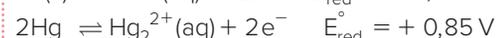
A transformação de energia que ocorre na pilha de combustível responsável pelo movimento do ônibus decorre da energia cinética oriunda do(a)

- a) calor absorvido na produção de água.
- b) expansão gasosa causada pela produção de água.
- c) calor liberado pela reação entre o hidrogênio e o oxigênio.

- d) contração gasosa causada pela reação entre o hidrogênio e o oxigênio.
- e) eletricidade gerada pela reação de oxirredução do hidrogênio com o oxigênio.

40. UPE/SSA 2016 No episódio 9 da segunda temporada do seriado Breaking Bad, Walter e Jesse se encontravam em um local distante e deserto quando a bateria do trailer falhou. Usando seus conhecimentos químicos, Walter montou um conjunto de seis células eletrolíticas, improvisadas em potes plásticos, para dar partida e fazer o motor do veículo funcionar novamente. Em cada pote, ele colocou de um lado parafusos, moedas, arruelas e roscas (porcas) metálicas galvanizadas; no meio, separando o cátodo e ânodo, uma esponja embebida com uma solução aquosa, que pode ser utilizada para desentupir tubulações; e, no outro lado, uma mistura sólida de duas substâncias, coletada das pastilhas de freio do veículo. Depois ele desencapou um fio de outro tipo de metal e conectou os polos das células em série.

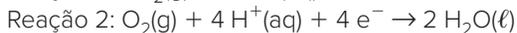
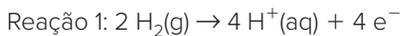
► **Dados:**



A alternativa que completa **CORRETAMENTE** o material para o conjunto montado por Walter é dada por

	Ânodo	Cátodo	Eletrólito	Fio condutor
a)	Metal galvanizado (zinco)	Grafite e óxido de mercúrio	KOH (50%)	Cobre
b)	Cobre	KOH (50%)	Grafite e óxido de mercúrio	Metal galvanizado (zinco)
c)	Grafite e óxido de mercúrio	Metal galvanizado (zinco)	KOH (50%)	Cobre
d)	KOH (50%)	Cobre	Grafite e óxido de mercúrio	Metal galvanizado (zinco)
e)	Cobre	Grafite e óxido de mercúrio	KOH (50%)	Metal galvanizado (zinco)

41. Uece 2015 A primeira bateria a gás do mundo, conhecida hoje como célula a combustível, foi inventada por sir William Robert Grove (1811-1896) que àquela época já se preocupava com as emissões de gases poluentes causadas pelo uso de combustíveis fósseis. O combustível básico da maioria das células a combustível é o hidrogênio, que reage com o oxigênio e produz água e eletricidade e calor, de acordo com as reações simplificadas a seguir representadas.



Sobre células a combustível, marque a afirmação verdadeira.

- A reação 1 é uma oxidação e ocorre no cátodo da célula.
- A reação líquida da célula é o oposto da eletrólise.
- A célula a combustível produz somente corrente alternada.
- A célula a combustível é um conversor de energia termoiônica.

42. Enem 2012 O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma "lenda urbana", pois ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer a oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semirreações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

Semirreação	Potencial Padrão de Redução (V)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2,93
$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,36
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34

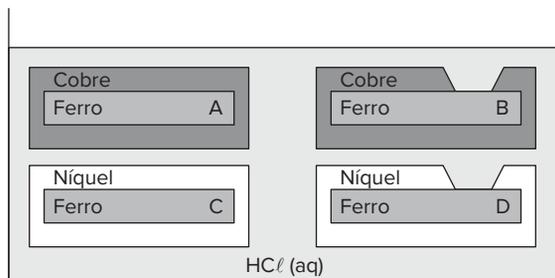
Disponível em: www.sucatas.com. Acesso em: 28 fev. 2012 (Adaptado).

Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

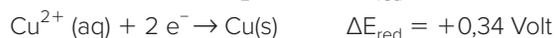
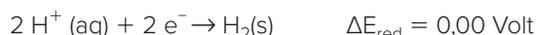
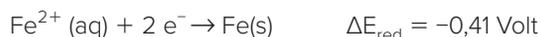
- Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
- Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
- Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

43. UFRJ Em um laboratório de controle de qualidade de uma indústria, peças de ferro idênticas foram separadas em dois grupos e submetidas a processos de galvanização distintos: um grupo de peças foi

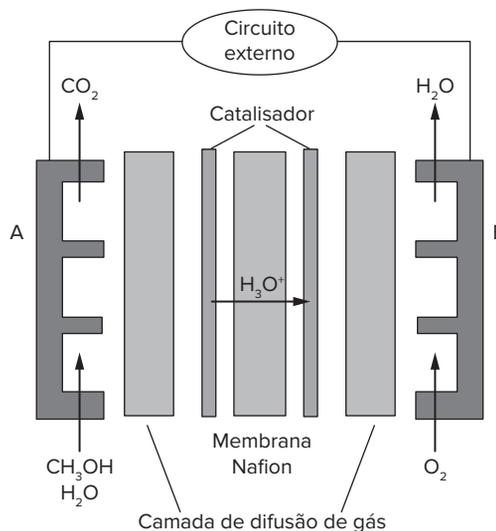
recoberto com cobre e o outro grupo com níquel, de forma que a espessura da camada metálica de deposição fosse exatamente igual em todas as peças. Terminada a galvanização, notou-se que algumas peças tinham apresentado defeitos idênticos. Em seguida, amostras de peças com defeitos (B e D) e sem defeitos (A e C), dos dois grupos, foram colocadas numa solução aquosa de ácido clorídrico, como mostra a figura a seguir.

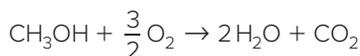


Com base nos potenciais-padrão de redução a seguir, ordene as peças A, B, C e D em ordem decrescente em termos da durabilidade da peça de ferro. Justifique sua resposta.



44. UFPR 2015 Células a combustível são promissoras dispositivos de conversão de energia. A célula de alimentação direta a metanol (DMFC), esquematizada, possui vantagens em relação à célula a hidrogênio, principalmente pela facilidade de manipulação do combustível. A DMFC baseia-se na oxidação de metanol sobre catalisador, de modo a formar dióxido de carbono. No processo, água é consumida no ânodo e produzida no cátodo. Os prótons são transportados pela membrana de Nafion. Os elétrons são transportados através de um circuito externo, fornecendo energia aos dispositivos conectados.



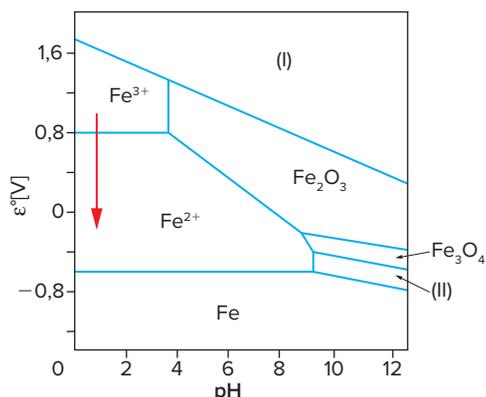


	E° (V vs EPH*):
CO ₂ /CH ₃ OH	0,02
O ₂ /H ₂ O	1,23

* EPH: Eletrodo padrão de hidrogênio

- Escreva a semirreação que ocorre no ânodo.
- Qual o valor da diferença de potencial padrão dessa célula? Esse valor é maior ou menor que da célula a hidrogênio?

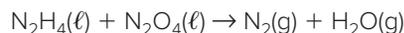
45. Fuvest-SP 2021 O diagrama a seguir representa algumas espécies que podem ser formadas quando o Fe metálico é exposto a diferentes condições de pH e potencial de redução medidos contra o eletrodo padrão de hidrogênio. As regiões relativas às espécies Fe(OH)₂ e FeO₄²⁻ estão associadas às regiões marcadas como (I) e (II) no diagrama, não necessariamente nessa ordem.



- Para evitar a corrosão de um objeto de ferro metálico, este foi submetido a pH e potencial adequados, formando uma camada de Fe₃O₄ na superfície. Explique como essa camada previne a corrosão do interior do objeto.
- Escreva a semirreação de redução associada ao processo representado pela seta, indicando o valor de potencial a partir do qual a reação acontece.
- Associe, corretamente, na tabela a seguir, cada uma das regiões (I) e (II) com as espécies Fe(OH)₂ e FeO₄²⁻. Justifique a associação feita com base nos potenciais de redução apresentados no diagrama.

Espécie	Fe(OH) ₂	FeO ₄ ²⁻
Região		

46. ITA-SP 2013 A hidrazina (N₂H₄) e o tetróxido de dinitrogênio (N₂O₄) são utilizados na propulsão líquida de foguete. A equação química não balanceada que representa a reação global entre esses dois reagentes químicos é



Analisando esta reação do ponto de vista eletroquímico:

- esquematize um dispositivo eletroquímico (célula de combustível) no qual é possível realizar a reação química representada pela equação do enunciado.
- escreva as equações químicas balanceadas das semirreações anódica e catódica que ocorrem no dispositivo eletroquímico.

47. ITA-SP 2017 Pode-se utilizar metais de sacrifício para proteger estruturas de aço (tais como pontes, antenas e cascos de navios) da corrosão eletroquímica. Considere os seguintes metais:

- Alumínio
- Magnésio
- Paládio
- Sódio
- Zinco

Assinale a opção que apresenta o(s) metal(is) de sacrifício que pode(m) ser utilizado(s).

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

48. ITA-SP 2019 Considere uma pequena chapa de aço revestido com zinco (aço galvanizado) mergulhada em uma solução azul de sulfato de cobre nas condições padrão e a 25 °C. Após determinado intervalo de tempo, observa-se que a solução fica verde. Com base nessas observações e desconsiderando a presença de espécies interferentes, é ERRADO afirmar que

- o aço foi corroído.
- o íon cobre atuou como agente oxidante preferencialmente ao oxigênio atmosférico.
- o zinco foi parcialmente oxidado.
- o zinco foi oxidado preferencialmente ao ferro.
- a função do zinco no aço galvanizado é oferecer proteção catódica.

49. ITA-SP 2015 Considere um elemento galvânico formado por dois semielementos contendo soluções aquosas ácidas e cujos potenciais na escala do eletrodo de hidrogênio (E°) nas condições-padrão são E°(Pt/PtO₂) = 1,00 V e E°(Br₂/BrO₃⁻) = 1,48 V. Baseando-se nessas informações, pedem-se:

- Calcule o valor numérico da força eletromotriz do elemento galvânico.
- Apresente as equações químicas que representam as semirreações do ânodo e cátodo.
- Apresente a equação química que representa a reação global.

50. **ITA-SP** Em um experimento de laboratório, cloreto de alumínio, cloreto de zinco e carbonato de sódio são dissolvidos, individualmente, em três recipientes separados contendo água neutra aerada com $\text{pH} = 7$. Uma placa de ferro metálico é imersa em cada um dos recipientes, que são mantidos a temperatura de 25°C .

Admitindo-se as condições experimentais apresentadas acima, são feitas as seguintes afirmações em relação à influência da hidrólise dos sais na velocidade de corrosão das placas metálicas:

- O cátion alumínio hidratado forma soluções aquosas que aceleram a corrosão do ferro.
- As soluções aquosas produzidas pela hidrólise do ânion carbonato inibem a corrosão do ferro.
- A corrosão do ferro é inibida pela solução aquosa formada no processo de hidrólise do cátion zinco hidratado.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- I e II.
- I e III.
- II.
- II e III.
- III.

51. **UFJF-MG 2019** A pilha de mercúrio é popularmente conhecida como pilha em forma de “botão” ou “moeda”, muito utilizada em calculadoras, controles remotos e relógios. Nessa pilha existe um amálgama de zinco (zinco dissolvido em mercúrio), óxido de mercúrio (II), e o eletrólito é o hidróxido de potássio. A partir das semirreações de redução do zinco e do mercúrio e seus respectivos potenciais padrão de redução, mostrados no quadro abaixo, assinale a alternativa que represente a pilha de mercúrio corretamente:

Semirreações	E° (V)
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	+0,85

- $\text{Zn}(\text{s}) | \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) || \text{Hg}^{2+}(\text{aq}) | \text{Hg}(\ell)$ $\Delta E^\circ = +1,61\text{ V}$
- $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(\text{s}) || \text{Hg}(\ell) | \text{Hg}^{2+}(\text{aq})$ $\Delta E^\circ = -1,61\text{ V}$
- $\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) | \text{Hg}(\ell) || \text{Zn}(\text{s}) | \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ $\Delta E^\circ = +1,61\text{ V}$
- $\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) | \text{Hg}(\ell) || \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(\text{s})$ $\Delta E^\circ = -1,61\text{ V}$
- $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Hg}^{2+}(\text{aq}) || \text{Zn}(\text{s}) | \text{Hg}(\ell)$ $\Delta E^\circ = +0,09\text{ V}$

52. **ITA-SP** A tabela a seguir mostra as observações feitas, sob as mesmas condições de pressão e temperatura, com pregos de ferro, limpos e polidos e submetidos a diferentes meios:

Corrosão do ferro em água aerada.

Sistema inicial	Observações durante os experimentos
1. Prego limpo e polido imerso em água aerada.	Com o passar do tempo surgem sinais de aparecimento de ferrugem ao longo do prego (formação de um filme fino de uma substância sólida com coloração marrom-alaranjada).
2. Prego limpo e polido recoberto com graxa imerso em água aerada.	Não há alteração perceptível com o passar do tempo.
3. Prego limpo e polido envolvido por uma tira de magnésio e imerso em água aerada.	Com o passar do tempo observa-se a precipitação de grande quantidade de uma substância branca, mas a superfície do prego continua aparentemente intacta.
4. Prego limpo e polido envolvido por uma tira de estanho e imerso em água aerada.	Com o passar do tempo surgem sinais de aparecimento de ferrugem ao longo do prego.

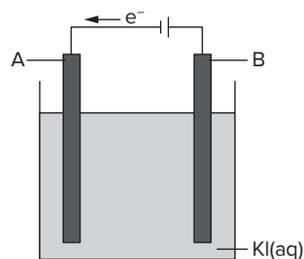
- Escreva as equações químicas balanceadas para a(s) reação(ões) observada(s) nos experimentos 1, 3 e 4, respectivamente.
- Com base nas observações feitas, sugira duas maneiras diferentes de evitar a formação de ferrugem sobre o prego.
- Ordene os metais empregados nos experimentos descritos na tabela acima segundo o seu poder redutor. Mostre como você raciocinou para chegar à ordenação proposta.

53. PUC-SP

► Dados:

- o indicador fenolftaleína é incolor em $\text{pH} < 8$ e rosa em pH acima de 8.
- o amido é utilizado como indicador da presença de iodo em solução, adquirindo uma intensa coloração azul devido ao complexo iodo-amido formado.

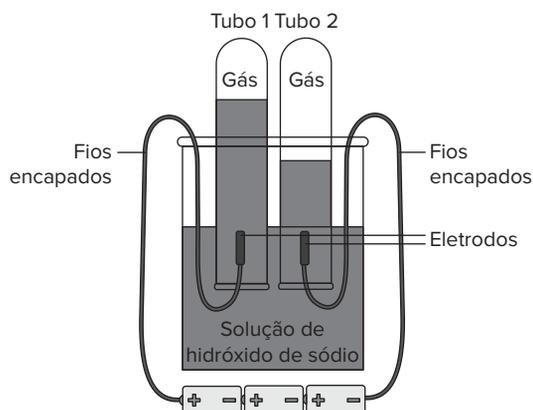
Um experimento consiste em passar corrente elétrica contínua em uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI). O sistema está esquematizado a seguir.



Para auxiliar a identificação dos produtos são adicionadas, próximo aos eletrodos, solução alcoólica de fenolftaleína e dispersão aquosa de amido. Sobre o experimento é **incorreto** afirmar que:

- a) haverá formação de gás no eletrodo B.
- b) a solução ficará rosa próximo ao eletrodo A.
- c) no eletrodo B ocorrerá o processo de oxidação.
- d) o eletrodo A é o cátodo do sistema eletrolítico.
- e) a solução ficará azul próximo ao eletrodo B.

54. UFG-GO 2012 No esquema a seguir, está apresentada a decomposição eletrolítica da água. Nos tubos 1 e 2 formam-se gases incolores em volumes diferentes.



Tendo em vista os dados,

- a) identifique os gases formados nos tubos 1 e 2 e calcule os respectivos volumes nas CNTP, considerando a eletrólise de 36 gramas de água;
- b) escreva a reação de combustão do gás combustível formado em um dos tubos.

55. UFJF-MG 2019 Os banhos eletrolíticos que fazem revestimento metálico têm uma sequência: uma peça para ser cromada necessariamente precisa ser primeiro cobreada, depois niquelada e, por fim, receber uma camada de cromo. [...] A deposição eletrolítica pode levar à produção de peças prateadas e douradas, além de outras onde ocorre estanhagem, cadmiagem e latonagem.

(LUFTI, M. *Os ferrados e os cromados, produção social e apropriação privada do conhecimento químico*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2005. p. 110.)

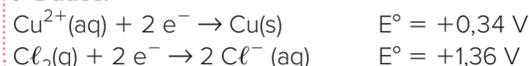
Sobre o processo descrito acima, assinale a alternativa **CORRETA**:

- a) Energia elétrica é fornecida para que um metal mais nobre (com menor potencial de oxidação) se deposite sobre outro menos nobre (com maior potencial de oxidação).
- b) Na maior parte das vezes, o cátodo será do metal com o qual se quer revestir o objeto.
- c) Nas etapas de cobreação, niquelação e cromação, para que ocorra a deposição metálica é necessário que haja a oxidação do cobre, do níquel e do cromo sobre as peças.
- d) O objeto que vai receber o revestimento metálico é ligado ao polo negativo de uma fonte de corrente contínua e se torna cátodo. O metal que vai dar o revestimento é ligado ao polo positivo e se torna o ânodo.

- e) O objeto que vai receber o revestimento metálico é ligado ao polo positivo de uma fonte de corrente contínua e se torna cátodo. O metal que vai dar o revestimento é ligado ao polo negativo e se torna o ânodo.

56. Acafe-SC 2019 Sob condições apropriadas a eletrólise de uma solução aquosa de CuCl_2 produz $\text{Cu}(s)$ e $\text{Cl}_2(g)$. Assinale a alternativa que contém a força eletromotriz (f.e.m.) externa mínima para que esse processo ocorra sob condições padrão.

► **Dados:**



- a) $-1,02 \text{ V}$
- b) $+1,7 \text{ V}$
- c) $+1,02 \text{ V}$
- d) $-1,7 \text{ V}$

57. Unicamp-SP A Revista nº 160 traz um comentário sobre um ônibus montado no Brasil que tem como combustível o gás hidrogênio. Resumidamente, explica-se que no ônibus existem celas eletroquímicas formadas por um conjunto de placas (eletrodos) e uma membrana polimérica chamada “membrana de troca de prótons”. Em um tipo de eletrodo, o hidrogênio é “quebrado” (aspas nossas) e elétrons são liberados, gerando uma corrente elétrica em direção ao outro tipo de eletrodo, onde o gás oxigênio forma íons oxido. Os produtos que se originam nos dois diferentes eletrodos reagem para formar água.

- a) Considerando-se as informações do texto, escreva a equação química da semirreação de oxidação que ocorre nessa cela eletroquímica.
- b) Que massa de gás hidrogênio deve ser transformada na cela eletroquímica para que, no funcionamento do ônibus, haja uma liberação de $38,0 \text{ MJ}$?

► **Dado:** entalpia de formação da água = -242 kJ mol^{-1} .

58. FCMMG 2020 Leia o texto abaixo.

Os químicos só descobriram o alumínio nos anos 1820, mas separar o metal de seu minério era extremamente difícil e custoso. Durante décadas, o alumínio era muito mais caro do que o ouro. Nos anos 1860, o imperador Napoleão III da França encomendou talheres de alumínio para seus convidados mais ilustres. Os visitantes menos importantes tinham de se virar com facas e garfos de ouro. Mas, no fim do século XIX, os químicos descobriram uma maneira de extrair enormes quantidades de alumínio barato, e hoje a produção global fica em torno de 30 milhões de toneladas por ano. “Napoleão III ficaria surpreso de saber que os descendentes de seus súditos usam papel-alumínio descartável para embrulhar seus sanduíches e jogam as sobras no lixo.”

HARARI, Yuval Noah. *Sapiens: uma breve história da humanidade*. Tradução de Janaína Marcoantonio. Porto Alegre/RS: L&PM, 2015, p.350.)

Analisando o texto e utilizando seus conhecimentos, é **CORRETO** afirmar:

- O alumínio era mais caro do que o ouro porque apresentava um caráter metálico maior do que o ouro.
- O uso de papel alumínio descartável para embrulhar sanduíches se deve ao fato de o metal ser do grupo 13 da tabela periódica.
- Talheres de alumínio eram utilizados por ser o alumínio um metal representativo com muitos elétrons livres e desemparelhados.
- Não existem minas de alumínio por ser baixo seu potencial de redução, mas a eletrólise favoreceu sua obtenção a partir da bauxita.

59. Mackenzie-SP A eletrólise é uma reação química não espontânea de oxirredução provocada pela passagem de corrente elétrica através de um composto iônico fundido (eletrólise ígnea) ou em uma solução aquosa de um eletrólito (eletrólise aquosa). O processo eletroquímico ígneo é amplamente utilizado na obtenção de alumínio a partir da alumina (Al_2O_3), que é fundida em presença de criolita ($3 NaF \cdot AlF_3$), para diminuir o seu ponto de fusão.

A respeito do processo de eletrólise ígnea, é **INCORRETO** afirmar que

- a equação global do processo de obtenção do alumínio é $2 Al_2O_3 \rightarrow 4 Al^0 + 3 O_2$.
- a semirreação $Al^{3+} + 3 e^- \rightarrow Al^0$ ocorre no cátodo da célula eletrolítica.
- no ânodo ocorre o processo de redução.
- há um elevado consumo de energia na realização desse processo.
- os eletrodos mais utilizados são os de grafita e platina.

60. Unicamp-SP Uma maneira de se produzir ferro metálico de uma forma “mais amigável ao meio ambiente” foi desenvolvida por dois cientistas, um norte-americano e um chinês, que constataram a surpreendente solubilidade dos minérios de ferro em carbonato de lítio líquido, em temperaturas ao redor de $800^\circ C$. No processo, a eletrólise dessa solução, realizada com uma corrente elétrica de alta intensidade, leva a separação dos elementos que compõem os minérios e a produção do produto desejado.

- O artigo que relata a descoberta informa que os elementos que formam o minério são produzidos separadamente em dois compartimentos, na forma de substâncias elementares. Que substâncias são essas? Dê os nomes e as fórmulas correspondentes.
- O processo atual de obtenção de ferro consiste na utilização de alto forno, que funciona a uma temperatura entre 1300 e $1500^\circ C$, com adição de carbono para a reação de transformação do minério. Considerando todas as informações dadas, apresente duas diferenças entre o processo atual e o novo. Explique, separadamente, como essas diferenças justificam que o novo processo seja caracterizado como “mais amigável ao meio ambiente”.

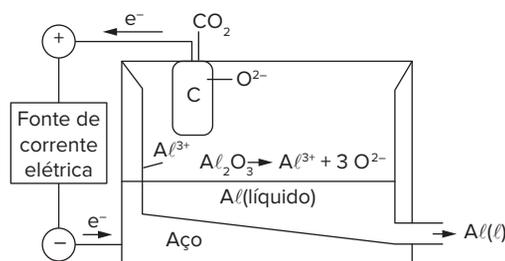
61. Enem PPL 2013 Após o desmonte da bateria automotiva, é obtida uma pasta residual de 6 kg , em que 19% , em massa, é dióxido de chumbo(IV), 60% , sulfato de chumbo(II) e 21% , chumbo metálico. O processo pirometalúrgico é o mais comum na obtenção do chumbo metálico, porém, devido à alta concentração de sulfato de chumbo(II), ocorre grande produção de dióxido de enxofre (SO_2), causador de problemas ambientais. Para eliminar a produção de dióxido de enxofre, utiliza-se o processo hidrometalúrgico, constituído de três etapas, no qual o sulfato de chumbo(II) reage com carbonato de sódio a $1,0\text{ mol/L}$ a $45^\circ C$, obtendo-se um sal insolúvel (etapa 1), que, tratado com ácido nítrico, produz um sal de chumbo solúvel (etapa 2) e, por eletrólise, obtém-se o chumbo metálico com alto grau de pureza (etapa 3).

ARAÚJO, R. V. V. et al. *Reciclagem de chumbo de bateria automotiva: estudo de caso*. Disponível em: www.iqsc.usp.br. Acesso em: 17 abr. 2010 (Adaptado).

Considerando a obtenção de chumbo metálico a partir de sulfato de chumbo(II) na pasta residual, pelo processo hidrometalúrgico, as etapas 1, 2 e 3 objetivam, respectivamente,

- a lixiviação básica e dessulfuração; a lixiviação ácida e solubilização; a redução do Pb^{2+} em Pb^0 .
- a lixiviação ácida e dessulfuração; a lixiviação básica e solubilização; a redução do Pb^{4+} em Pb^0 .
- a lixiviação básica e dessulfuração; a lixiviação ácida e solubilização; a redução do Pb^0 em Pb^{2+} .
- a lixiviação ácida e dessulfuração; a lixiviação básica e solubilização; a redução do Pb^{2+} em Pb^0 .
- a lixiviação básica e dessulfuração; a lixiviação ácida e solubilização; a redução do Pb^{4+} em Pb^0 .

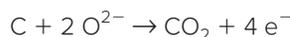
62. FGV-SP 2012 O Brasil é o sexto principal país produtor de alumínio. Sua produção é feita a partir da bauxita, mineral que apresenta o óxido Al_2O_3 . Após o processamento químico da bauxita, o óxido é transferido para uma cuba eletrolítica na qual o alumínio é obtido por processo de eletrólise ígnea. Os eletrodos da cuba eletrolítica são as suas paredes de aço, polo negativo, e barras de carbono, polo positivo.



O processo ocorre em alta temperatura, de forma que o óxido se funde e seus íons se dissociam. O alumínio metálico é formado e escoado na forma líquida.

As semirreações que ocorrem na cuba eletrolítica são

Polo +



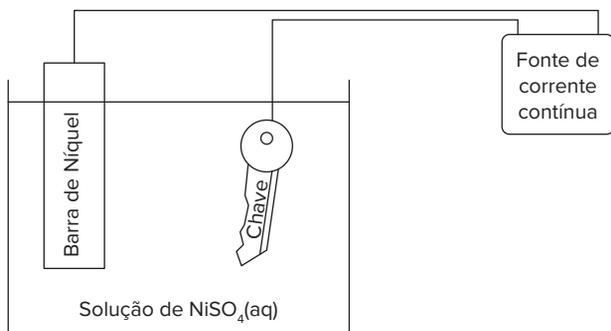
Polo -



A quantidade em mols de CO_2 que se forma para cada um mol de Al e o polo negativo da cuba eletrolítica são respectivamente

- $\frac{4}{3}$ e ânodo, onde ocorre a redução.
- $\frac{3}{4}$ e ânodo, onde ocorre a oxidação.
- $\frac{4}{3}$ e cátodo, onde ocorre a redução.
- $\frac{3}{4}$ e cátodo, onde ocorre a redução.
- $\frac{3}{4}$ e cátodo, onde ocorre a oxidação.

- 63. UEG-GO 2018** A galvanização é um processo que permite dar um revestimento metálico a determinada peça. A seguir é mostrado um aparato experimental, montado para possibilitar o revestimento de uma chave com níquel.



No processo de revestimento da chave com níquel ocorrerá, majoritariamente, uma reação de X, representada por uma semirreação Y. Nesse caso, o par X, Y pode ser representado por

- redução, $\text{Ni}^+ + 1 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$
- redução, $\text{Ni}(\text{s}) \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- oxidação, $\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$
- oxidação, $\text{Ni}(\text{s}) \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- redução, $\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$

- 64. Uefs-BA 2017** Desde a antiguidade, o homem utiliza metais para a fabricação de utensílios diversos. A partir do século XVIII, a metalurgia tornou-se uma ciência, em que os processos metalúrgicos passaram a ser estudados e explicados, alavancando a obtenção dos metais a partir de minérios. A metalurgia é uma sequência de processos que visa à obtenção de um elemento metálico a partir de seu minério. Quanto maior a tendência do metal para sofrer corrosão, maior é a dificuldade de obtê-lo a partir do minério. Sobre a obtenção de metais na metalurgia, é correto afirmar:

- O alumínio é um metal de fácil obtenção a partir de seu minério, a bauxita, pois esse, por possuir baixa tendência em oxidar, é facilmente reduzido de Al^{3+} para Al^0 , se comparado a outros metais menos nobres, como o ferro e o chumbo.

- Metals, como o ferro e o zinco, para serem obtidos a partir de seus minérios, devem ser aquecidos na presença de uma substância que vai provocar a redução desses metais, como o monóxido de carbono, que é um agente redutor.
- O alumínio possui inúmeras aplicações, mas, por ser um metal pouco nobre, é difícil de ser obtido e sua redução é realizada em um processo denominado eletrólise.
- A prata é um metal nobre, sua principal fonte é o minério argentita (Ag_2S), sendo que o processo de obtenção da prata metálica é realizado pelo aquecimento desse minério, que reage com o oxigênio, provocando a oxidação da prata.

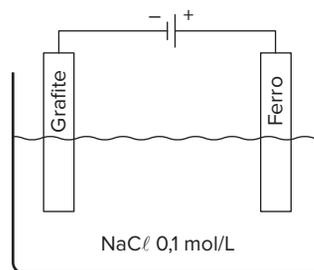
A alternativa em que todas as afirmativas indicadas estão corretas é a

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

- 65. Famerp-SP 2021** Eletrofloculação é uma técnica de tratamento de água que consiste em gerar um agente floculante submetendo à corrente elétrica um eletrodo metálico imerso em água. Quando o eletrodo usado é o ferro, formam-se íons Fe^{2+} , que hidrolisam, produzindo um hidróxido insolúvel capaz de aglutinar partículas menores de impurezas, que podem ser facilmente removidas por decantação ou flotação.

- Qual o nome dado ao eletrodo que sofre corrosão na eletrólise? Equacione a semirreação de corrosão do ferro metálico, produzindo o íon Fe^{2+} .
- Equacione a reação de hidrólise do íon Fe^{2+} . Indique o caráter (ácido, básico ou neutro) da solução após essa hidrólise.

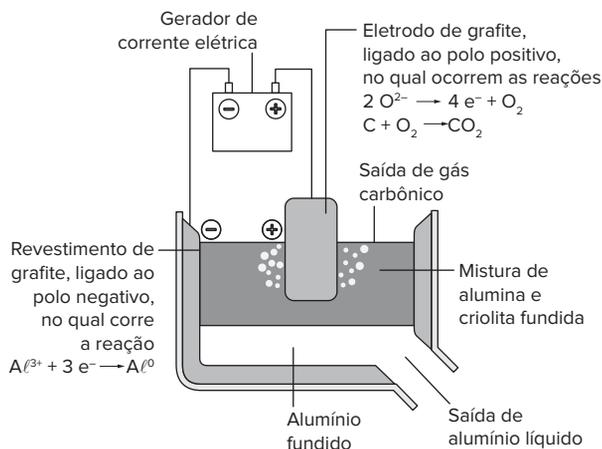
- 66. UEPG-PR 2015** A figura abaixo apresenta uma cela eletrolítica, contendo uma solução aquosa 0,10 mol/L de NaCl e uma fonte externa. Sobre o sistema apresentado, assinale o que for correto.



- O cátodo é o eletrodo de grafite e o ânodo é o eletrodo de ferro.
- Uma semirreação catódica possível é: $2 \text{H}_2\text{O}(\ell) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$.
- O pH do meio reacional vai diminuir devido à formação de HCl .
- No eletrodo de grafite ocorre um processo de redução.
- No eletrodo de ferro pode-se observar a reação: $\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$.

Soma:

67. UFPB A importância da indústria brasileira de alumínio no cenário mundial é demonstrada por sua participação no mercado global. Além de ser o sexto maior produtor desse metal, o Brasil possui a terceira maior jazida de bauxita do planeta. Da bauxita se extrai a alumina, matéria-prima para a fabricação do alumínio. O processo químico utilizado na produção industrial do alumínio consiste na eletrólise de uma mistura fundida de alumina (Al_2O_3) e criolita (Na_3AlF_6), conforme o esquema a seguir.



PERUZZO, F. M., CANTO, E. L. *Química: na abordagem do cotidiano*. v. 2. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2003, p. 131.

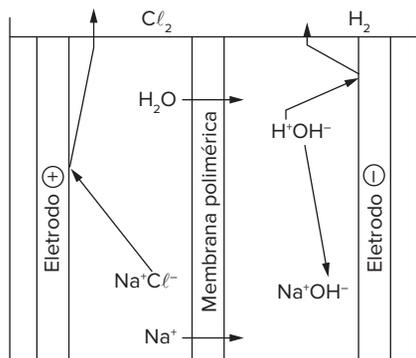
A partir do esquema, identifique as afirmativas corretas relativas a esse processo de fabricação de alumínio:

- O alumínio é gerado no cátodo da célula eletrolítica.
- O carbono é reduzido no ânodo da célula eletrolítica.
- O processo ocorre com a redução de Al^{3+} .
- O processo ocorre na superfície dos eletrodos de grafite.
- Os eletrodos de grafite são inertes.



Texto para a questão **68**.

Em 2005, a produção brasileira de cloro (Cl_2) e de soda ($NaOH$) atingiu a ordem de 1,3 milhão de toneladas. Um dos processos mais importantes usados na produção destas substâncias é baseado na eletrólise da salmoura (solução saturada de cloreto de sódio), empregando-se uma cuba eletrolítica formada por dois compartimentos separados por uma membrana polimérica, semipermeável. Além do cloro e da soda, forma-se gás hidrogênio.

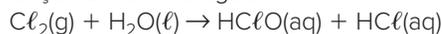


Reação global:



A Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece normas rígidas que permitem o emprego de hipoclorito de sódio ($NaClO$) e do ácido hipocloroso ($HClO$) no tratamento de água. A produção do hipoclorito de sódio é feita borbulhando-se gás cloro em uma solução aquosa de hidróxido de sódio. A reação do processo é $Cl_2(g) + 2 NaOH(aq) \rightarrow NaClO(aq) + NaCl(aq) + H_2O(l)$

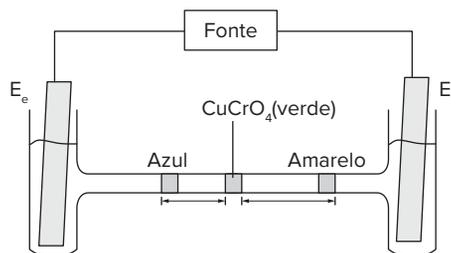
O ácido hipocloroso, ácido fraco com constante de dissociação $3 \cdot 10^{-8}$ a $20^\circ C$, pode ser formado pela reação do cloro e água:



68. FGV-SP Em relação ao processo eletrolítico para a produção de cloro e soda, é correto afirmar que:

- a) os íons Na^+ e as moléculas de H_2O migram através da membrana na direção do ânodo.
- b) forma-se gás hidrogênio no cátodo e gás cloro no ânodo.
- c) no cátodo, é formado o gás cloro através do recebimento de elétrons.
- d) os elétrons migram, através de contato elétrico externo, do polo negativo para o polo positivo da célula.
- e) para cada mol de gás hidrogênio formado, é necessário um mol de elétrons.

69. ITA-SP 2016 Considere uma célula eletrolítica na forma de um tubo em H, preenchido com solução aquosa de $NaNO_3$ e tendo eletrodos inertes mergulhados em cada ramo vertical do tubo e conectados a uma fonte externa. Num determinado instante, injeta-se uma solução aquosa de $CuCrO_4$ verde na parte central do ramo horizontal do tubo. Após algum tempo de eletrólise, observa-se uma mancha azul e uma amarela, separadas (em escala) de acordo com o esquema da figura.



Com base nas informações do enunciado e da figura, assinale a opção ERRADA.

- a) O eletrodo E_e corresponde ao ânodo.
- b) Há liberação de gás no E_d .
- c) Há liberação de H_2 no E_e .
- d) O íon cromato tem velocidade de migração maior que o íon cobre.
- e) O pH da solução em torno do E_d diminui.

70. ITA-SP 2018 O seguinte sistema eletroquímico é construído:

- I. Semicélula A constituída de placa de chumbo parcialmente imersa em uma solução aquosa de Pb^{2+} .

- II. Semicélula B constituída de placa de platina parcialmente imersa em uma solução aquosa X.
- III. As soluções aquosas das semicélulas A e B são conectadas por meio de uma ponte salina.
- IV. As placas metálicas das semicélulas A e B são conectadas por meio de fios condutores.

Considerando condições padrão e sabendo que o potencial padrão da semicélula A contra o eletrodo padrão de hidrogênio na temperatura de 25 °C é $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^{\circ} = -0,126 \text{ V}$, pedem-se:

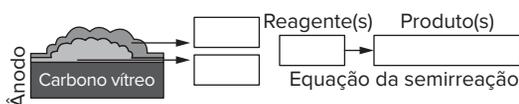
- a) Desenhe esquematicamente a célula eletroquímica construída.
- b) Considerando que a solução X é uma solução aquosa de HCl , escreva a semirreação anódica, a semirreação catódica e a reação global que ocorre nessa célula.
- c) Considerando, agora, que a solução X é uma solução aquosa de Fe^{2+} e Fe^{3+} e que a placa de chumbo é conectada ao terminal negativo de uma bateria e a placa de platina, ao terminal positivo, escreva a semirreação anódica, a semirreação catódica e a reação global que ocorre nessa célula.

71. Unicamp-SP 2019 A reação de evolução de oxigênio (REO) e a reação de evolução de cloro (REC) são dois processos eletroquímicos de alta relevância na decomposição da água para a conversão da energia solar e na produção de insumos químicos, respectivamente. Realizar esses dois processos separadamente é um grande desafio quando se trata do uso de água do mar. Assim começa o resumo de um estudo recente, em que pesquisadores investigaram a construção de um eletrodo para a eletrólise da água do mar em baixo valor de pH. Sabe-se que, nas condições avaliadas, o IrOx promove as duas reações (REO e REC) e é permeável a todas as espécies presentes na água do mar, ao passo que o MnOx não promove nenhuma das duas reações e é impermeável aos íons cloreto.

(Adaptado de *The Journal of the American Chemical Society*, v. 140, p. 10270-10281, 2018.)

- a) Do ponto de vista químico, por que utilizar a água do mar seria um desafio? E por que vencer esse desafio seria útil à sociedade?
- b) Os pesquisadores foram bem sucedidos no objetivo experimental ao empregar os dois óxidos na construção do ânodo para a eletrólise da água do mar. Complete os espaços em branco da figura abaixo utilizando as opções fornecidas, de forma a ilustrar corretamente o resultado obtido nesse estudo.

Completar utilizando as seguintes opções: IrO_x , MnO_x , H_2O , H^+ , H_2 , Cl_2 , Cl^- , e^- , O_2 .



72. ITA-SP (Adapt.) Um elemento galvânico, chamado de I, é constituído de dois eletrodos seguintes, separados por uma membrana porosa:

IA. Chapa de prata metálica, praticamente pura, mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de nitrato de prata.
 IB. Chapa de zinco metálico, praticamente puro mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de sulfato de zinco. Um outro elemento galvânico, chamado de II, é constituído de dois seguintes eletrodos, também separados por uma membrana porosa:

IIA. Chapa de cobre metálico, praticamente puro, mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de sulfato de cobre.
 IIB. Chapa de zinco metálico, praticamente puro, mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de sulfato de zinco. Os elementos galvânicos I e II são ligados em série de tal forma que o eletrodo IA é conectado ao IIA, enquanto o eletrodo IB é conectado ao IIB. As conexões são feitas através de fios de cobre. A respeito desta montagem

- I. faça um desenho esquemático dos elementos galvânicos I e II ligados em série. Neste desenho indique:
- II. quem é o elemento ativo (aquele que fornece energia elétrica) e quem é o elemento passivo (aquele que recebe energia elétrica),
- III. o sentido do fluxo de elétrons,
- IV. a polaridade de cada um dos eletrodos: IA, IB, IIA e IIB e
- V. as meias reações eletroquímicas balanceadas para cada um dos eletrodos.

73. PUC-SP Para obter potássio e cloro a partir de KCl sólido, deve-se fazer uma eletrólise com eletrodos inertes. Assinale a alternativa INCORRETA.

- a) Para que a eletrólise ocorra, é preciso fundir a amostra de KCl .
- b) O ânion Cl^- será oxidado no ânodo.
- c) O cátion K^+ será reduzido no cátodo.
- d) O potássio obtido deverá ser recolhido em recipiente contendo água para evitar o seu contato com o ar.
- e) Se os eletrodos fossem de cobre, o cloro formado reagiria com ele.

74. ITA-SP Em um processo de eletrodeposição de níquel, empregou-se um eletrodo ativo de níquel e um eletrodo de cobre, ambos parcialmente imersos em uma solução aquosa contendo sais de níquel (cloreto e sulfato) dissolvidos, sendo este eletrólito tamponado com ácido bórico. No decorrer do processo, conduzido à temperatura de 55 °C e pressão de 1 atm, o níquel metálico depositou-se sobre a superfície do eletrodo de cobre.

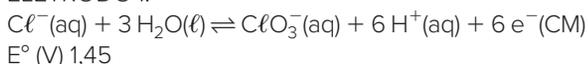
Considere que as seguintes afirmações sejam feitas:

- I. Ocorre formação de gás cloro no eletrodo de cobre.
 - II. A concentração de íons cobre aumenta na solução eletrolítica.
 - III. Ocorre formação de hidrogênio gasoso no eletrodo de níquel.
 - IV. O ácido bórico promove a precipitação de níquel na forma de produto insolúvel no meio aquoso.
- Com relação ao processo de eletrodeposição acima descrito, assinale a opção CORRETA.

- a) Todas as afirmações são verdadeiras.
- b) Apenas a afirmação IV é verdadeira.
- c) Apenas a afirmação III é falsa.
- d) Apenas as afirmações II e IV são falsas.
- e) Todas as afirmações são falsas.

75. ITA-SP Um dos métodos de síntese do clorato de potássio ($KClO_3$) é submeter uma solução de cloreto de potássio (KCl) a um processo eletrolítico, utilizando eletrodos de platina. São mostradas a seguir as semiequações que representam as semirreações em cada um dos eletrodos e os respectivos potenciais elétricos na escala do eletrodo de hidrogênio nas condições-padrão (E°):

ELETRODO I:

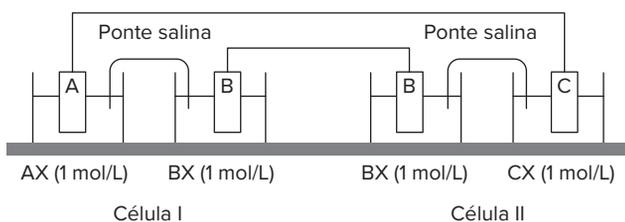


ELETRODO II:



- a) Faça um esquema da célula eletrolítica.
- b) Indique o cátodo.
- c) Indique a polaridade dos eletrodos.
- d) Escreva a equação que representa a reação química global balanceada.

76. ITA-SP Duas células (I e II) são montadas como mostrado na figura. A célula I consiste em uma placa A(c) mergulhada em uma solução aquosa 1 mol L^{-1} em AX, que está interconectada por uma ponte salina a uma solução 1 mol L^{-1} em BX, na qual foi mergulhada a placa B(c). A célula II consiste de uma placa B(c) mergulhada em uma solução aquosa 1 mol L^{-1} em BX, que está interconectada por uma ponte salina à solução 1 mol L^{-1} em CX, na qual foi mergulhada a placa C(c). Considere que durante certo período as duas células são interconectadas por fios metálicos, de resistência elétrica desprezível. Assinale a opção que apresenta a afirmação **ERRADA** a respeito de fenômenos que ocorrerão no sistema descrito.



► **Dados:**



- a) A massa da placa C aumentará.
- b) A polaridade da semicélula $B/B^+(aq)$ da célula II será negativa.
- c) A massa da placa A diminuirá.
- d) A concentração de $B^+(aq)$ na célula I diminuirá.
- e) A semicélula $A/A^+(aq)$ será o cátodo.

77. UEM-PR 2021 Torneiras de cozinha e banheiro são, geralmente, feitas de latão e recobertas por níquel por meio de uma reação química não espontânea conhecida por niquelação. De acordo com a semirreação abaixo e com base em conceitos de eletroquímica e de eletricidade, assinale o que for correto.



- 01 A niquelação ocorre por um processo de eletrólise.
- 02 O processo descrito é um tipo de galvanoplastia.
- 04 É possível determinar a massa de Ni depositada sobre a peça se conhecermos o tempo e a corrente elétrica empregados no processo de niquelação.
- 08 O aparelho utilizado para medir a corrente elétrica que passa pelo sistema em um determinado instante de tempo é o amperímetro.
- 16 A carga de 1F é suficiente para depositar 58,7 g de Ni(s) em uma peça.

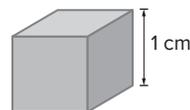
Soma:

78. Mackenzie-SP 2012 Pode-se niquelar (revestir com uma fina camada de níquel) uma peça de um determinado metal. Para esse fim, devemos submeter um sal de níquel(II), normalmente o cloreto, a um processo denominado eletrólise em meio aquoso. Com o passar do tempo, ocorre a deposição de níquel sobre a peça metálica a ser revestida, gastando-se certa quantidade de energia. Para que seja possível o depósito de 5,87 g de níquel sobre determinada peça metálica, o valor da corrente elétrica utilizada, para um processo de duração de 1 000 s, é de

► **Dados:** Constante de Faraday = 96 500 C;
Massas molares em (g/mol) Ni = 58,7

- a) 9,65 A. c) 15,32 A. e) 28,95 A.
- b) 10,36 A. d) 19,30 A.

79. Unesp 2020 Considere um cubo de aço inoxidável cujas arestas medem 1 cm.



Deseja-se recobrir as faces desse cubo com uma camada uniforme de cobre de $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$ de espessura. Para isso, o cubo pode ser utilizado como cátodo de uma cuba eletrolítica contendo íons $Cu^{2+}(aq)$. Admita que a eletrólise se realize sob corrente elétrica de 200 mA, que a constante de Faraday seja igual a $1 \cdot 10^5 \text{ C/mol}$ e que a densidade do cobre seja 9 g/cm^3 . Assim, estima-se que o tempo de eletrólise necessário para que se deposite no cubo a camada de cobre desejada será próximo de

- a) 17000 s. d) 4300 s.
- b) 2200 s. e) 3600 s.
- c) 8500 s.

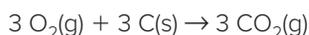
- 80. UEM-PR 2017** Com base nos conceitos fundamentais que regem a Eletricidade e a Eletroquímica, assinale o que for correto.
- 01** Metais alcalinos não são facilmente reduzidos, e por isso, para obtenção de sua forma metálica pura, faz-se necessário o uso de eletrólise.
- 02** A massa de uma substância depositada num eletrodo a partir de uma solução relaciona-se, através de uma proporção estequiométrica, com a quantidade de elétrons envolvidos na semirreação desse eletrodo.
- 04** A carga de 1 F, que corresponde à carga de 1 mol de elétrons, passando por um circuito contendo 200 g de Ag^+ em 1 litro de solução pode resultar na deposição de 1 mol de Ag^0 no eletrodo.
- 08** Sabendo-se que a carga elementar de um elétron é $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, uma partícula eletrizada positivamente com uma carga elétrica de $8 \cdot 10^{-14}$ C ganhou $2 \cdot 10^6$ elétrons.
- 16** A lâmpada incandescente comum (lâmpada de tungstênio), em desuso na atualidade, é um tipo de receptor resistivo.

Soma:



Texto para as questões **81** e **82**.

Metalurgia pode ser denominado como o processo que produz um metal a partir de seu minério. Na metalurgia do alumínio (processo Hall-Héroult) o alumínio pode ser produzido através da eletrólise ígnea da bauxita (que contém óxido de alumínio) com eletrodos de grafite. Reações:



$Q = i \cdot t$, 1 F = 96 500 C; $\text{Al} = 27$ g/mol; $\text{O} = 16$ g/mol; $\text{C} = 12$ g/mol.

- 81. Acafe-SC 2016** Qual o volume do dióxido de carbono formado medido nas CNTP na eletrólise de 102 g de óxido de alumínio?
- a) 11,2 L
b) 33,6 L
c) 67,2 L
d) 22,4 L
- 82. Acafe-SC 2016 (Adapt.)** Considere as informações e os conceitos químicos e analise as afirmações a seguir.
- I.** A produção do alumínio ocorre no ânodo.
II. O gás oxigênio é produzido no cátodo que reage com o grafite do eletrodo, formando gás carbônico.
III. À medida que a eletrólise acontece, ocorre a diminuição da massa do eletrodo de grafite.
IV. A eletrólise ígnea do óxido de alumínio, após 965 segundos com corrente elétrica (i) igual a 10 A, produz 0,9 g de alumínio.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas a afirmação III está correta.
b) Apenas I, II e III estão corretas.
c) Apenas III e IV estão corretas.
d) Apenas II e IV estão corretas.

- 83. Unesp 2017** Em um experimento, um estudante realizou, nas Condições Ambiente de Temperatura e Pressão (CATP), a eletrólise de uma solução aquosa de ácido sulfúrico, utilizando uma fonte de corrente elétrica contínua de 0,200 A durante 965 s. Sabendo que a constante de Faraday é 96 500 C/mol e que o volume molar de gás nas CATP é 25 000 mL/mol, o volume de $\text{H}_2(\text{g})$ despreendido durante essa eletrólise foi igual a
- a) 30,0 mL. c) 10,0 mL. e) 50,0 mL.
b) 45,0 mL. d) 25,0 mL.

- 84. IME-RJ 2012** O alumínio pode ser produzido industrialmente pela eletrólise do cloreto de alumínio fundido, o qual é obtido a partir do minério bauxita, cujo principal componente é o óxido de alumínio. Com base nas informações acima, calcule quantos dias são necessários para produzir 1,00 tonelada de alumínio puro, operando-se uma cuba eletrolítica com cloreto de alumínio fundido, na qual se faz passar uma corrente elétrica constante de 10,0 kA.

▶ Dado: 1 F = 96 500 C.

- 85. UEM-PR 2018** Assinale o que for correto.
- 01** Eletrólise é uma reação química que ocorre espontaneamente e que gera corrente elétrica.
02 Segundo a Lei de Faraday, para a eletrólise, o gráfico da massa de substância produzida em um eletrodo, como função da carga que circula na cela eletrolítica, deve ser uma reta.
04 Em uma eletrólise, ocorre reação de redução no ânodo e reação de oxidação no cátodo.
08 Sabendo-se que a semirreação que ocorre em um dos eletrodos de uma eletrólise é $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}^0(\text{s})$ a uma corrente de 193 A na cela eletrolítica, e que 1 mol de elétrons tem uma carga elétrica de 96 500 C, pode-se afirmar que será produzido 1 mol de Ni^0 em menos de 10 minutos.
16 É possível obter gás oxigênio e gás hidrogênio através da eletrólise da água.

Soma:

- 86. FPP-PR 2016** Eletrólise é uma reação não espontânea provocada pelo fornecimento de energia elétrica proveniente de um gerador (pilhas). A eletrólise possui muitas aplicações na indústria química, na produção de metais, como sódio, magnésio, potássio, alumínio etc., também na produção de não metais como cloro e o flúor e, ainda, substâncias como o hidróxido de sódio (soda cáustica) e peróxido de hidrogênio (água oxigenada) e a deposição de finas películas de metais sobre peças metálicas ou plásticas. Essa técnica

de deposição em metais é conhecida como galvanização. Os mais comuns são as deposições de cromo (cromagem), níquel (niquelagem), prata (prateação), ouro (dourar), usadas em grades, calotas de carros, emblemas, peças de geladeira, joias, aparelhos de som. É utilizada também na purificação ou refino eletrolítico de muitos metais, como cobre e chumbo e no processo de anodização, que nada mais é do que uma oxidação forçada da superfície de um metal para que seja mais resistente à corrosão.

Disponível em: <<http://www.soq.com.br/>>.

Temos como exemplo a eletrólise em série, com três cubas eletrolíticas, contendo respectivamente as seguintes soluções químicas: na primeira cuba, sulfato de cobre; na segunda cuba, cloreto de alumínio; e na terceira cuba, clorato de prata. Analisando o texto, assinale a alternativa que mostra a massa total dos metais, em gramas, depositados nessas três cubas eletrolíticas, ligadas em série, quando submetidas a uma corrente de 6 A durante um tempo de 0,672 horas.

- a) 22,368. c) 28,4. e) 30,15.
b) 27,3. d) 29,11.

87. ITA-SP Dependendo da natureza do meio, alcalino ou ácido, a corrosão de alumínio em meio aquoso pode ser representada pelas seguintes semiequações químicas:

- I. $Al(c) \rightleftharpoons Al^{3+}(aq) + 3 e^{-}(CM)$
II. $4 OH^{-}(aq) \rightleftharpoons O_2(aq) + 2 H_2O(l) + 4 e^{-}(CM)$
III. $H_2(g) \rightleftharpoons 2 H^{+}(aq) + 2 e^{-}(CM)$

Qual das opções abaixo contém a afirmação ERRADA a respeito do processo de corrosão do alumínio?

- a) A semiequação I representa a semirreação que ocorre em regiões da superfície de alumínio que funcionam como ânodos.
b) A semiequação II ou III representa a semirreação que ocorre em regiões da superfície de alumínio que funcionam como cátodos.
c) A quantidade de carga elétrica envolvida na corrosão de um mol de alumínio em meio alcalino é igual a $\frac{3}{4}F$.
d) A massa de alumínio dissolvida na corrosão em meio ácido envolvendo quantidade de carga elétrica igual a $\frac{3}{2}F$ é igual a 13 g.
e) Nas CNTP, o volume de hidrogênio produzido na corrosão de 1 mol de alumínio em meio ácido é igual a 34 L.

88. ITA-SP Uma solução aquosa de $NiSO_4$ é eletrolisada numa célula com eletrodos de platina, mediante a passagem de uma corrente elétrica constante de 268 mA, durante 1,0 hora. No cátodo, além da eletrodeposição de níquel, foi observada a formação de 11,2 mL (CNTP) de um certo gás. Assinale a opção que apresenta a razão percentual CORRETA entre a carga elétrica utilizada para a eletrodeposição de níquel e a carga elétrica total que circulou pelo sistema:

- a) 10 c) 50 e) 90
b) 25 d) 75

89. ITA-SP Uma tubulação de aço enterrada em solo de baixa resistividade elétrica é protegida, catodicamente, contra corrosão, pela aplicação de corrente elétrica proveniente de um gerador de corrente contínua. Considere os seguintes parâmetros:

- I. Área da tubulação a ser protegida: $480 m^2$;
II. Densidade de corrente de proteção: $10 mA/m^2$

Considere que a polaridade do sistema de proteção catódica seja invertida pelo período de 1 hora. Assinale a opção CORRETA que expressa a massa, em gramas, de ferro consumida no processo de corrosão, calculada em função de íons $Fe^{2+}(aq)$. Admita que a corrente total fornecida pelo gerador será consumida no processo de corrosão da tubulação.

- a) $1 \cdot 10^{-3}$ c) $3 \cdot 10^{-1}$ e) 20
b) $6 \cdot 10^{-2}$ d) 5

90. ITA-SP Um tanque de estocagem de produtos químicos foi revestido internamente com níquel puro para resistir ao efeito corrosivo de uma solução aquosa ácida contida em seu interior. Para manter o líquido aquecido, foi acoplado junto ao tanque um conjunto de resistores elétricos alimentados por um gerador de corrente contínua. Entretanto, uma falha no isolamento elétrico do circuito dos resistores promoveu a eletrificação do tanque, ocasionando um fluxo de corrente residual de intensidade suficiente para desencadear o processo de corrosão eletrolítica do revestimento metálico.

Admitindo-se que a superfície do tanque é constituída por uma monocamada de níquel com densidade atômica igual a $1,61 \cdot 10^{19}$ átomos m^{-2} e que a área superficial do tanque exposta à solução ácida é de $5,0 m^2$ calcule:

- a) a massa, expressa em gramas, de átomos de níquel que constituem a monocamada atômica do revestimento metálico.
b) o tempo necessário, expresso em segundos, para que a massa de níquel da monocamada atômica seja consumida no processo de dissolução anódica pela passagem da densidade de corrente de corrosão de $7,0 \mu A cm^{-2}$.

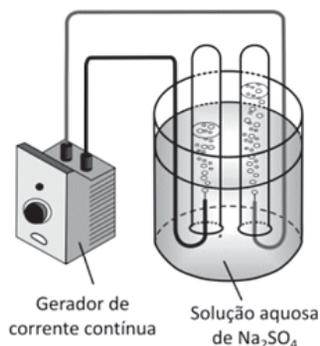
91. Enem A eletrólise é muito empregada na indústria com o objetivo de reaproveitar parte dos metais sucateados. O cobre, por exemplo, é um dos metais com maior rendimento no processo de eletrólise, com uma recuperação de aproximadamente 99,9%. Por ser um metal de alto valor comercial e de múltiplas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

Suponha que, em um processo de recuperação de cobre puro, tenha-se eletrolisado uma solução de sulfato de cobre(II) ($CuSO_4$) durante 3 h, empregando-se uma corrente elétrica de intensidade igual a 10 A. A massa de cobre puro recuperada é de aproximadamente

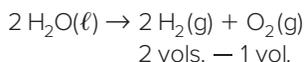
► **Dados:** Constante de Faraday $F = 96\,500 C/mol$;
Massa molar em g/mol: $Cu = 63,5$.

- a) 0,02 g. c) 2,40 g. e) 71,0 g.
b) 0,04 g. d) 35,5 g.

- 92. Fuvest-SP 2014** Em uma aula de laboratório de Química, a professora propôs a realização da eletrólise da água.



Após a montagem de uma aparelhagem como a da figura, e antes de iniciar a eletrólise, a professora perguntou a seus alunos qual dos dois gases, gerados no processo, eles esperavam recolher em maior volume. Um dos alunos respondeu: “O gás oxigênio deve ocupar maior volume, pois seus átomos têm oito prótons e oito elétrons (além dos nêutrons) e, portanto, são maiores que os átomos de hidrogênio, que, em sua imensa maioria, têm apenas um próton e um elétron”. Observou-se, porém, que, decorridos alguns minutos, o volume de hidrogênio recolhido era o dobro do volume de oxigênio (e essa proporção se manteve no decorrer da eletrólise), de acordo com a seguinte equação química:



- a) Considerando que a observação experimental não corresponde à expectativa do aluno, explique por que a resposta dada por ele está incorreta. Posteriormente, o aluno perguntou à professora se a eletrólise da água ocorreria caso a solução aquosa de Na_2SO_4 fosse substituída por outra. Em vez de responder diretamente, a professora sugeriu que o estudante repetisse o experimento, porém substituindo a solução aquosa de Na_2SO_4 por uma solução aquosa de sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$).
- b) O que o aluno observaria ao realizar o novo experimento sugerido pela professora? Explique.
- 93. ITA-SP 2014** Em um processo de eletrodeposição, níquel metálico é eletrodepositado no cátodo de uma célula eletrolítica e permanece coeso e aderido a esse eletrodo. Sabendo que a massa específica do níquel metálico ($\rho_{\text{Ni}, 25^\circ\text{C}}$) é igual a $8,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ e que a espessura total da camada eletrodepositada, medida no final do processo, foi de $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, calcule a densidade de corrente aplicada (admitida constante), expressa em $\text{A} \cdot \text{m}^{-2}$, considerando nesse processo uma eficiência de corrente de eletrodeposição de 100% e um tempo de operação total de 900 s.
- 94. ITA-SP** Cobre metálico exposto à atmosfera ambiente úmida sofre corrosão, com formação de cuprita (Cu_2O) sobre a sua superfície. Este fato é comprovado em laboratório com a aplicação de corrente elétrica,

proveniente de um gerador de corrente contínua, em um eletrodo de cobre (isento de óxido) imerso numa solução aquosa neutra de cloreto de potássio ($\text{pH} = 7$) contendo oxigênio gasoso (O_2) dissolvido. Considere que esse procedimento é realizado nas seguintes condições:

- I. Eletrodos metálicos empregados: cátodo de platina e ânodo de cobre.
- II. Área imersa do ânodo: $350,0 \text{ cm}^2$.
- III. Densidade de corrente aplicada: $10,0 \mu\text{A cm}^{-2}$.
- IV. Tempo de eletrólise: 50 s.

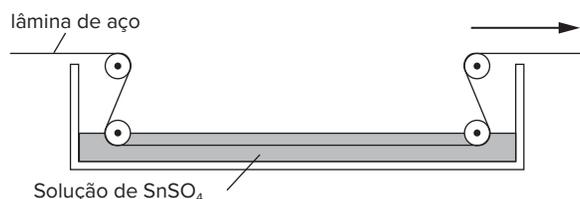
Baseado no procedimento experimental acima descrito:

- a) Escreva as equações químicas balanceadas que representam as reações envolvidas na formação da cuprita sobre cobre metálico.
- b) Calcule o valor numérico da massa de cuprita, expressa em g, formada sobre a superfície do ânodo.
- c) Sabendo que a massa específica média da cuprita é igual a $6,0 \text{ g cm}^{-3}$, calcule o valor numérico da espessura média, expressa em μm , desse óxido formado durante a eletrólise.

- 95. ITA-SP 2020** Uma barra de zinco foi soldada a um tubo de ferro fundido para protegê-lo contra a corrosão, estando ambos enterrados no solo. Sabendo que uma corrente constante de 0,02 A escoou entre os dois, responda:

- a) Qual é a semirreação que ocorre na superfície da barra de zinco?
- b) Como a reação descrita em (a) atua para proteger o ferro contra corrosão?
- c) Como se chama este sistema de proteção contra a corrosão?
- d) Qual deve ser a massa do metal consumida em 10 anos?

- 96. IME-RJ 2015** O esquema abaixo representa um projeto para uma instalação de estanhagem eletrolítica contínua de lâminas de aço alimentada por uma bobina de 1,0 m de largura.



Os dados operacionais da instalação são os seguintes:

- I. o eletrólito utilizado é uma solução ácida de sulfato estanoso;
- II. o estanho é depositado em ambas as faces da chapa;
- III. o potencial utilizado para a eletrólise é de 3,0 V;
- IV. a densidade de corrente aplicada é de 25 A/m^2 ;
- V. o rendimento da deposição é de 96,5%;
- VI. a velocidade de deslocamento da chapa é de 2 m/s ;
- VII. a espessura do filme de estanho formado em cada face deve ser de $8,48 \mu\text{m}$; e
- VIII. o diâmetro dos roletes pode ser desprezado.

Partindo desses dados, determine:

- a) o comprimento da lâmina imerso no eletrólito da célula; e
b) o consumo de energia em kWh por km de lâmina estanhada.

97. Uece 2018 Walther Hermann Nernst, físico-químico alemão (1864-1941), contribuiu significativamente para o desenvolvimento da físico-química moderna. Entre as suas contribuições está a importantíssima equação de Nernst, que é utilizada para determinar

- a) a ddp de uma pilha em um dado momento do seu funcionamento.
b) a massa final de produtos de uma eletrólise.
c) o volume de um gás produzido em uma eletrólise.
d) o potencial de redução de um metal.

98. ITA-SP 2012 Assinale a opção que corresponde, aproximadamente, ao produto de solubilidade do $\text{AgCl}(c)$ em água nas condições-padrão, sendo dados: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(c)$; $E^\circ = 0,799 \text{ V}$ e $\text{AgCl}(c) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(c) + \text{Cl}^-(\text{aq})$; $E^\circ = 0,222 \text{ V}$, em que E° é o potencial do eletrodo em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio nas condições-padrão.

- a) $1 \cdot 10^{18}$ c) $1 \cdot 10^{-5}$ e) $1 \cdot 10^{10}$
b) $1 \cdot 10^{-10}$ d) $1 \cdot 10^5$

99. ITA-SP 2012 Considere os seguintes potenciais de eletrodo em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio nas condições-padrão:

$$(E^\circ): E^\circ_{\text{M}^{3+}/\text{M}^{2+}} = 0,80 \text{ V} \text{ e } E^\circ_{\text{M}^{2+}/\text{M}^0} = -0,20 \text{ V}.$$

Assinale a opção que apresenta o valor, em V, de $E^\circ_{\text{M}^{3+}/\text{M}^0}$.

- a) $-0,33$ c) $+0,13$ e) $+1,00$
b) $-0,13$ d) $+0,33$

100. ITA-SP Assinale a opção CORRETA que apresenta o potencial de equilíbrio do eletrodo Al^{3+}/Al , em volt, na escala do eletrodo de referência de cobre-sulfato de cobre, a temperatura de 25°C , calculado para uma concentração do íon alumínio de $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

► **Dados:** Potenciais de eletrodo padrão do cobre-sulfato de cobre ($E^\circ_{\text{CuSO}_4/\text{Cu}}$) e do alumínio ($E^\circ_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}$), na escala do eletrodo de hidrogênio, nas condições-padrão:

$$E^\circ_{\text{CuSO}_4/\text{Cu}} = 0,310 \text{ V}; \quad E^\circ_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} = -1,67 \text{ V}.$$

- a) $-1,23$ c) $-1,42$ e) $-2,04$
b) $-1,36$ d) $-1,98$

101. ITA-SP Uma barra de ferro e um fio de platina, conectados eletricamente a um voltímetro de alta impedância, são parcialmente imersos em uma mistura de soluções aquosas de FeSO_4 ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$) e HCl isenta de oxigênio. Um fluxo de gás hidrogênio é mantido constante sobre a parte imersa da superfície da platina, com pressão nominal (P_{H_2}) de $1,0 \text{ atm}$, e a força eletromotriz medida a 25°C é igual a $0,292 \text{ V}$.

Considerando-se que ambos os metais são quimicamente puros e que a platina é o polo positivo do elemento galvânico formado, assinale a opção CORRETA que apresenta o valor calculado do pH desse meio aquoso.

► **Dados:** $E^\circ_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,000 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^0} = -0,440 \text{ V}$

- a) 0,75 c) 1,75 e) 3,25
b) 1,50 d) 2,50

102. ITA-SP Uma chapa metálica de cobre recoberta com uma camada passiva de óxido de cobre(II) é imersa em um recipiente de vidro contendo água destilada acidificada ($\text{pH} = 4$) e gás oxigênio (O_2) dissolvido, sendo a temperatura e a pressão deste sistema iguais a 25°C e 1 atm , respectivamente. Admitindo-se que a concentração inicial de equilíbrio dos íons de cobre(II) na solução aquosa é de $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ e, considerando que, nessas condições, a camada de óxido que envolve o metal pode ser dissolvida:

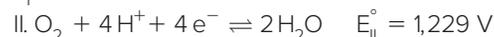
- a) Escreva a equação química balanceada da reação que representa o processo de corrosão do $\text{Cu}_2\text{O}(s)$ no referido meio líquido com o $\text{O}_2(g)$ dissolvido.
b) Determine o valor numérico da pressão de oxigênio, expresso em atm, a partir do qual o $\text{Cu}_2\text{O}(s)$ apresenta tendência termodinâmica de sofrer corrosão espontânea no meio descrito acima.

► **Dados:** $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}_2\text{O}} = 0,20 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,23 \text{ V}$

103. ITA-SP 2018 Considere as seguintes semirreações de oxirredução e seus respectivos potenciais padrão na escala do eletrodo padrão de hidrogênio (EPH):



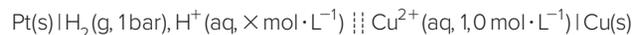
$$E^\circ_{\text{I}} = 0,085 \text{ V}$$



Assinale a opção que apresenta a afirmação ERRADA sobre uma célula eletroquímica em que a semirreação I ocorre no ânodo e a semirreação II, no cátodo.

- a) A reação global é exotérmica.
b) Trata-se de uma célula a combustível.
c) O potencial padrão da célula é de $1,144 \text{ V}$.
d) O trabalho máximo que pode ser obtido é, em módulo, de $4 171 \text{ kJ}$ por mol de etanol.
e) A célula converte energia livre da reação de combustão do etanol em trabalho elétrico.

104. ITA-SP 2017 A 25°C , o potencial da pilha descrita abaixo é de $0,56 \text{ V}$. Sendo $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$, assinale a opção que indica aproximadamente o valor do pH da solução.



- a) 6,5 c) 3,7 e) 1,5
b) 5,7 d) 2,0

- 105. ITA-SP 2015** É de 0,76 V a força eletromotriz padrão, E° , de uma célula eletroquímica, conforme a reação



Na concentração da espécie de Zn^{2+} igual a $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e pressão de H_2 de 1,0 bar, a 25°C , foi verificado que a força eletromotriz da célula eletroquímica é de 0,64 V. Nestas condições, assinale a concentração de íons H^+ em mol L^{-1} .

- a) $1,0 \cdot 10^{-12}$
- b) $4,2 \cdot 10^{-4}$
- c) $1,0 \cdot 10^{-4}$
- d) $1,0 \cdot 10^{-2}$
- e) $2,0 \cdot 10^{-2}$

- 106. ITA-SP 2014** Água líquida neutra ($\text{pH} = 7,0$), inicialmente isenta de espécies químicas dissolvidas, é mantida em um recipiente de vidro aberto e em contato com a atmosfera ambiente sob temperatura constante. Admitindo-se que a pressão parcial do oxigênio atmosférico seja igual a 0,2 atm e sabendo-se que esse gás é solúvel em $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ e que o sistema está em equilíbrio à temperatura de 25°C , pedem-se:

- a) escrever a equação química balanceada da semirreação que representa o processo de redução de oxigênio gasoso em meio de água líquida neutra e aerada.
- b) determinar o potencial de eletrodo (VEPH), à temperatura de 25°C , da semirreação obtida no item (a), considerando as condições estabelecidas no enunciado desta questão.
- c) determinar o valor numérico, expresso em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, variação de energia livre de Gibbs padrão (ΔG°) da semirreação eletroquímica do item (a).

► **Dados:** $E^\circ_{\text{O}_2/\text{OH}^-} = 0,401 \text{ V}_{\text{EPH}}$

V_{EPH} = volt na escala padrão do hidrogênio

$\log = \ln/2,303 \quad 0,2 = 10^{(0,30-1)}$

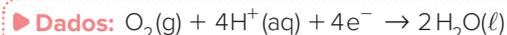
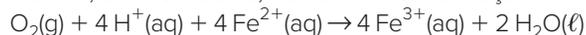
- 107. ITA-SP 2014** Considere uma célula a combustível alcalina (hidrogênio-oxigênio) sobre a qual são feitas as seguintes afirmações:

- I. Sob condição de consumo de carga elétrica, a voltagem efetiva de serviço desse dispositivo eletroquímico é menor que a força eletromotriz da célula.
- II. O combustível (hidrogênio gasoso) é injetado no compartimento do ânodo e um fluxo de oxigênio gasoso alimenta o cátodo dessa célula eletroquímica.
- III. Sendo o potencial padrão dessa célula galvânica igual a 1,229 VEPH (volt na escala padrão do hidrogênio), a variação de energia livre de Gibbs padrão (ΔG°) da reação global do sistema redox atuante é igual a $-237,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

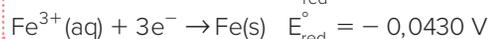
Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- a) I.
- b) I, II e III.
- c) I e III.
- d) II.
- e) II e III.

- 108. IME-RJ 2017** Com base nos potenciais-padrão de redução (E°_{red}) disponíveis abaixo, determine a constante de equilíbrio para a oxidação do íon Fe^{2+} por oxigênio, a 25°C , em meio ácido, de acordo com a reação:



$E^\circ_{\text{red}} = + 1,23 \text{ V}$



- 109. Fuvest-SP** A constante do equilíbrio $\text{Co}(\text{s}) + \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s}) + \text{Co}^{2+}(\text{aq})$, em termos de concentrações em mol/L, a 25°C , é igual a 10.

- a) Escreva a expressão matemática dessa constante de equilíbrio.

A 25°C , monta-se uma pilha na qual um dos eletrodos é uma barra de cobalto mergulhada numa solução de sulfato de cobalto, e outro eletrodo é uma barra de níquel mergulhada numa solução de sulfato de níquel. As soluções estão ligadas por meio de uma ponte salina e o circuito é fechado por um voltímetro.

- b) Qual é o polo positivo da pilha quando as soluções de $\text{Co}^{2+}(\text{aq})$ e $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ têm, ambas, concentração igual a $1,0 \text{ mol/L}$?
- c) Qual será a relação entre as concentrações de $\text{Co}^{2+}(\text{aq})$ e $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ quando esta pilha deixar de funcionar?

Justifique as respostas dos itens b e c, utilizando argumentos de constante de equilíbrio.

- 110. ITA-SP (Adapt.)** Um elemento galvânico é constituído dos eletrodos abaixo especificados e separados por uma ponte salina.

ELETRODO I: placa de chumbo metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol/L de nitrato de chumbo.

ELETRODO II: sulfato de chumbo sólido prensado contra uma “peneira” de chumbo metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol/L de ácido sulfúrico. Nas condições-padrão, o potencial de cada um destes eletrodos, em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio, é:

$$E^\circ_{(\text{Pb}/\text{Pb}^{2+})} = - 0,1264 \text{ V (ELETRODO I)}$$

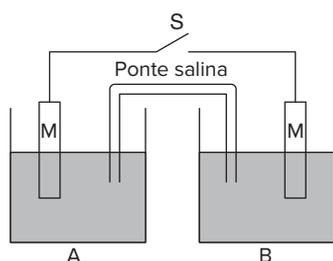
$$E^\circ_{(\text{Pb}/\text{PbSO}_4, \text{SO}_4^{2-})} = - 0,3546 \text{ V (ELETRODO II)}$$

Considere o elemento galvânico anterior, mas substitua a solução aquosa de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ do ELETRODO I por uma solução aquosa $1,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, e a solução aquosa de H_2SO_4 do ELETRODO II por uma solução aquosa $1,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ de H_2SO_4 . Considere também que a temperatura permanece constante e igual a 25°C .

- a) Determine a força eletromotriz deste novo elemento galvânico. Mostre os cálculos realizados. Agora, considerando que circula corrente elétrica no novo elemento galvânico, responda:

- b) Qual dos eletrodos, ELETRODO I ou ELETRODO II, será o ânodo?
- c) Qual dos eletrodos será o polo positivo do novo elemento galvânico?
- d) Qual o sentido do fluxo de elétrons que circula no circuito externo?
- e) Escreva a equação química balanceada da reação que ocorre neste novo elemento galvânico.

- 111. ITA-SP** Considere o elemento galvânico mostrado na figura a seguir. O semielemento A contém uma solução aquosa, isenta de oxigênio, $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{2+} e $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{3+} . O semielemento B contém uma solução aquosa, também isenta de oxigênio, $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{2+} e $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{3+} . M é um condutor metálico (platina). A temperatura do elemento galvânico é mantida constante num valor igual a 25°C .



A partir do instante em que a chave “S” é fechada, considere as seguintes afirmações:

- I. O sentido convencional de corrente elétrica ocorre do semielemento B para o semielemento A.
- II. Quando a corrente elétrica for igual a zero, a relação de concentrações $[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})] / [\text{Fe}^{2+}(\text{aq})]$ tem o mesmo valor tanto no semielemento A como no semielemento B.
- III. Quando a corrente elétrica for igual a zero, a concentração de $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ no semielemento A será menor do que $0,3 \text{ mol L}^{-1}$.
- IV. Enquanto o valor da corrente elétrica for diferente de zero, a diferença de potencial entre os dois semielementos será maior do que $0,118 \log(3/2)$.
- V. Enquanto a corrente elétrica flui pelo circuito, a relação entre as concentrações $[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})] / [\text{Fe}^{2+}(\text{aq})]$ permanece constante nos dois semielementos.

Das afirmações feitas, estão **CORRETAS**

- a) apenas I, II e III. d) apenas IV e V.
 b) apenas I, II e IV. e) todas.
 c) apenas III e V.

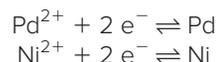
- 112. ITA-SP** Considere um elemento galvânico formado pelos dois eletrodos (I e II), abaixo especificados e mantidos separados por uma ponte salina:

- Eletrodo I: chapa retangular de zinco metálico, parcialmente mergulhada em uma solução aquosa $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ de cloreto de zinco;
- Eletrodo II: chapa retangular de platina metálica, parcialmente mergulhada em uma solução aquosa de ácido clorídrico de $\text{pH} = 2$, isenta de oxigênio e sob pressão parcial de gás hidrogênio de $0,5 \text{ atm}$.

Assinale a opção CORRETA que expressa o valor calculado aproximado, na escala do eletrodo padrão de hidrogênio (EPH), da força eletromotriz, em volt, desse elemento galvânico atuando à temperatura de 25°C , sabendo-se que $\log 2 = 0,3$ e $E^\circ_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,76 \text{ V (EPH)}$.

- a) 0,54 c) 0,74 e) 0,94
 b) 0,64 d) 0,84

- 113. Fuvest-SP** Foi montada uma pilha em que o polo positivo era constituído por um bastão de paládio, mergulhado numa solução de cloreto de paládio, e o polo negativo, por um bastão de níquel, mergulhado numa solução de sulfato de níquel. As semirreações que representam os eletrodos são:



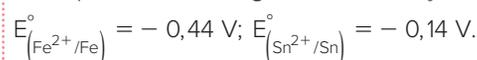
- a) Escreva a equação que representa a reação química que ocorre quando a pilha está funcionando (sentido espontâneo).
- b) O que acontece com as concentrações de Pd^{2+} e Ni^{2+} durante o funcionamento da pilha? Explique.
- c) Os dados da tabela a seguir sugerem que o princípio de Le Chatelier se aplica à reação química que acontece nessa pilha. Explique por quê.

Experimento	$[\text{Pd}^{2+}]/\text{mol L}^{-1}$	$[\text{Ni}^{2+}]/\text{mol L}^{-1}$	E/V
A	1,00	0,100	1,27
B	1,00	1,00	1,24
C	0,100	1,00	1,21

E = diferença de potencial elétrico

- 114. ITA-SP** Um elemento galvânico é constituído por uma placa de ferro e por uma placa de estanho, de mesmas dimensões, imersas em uma solução aquosa $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ de ácido cítrico. Considere que esta solução: contém íons ferrosos e estanosos; é ajustada para $\text{pH} = 2$; é isenta de oxigênio; e é mantida nas condições ambientes. Sabendo-se que o ânion citrato reage quimicamente com o cátion $\text{Sn}^{2+}(\text{aq})$, diminuindo o valor do potencial de eletrodo do estanho, determine o valor numérico da relação entre as concentrações dos cátions $\text{Sn}^{2+}(\text{aq})$ e $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$, $([\text{Sn}^{2+}]/[\text{Fe}^{2+}])$, a partir do qual o estanho passa a se comportar como o ânodo do par galvânico.

► **Dados:** Potenciais de eletrodo em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio nas condições-padrão:



- 115. ITA-SP** Um elemento galvânico é constituído pelos eletrodos a seguir especificados, ligados por uma ponte salina e conectados a um voltímetro de alta impedância. Eletrodo I: fio de platina em contato com 500 mL de solução aquosa $0,010 \text{ mol L}^{-1}$ de hidróxido de potássio; Eletrodo II: fio de platina em contato com 180 mL de solução aquosa $0,225 \text{ mol L}^{-1}$ de ácido perclórico

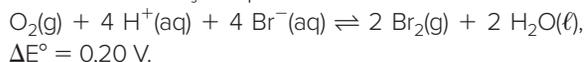
adicionado a 320 mL de solução aquosa $0,125 \text{ mol L}^{-1}$ de hidróxido de sódio.

Admite-se que a temperatura desse sistema eletroquímico é mantida constante e igual a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ e que a pressão parcial do oxigênio gasoso (P_{O_2}) dissolvido é igual a 1 atm. Assinale a opção CORRETA com o valor calculado na escala do eletrodo padrão de hidrogênio (EPH) da força eletromotriz, em volt, desse elemento galvânico.

► **Dados:** $E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,23 \text{ V (EPH)}$;
 $E^\circ_{\text{O}_2/\text{OH}^-} = 0,40 \text{ V (EPH)}$.

- a) 1,17 c) 0,75 e) 0,46
 b) 0,89 d) 0,53

- 116. ITA-SP** Considere a reação química representada pela equação a seguir e sua respectiva força eletromotriz nas condições-padrão:



Agora, considere que um recipiente contenha todas as espécies químicas dessa equação, de forma que todas as concentrações sejam iguais às das condições-padrão, exceto a de H^+ . Assinale a opção que indica a faixa de pH na qual a reação química ocorrerá espontaneamente.

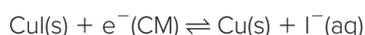
- a) $2,8 < \text{pH} < 3,4$ d) $5,8 < \text{pH} < 6,4$
 b) $3,8 < \text{pH} < 4,4$ e) $6,8 < \text{pH} < 7,4$
 c) $4,8 < \text{pH} < 5,4$

- 117. IME-RJ 2019** Sabe-se que o íon cobre(II) tem tendência a reagir quase que totalmente com a amônia, em meio aquoso, formando o íon $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. A constante de equilíbrio dessa reação, denominada **constante de formação** (K_f), permite avaliar a estabilidade desse íon na solução.

Considere uma célula voltaica, a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ em que uma semicélula é constituída por uma haste de cobre mergulhada em 50,0 mL de solução aquosa $0,20 \text{ mol/L}$ de CuSO_4 e a outra por uma haste de ferro mergulhada em 50,0 mL de solução aquosa $0,25 \text{ mol/L}$ de FeSO_4 . Adicionando-se 50,0 mL de solução aquosa $2,80 \text{ mol/L}$ de NH_3 ao compartimento que contém CuSO_4 obtém-se uma **fem** de $0,387 \text{ V}$ na célula. Determine a constante de formação do $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

► **Dados:** $10^{0,4} = 2,5$
 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu} \quad \Delta E^\circ_{\text{red}} = +0,34 \text{ V}$
 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe} \quad \Delta E^\circ_{\text{red}} = -0,46 \text{ V}$
 Equação de Nernst: $E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q$

- 118. ITA-SP** Calcule o valor do potencial elétrico na escala do eletrodo de hidrogênio nas condições-padrão (E°) da semiequação química



Dados eventualmente necessários:

Produto de solubilidade do $\text{CuI}(\text{s})$: $K_{\text{ps}}(\text{CuI}) = 1,0 \cdot 10^{-12}$
 Semiequações químicas e seus respectivos potenciais elétricos na escala do eletrodo de hidrogênio nas condições-padrão (E°):

- I. $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^-(\text{CM}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}); E^\circ_1 = 0,15 \text{ V}$
 II. $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-(\text{CM}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}); E^\circ_{\text{II}} = 0,34 \text{ V}$
 III. $\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^-(\text{CM}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}); E^\circ_{\text{III}} = 0,52 \text{ V}$
 IV. $\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^-(\text{CM}) \rightleftharpoons 2 \text{I}^-(\text{aq}); E^\circ_{\text{IV}} = 0,54 \text{ V}$

- 119. ITA-SP** Um elemento galvânico é constituído pelos eletrodos a seguir especificados, ligados por uma ponte salina e conectados a um multímetro de alta impedância.

Eletrodo A: Placa de chumbo metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol L^{-1} de nitrato de chumbo.

Eletrodo B: Placa de níquel metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol L^{-1} de sulfato de níquel.

Após estabelecido o equilíbrio químico nas condições-padrão, determina-se a polaridade dos eletrodos. A seguir, são adicionadas pequenas porções de KI sólido ao **Eletrodo A**, até que ocorra a inversão de polaridade do elemento galvânico.

Dados eventualmente necessários:

Produto de solubilidade de PbI_2 : $K_{\text{ps}}(\text{PbI}_2) = 8,5 \cdot 10^{-9}$
 Potenciais de eletrodo em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio nas condições-padrão:

$$E^\circ_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = -0,13 \text{ V};$$

$$E^\circ_{\text{Ni}/\text{Ni}^{2+}} = -0,25 \text{ V};$$

$$E^\circ_{\text{I}^-/\text{I}_2} = 0,53 \text{ V}$$

Assinale a opção que indica a concentração CORRETA de KI, em mol L^{-1} , a partir da qual se observa a inversão de polaridade dos eletrodos nas condições-padrão.

- a) $1 \cdot 10^{-2}$ c) $1 \cdot 10^{-4}$ e) $1 \cdot 10^{-6}$
 b) $1 \cdot 10^{-3}$ d) $1 \cdot 10^{-5}$

- 120. Fuvest-SP** Constrói-se uma pilha formada por:

- um eletrodo, constituído de uma placa de prata metálica, mergulhada em uma solução aquosa de nitrato de prata de concentração $0,1 \text{ mol/L}$.
- outro eletrodo, constituído de uma placa de prata metálica, recoberta de cloreto de prata sólido, imersa em uma solução aquosa de cloreto de sódio de concentração $0,1 \text{ mol/L}$.
- uma ponte salina de nitrato de potássio aquoso, conectando esses dois eletrodos.

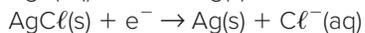
Constrói-se outra pilha, semelhante à primeira, apenas substituindo-se $\text{AgCl}(\text{s})$ por $\text{AgBr}(\text{s})$ e $\text{NaCl}(\text{aq})$, $0,1 \text{ mol/L}$ por $\text{NaBr}(\text{aq})$, $0,1 \text{ mol/L}$.

Em ambas as pilhas, quando o circuito elétrico é fechado, ocorre produção de energia.

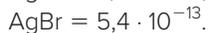
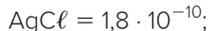
- a) Dê a equação global da reação da primeira pilha. Justifique o sentido em que a transformação se dá.

- b) Dê a equação da semirreação que ocorre no polo positivo da primeira pilha.
- c) Qual das pilhas tem maior força eletromotriz? Justifique sua resposta com base nas concentrações iônicas iniciais presentes na montagem dessas pilhas e na tendência de a reação da pilha atingir o equilíbrio.

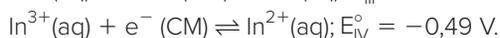
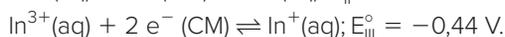
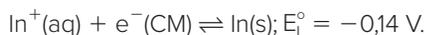
Para a primeira pilha, as equações das semirreações de redução, em meio aquoso, são:



Produtos de solubilidade:



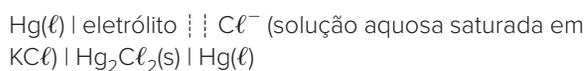
121. **ITA-SP** Considere os eletrodos representados pelas semiequações químicas seguintes e seus respectivos potenciais na escala do eletrodo de hidrogênio (E°) e nas condições-padrão:



Assinale a opção que contém o valor CORRETO do potencial-padrão do eletrodo representado pela semiequação $\text{In}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^-(\text{CM}) \rightleftharpoons \text{In}(\text{s})$.

- a) $-0,30 \text{ V.}$ d) $-1,03 \text{ V.}$
 b) $-0,34 \text{ V.}$ e) $-1,47 \text{ V.}$
 c) $-0,58 \text{ V.}$

122. **ITA-SP** Considere o elemento galvânico representado por:



- a) Preveja se o potencial do eletrodo representado no lado direito do elemento galvânico será maior, menor ou igual ao potencial desse mesmo eletrodo nas condições-padrão. **JUSTIFIQUE** sua resposta.
- b) Se o eletrólito no eletrodo à esquerda do elemento galvânico for uma solução $0,002 \text{ mol L}^{-1}$ em $\text{Hg}^{2+}(\text{aq})$, preveja se o potencial desse eletrodo será maior, menor ou igual ao potencial desse mesmo eletrodo nas condições-padrão. **JUSTIFIQUE** sua resposta.
- c) **FAÇA** um esboço gráfico da forma como a força eletromotriz do elemento galvânico (ordenada) deve variar com a temperatura (abscissa), no caso em que o eletrodo do lado esquerdo do elemento galvânico seja igual ao eletrodo do lado direito nas condições-padrão.

BNCC em foco

EM13CNT307

1. Quando se trata de avanços tecnológicos, a Química frequentemente está presente. Um exemplo é a produção de recobrimentos que minimizam ou impedem a corrosão do aço. O uso do cromo hexavalente para a proteção de estruturas metálicas foi considerado durante muito tempo uma importante solução para esse fim, até serem descobertos os potenciais carcinogênicos da inalação de Cr^{6+} . Outros metais podem ser utilizados para a mesma finalidade, desde que apresentem as características esperadas de um metal protetor contra corrosão. Uma dessas características é que
- o potencial de redução do metal de proteção deve ser sempre maior que do Fe.
 - os óxidos formados pelo metal de proteção devem ser pouco solúveis em água.
 - os óxidos formados pelo metal de proteção devem ser muito solúveis em água.
 - os metais de sacrifício não toquem a chapa de aço, para não sofrerem oxidação.
 - os metais usados como proteção tenham número de oxidação maior que do Fe.

EM13CNT307

2. Uma empresa petrolífera está construindo tubulações de óleo combustível na costa do estado de São Paulo, e precisa que o óleo seja transportado a 60°C devido à sua viscosidade. A tubulação foi projetada para ser aérea, ou seja, exposta às intempéries. Considerando a possibilidade de corrosão da tubulação, feita de aço, uma das ideias apresentadas para protegê-la foi utilizar metais de sacrifício soldados na parte externa da tubulação. Apresente vantagens e desvantagens dessa técnica.

EM13CNT309

3. A reação de redução de CO_2 pode ser uma tecnologia a ser aplicada no sentido de diminuir a presença desse gás na atmosfera. Um dos tipos de redução eletroquímica aplicada ao dióxido de carbono é a produção de eteno, gás com aplicações industriais na produção de polímeros. A semirreação de redução eletroquímica do CO_2 para produção de eteno pode ser observada a seguir:



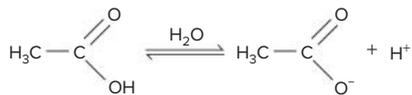
Essa tecnologia é interessante por diversos motivos, entre eles um relacionado à matriz energética mundial e outro relacionado à produção de bens materiais. Descreva as vantagens desse procedimento em relação aos fatores apresentados.

Frente 1

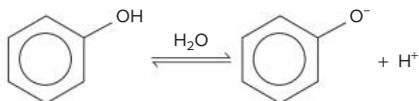
Capítulo 9 – Caráter ácido-básico de substâncias orgânicas

Revisando

1. a)



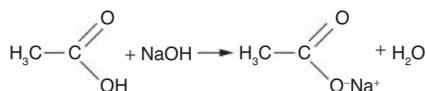
b)



2. A expressão do K_a é feita no sentido direto da equação: com os produtos sobre os reagentes.

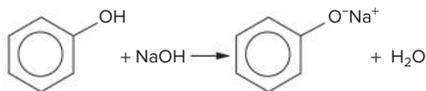
$$K_a = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}^+]}{[\text{HCOOH}]}$$

3.

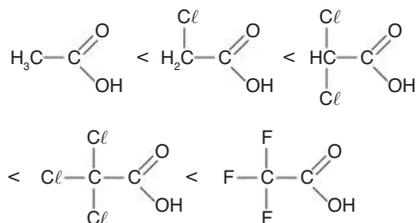


O átomo de hidrogênio (H) do ácido se une à hidroxila (OH) da base para a formação de água (H_2O).

4.



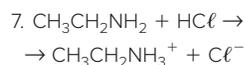
5.



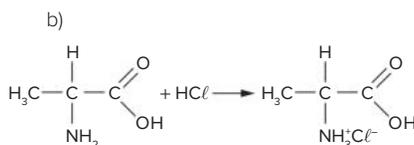
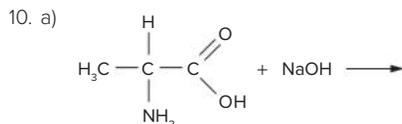
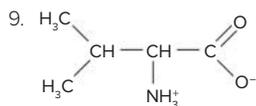
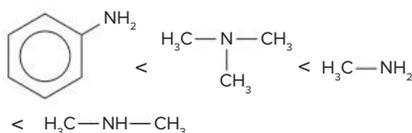
6. c) < a) < b)

O grupo etil, ligado ao anel aromático em c), repele elétrons em direção a esse anel, o que diminui a polaridade da ligação O-H.

O bromo, bastante eletronegativo, aumenta a polaridade da ligação O-H.



8.



Exercícios propostos

- C
- V; F; F; V; V
- C
- C
- E
- C
- C
- D
- F; V; V; V; V
- A
- A
- C
- D
- D
- B
- B
- D
- E
- B
- D

Exercícios complementares

- D
- D
- D
- Soma: $01 + 16 = 17$
- B
- C
- a) Quanto maior o valor de K_a , maior a força do ácido: I < III < IV < II
- b) O cloro é bastante eletronegativo, gerando efeito indutivo de atração de elétrons. Isso polariza ainda mais a ligação O-H, o que facilita a saída de H^+ , aumentando a força do ácido.
- B

9. E

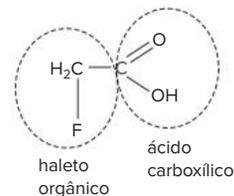
10. a) Ácido 1-propanoico < Ácido 1-butanoico < Ácido acético < Ácido fórmico

b) $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]}$

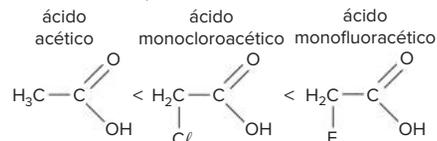
11. Soma: $04 + 16 = 20$

12. Soma: $02 + 08 + 32 = 42$

13. a)



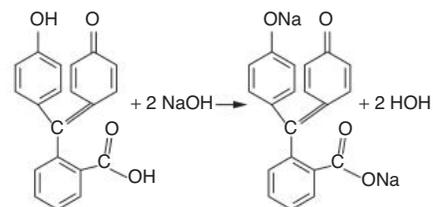
b) Quanto maior a eletronegatividade do grupo ligado ao segundo carbono da cadeia do derivado do ácido acético, maior será o efeito indutivo e maior a acidez do composto. Como o flúor é mais eletronegativo do que o cloro e o hidrogênio, teremos a ordem apresentada.



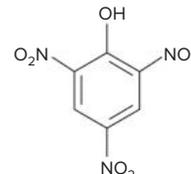
14. trifluorometanosulfônico > metassulfônico > trifluoroacético > tricloroacético > fluoroacético

15. a) Podem agir como ácidos de Brønsted-Lowry (doar prótons) as funções ácido carboxílico e fenol.

b) Teremos:



16. Fórmula estrutural do 2,4,6-trinitrofenol



O fenol apresenta, em sua estrutura, três grupos nitro ($-\text{NO}_2$), que têm um forte efeito indutivo, facilitando a ionização do fenol e aumentando seu caráter ácido.

- C
- C
- D
- E
- C

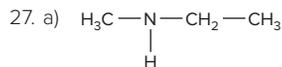
22. V; F; F; V; F

23. F; V; V; F; V

24. E

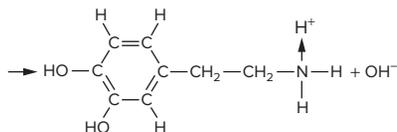
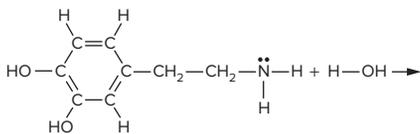
25. A

26. Soma: 02 + 16 = 18



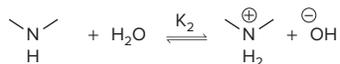
b) 1-aminopropano e 2-aminopropano

28. Com base no conceito de Lewis:



A amina apresenta caráter básico, pois apresenta um par de elétrons livres no nitrogênio e, com isso, atua como receptor de H^+ .

29. a) $K_2 > K_1$

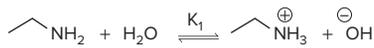


A dimetilamina possui dois grupos metil ligados ao átomo de nitrogênio, o que, por efeito indutivo, deixa mais disponíveis os pares de elétrons para reagir com a água.

b) Massa molecular da etilamina:

$$\text{C}_2\text{H}_7\text{N} = 45 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{etilamina}} = 2,25\text{g} / 45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,05 \text{ mol}$$



$$0,05 \text{ mol} - x \qquad \qquad \qquad x \qquad \qquad x$$

$$x = 0,05 \text{ mol} \cdot 0,10 = 0,005 \text{ mol}$$

$$M_{\text{NaOH}} = 0,005 \text{ mol} / 0,500 \text{ L} = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

30. a) A presença dos grupos amina e amida permite que a molécula receba prótons (H^+) da água, o que configura o caráter básico da cafeína.

b) Teremos:

$$\text{Fórmula molecular da frutose: } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 180 \text{ g/mol}$$

$$180 \text{ g/mol} \text{ --- } 100\%$$

$$72 \text{ g/mol} \text{ --- } p_{\text{carbono}}$$

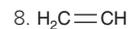
$$p_{\text{carbono}} = 40\%$$

BNCC em foco

- Os fenóis têm caráter ácido e sofrem ionização parcial em solução aquosa. A presença de grupos substituintes doadores de elétrons, como os grupos alquilas (metil, etil etc.), diminui a força dos fenóis, portanto, o cresol tem menor acidez que o fenol.
- Segundo o texto, o acréscimo de cloro ao anel de fenol aumenta sua potência biocida. O cloro é um elemento químico

bastante eletronegativo e, se ligado a um anel aromático, exerce sobre ele um efeito indutivo retirador de elétrons. No caso do fenol, o acréscimo de um átomo de cloro aumentará o caráter ácido, por causa desse efeito retirador de elétrons. Assim, se a potência biocida aumenta junto com o aumento da acidez do composto, é possível que sua via de ação esteja relacionada à acidez.

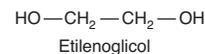
- O ácido metanoico tem características ácidas que podem ser neutralizadas com o uso do leite de magnésia, uma base $-\text{Mg}(\text{OH})_2$. Desse modo, a aplicação do leite de magnésia pode auxiliar no alívio do desconforto, mas não deve substituir o auxílio médico em casos graves.



Acrlonitrila

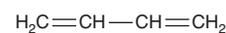
9. A Buna S é um copolímero, pois é obtida a partir de dois tipos diferentes de monômeros.

10. As fórmulas estruturais são:

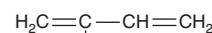


Exercícios propostos

- E
- E
- A
- E
- A
- C
- C
- A
- B
- D
- A
- E
- D
- Soma: 01 + 04 + 08 = 13
- A
- E
- A
- Soma: 08 + 16 + 32 = 56
- a) Fórmulas dos monômeros mencionados:

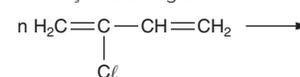


Buta-1,3-dieno

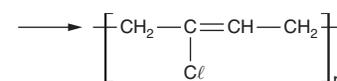


2-cloro-buta-1,3-dieno (cloropreno)

b) A reação é a seguinte:



2-cloro-buta-1,3-dieno (cloropreno)



Poli 2-cloro-but-2-eno (neopreno)

O tipo de isomeria é a geométrica.

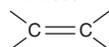
- B
- A
- A

Capítulo 10 – Polímeros

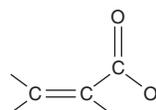
Revisando

- Polímeros são macromoléculas formadas pela união de muitas moléculas menores denominadas monômeros.
- Os dois principais tipos de polímeros são classificados quanto ao tipo de reação que os produz. São os polímeros de adição e os de condensação.
- Polímeros formados por um único tipo de monômero são ditos homopolímeros. Polímeros formados por dois tipos de monômeros são ditos copolímeros.
- Os dois principais tipos de polímeros de condensação são poliésteres e poliâmidas.

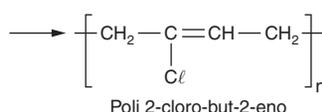
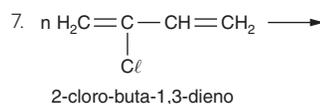
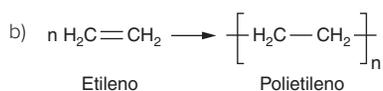
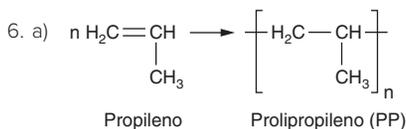
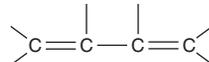
5. a) Vinílicos:



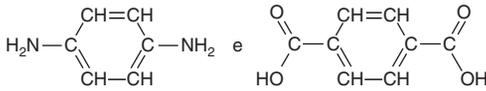
b) Acrílicos:



c) Diênicos:



23. A função orgânica é a amida. As fórmulas estruturais dos monômeros são:

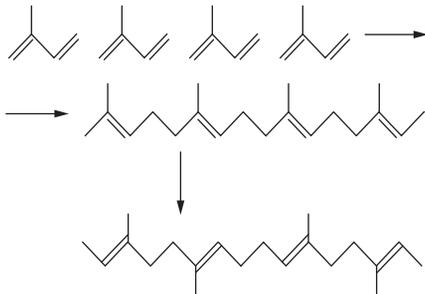


As interações existentes são ligações de hidrogênio.

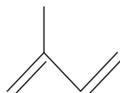
24. A
 25. D
 26. A
 27. Soma: $01 + 02 + 08 + 16 = 27$
 28. D
 29. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$
 30. Soma: $02 + 04 + 08 = 14$
 31. D
 32. E
 33. C
 34. A
 35. D
 36. D
 37. E
 38. B
 39. A
 40. D

Exercícios complementares

1. E
 2. D
 3. D
 4. Soma: $02 + 16 = 18$
 5. A
 6. A
 7. a) Devido à presença de insaturação do polímero, é possível representar um isômero *cis* e um *trans*:



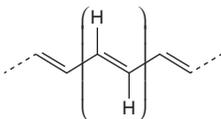
b) Cada monômero é representado por:



Como a fórmula molecular do monômero é C_5H_8 , o polímero pode ser representado por $(C_5H_8)_{10.000}$.
 Cálculo da massa M ($C = 12$ e $H = 1$):
 $M = (5 \cdot 12 + 8 \cdot 1) \cdot 10.000 = 680.000$.
 $M = 680.000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

8. A

9. a)



b) Incorreto. A oxidação de qualquer ligação dupla do *trans*-poliacetileno o tornaria não conjugado, impedindo a condução de elétrons. O iodo não insere, e sim retira elétrons.

10. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$

11. A

12. D

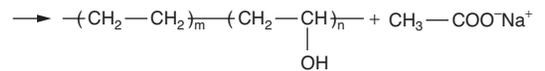
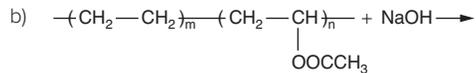
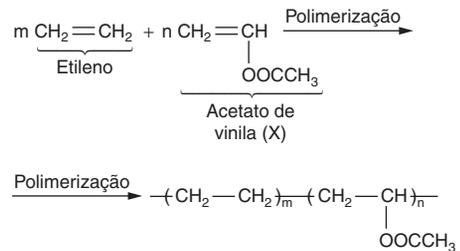
13. C

14. D

15. B

16. D

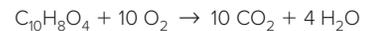
17. a) O composto X é o acetato de vinila:



18. A

19. B

20. a) Cálculo do calor de combustão de um mol do fragmento de PET ($C_{10}H_8O_4$):



$$\Delta H_{\text{Combustão}} = -4608 \text{ kJ/mol}$$

Cálculo da energia liberada em 48 g do fragmento de PET

$$1 \text{ mol } (C_{10}H_8O_4) = 192 \text{ g}$$

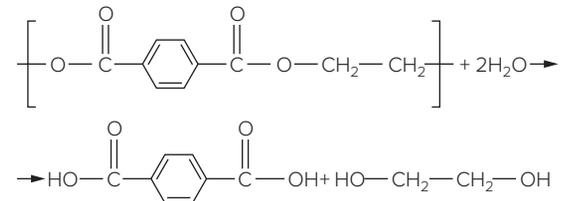
$$192 \text{ g} \text{ ————— } 4608 \text{ kJ (liberados)}$$

$$48 \text{ g} \text{ ————— } E$$

$$E = 1152 \text{ kJ liberados (uma garrafa)}$$

$$\text{ou } E = -1152 \text{ kJ.}$$

b) Teremos:

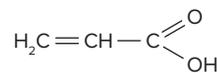


21. B

22. B

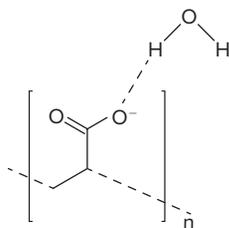
23. Soma: $02 + 16 = 18$

24. a)

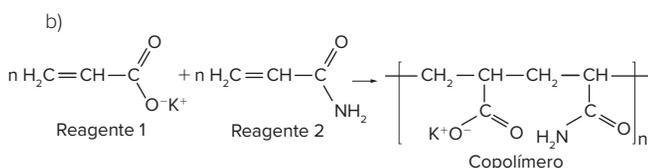
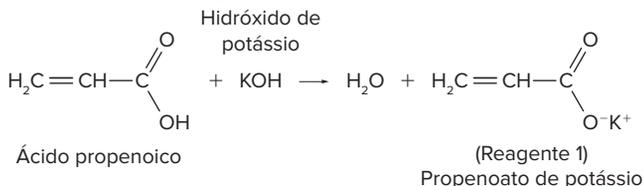


b) A absorção da urina pela fralda será menos eficiente do que a da água destilada. Dentro da fralda o meio é hipertônico em relação à água pura e a absorção da urina não é tão eficaz por causa dos sais nela dissolvidos.

c) A interação mais forte é do tipo íon-dipolo.



25. a) O reagente 2 apresenta a função amida. O reagente 1 é formado por meio de uma reação entre um ácido carboxílico e uma base inorgânica.



O copolímero tem grande capacidade de absorver água, pois é capaz de formar ligações de hidrogênio e interações do tipo íon dipolo com as moléculas de água.

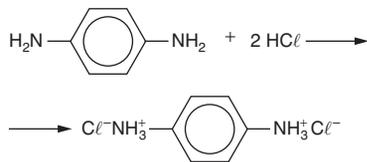
26. B

27. A

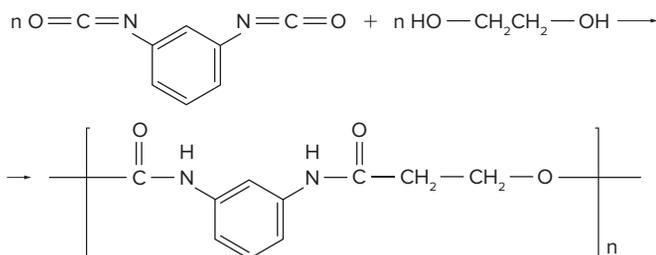
28. E

29. a) Reação de polimerização de condensação.

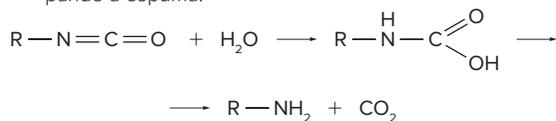
b)



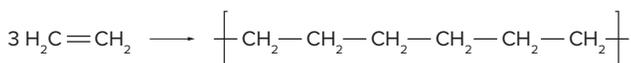
30. a) Um exemplo de reação:



b) A água reage com o isocianato, gerando ácido carbâmico (instável), que se decompõe em uma amina e CO_2 , que expande a espuma.



31. a) O monômero do polietileno é o eteno, e a reação é de polimerização de adição.

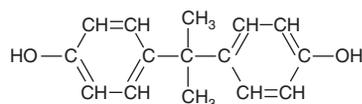


b) A linearidade permite um maior empacotamento, resultando em maior atração das cadeias poliméricas e consequentemente maior rigidez e cristalinidade. Assim, o PEAD apresenta maior rigidez.

c) Quanto mais cristalino um polímero, isto é, possibilidades de regiões de cristallitos na estrutura amorfa, maior interação entre as cadeias poliméricas, e, com isso, o polímero terá menor transparência. Como o PEAD tem maior rigidez e cristalinidade, ele é menos transparente (mais opaco). Já o PEBD, por conta das ramificações, empacota menos, o que o torna menos rígido e cristalino e, logo, mais transparente.

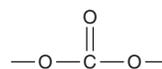
32. E

33. a) De acordo com o texto, a estrutura bisfenol A tem duas hidroxilas ligadas a dois núcleos benzênicos, cuja estrutura é mostrada a seguir:



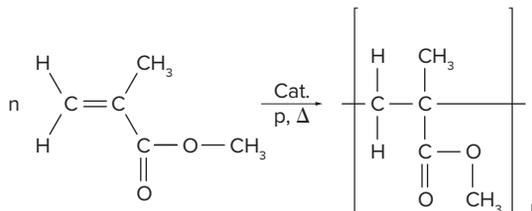
Bisfenol A

b) O termo policarbonato é devido ao ânion carbonato (CO_3^{2-}) que faz parte da polimerização dessa estrutura.



BNCC em foco

1. A reação é uma polimerização de adição.



2. O dano foi ao pulmão – as pessoas tiveram embolia pulmonar (obstrução das artérias pulmonares, prejudicando severamente os processos de respiração). Para que o PMMA cause embolia pulmonar, ele deve alcançar os pulmões; e a forma mais fácil de isso ocorrer é pela corrente sanguínea. Portanto, há risco de intoxicação por administração de PMMA caso as esferas do polímero sejam carregadas para outras partes do corpo se acidentalmente forem injetadas dentro de veias e artérias. Além disso, também há hipótese de uma solução de PMMA que tenha esferas menores em sua composição, que poderiam ser fagocitadas pelos glóbulos brancos e, assim, transportadas pela corrente sanguínea.

3. Todos os polímeros mostrados podem interagir com outras cadeias do mesmo material por meio de interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio. No entanto, o polímero C é capaz de formar a estrutura com maior resistência mecânica entre todos, uma vez que possui uma relação de quantidade de sítios que podem formar esse tipo de interação/comprimento da cadeia que é a maior de todas. Ou seja, as cadeias carbônicas entre as ligações amida são as menores em comprimento, entre os polímeros mostrados. O polímero C é o Kevlar.

Capítulo 11 – Bioquímica

Revisando

1. Amina, ácido carboxílico.
2. Peptídica.
3. Macromoléculas, aminoácidos.
4. Proteínas, catalítica, desnaturação.
5. C(H₂O)
6. Glicose, frutose.
7. Glicose, frutose, glicosídica.
8. Macromoléculas, glicose.
9. Carboxílicos, longa.
10. Triacilgliceróis, éster, glicerol.
11. A, C, B

Exercícios propostos

1. D
2. A
3. A
4. B
5. A
6. C
7. C
8. Soma: 01 + 04 + 08 = 13
9. D
10. B
11. C
12. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15
13. A
14. E
15. C
16. C
17. C
18. E
19. C
20. C
21. D

22. a) O sabão convencional contém apenas a protease, que ajuda a remover manchas provocadas por proteínas. Já o sabão multienzimático possui também lipases e amilases, que facilitam a remoção de lipídios e carboidratos, respectivamente.

b) A diminuição da emissão de CO₂. A figura mostra que a lavagem multienzimática a 15 °C é tão eficiente quanto a lavagem com sabão convencional a 30 °C, ou seja, gastamos menos energia usando o sabão multienzimático. Já a figura 2 mostra que, embora ocorra pequena emissão de CO₂ na produção das enzimas, isso é largamente compensado pela menor temperatura ao usar o sabão convencional e pela menor quantidade de surfactante ao usar o sabão multienzimático.

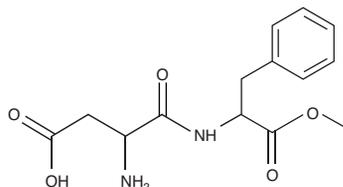
23. D

24. A
25. Soma: 02 + 08 = 10
26. B
27. C
28. C
29. E
30. Soma: 02 + 04 + 08 + 16 = 30
31. E
32. C
33. A
34. E
35. C
36. Soma: 02 + 08 + 16 = 26
37. C
38. D
39. B
40. C

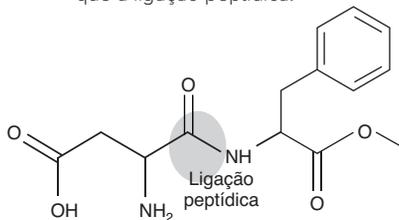
Exercícios complementares

1. A
2. E
3. B
4. D
5. D
6. A
7. D
8. E
9. D
10. C
11. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31
12. A

13. a) O aspartame é formado pela condensação do grupo amino da fenilalanina com o grupo ácido carboxílico do ácido aspártico e sua estrutura é:



b) Na imagem a seguir, está em destaque a ligação peptídica.



c) A amida é a função química que corresponde à ligação peptídica.

14. A

15. a) As funções em comum das moléculas responsáveis pelo sabor doce e amargo são: álcool e éter.
- b) Ligação peptídica, encontrada nas proteínas.

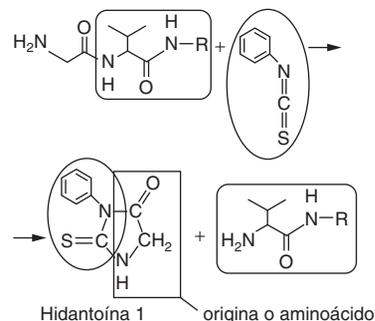
16. C

17. D

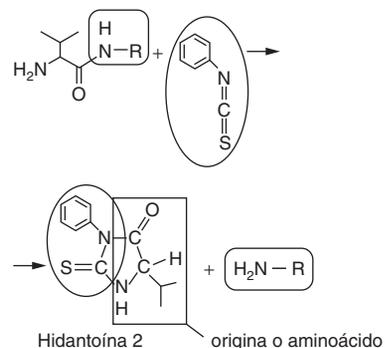
18. D

19. a) As moléculas das hidantoínas produzidas nas reações podem ser utilizadas na descoberta dos aminoácidos que as compõem. Por exemplo:

Primeira reação:



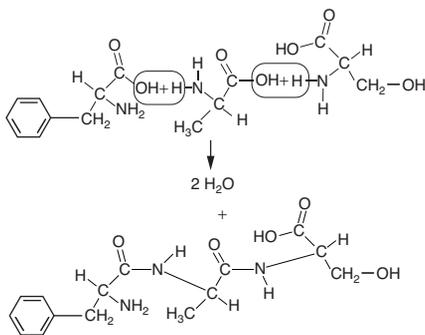
Segunda reação:



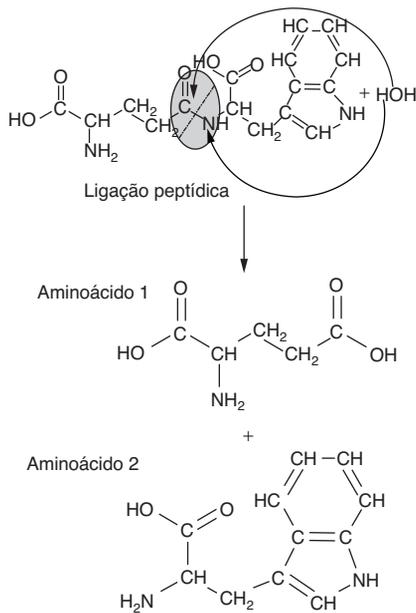
Pela tabela da página de resposta, obtenhamos os aminoácidos.

Hidantoína	Aminoácido
Primeira hidantoína	
Segunda hidantoína	
Terceira hidantoína	

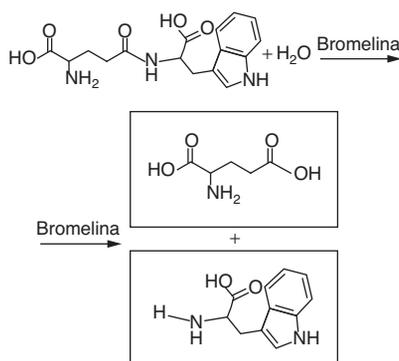
b) A condensação dos três aminoácidos obtidos na tabela anterior, na ordem dada, gerando o peptídeo desconhecido, pode ser representada da seguinte forma:



20. a) De acordo com o texto do enunciado, a hidrólise dos polipeptídeos pode ser catalisada por enzimas, como a bromelina, presente no abacaxi. No experimento 3, o reagente utilizado foi o extrato de abacaxi previamente fervido e, nesse caso, ocorreu a gelatinização. Isso significa que a hidrólise não foi possível, ou seja, a fervura degradou a bromelina, que não atuou no processo.
- b) De acordo com o enunciado, na hidrólise de peptídeos, ocorre a ruptura das ligações peptídicas. No caso de um dipeptídeo, sua hidrólise resulta em dois aminoácidos.
Então:



Completando o esquema da figura, vem:



21. a) O ácido oleico sofre uma reação de hidrogenação (adição) que origina o ácido esteárico.
b) A isomeria que ocorre entre o ácido oleico e o ácido elaidico é a isomeria *cis-trans*.
c) Ácido oleico: isômero *cis*.
Ácido elaidico: isômero *trans*.

22. E

23. Soma: $02 + 32 = 34$

24. B

25. a) Tem-se que 20% dos ácidos graxos saturados ingeridos são oriundos da margarina.

- O teor de calorias correspondente aos ácidos graxos saturados é de:

$$\frac{0,1}{10\%} \cdot \frac{1800}{\text{Total}} = 180 \text{ kcal de kcal}$$

- O teor de kcal correspondente aos ácidos graxos saturados da margarina é:

$$\frac{0,2}{20\%} \cdot \frac{180}{\text{Teor}} = 36 \text{ kcal de kcal}$$

$$\text{Assim, } m_{\text{ácido graxo saturado}} \cdot 9 \text{ kcal} = 36 \text{ kcal} \therefore m_{\text{ácido graxo saturado}} = 4 \text{ g}$$

→ Mas em 100 g de margarina há apenas (25%) · 40 g de ácido graxo saturado.

→ Em 100 g de margarina há 10 g de ácido graxo saturado.

Margarina	Ácido graxo saturado
100 g	10 g ∴ $m = 40$ g
m	4 g

- b) Os ácidos graxos não têm ligações duplas nem ciclos, portanto não podem conter isomeria *cis-trans*. Já os insaturados apresentam ligações duplas.

26. C

27. Uma molécula anfifílica apresenta uma região hidrofílica, que é predominantemente polar, e outra região hidrofóbica, dada sua apolaridade. No caso dos fosfolípidos, regiões como o grupo fosfato são hidrofílicas, enquanto as cadeias carbônicas derivadas dos hidrocarbonetos são hidrofóbicas. Isso é importante para o correto funcionamento das membranas celulares, pois permite que elas apresentem permeabilidade seletiva.

28. E

29. B

30. C

31. D

32. E

33. Soma: $01 + 04 = 05$

34. E

35. D

36. A

37. D

38. D

BNCC em foco

1. A manteiga é formada essencialmente por ácidos graxos saturados, enquanto a margarina é formada por ácidos graxos insaturados hidrogenados e/ou interesterificados, mas que não estão totalmente saturados. As cadeias carbônicas dos ácidos graxos saturados interagem entre si por meio de interações intermoleculares do tipo dipolo induzido-dipolo induzido de forma mais intensa do que as cadeias dos ácidos graxos insaturados. Por isso, o uso da manteiga é mais indicado em receitas que dependem de geladeira, pois ela será capaz de formar uma massa mais sólida.

2. C

3. Pelos dados da tabela, é possível notar que a campanha vacinal contra o meningococo C realizada em Salvador levou à diminuição dos casos de doença meningocócica, dando uma evidência científica da efetividade dessa vacina. Extrapolando esse tipo de resultado para outras vacinas, sabe-se que campanhas como essa atuam na diminuição de casos em toda a população, podendo levar até à erradicação de doenças. A importância da distribuição gratuita de vacinas em todo o território nacional se dá no sentido de que o Brasil é um país de grandes dimensões e também de grandes desigualdades; assim, um programa desses permite que toda a população esteja protegida contra doenças infecciosas, que podem ser prevenidas.

Capítulo 12 – Recursos orgânicos

Revisando

1. O petróleo é classificado de acordo com a proporção de hidrocarbonetos que o compõem. O petróleo parafínico apresenta predominância de alcanos e dele se obtém gasolina, querosene de alta qualidade e óleo *diesel*, entre outros. O petróleo naftênico apresenta predominância de cicloalcanos e dele se obtém óleos lubrificantes e gasolina, entre outros. Já o petróleo aromático apresenta alta concentração de hidrocarbonetos aromáticos e dele se obtém solventes e gasolina, entre outros.

2. C

3. É uma grandeza que mede a resistência à compressão da mistura combustível/ar e, conseqüentemente, a qualidade da gasolina utilizada.

4. São fontes de energia provenientes de recursos renováveis de origem orgânica, como óleo vegetal, cana, madeira, entre outros.

Exercícios propostos

- A
- A
- E
- B
- B
- A
- A
- D
- A
- D
- B
- Soma: $02 + 04 + 08 = 14$
- A
- B
- Soma: $08 + 16 = 24$
- E
- D
- D
- E
- B

Exercícios complementares

- a) O tipo de separação que permite a obtenção das frações do petróleo é a destilação fracionada, técnica que utiliza o ponto de ebulição dos diferentes compostos da mistura.
b) As posições são definidas pela facilidade de romper as interações intermoleculares dos hidrocarbonetos. Assim, em 1 é obtido o gás liquefeito de petróleo; em 2 é obtida a gasolina; em 3 é obtido o querosene; em 4 é obtido o óleo *diesel*; em 5 é obtido o óleo combustível.
- B
- A
- A
- C
- A
- Soma: $01 + 04 = 05$
- Soma: $01 + 04 + 16 = 21$
- B
- B
- A
- B
- C
- a) A queima de biocombustíveis de fonte renovável, como o etanol, libera CO_2 que foi previamente retirado da atmosfera no processo de fotossíntese necessário para a obtenção da matéria-prima orgânica. A queima de combustíveis fósseis, como gasolina, também libera CO_2 na atmosfera, mas não há a renovação que ocorre nos biocombustíveis, o que contribui para intensificar o efeito estufa.

A produção de bioeletricidade reduz a emissão de CO_2 , pois o carbono é reciclado no processo de fotossíntese.

- b) O processo biológico é a fermentação alcoólica. O gás liberado no processo é o CO_2 .
- Soma: $04 + 08 + 16 = 28$
- C
- E
- A
- A
- B

BNCC em foco

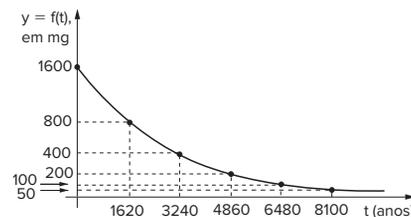
- Automóvel elétrico: motor movido a energia elétrica, fornecida por baterias. A utilização do motor não gera poluentes, pois se trata de geração de energia elétrica a partir de energia química. No entanto, as baterias podem conter materiais não recicláveis, que necessitam de descarte adequado e pode gerar um novo tipo de poluição.
Automóvel com células a combustível: o combustível utilizado é hidrogênio gasoso pressurizado, que se combina com o oxigênio gasoso presente no ar atmosférico, gerando energia elétrica para movimentar o motor. Produz também água; logo, não é poluente como a gasolina ou o *diesel*. Porém, trata-se de uma tecnologia cara devido aos materiais que constituem a célula, e o estoque de gás hidrogênio pode ser muito perigoso se não for feito de forma adequada.
Álcool combustível: combustível de fonte renovável que não possui em sua composição fontes de enxofre e compostos nitrogenados, diminuindo consideravelmente a emissão de poluentes; entretanto, ainda produz CO_2 e CO como produtos de combustão.
- As reações de combustão ocorridas nos automóveis geram diversos gases poluentes, entre eles o dióxido de carbono. O aumento da concentração desse gás na atmosfera está ligado a um grave problema ambiental, o efeito estufa.
- A afirmação não está correta. O petróleo e seus derivados são utilizados pela sociedade em vários ramos: por exemplo, na produção de plásticos, fármacos, óleos para lubrificação, solventes, tintas e em materiais de construção. Assim, a implementação de uma lei para eliminar o uso de gasolina e *diesel* não vai acabar com nossa dependência do petróleo como matéria-prima para outros produtos.

Frete 2

Capítulo 9 – Radioatividade

Revisando

- a) $P = 53$ e $N = 78$
 $P = 54$ e $N = 77$
b) I-131:
Para 8 dias, $E(\text{total}) = 610 \text{ keV} + 364 \text{ keV} = 974 \text{ keV}$
I-123:
Para 8 dias, $E(\text{total}) = 2\,544 \text{ keV}$
Para os mesmos intervalos de tempo e para a mesma quantidade de energia liberada, é necessário um número menor de átomos de iodo-123.
- a) Na falta de insulina, a concentração da glicose sanguínea aumenta. Os ácidos graxos são convertidos em ácido acetoacético e conseqüentemente a sua concentração aumenta, conforme mostra o gráfico, tendendo a valores próximos aos dos ácidos graxos não esterificados.
b) Massa residual = 1,25 g.
- a) Tempo = $3,84 \cdot 10^9$ anos.
b) ${}^{40}\text{K}_{19} \rightarrow {}^0\beta_{-1} + {}^{40}\text{Ca}_{20}$
- a) O elemento químico pertence ao grupo 8B (ou 10) da Tabela Periódica. $A = 269$ (número de massa).
b) Quatro partículas alfa são emitidas durante o processo:
 ${}_{110}\text{Ds}^{269} \rightarrow 2\alpha^4 + {}_{108}\text{Hs}^{265} \rightarrow 2\alpha^4 + {}_{106}\text{Sg}^{261} \rightarrow 2\alpha^4 + {}_{104}\text{Rf}^{257} \rightarrow 2\alpha^4 + {}_{102}\text{No}^{253}$
- a) Relação entre as massas = 15.
b) $\text{Co}^{3+}; 3d^6$.
- a) Trajetória (1): partícula eletrizada com carga negativa é a radiação β (elêtron). Trajetória (2): radiação eletromagnética (raios γ) não é desviada pelo campo elétrico.
Trajetória (3): partícula eletrizada com carga positiva é a radiação α .
b) $I \rightarrow I/2 \rightarrow I/4$
tempo = 16 dias.
c) O gráfico que representa a função é



- 1000 mg \rightarrow 500 mg \rightarrow 250 mg \rightarrow 125 mg \rightarrow 62,5 mg.
 $y = 1000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{nt}$, onde nt é o número de meias-vidas.

Para o céscio-137: $n \cdot 30 = 1$

$$n = \frac{1}{30}, \text{ logo, fazemos } nt = \left(\frac{1}{30}\right)t \rightarrow$$

\rightarrow na fórmula anterior.

7. a) $X = {}_{36}\text{Kr}^{93}$ e $Y = {}_{35}\text{Br}^{90}$.
b) 9,0 bilhões de anos.
8. Número de átomos = $1,2 \cdot 10^{22}$ átomos.
Partículas alfa = 1.
Partículas beta = 2.
9. V; V; V; F
10. 140 dias.
Equação global:
 $\text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Pb} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
11. ${}_1\text{H}^3 \rightarrow {}_2\text{He}^3 + {}_{-1}\beta^0$
A água permaneceu confinada no aquífero por 48 anos.
12. Massa total: $800 + 200 = 1000$ mg
Ac e Pb.

Exercícios propostos

1. B
2. E
3. D
4. a) $x = 30$
 $y = 15$
b) $x = n^{\text{º}}$ de massa
 $y = n^{\text{º}}$ atômico
5. a) Radiação alfa. Trata-se de núcleos de hélio que são atraídos pela placa negativa.
b) ${}_{92}\text{U}^{234} \rightarrow {}_2\alpha^4 + {}_{90}\text{X}^{230}$
6. a) ${}_{88}\text{Ra}^{223} \rightarrow {}_{86}\text{Rn}^{219} + {}_2\alpha^4$
b) ${}_{82}\text{Pb}^{212} \rightarrow {}_{83}\text{Bi}^{212} + {}_{-1}\beta^0$
7. C
8. A
9. D
10. B
11. E
12. B
13. A
14. D
15. A
16. A
17. D
18. B
19. B
20. E
21. D
22. C
23. V; F; F; F
24. C
25. D
26. Soma: $01 + 02 + 64 = 67$
27. E
28. C
29. C

30. B
31. C
32. B
33. E
34. a) $m_0 = 800$ g
b) $3 {}_2\alpha^4$
35. A
36. A
37. C
38. B
39. B
40. F; V; F; V; V
41. a) Hélio - ${}_2\text{He}^4$
b) 12 anos
42. a) X = Próton
Y = Partícula beta
b) T = 5 600 anos
43. B
44. E
45. D
46. D
47. D
48. a) Como nesta série foram emitidas 4 partículas alfa e duas partículas beta, a razão será $4/2 = 2$.
b) 9,3 minutos.
49. B
50. a) Os girassóis deverão ser recolhidos a partir da 4ª semana.
b) Como o tempo de meia-vida é de 240 000, o urânio estará presente, e os girassóis não poderiam ser comercializados.
c) 1500 kg de girassóis.
51. a) Em setembro de 2017 haverá cerca de 20 g de céscio. A partir da análise do gráfico, verifica-se que o tempo de meia-vida do céscio-137 é de 30 anos. Considerando o tempo de meia-vida, após 180 anos deve haver menos de 0,7 g de material no reservatório.
b) O decaimento radioativo do Cs-137 é:
$${}_{55}^{137}\text{Cs} \rightarrow {}_{-1}^0\beta + {}_{56}^A\text{E}$$

 $Z = 56$
52. C
53. a) ${}_{81}^{203}\text{Tl} + {}_1^1\text{p} \rightarrow {}_{82}^{201}\text{Pb} + 3{}_0^1\text{n}$
b) 146 h
54. B
55. a) ${}_{42}\text{MoO}_4^- \rightarrow {}_{-1}\beta^0 + {}_{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$
 ${}_{99\text{m}}\text{TcO}_4^- \rightarrow \gamma + {}_{99}\text{TcO}_4^-$
b) 0,25 mol/L

Exercícios complementares

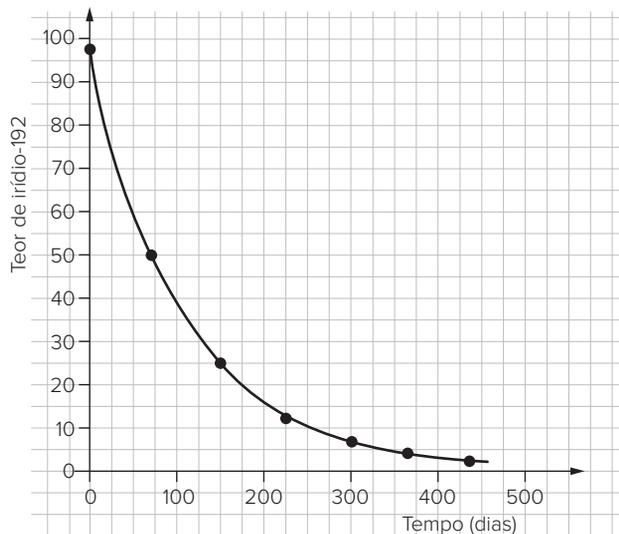
1. B
2. A
3. A
4. D
5. C

6. D
7. D
8. D
9. D
10. E
11. E
12. E
13. a) ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\alpha \rightarrow {}_1^1\text{p} + {}_Z^AX$, então
 ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\alpha \rightarrow {}_1^1\text{p} + {}_8^{17}\text{X}$
b) Isótopos apresentam o mesmo número de prótons. Como o número de prótons do nitrogênio é sete e do núcleo X formado é 8 (${}_8\text{O}$), o núcleo X não é um isótopo de nitrogênio.
14. V; F; V; V
15. A, pela maior proximidade de átomos radioativos.
16. F; F
17. E
18. C
19. $n = 0,010$ mol.
20. a) ${}_{92}\text{U}^{238} + {}_0^1\text{n}^1 \rightarrow {}_{92}\text{U}^{239}$
 ${}_{92}\text{U}^{239} \rightarrow {}_{93}\text{Np}^{239} + {}_{-1}\text{Y}^0$
Y é a partícula beta (${}_{-1}\beta^0$)
b) Meia-vida é o tempo necessário para que a metade de uma amostra radioativa sofra desintegração. Para o neptúnio-239, vale 2 dias.
21. Sendo x o número de partículas α e y o número de partículas β , $x = 8$ e $y = 6$.
22. F; V; F; F; F; V
23. a) 133 nêutrons.
b) Tempo total = 4 min
24. a) ${}_{88}\text{Ra}^{225} \rightarrow {}_{-1}\beta^0 + {}_{89}\text{Ac}^{225}$
– partícula beta
– são isóbaros, pois apresentam o mesmo número de massa
b) 45 dias.
25. Soma: $01 + 04 + 16 + 64 = 85$
26. B
27. E
28. C
29. a) Tecnécio disponível na hora do exame: 0,25 g
b) $\text{Tc}_2\text{S}_7 + 7\text{H}_2 \rightarrow 2\text{Tc} + 7\text{H}_2\text{S}$
30. C
31. C
32. D
33. C
34. a) Etapa II:
 ${}_{84}\text{Po}^{218} \rightarrow {}_{82}\text{Po}^{214} + {}_2\alpha^4$
Etapa III:
 ${}_{82}\text{Pb}^{214} \rightarrow {}_{83}\text{Bi}^{214} + {}_{-1}\beta^0$
b) $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de hélio
35. A
36. A

37. C

38. a) N° de nêutrons = 116

Sua boa condução elétrica se deve aos elétrons livres em sua estrutura devido à ligação metálica.



39. $P_{\text{total}} = 1,5 + 4,5 = 6,0 \text{ atm}$

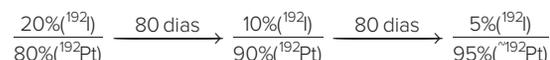
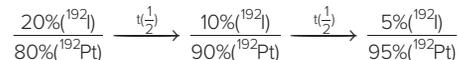
40. B

41. D

42. A

43. a) O período de meia-vida é de 80 dias.

Então:



Depois de 160 dias (80 dias + 80 dias).



O decaimento será do tipo beta.

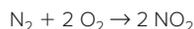
BNCC em foco

- A reação é: ${}^{99}_{42}\text{Mo} \rightarrow {}^{99}_{43}\text{Tc} + {}^0_{-1}\beta$.
- O tempo de meia-vida do estrôncio-90 é longo o suficiente para que atualmente haja na atmosfera pouco mais de metade da quantidade liberada pelo desastre de Chernobyl. Essas partículas podem ser levadas pelos ventos, podendo atingir o Japão e outros países.
- C

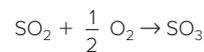
Capítulo 10 – Reações inorgânicas

Revisando

- $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $K_c = [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$
 - Reação de decomposição ou análise, porque, a partir de uma substância reagente, obtemos dois ou mais produtos.
- A chuva ácida é formada pela reação entre os óxidos e a água presentes na atmosfera. Exemplos:



$2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$ (chuva ácida decorrente de óxidos de nitrogênio formados no interior de motores a combustão ou em atmosfera carregada com raios)



$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (chuva ácida decorrente da formação de óxidos de enxofre originados na queima de combustíveis fósseis ricos em enxofre)

- Há ruptura de ligação química:
De química para: elétrica, térmica, mecânica e química.
De elétrica para: química.
 - Teremos:

De/Para	Elétrica	Térmica	Mecânica	Química
Química	Bateria ou pilha (Q)	Digestão de alimentos (Q)	Músculo (Q)	Reações químicas (Q)
Elétrica	Transformador (F)	Ferro de passar roupa (F)	Ventilador (F)	Galvanização (Q)
Mecânica	Gerador (F)	Frenagem (F)	Engrenagem (F)	-

4. Conjuntos 1 e 4, respectivamente.

- A oxidação aconteceu mais rápido (esponja de aço possui maior superfície de contato).
- A oxidação já havia ocorrido.

Exercícios propostos

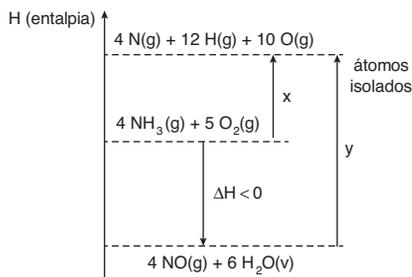
- Síntese.
- Análise ou decomposição.
- Deslocamento ou simples troca.
- Síntese.
 - Dupla-troca.
- B
- B
- B
- C
- D
- C
- E
- Síntese.
- E
- E
- Soma: $02 + 08 = 10$
- C
- Dupla-troca.
 - Cloreto de cálcio. $\text{MA}_x = 40 \text{ u.}$
- A
- B
- E
- C
- E
- B
- D
- C
- E
- C
- A
- D

30. D
31. D
32. E
33. E
34. C
35. a) Equações das reações:
 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
b) Nomes oficiais:
 H_2SO_3 – ácido sulfuroso
 H_2SO_4 – ácido sulfúrico
36. B
37. D
38. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$
39. A
40. A
41. C
42. a1) A solução fica turva
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
a2) O sólido (raspas de cobre) fica preto.
 $2 \text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CuO}$
b) N_2 , ar e excesso de O_2 , se houver.
43. A
44. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$
45. C 48. A 51. B
46. A 49. B 52. D
47. C 50. E 53. D
54. Soma: $01 + 16 = 17$
55. C 63. B
56. B 64. D
57. C 65. A
58. C 66. E
59. B 67. B
60. D 68. C
61. A 69. B
62. D 70. A
71. Soma: $02 + 04 = 06$
72. E 73. D 74. D
75. Soma: $02 + 32 = 34$
76. a) A evidência observada é a mudança de cor. O elemento mais eletronegativo é o cloro.
b) $\text{Cl}_2 + 2 \text{KI} \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{KCl}$
O iodo sofre oxidação, pois seu Nox varia de -1 para 0 .77. D
78. B

Exercícios complementares

1. C
2. a) $\text{A} \rightarrow$ por exemplo: HCl
 $\text{B} \rightarrow$ por exemplo: Zn
b) $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
c) Ácido sulfúrico concentrado: agente secante.
3. V; V; F; V

4. A 5. A 6. C
7. a) $2 \text{KBrO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} 2 \text{KBr}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g})$
O gás formado é o gás oxigênio.
b) Não, pois todos os materiais utilizados na composição dos pães são constituídos por elementos químicos.
8. D
9. a) Equações balanceadas envolvidas na produção do ácido nítrico:
 $4 \text{NH}_3(\text{g}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\Delta} 4 \text{NO}(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$, em presença de catalisador a 850°C
 $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g})$
 $3 \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3(\text{l}) + \text{NO}(\text{g})$
b) A primeira etapa é exotérmica, ou seja, apresenta $\Delta H < 0$. Observe o diagrama de entalpia:



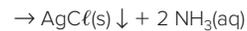
x = soma das energias de ligação dos reagentes.

y = soma das energias de ligação dos produtos.

Do gráfico, vem: $Y > X$.

10. D 13. D
11. D 14. A
12. E 15. A
16. a) $\text{A} \rightarrow \text{O}_2$
 $\text{B} \rightarrow \text{Cl}_2$
 $\text{C} \rightarrow \text{N}_2$
b) $\text{Fe} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_2$
17. A 20. E 23. B
18. E 21. D
19. A 22. A
24. O metal é o lítio. Reação de dupla troca:
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Li}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
25. E 26. C 27. B 28. E
29. Fenômeno químico de oxidação de álcool primário.
30. Podemos solubilizar o PbCl_2 adicionando água quente.
Filtrando, obteremos uma solução contendo cloreto de Pb^{2+} , solúvel em água quente, que reage com uma solução contendo íons CrO_4^{2-} .
 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{PbCrO}_4(\text{s}) \downarrow$
Sobrarão no filtro ($\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{AgCl}$), sólidos.
Acrescentamos, então, uma solução aquosa de amônia que irá solubilizar o $\text{AgCl}(\text{s})$:
 $\text{AgCl}(\text{s}) + 2 \text{NH}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

Filtrando novamente e adicionando HCl ao filtrado (excesso de Cl^-), ocorrerá a precipitação de AgCl , de cor branca.



No resíduo final, notaremos o mercúrio líquido (prateado) e $\text{HgNH}_2\text{Cl}(\text{s})$ preto.

31. a) Não, pois o sódio é um metal alcalino, portanto muito reativo, não sendo encontrado isolado na natureza.
b) Não, pois o ouro é um metal nobre e, portanto, pouco reativo, sendo encontrado na natureza, preferencialmente, na forma isolada.
32. a) Experimento I:
Pela imersão em ácido, o cálcio é retirado e o osso se torna mais flexível devido à permanência de substâncias orgânicas responsáveis pela flexibilidade. O osso é constituído por várias substâncias orgânicas e hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).
Experimento II:
O material orgânico (osseína) sai pelo aquecimento e resta a hidroxiapatita, ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). A água também sai, e a flexibilidade do osso diminui, ele se torna mais frágil e quebradiço.
b) O terceiro osso, imerso em solução de fluoreto de sódio, se torna mais resistente devido à entrada do flúor no lugar do grupo OH no retículo cristalino ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F})_2$). Com isso, o osso se torna mais resistente ao ataque do ácido.
33. a) $\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s}) + \text{NaNO}_3(\text{aq})$
b) O CCl_4 é uma substância covalente que não se ioniza.

34. A

35. A

36. D

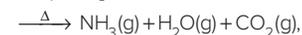
37. E

38. D

39. A

40. B

41. B



e os gases estufam a massa.

43. D

44. a) $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl}$

b) FeS/HCl

c) $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{NaOH}$

d) $\text{CuSO}_4/\text{NaOH}$

45. A

46. D

47. D

48. a) I_2

b) Sn

c) Mg

d) $\text{Mg} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{MgO}$

49. C
 50. A
 51. D
 52. a) $\text{CuO(s)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{H}_2\text{O(g)}$
 b) H_2O
 53. D
 54. E
 55. C
 56. A
 57. C
 58. V; F; V; V; F
 59. D 62. B 65. E 68. B 71. B
 60. E 63. B 66. B 69. E 72. E
 61. A 64. D 67. E 70. B 73. C
 74. Soma: 04 + 08 = 12
 75. B 76. C 77. C 78. D 79. D

BNCC em foco

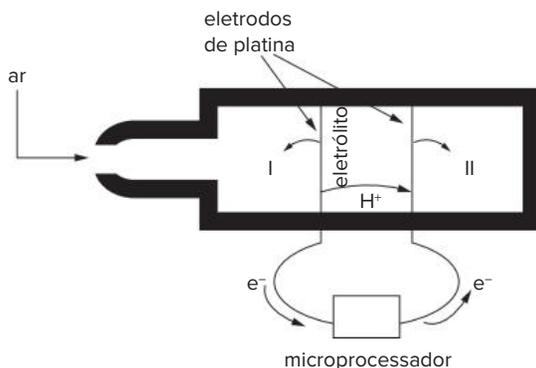
1. C
 2. a) Como principais descompassos entre as explicações (a mostrada no texto e a atual), pode-se citar: atribuição de desejos e vontades a entidades inanimadas ("têm grande simpatia pelo ferro"), tratar as propriedades dos materiais como algo místico ("são ricos em espíritos de grande acrimônia") e utilizar termos que hoje não encontram respaldo científico ("a gordura do ferro").
 b) Resposta pessoal. É possível explicar o fenômeno utilizando conceitos de reatividade: o ferro é mais reativo (mais eletropositivo) que o cobre e provoca a reação de simples troca.
 3. Essa característica é o fato de serem metais pouco reativos, o que diminui sensivelmente a chance de oxidação da peça (o que poderia escurecê-la ou levar a uma mudança de coloração).

Frente 3

Capítulo 7 – Eletroquímica

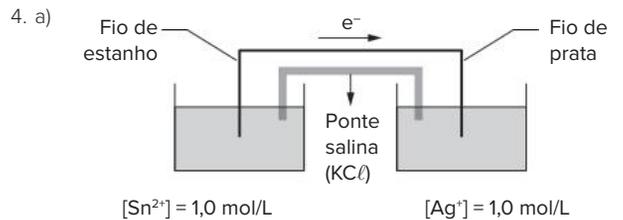
Revisando

1. a) O agente redutor é o cádmio sólido (Cd), pois ele sofre oxidação. Já o agente oxidante é o $\text{NiO}_2\text{(s)}$, que sofre redução.
 b) $\text{Cd(s)} + \text{NiO}_2\text{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cd(OH)}_2\text{(s)} + \text{Ni(OH)}_2\text{(s)}$
 2. a) Em I, temos a meia-reação de oxidação:
 $2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{CHO} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$
 Em II, temos a meia-reação de redução:
 $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$



- b) $2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{CHO} + 2 \text{H}_2\text{O}$

3. a) Reação no ânodo: $2 \text{O}^{2-}(\ell) \rightarrow \text{O}_2\text{(g)} + 4 \text{e}^-$
 Reação no cátodo: $\text{Al}^{3+}(\ell) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\ell)$
 $\Delta E = -2,89 \text{ V}$
 b) $4 \text{Al}^{3+}(\ell) + 6 \text{O}^{2-}(\ell) \rightarrow 3 \text{O}_2\text{(g)} + 4 \text{Al}(\ell)$
 $\Delta E = -2,89 \text{ V}$
 c) O processo não é espontâneo, pois se trata de uma eletrólise (-2,89 V).



- b) $\text{AgCl} = 14,35 \text{ g}$ e $\text{SnCl}_2 = 18,97 \text{ g}$
 c) $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^-$ (oxidação)
 $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag}$ (redução)
 $\text{Sn} + 2 \text{Ag}^+ \xrightarrow{\text{global}} \text{Sn}^{2+} + 2 \text{Ag}$
 $\Delta E = +0,94 \text{ V}$
 5. a) O eletrodo 2 é o positivo, pois nele ocorre o processo de redução e há o recebimento de elétrons.
 b) $\Delta E^\circ = +1,23 \text{ V}$.
 6. a) $\text{Fe(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{(g)} + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
 b) Agente oxidante: $\text{H}_2\text{O}(\ell)$.
 Agente redutor: Fe(s) .
 c) $2 \text{Fe(OH)}_2(\text{aq}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O(s)} + \text{H}_2\text{O}(\ell)$
 d) Para que funcione como metal de sacrifício, o potencial de oxidação precisa ser maior que o do ferro. Conforme a tabela, podem ser usados para essa função Mg ou Zn.
 7. a) Tubo I: hidrogênio. Tubo II: oxigênio.
 b) No tubo II ocorre a formação de gás oxigênio, por meio de uma reação de oxidação. Logo, o tubo II é o ânodo, que na eletrólise corresponde ao polo positivo.
 c) O tubo II tem maior massa do que o tubo I, pois é ocupado por maior volume de solução e pelo fato de o gás oxigênio ter massa molar maior (32 g/mol) que o gás hidrogênio (2 g/mol).
 8. a) A placa que corresponde ao cobre impuro é o ânodo (+), pois nela ocorre a oxidação do cobre e sua massa diminui com a liberação de cátions Cu^{2+} para a solução. Os cátions Cu^{2+} sofrem redução, formando cobre sólido na placa negativa (cátodo).
 b) Cátodo: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$
 Ânodo: $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$
 9. a) $\Delta E = 1,56 \text{ V}$
 b) $m = 0,145 \text{ g}$
 10. Massa de níquel = 4,38 g
 Massa de oxigênio = 1,19 g

Exercícios propostos

1. C 3. C 5. D
 2. C 4. A 6. B
 7. Soma: 02 + 04 + 08 + 16 = 30
 8. A 12. E
 9. D 13. C
 10. A 14. C
 11. A 15. C
 16. a) A redução ocorre no cátodo, que é o polo positivo da pilha.

Com as baterias ligadas ao ferro da estrutura e ao concreto, os elétrons fornecidos ao ferro pela bateria dificultam ou até impedem a sua oxidação.

Caso ocorra a oxidação, a bateria intervém e faz com que as semirreações em A ocorram em sentido inverso, fazendo com que o ferro seja o cátodo e o concreto o ânodo.

Uma alternativa seria esmaltar a estrutura de ferro, impedindo o seu contato direto com o concreto, ou interligar a estrutura metálica a um metal de sacrifício externo ao concreto.

94. $i = 2,00 \text{ A}$

95. B

96. C

97. B

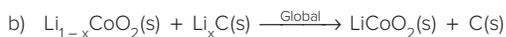
98. C

99. D

100. D

101. B

102. a) O número de oxidação (Nox) do cobalto no composto LiCoO_2 é igual a +3.



c) LiCoO_2 é o ânodo e o eletrodo de carbono é o cátodo, então: LiCoO_2 : sofre oxidação e é o agente redutor.
C: sofre redução e é o agente oxidante.

d) $t = 19,6 \text{ h}$

103. D

104. D

105. E

106. B

107. B

108. a) Al, Fe, Cu.

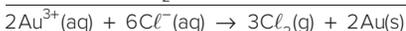
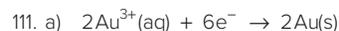
b) $m = 0,27 \text{ g}$ de alumínio.

109. Soma: $01 + 04 + 08 + 16 = 29$

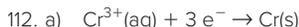
110. a) $m \cong 2,8 \text{ mg}$ de íons Ag^+

b) Em 1000 s, teremos $2 \cdot 10^{-15}$ mols de íons Ag^+ liberados:

$$\begin{aligned} \text{Ag} &\rightarrow \text{Ag}^+ + 1\text{e}^- \\ 1 \text{ mol Ag} &\text{---} 96\,500 \text{ C} \\ 2 \cdot 10^{-15} \text{ mol Ag} &\text{---} Q \\ Q &= 1,93 \cdot 10^{-10} \text{ C} \\ Q &= i \cdot t \\ 1,93 \cdot 10^{-10} \text{ C} &= i \cdot 1000 \text{ s} \\ i &= 1,93 \cdot 10^{-13} \text{ A} \end{aligned}$$



b) $t = 58,8$ minutos



b) A massa molar (M) do metal X é de 55 g/mol que corresponde ao Mn.

113. A semirreação que ocorre no cátodo é a redução do zinco: $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$

Valor da constante de Avogadro obtida:

$6,243 \cdot 10^{23}$

114. a) No arranjo 1, o estudante observará a maior massa depositada, pois nas células em série a corrente que percorre cada uma delas é a mesma, ou seja, 60 mA.

b) $t \cong 321\,667 \text{ s}$

115. C

116. C

117. $Q = 3,86 \cdot 10^5 \text{ C}$

Exercícios complementares

1. C

5. A

2. E

6. B

3. D

7. D

4. D

8. A

9. Soma: $08 + 16 + 64 = 88$

10. D

11. A

12. A

13. C

14. D

15. 1. Semicélula I: $\text{Pb}(\text{s}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ (oxidação)

Semicélula II: $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$ (redução)

2. A espécie oxidante sofre redução e localiza-se na semicélula II: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. A espécie redutora sofre oxidação e localiza-se na semicélula I: $\text{Pb}(\text{s})$.

3. O sentido do fluxo de elétrons nos fios é do ânodo para o cátodo, ou seja, da semicélula I para a semicélula II.

4. A concentração deve ser a mesma nas duas semicélulas; portanto, o valor final é $[\text{Pb}^{2+}] = 0,8 \text{ mol/L}$.

5. Com a adição de NaCl na semicélula II haverá a formação do precipitado, e a concentração de Pb^{2+} diminuirá. Desse modo, a semicélula II passa a ser o ânodo, e o fluxo dos elétrons será da semicélula II para a semicélula I.

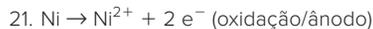
16. E

17. B

18. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$

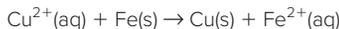
19. B

20. B



$E_{\text{red}}^{\circ}(\text{Ni}) = -0,25 \text{ V}$

22. Reação global:



$\Delta E = 0,78 \text{ V}$

23. E

24. E

25. A

26. a) Deverá ocorrer a diminuição do pH de uma solução para aumentar a porcentagem de íons $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ em relação aos íons CrO_4^{2-} . Nessas condições, o equilíbrio é deslocado para a direita.



$\Delta E = 1,77 \text{ V}$

27. D

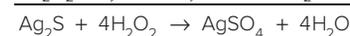
28. B

29. Reação global: $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

$\Delta E = 1,10 \text{ V}$

Cálculo do ΔE da bateria montada pelo aluno:

$\Delta E = 3 \cdot 1,10 \text{ V} = 3,30 \text{ V}$



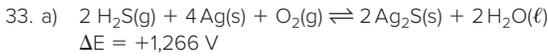
b) A segunda experiência pode ser usada para recuperar o brilho dos talheres de prata, visto que o potencial de redução da prata é maior que o do alumínio; portanto, os íons prata sofrem redução, formando prata metálica.

31. B

32. a)

	E_1°	E_2°	E_3°
Valor experimental em volt	+1,5 V	-0,12 V	-0,094 V

b) Conforme o gráfico, para o C, é mais estável o estado +4; logo, o óxido CO_2 possui maior estabilidade.

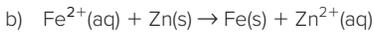


b) Após o segundo experimento, o objeto recuperará o brilho original da prata.

c) No experimento II, o alumínio sofre oxidação e permite a recuperação da prata, de acordo com: $2 \text{Al}(\text{s}) + 3 \text{Ag}_2\text{S}(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 6 \text{Ag}(\text{s}) + 3 \text{S}^{2-}(\text{aq})$
 $\Delta E = 0,971 \text{ V}$

34. C

35. a) O zinco possui menor potencial de redução que o ferro, por isso irá sofrer oxidação. Além disso, a camada de zinco forma uma camada que protege o ferro de agentes externos.



c) $\Delta E = +0,31 \text{ V}$

36. $\Delta E = +1,23 \text{ V}$

$\Delta H = 163 \text{ kJ}$

37. A

38. A

39. E

40. A

41. B

42. E

43. A ordem de durabilidade será dada por:

$A > C > D > B$.

44. a) Semirreação que ocorre no ânodo:

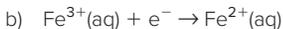


b) Célula a metanol: $\Delta E = +1,21 \text{ V}$

Célula a hidrogênio: $\Delta E = +1,23 \text{ V}$

A diferença de potencial da célula a metanol é menor (+1,21 V) que o valor da célula a hidrogênio (+1,23 V).

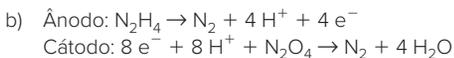
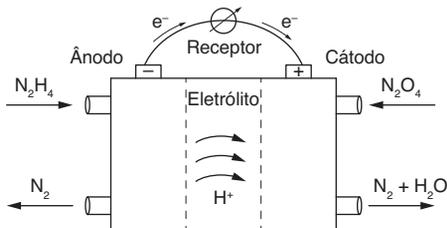
45. a) A camada de Fe_3O_4 fica aderida à superfície do ferro, impedindo que ele sofra corrosão, isto é, não haverá contato do ferro no interior do objeto com o meio.



c)

Espécie	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	FeO_4^{2-}
Região	II	I

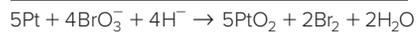
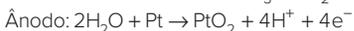
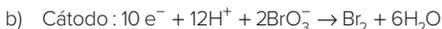
46. a)



47. A

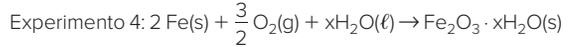
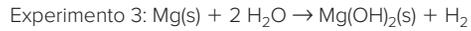
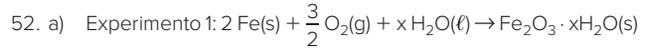
48. C

49. a) $\Delta E = +0,48 \text{ V}$



50. A

51. A



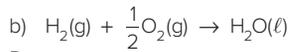
b) Para evitar a formação de ferrugem sobre o prego, é possível recobri-lo com graxa, a fim de impedir o contato dele com os reagentes. Também é possível envolver o prego com uma tira de magnésio, que atua como metal de sacrifício.

c) Ordem decrescente de poder redutor:

$\text{Mg} > \text{Fe} > \text{Sn}$

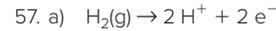
53. A

54. a) A eletrólise da água é dada por:



55. D

56. C



58. D

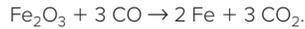
59. C

60. a) Fe: ferro metálico

O_2 : gás oxigênio

b) O processo novo opera em temperaturas mais baixas que as do processo atual, o que exige menos gasto de energia e é mais adequado do ponto de vista ambiental.

Além disso, o processo atual opera, principalmente, segundo a equação:



Nesse caso, ocorre a liberação de gás carbônico, que intensifica o efeito estufa, o que não ocorre no processo novo.

61. A

62. D

63. E

64. C

65. a) Ânodo: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$



Caráter ácido.

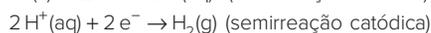
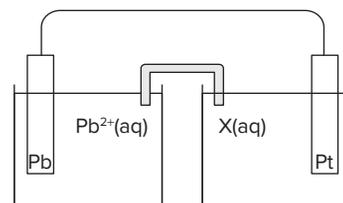
66. Soma: $01 + 02 + 08 + 16 = 27$

67. V; F; V; V; F

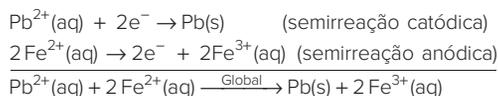
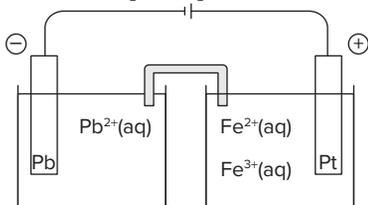
68. B

69. A

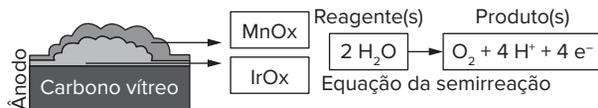
70. a)



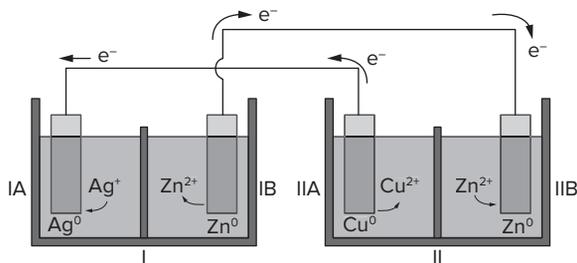
c) A nova montagem sugerida é de uma eletrólise:



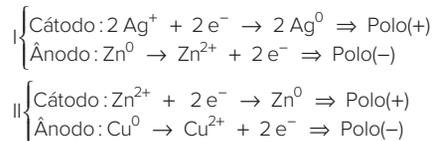
71. a) A utilização da água do mar é um desafio porque a presença do cloreto faz com que ocorra uma competição entre as reações REO e REC. Vencer esse desafio seria importante, pois permitiria obter hidrogênio a partir da decomposição da água do mar, preservando as fontes de água doce, bem como permitindo obter água pura na utilização do hidrogênio em células de combustível – o hidrogênio é uma fonte de energia renovável que pode substituir as limitadas reservas de combustíveis fósseis. Além disso, a utilização do hidrogênio como fonte de energia contribui para diminuir a poluição.
- b) O eletrodo desenvolvido consegue, justamente, impedir a competição entre os processos REO e REC, impossibilitando o REC e permitindo o REO. Para isso, o eletrodo deve bloquear os íons cloreto (usando o MnO_x) e permitir a oxidação da água (usando o IrO_x), como mostrado a seguir:



72.



O cátion Ag^+ possui maior potencial de redução padrão que o Cu^{2+} . Então:



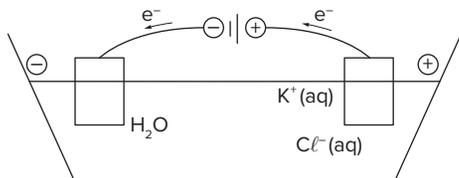
O elemento II funciona de forma inversa à espontânea, que seria $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$
 $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-}$,

uma vez que o potencial de redução padrão do Cu^{2+} é maior que do Zn^{2+} . Com isso, I age como gerador, cedendo energia elétrica, e II, como receptor, recebendo energia elétrica.

73. D

74. E

75. a)



b) Eletrodo II, pois sofre redução.

c) O eletrodo I é o polo positivo, e o eletrodo II é o polo negativo.

d) A reação global que representa o processo é: $\text{Cl}^{-} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ClO}_3^{-} + 3\text{H}_2$

76. E

77. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$

78. D

79. C

80. Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$

81. B

82. C

83. D

84. 12,41 dias.

85. Soma: $02 + 16 = 18$

86. A

87. C

88. E

89. D

90. a) $7,85 \cdot 10^{-3}$ g

b) 74 s

91. D

92. a) A confusão demonstrada pelo aluno se refere ao fato de que a relação entre os volumes dos gases não está associada ao tamanho dos átomos e ao tamanho das moléculas, visto que todos os gases têm comportamento ideal, logo são estruturas puntiformes. A proporção entre os volumes segue uma lei estequiométrica e depende da quantidade, em mols, de cada gás.

Segundo a lei volumétrica dos gases: “Quando medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, os volumes dos reagentes gasosos em uma reação química formam entre si uma proporção de números inteiros e pequenos”.

$$\text{Assim: } V = n \frac{RT}{P}$$

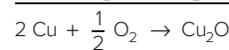
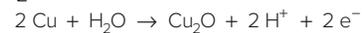
Dessa forma, justifica-se que o volume obtido de $\text{H}_2(\text{g})$ seja o dobro do volume de $\text{O}_2(\text{g})$ medido nas mesmas condições de pressão e temperatura.

b) Não ocorreria o fenômeno da eletrólise. Nesse processo químico, a passagem de uma corrente elétrica ocasiona transformações químicas, desde que existam íons livres no meio reacional. Além disso, para que ocorra a decomposição da água, é necessário que os íons livres não interfiram na descarga dos íons H^+ e OH^{-} provenientes da H_2O .

A sacarose não é capaz de se ionizar significativamente em meio aquoso.

93. $j = 65 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$

94. a) $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{OH}^{-}$



b) $m = 1,3 \cdot 10^{-4}$ g

c) $e = 6,18 \cdot 10^{-4}$ μm

95. a) $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$

b) Como o potencial de redução do ferro é maior que o do zinco, na associação entre ambos, o zinco sofrerá oxidação prioritariamente ao ferro, que sofrerá redução no processo, mantendo-se na forma metálica.

c) Metal de sacrifício ou proteção catódica.

d) 2136,6 g

96. a) 8000 m
b) $E' = 166,67 \text{ kWh}$
97. A
98. B
99. C
100. E
101. D
102. a)
$$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$$
$$2 \text{H}^+ + \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- + \text{H}_2\text{O}$$

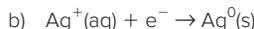
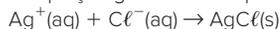
$$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Cu}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- b) $P_{\text{O}_2} > 10^{-61,83} \text{ atm}$
103. D
104. C
105. D
106. a) $\frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
- b) $E \equiv +0,804 \text{ V}_{\text{EPH}}$
- c) $\Delta G^\circ = -77,393 \text{ kJ} / \frac{1}{2} \text{ mol O}_2$
 $\Delta G^\circ = -154,786 \text{ kJ} / \text{ mol O}_2$
Obs: uma semirreação não tem ΔG .
107. B
108. $K \equiv 10^{31,01}$
109. a) $K = \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]}$
- b) Semirreação anódica: $\text{Co}^0 \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2 \text{e}^-$
Semirreação catódica: $\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}^0$
O polo positivo é o eletrodo de níquel.
- c) A pilha deixará de funcionar quando o sistema entrar em equilíbrio, ou seja, quando a razão entre as concentrações de cobalto e níquel se igualar ao valor da constante:
$$\frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} = 10 = K$$
110. a) $E = -0,668 \text{ V}$
- b) Eletrodo I.
- c) Eletrodo II.
- d) De I para II.
- e) $\text{PbSO}_4 \rightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
111. A
112. C
113. a) $\text{Pd}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ni}(\text{s}) \rightarrow \text{Pd}(\text{s}) + \text{Ni}^{2+}(\text{aq})$
- b) Os íons Pd^{2+} sofrem redução. Consequentemente, a sua concentração na solução diminui. Já o níquel sofre oxidação; portanto, a concentração de $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ aumenta.
- c) Comparando os experimentos A e B, temos que a concentração de Pd^{2+} é constante e a concentração de Ni^{2+} aumenta. Desse modo, o equilíbrio é deslocado para a esquerda e a reação espontânea é desfavorecida. O potencial diminui, conforme pode ser observado na tabela.
Analisando os experimentos B e C, temos que a concentração de Ni^{2+} é constante e a concentração de Pd^{2+} diminui, e o equilíbrio é para a esquerda. A reação espontânea é desfavorecida.
114. Para valores de $\frac{[\text{Sn}^{2+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$ menores do que $10^{-10,17}$, o estanho passa a se comportar como ânodo.
115. D
116. A
117. $K_f = 10^{13,6}$

118. $E_1^\circ = -0,188 \text{ V}$

119. A

120. a) A concentração de íons Ag^+ é maior no primeiro. Logo, haverá formação de Ag^+ no segundo eletrodo e consumo de Ag^+ no primeiro.

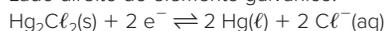
A equação global é dada por:



c) Como ambas as pilhas têm o mesmo cátodo, é preciso analisar o potencial de redução dos ânodos. Quanto maior a concentração de íons Ag^+ , maior o potencial de redução. Sabendo que $K_{\text{ps}} \text{ AgBr}(\text{s}) < K_{\text{ps}} \text{ AgCl}(\text{s})$, é possível concluir que a $[\text{Ag}^+]$ na solução de $\text{NaBr}(\text{aq})$ é menor que a $[\text{Ag}^+]$ na solução de $\text{NaCl}(\text{aq})$. Desse modo, o eletrodo revestido por $\text{AgBr}(\text{s})$ terá menor potencial de redução que o eletrodo revestido por $\text{AgCl}(\text{s})$. A pilha de $\text{NaBr}(\text{aq})$ e $\text{AgBr}(\text{s})$ apresenta maior diferença entre os potenciais, e também maior força eletromotriz.

121. B

122. a) Lado direito do elemento galvânico:

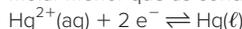


Verifica-se que a concentração molar dos íons Cl^- na solução saturada de KCl é maior que nas condições-padrão de 1,0 mol/L. Logo, o potencial do eletrodo é menor, de acordo com a equação de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln [\text{Cl}^-]^2$$

Se a $[\text{Cl}^-]$ aumenta, E diminui.

b) No eletrodo à esquerda, temos o eletrólito $\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq})$ com concentração molar 0,002 mol/L, ou seja, uma concentração molar menor que as condições-padrão de 1,0 mol/L:



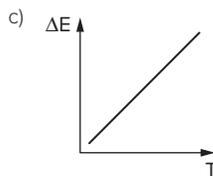
De acordo com a equação de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{1}{[\text{Hg}_2^{2+}]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \cdot \ln (5 \cdot 10^2)$$

Portanto, com a diminuição da $[\text{Hg}_2^{2+}]$, o E diminui.



BNCC em foco

1. B
2. Como vantagem frente a outras técnicas, tem-se o fato de não ser necessário recobrir toda a superfície da tubulação. Como desvantagem, tem-se que os metais de sacrifício devem ser trocados com certa regularidade. Outro fator a ser considerado é que os metais de sacrifício devem ser soldados na superfície externa da tubulação; no entanto, o líquido a ser transportado neste caso é inflamável, o que pode aumentar os riscos de explosão.
3. O motivo relacionado à matriz energética mundial é a utilização do CO_2 gerado por usinas termoelétricas, veículos e outras fontes. Com a adoção em larga escala dessa tecnologia, seria possível absorver certa quantidade de CO_2 , o que diminuiria a aceleração do efeito estufa e os efeitos do aquecimento global. Já o motivo relacionado à produção de bens materiais é a obtenção de eteno, matéria-prima para muito processos industriais. Atualmente, ele é obtido majoritariamente por meio do processamento de petróleo.